



Σχολή Επιστημών Τροφίμων

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βιολειτουργικά τρόφιμα: Τάσεις, προοπτικές και προαγωγή της υγείας



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ: Τσιτσώνη Ελένη  
ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΕΙΣΗΓΗΤΗ: Κανέλλου Αναστασία

ΑΙΓΑΛΕΩ, 2024



Σχολή Επιστημών Τροφίμων

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

THESIS TITLE

Biofunctional foods: Trends, prospects and health promotion

NAME OF STUDENT: Tsitsoni Eleni

NAME OF THE SUPERVISOR: Kanellou Anastasia

AIGALEO, 2024

Έγινε δεκτή

Οι υπογράφωντες δηλώνουν ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο Βιολειτουργικά τρόφιμα: Τάσεις, προοπτικές και προαγωγή της υγείας που παρουσιάσθηκε από την Τσιτσώνη Ελένη και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ημερομηνία

Όνομα επιβλέποντος

Ημερομηνία

Όνομα μέλους επιτροπής

Ημερομηνία

Όνομα μέλους επιτροπή

## **Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright**

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Η δηλούσα:

A handwritten signature in black ink, appearing to be the initials 'H' and 'S' or similar, written in a cursive style.

## Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια οι άνθρωποι έχουν αλλάξει την αντίληψη για τη διατροφή και δεν καταναλώνουν μόνο τρόφιμα που θα τους μειώσουν το αίσθημα πείνας αλλά θα τους παρέχουν και θρεπτικά συστατικά συμβάλλοντας στην προαγωγή της υγείας. Τα τρόφιμα που θα τους παρέχουν πέρα της διατροφικής αξίας και θετικά αποτελέσματα ονομάστηκαν λειτουργικά τρόφιμα. Τα λειτουργικά τρόφιμα μπορεί να είναι είτε φυσικά είτε επεξεργασμένα χρησιμοποιώντας τη τεχνική της ενθυλάκωσης βιοδραστικών συστατικών. Δεν πραγματοποιείται απευθείας τοποθέτηση των λειτουργικών συστατικών αλλά με μεθόδους ενθυλάκωσης και χρήσης βιοπολυμερών, καθώς είναι ευαίσθητα στις συνθήκες περιβάλλοντος. Πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τα απόβλητα ή τα υποπροϊόντα βιομηχανιών τροφίμων αποτελούν πλούσια πηγή τέτοιων συστατικών και έτσι σκόπιμο θα ήταν να αξιοποιηθούν για τη δημιουργία λειτουργικών τροφίμων. Στα βιοδραστικά συστατικά ανήκουν τα προβιοτικά-πρεβιοτικά, οι διαιτητικές ίνες, τα λιπαρά οξέα, τα καροτενοειδή, οι φυτοστερόλες, οι πολυφαινόλες, οι πρωτεΐνες-πεπτίδια, οι βιταμίνες και τα μέταλλα με σημαντικές επιδράσεις στην υγεία. Στην κατηγορία αυτών των τροφίμων περιλαμβάνονται και τρόφιμα για ειδικές διατροφικές χρήσεις. Για πολλούς επιστήμονες, κυρίως των Ηνωμένων Πολιτειών, η ομάδα αυτή περιλαμβάνει και νέες κατηγορίες τροφίμων, όπως τα τροφοφάρμακα. Στα τροφοφάρμακα που έχουν ως σκοπό, είτε την πρόληψη, είτε τη θεραπεία ασθενειών ανήκουν τα συμπληρώματα διατροφής, που έχουν κοινή μορφή. Μία νέα τάση αποτελούν τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα όπου πέρα των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν, δεν έχουν γίνει αποδεκτά από τους καταναλωτές λόγω της μη καλής κατανόησης μεταφοράς ζωικών γονιδίων σε φυτικά προϊόντα και το αντίστροφο αλλά και των ανεπαρκών πληροφοριών για τις επιδράσεις τους στο μέλλον. Οι κατασκευαστές αποφεύγουν την αναγραφή στην ετικέτα, των τροφίμων που προέρχονται από γενετική τροποποίηση, επειδή μπορεί να επηρεαστεί η ζήτηση του προϊόντος. Τέλος, μία νέα τάση στην αγορά, είναι οι υπερτροφές που έχουν λάβει μεγάλη απήχηση, λόγω των εξαιρετικών τους ιδιοτήτων και της προαγωγής της υγείας. Οι υπερτροφές είναι είτε εγχώριες φυσικές τροφές είτε «εξωτικές» χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, που περιέχουν εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις συγκεκριμένων λειτουργικών συστατικών.

## Λέξεις-Κλειδιά

Λειτουργικά τρόφιμα, βιοδραστικά συστατικά, υπερτροφές, συμπληρώματα διατροφής, γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα, τροφοφάρμακα, υποπροϊόντα, ενθυλάκωση

## **Abstract**

In recent years, people have changed their perception of nutrition and not only consume foods that will reduce their hunger but also provide them with nutrients to help promote health. Foods that will provide them beyond the nutritional value and positive effects are called functional foods. Functional foods can be either natural or processed using the technique of bioactive ingredient encapsulation. No direct placement of functional ingredients is carried out but by encapsulation methods and the use of biopolymers as they are sensitive to environmental conditions. Many scientists argue that waste or by-products of food industries are a rich source of such ingredients and thus it would be appropriate to use them to create functional foods. Bioactive ingredients include probiotics-prebiotics, dietary fibre, fatty acids, carotenoids, carotenoids, phytosterols, polyphenols, protein-peptides, vitamins and minerals with important health effects. These foods also include foods for special dietary uses. For many scientists, particularly in the United States, this group includes new food categories, such as nutraceuticals. Food supplements, which have a common form, belong to the nutraceuticals that are intended to either prevent or treat disease. A new trend is that of genetically modified foods which, apart from their advantages, have not been accepted by consumers because of the poor understanding of the transfer of animal genes to plant products and vice versa and the lack of information on their future effects. Manufacturers avoid labelling foods derived from genetic modification because the demand for the product may be affected. Finally, a new trend on the market is superfoods, which have been very popular because of their excellent properties and health-promoting properties. Superfoods are either indigenous natural foods or "exotic" foods without human intervention, containing extremely high concentrations of specific functional ingredients.

## **Keywords**

Functional foods, bioactive components, superfoods, dietary supplements, genetically modified foods, nutraceuticals, by-products, encapsulation

## Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	5
Abstract	6
Εισαγωγή	11
1. Λειτουργικά τρόφιμα	13
1.1 Κατηγορίες των λειτουργικών τροφίμων	14
1.2 Εμπλουτισμένα λειτουργικά τρόφιμα	15
1.3 Αποδοχή καταναλωτών	16
1.4 Νομοθετικό πλαίσιο	17
1.4.1 Νομοθετικό πλαίσιο Καναδά	17
1.4.2 Νομοθετικό πλαίσιο Ηνωμένων Πολιτειών	18
1.4.3 Νομοθετικό πλαίσιο Ιαπωνίας	19
1.4.4 Νομοθετικό πλαίσιο Ευρώπης	20
1.5 Λειτουργικά συστατικά και επιδράσεις τους στην υγεία	21
1.5.1 Γενικά πρεβιοτικά-προβιοτικά	21
1.5.1.1 Πρεβιοτικά	22
1.5.1.2 Προβιοτικά	23
1.5.2 Διαιτητικές ίνες	24
1.5.2.1 Διαλυτές ίνες	24
1.5.2.1.1 Πηκτίνη	25
1.5.2.1.2 Ημικυτταρίνη	25
1.5.2.1.3 Β-γλυκάνες	25
1.5.2.1.4 Άμυλο	25
1.5.2.1.5 Ινουλίνη	25
1.5.2.2 Αδιάλυτες ίνες	26
1.5.2.2.1 Κυτταρίνη	26
1.5.2.2.2 Λιγνίνη	26
1.5.3 Λιπαρά οξέα	26
1.5.3.1 Ωμέγα-3 λιπαρά	27
1.5.3.2 Ωμέγα-9 λιπαρά	28
1.5.4 Καροτενοειδή	29
1.5.1.1 Λυκοπένιο	29
1.5.1.2 Β -καροτένιο	30
1.5.1.3 Ασταξανθίνη	31
1.5.1.4 Ζεαξανθίνη	32
1.5.1.5 Λουτεΐνη	32
1.5.5 Φυτοστερόλες	33
1.5.6 Πολυφαινολικές ενώσεις	34

1.5.6.1 Φαινολικά οξέα	34
1.5.6.2 Φλαβονοειδή	34
1.5.7 Βιταμίνες	35
1.5.7.1 Βιταμίνη Α	36
1.5.7.2 Βιταμίνη D	37
1.5.7.3 Βιταμίνη E	38
1.5.7.4 Βιταμίνη K	38
1.5.7.5 Βιταμίνη C	39
1.5.7.7 Βιταμίνη B1	40
1.5.7.8 Βιταμίνη B2	40
1.5.7.9 Βιταμίνη B3	40
1.5.7.10 Βιταμίνη B5	40
1.5.7.11 Βιταμίνη B6	41
1.5.7.12 Βιταμίνη B7	41
1.5.7.13 Βιταμίνη B9	41
1.5.7.14 Βιταμίνη B12	41
1.5.8 Μέταλλα	42
1.5.8.1 Κάλιο- νάτριο	42
1.5.8.2 Μαγνήσιο	43
1.5.8.3 Ασβέστιο	43
1.5.9 Βιοδραστικές πρωτεΐνες και πεπτίδια	44
2.1 Λειτουργικά τρόφιμα και παχυσαρκία	46
2.1.1 Καφές	46
2.1.2. Τζίντζερ	48
2.1.3 Πιπεριά Τσίλι	48
2.1.4 Πράσινο τσάι	49
2.1.5 Ανάπτυξη προϊόντος για την παχυσαρκία	49
2.2 Λειτουργικά τρόφιμα και αθλητισμός	51
2.2.1 Κρέας για αθλητική απόδοση	51
2.2.2 Καφές για αθλητική απόδοση	54
2.3 Τροφοφάρμακα	56
2.3.1 Τροφοφάρμακα και φαρμακευτική αλληλεπίδραση	56
2.3.2 Τροφοφάρμακα και προληπτική ιατρική	57
2.3.3 Τροφοφάρμακα και υπέρταση	58
2.3.4 Τροφοφάρμακα και υπερχοληστερολαιμία	58
2.4 Συμπληρώματα διατροφής	60
2.5 Υπερτροφές	61
2.5.1 Φρούτα	63
2.5.1.1 Μπαομπάμπ	63
2.5.1.2 Γκότζι Μπέρι	64
2.5.1.3 Ασερόλα	65
2.5.1.4 Camu-camu	66



2.5.2 Σπόροι και προϊόντα με βάση τους σπόρους	67
2.5.2.1 Κινόα	67
2.5.2.2 Φαγόπυρο	69
2.5.2.3 Αμάρανθος	69
2.5.2.4 Βρώμη	70
2.5.3 Λαχανικά και μύκητες	71
2.5.3.1 Γανόδεσμα	71
2.5.3.2 Λαχανίδα	73
2.5.4 Ξηροί καρποί και σπόροι	73
2.5.4.1 Σπόροι chia	74
2.5.4.2 Λιναρόσπορος	74
2.5.4.3 Σπόροι κάνναβης	75
2.5.5 Ρίζες και κόνδυλοι	75
2.5.5.1 Τζίνσενγκ	76
2.5.6 Βότανα και μπαχαρικά	76
2.5.6.1 Τσάι matcha	76
2.5.6.2 Μορίνγκα	77
2.5.7 Άλλες κατηγορίες	78
2.6 Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί	78
2.6.1 Γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα	79
2.6.2 Λόγοι ανάπτυξης γενετικά τροποποιημένων τροφίμων	79
2.6.3 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα	80
3.1 Ενθυσάλκωση	81
3.1.1 Βιταμίνες και μέταλλα	82
3.1.2 Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα	83
3.1.3 Προβιοτικά	85
3.1.4 Διαιτητικές ίνες	86
3.2 Χρήση βιοπολυμερών στη συσκευασία λειτουργικών τροφίμων	87
3.2.1 Άμυλο	88
3.2.2 Πολυγαλακτικό οξύ	89
3.2.3 Κυτταρίνη	89
3.2.4 Χιτοζάνη	89
3.2.5 Πρωτεΐνες	89
3.2.6 Καραγενάνη	90
3.2.7 Αλγινικά άλατα	90
3.2.8 Συμπεράσματα	91
3.3 Χρήση παραπροϊόντων τροφίμων στη βιομηχανία τροφίμων	91
3.3.1 Πρωτεΐνες	92
3.3.2 Διαιτητικές ίνες	95
3.3.3 Πολυφαινόλες	95
3.3.4 Φυτοστερόλες	97
3.3.5 Καροτενοειδή	97

4. Συμπεράσματα	98
5. Βιβλιογραφία	100

## Εισαγωγή

Σημαντικό είναι τα τρόφιμα πέρα από το καλύπτουν το αίσθημα της πείνας, να παρέχουν συστατικά που θα προάγουν την υγεία, την ευεξία και θα μειώνουν τον κίνδυνο εμφάνισης ασθενειών. Πέρα από τα φυσικά-συμβατικά τρόφιμα με τα λειτουργικά συστατικά, αναπτύχθηκαν και τα επεξεργασμένα εμπλουτισμένα τρόφιμα με τεχνικές ενσωμάτωσης. Κάποιοι από τους λόγους παραγωγής λειτουργικών τροφίμων είναι για τη βοήθεια κάλυψης διατροφικών ελλειμμάτων από άτομα που παρουσιάζουν δυσανεξίες/αλλεργίες, που ακολουθούν αυστηρές δίαιτες ή που από προσωπική επιλογή δεν καταναλώνουν συγκεκριμένα τρόφιμα ή ομάδα τροφίμων. Ειδικότερα, παραδείγματα των παραπάνω αποτελούν: άτομα που παρουσιάζουν δυσανεξία στη λακτόζη, με την αντικατάσταση του γάλακτος με εμπλουτισμένο χυμό πορτοκαλιού με ασβέστιο. Ακόμα παραδείγματα αποτελούν οι χορτοφάγοι που αντικαθιστούν τις ζωικές πρωτεΐνες με προϊόντα σόγιας αλλά και ατόμων που είτε από προσωπική επιθυμία είτε λόγω αλλεργίας δεν μπορούν να καταναλώσουν θαλασσινά και προσλαμβάνουν τα ωμέγα-3 λιπαρά από εμπλουτισμένα αυγά ή ζυμαρικά. Όλα τα παραπάνω ωθούν τις βιομηχανίες τροφίμων στη δημιουργία λειτουργικών τροφίμων, έναν ορισμό που εισήχθη τη δεκαετία του 1980 στην Ιαπωνία. Ακολουθούμενη η ΗΠΑ και ύστερα η Ευρώπη τα καθιέρωσαν στην αγορά. Ωστόσο, δεν υπάρχει κοινά αποδεκτός ορισμός καθώς δεν αναγνωρίζονται στις περισσότερες χώρες. Για να ονομαστεί ένα φυσικό ή επεξεργασμένο τρόφιμο ως λειτουργικό και να λάβει ισχυρισμό υγείας στο μπροστινό μέρος της ετικέτας του, θα πρέπει να έχουν πραγματοποιηθεί *in vitro*, *in vivo* (σε ζώα) και κλινικές μελέτες. Όταν τα βιοδραστικά συστατικά δεν περιέχονται φυσικά στο τρόφιμο αλλά ενσωματώνονται θα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή ώστε να προστατεύονται από την υποβάθμιση και τις ανεπιθύμητες αλληλεπιδράσεις με τα υπόλοιπα συστατικά. Αλληλεπιδρώντας με τα υπόλοιπα συστατικά μπορεί να χάσουν τη βιοδιαθεσιμότητά τους και να αλλοιωθεί το χρώμα και η γεύση τους. Ωστόσο, τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν χρησιμοποιώντας την τεχνική της ενθυλάκωσης. Τα βιοπολυμερή αποτελούν κατάλληλες μήτρες για τα ενθυλακωμένα συστατικά. Τα βιοπολυμερή που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι οι πολυσακχαρίτες, οι πρωτεΐνες κ.α. Οι βιομηχανίες τροφίμων παράγουν μεγάλες ποσότητες αποβλήτων ή υποπροϊόντων που αποτελούν πλούσια πηγή λειτουργικών ουσιών. Έτσι, σκόπιμο είναι να αξιοποιούν τα υπολείμματα ή τα υποπροϊόντα προς τη δημιουργία λειτουργικών τροφίμων. Σύμφωνα με τους επιστήμονες κυρίως των Η.Π.Α στην κατηγορία αυτών των τροφίμων περιλαμβάνονται και τα τροφοφάρμακα. Τα τροφοφάρμακα («nutraceutical») επινοήθηκαν από τον Stephen De Felice το 1989, και είναι ένας όρος που

συνδυάζει τη λέξη «διατροφή» (δηλαδή ένα τρόφιμο ή θρεπτικό συστατικό τροφίμου) και τη λέξη «φαρμακευτικό» (που αναφέρεται σε ένα φάρμακο). Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προληπτική εναλλακτική ιατρική αλλά και να θεραπεύσουν ορισμένες παθολογικές καταστάσεις. Εκτός της διατροφικής τους αξίας προσφέρουν φαρμακευτική δράση. Σε αυτά ανήκουν τα συμπληρώματα διατροφής που έχουν μορφή φαρμάκου όπως χαπιού, ταμπλέτας, κάψουλας, υγρού και χρησιμοποιούνται για την συμπλήρωση θρεπτικών συστατικών της συνήθους διατροφής. Μια άλλη τάση τροφίμων είναι τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα. Οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί προέρχονται από την εισαγωγή ενός ή παραπάνω τροποποιημένων γονιδίων μέσω κατάλληλης τεχνολογίας γενετικής μηχανικής και όχι φυσικά μέσω ζευγαρώματος ή/και φυσικού ανασυνδυασμού. Χρησιμοποιούνται για την καθυστέρηση ωρίμανσης των τροφίμων και την αποτροπή μόλυνσης από μικροοργανισμούς. Τέλος, η κατηγορία των υπερτροφών (superfoods) έχει αποκτήσει απότομη δημοφιλία λόγω των ωφελειών για την υγεία και την προαγωγή αυτής. Η διαφορά τους από τα λειτουργικά τρόφιμα είναι ότι αυτά περιέχουν εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις ενός ή περισσότερων θρεπτικών συστατικών. Τέλος έχουν «φυσική» θρεπτική αξία, καθώς αποτελούν «φυσικό» τρόφιμο που δεν υπόκεινται σε ανθρώπινη παρέμβαση και προέρχονται από «παραδοσιακές» αλλά και «εξωτικές» πηγές.

## 1. Λειτουργικά τρόφιμα

Ο όρος «λειτουργικά τρόφιμα» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1984 στην Ιαπωνία ως αποτέλεσμα μιας μελέτης για τις σχέσεις μεταξύ της διατροφής, της αισθητηριακής ικανοποίησης, της ενίσχυσης και της διαμόρφωσης των φυσιολογικών συστημάτων, προκειμένου να οριστούν εκείνα τα προϊόντα διατροφής που είναι εμπλουτισμένα με ειδικά συστατικά παρέχοντας πλεονεκτικές φυσιολογικές επιδράσεις (Bigliardi & Galati, 2013). Θεωρούνται δηλαδή τα τρόφιμα επεξεργασμένα ή μη που καταναλώνονται τακτικά ως μέρος μιας ισορροπημένης διατροφής που θα τους προσφέρει επιπλέον αποτελέσματα πέραν των βασικών διατροφικών ωφελειών (Καρβέλα, 2020, Granato κ.ά., 2020). Τα λειτουργικά τρόφιμα έχουν τη δυνατότητα να έχουν μία ή περισσότερες θετικές δράσεις στον οργανισμό, όπως στη φυσιολογική ανάπτυξη, στο μεταβολισμό, στην αντιοξειδωτική άμυνα, στο ανοσοποιητικό σύστημα, στις λειτουργίες διάθεσης και νόησης, στην προστασία του καρδιαγγειακού συστήματος και στην καλή λειτουργία του πεπτικού συστήματος. Επιπλέον, μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στον έλεγχο και στη διατήρηση του σωματικού βάρους. Η βασική προϋπόθεση για να χαρακτηριστεί ένα τρόφιμο ως λειτουργικό, είναι να αποδεικνύεται επιστημονικά ότι έχει ωφέλιμες επιδράσεις σε τουλάχιστον μία από τις φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού, έτσι ώστε να βελτιώνει την κατάσταση υγείας του καταναλωτή ή και να μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης κάποιων ασθενειών (Καρβέλα, 2020). Άλλες προϋποθέσεις για να συμπεριληφθεί ο ισχυρισμός σε μία ετικέτα τροφίμων, είναι να έχει εξακριβωθεί η ασφάλεια, να είναι ελεύθερα προς κατανάλωση χωρίς ιατρική συνταγή και να παρέχει στοιχεία υγείας και οφέλη ύστερα από συστηματική κατανάλωση (Granato κ.ά., 2020, Καρβέλα, 2020). Πριν καθοριστούν ισχυρισμοί υγείας για ένα τρόφιμο είναι απαραίτητες τυχαιοποιημένες, διπλά τυφλές, ελεγχόμενες με εικονικά φάρμακα κλινικές δοκιμές προκειμένου να αποδειχθεί η λειτουργικότητά του. Δηλαδή χωρίς την κατάλληλη κλινική δοκιμή αλλά και πειραματική δοκιμή ασφαλείας και λειτουργικότητας, κανένα φρέσκο, μη επεξεργασμένο ή επεξεργασμένο τρόφιμο δεν θεωρείται λειτουργικό. Ρυθμίζονται αλλά δεν αναγνωρίζονται στις περισσότερες χώρες, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ένας επίσημος ορισμός (Granato κ.ά., 2020). Ένας ορισμός ωστόσο που έχει επικρατήσει είναι: ένα τρόφιμο μπορεί να οριστεί ως λειτουργικό εάν, μαζί με τη βασική διατροφική του δράση, έχει ευεργετική επίδραση σε μία ή περισσότερες φυσιολογικές λειτουργίες, όπως στη βελτίωση της γενικής υγείας ή/και στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης ασθένειας. Αυτά τα τρόφιμα είναι φυσικά πλούσια σε λειτουργικά συστατικά (όπως φρούτα και λαχανικά), αλλά μπορούν και να εμπλουτιστούν-ενισχυθούν με βιταμίνες, μέταλλα, προβιοτικά-πρεβιοτικά, φυτικές ίνες, λιπαρά

οξέα, καροτενοειδή, πολυφαινόλες, φυτοστερόλες κ.α. Όταν καταναλώνονται μέσα σε λογικά πλαίσια με τις βασικές αρχές υγιεινής διατροφής επιδρούν ευεργετικά στον οργανισμό (Ballini κ.ά., 2023, Ronis κ.ά., 2018). Καταληκτικά, σε αυτά τα τρόφιμα θα πρέπει να διενεργούνται δοκιμές παρέμβασης προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι συμμορφώνονται με τους κανονισμούς κάθε χώρας (Granato κ.ά., 2020).

## **1.1 Κατηγορίες των λειτουργικών τροφίμων**

Η πρώτη κατηγορία είναι τα συμβατικά (φυσικά) τρόφιμα (Essa κ.ά., 2023, Κουτελιδάκης, 2015). Σύμφωνα με το International Food Information Council (IFIC) θεωρούνται ως τα πιο αναγνωρισμένα και ευρέως χρησιμοποιούμενα από τους καταναλωτές. Στα τρόφιμα αυτά περιέχονται φυσικά λειτουργικά συστατικά που έχουν θετικές επιδράσεις για την υγεία και δεν έχουν υποστεί ανθρώπινη παρέμβαση. Όπως οι αντιοξειδωτικές ουσίες ορισμένων φρούτων και λαχανικών, για παράδειγμα το λυκοπένιο που εντοπίζεται στη ντομάτα, οι ανθοκυανίνες στο κόκκινο κρασί κ.α. (Κουτελιδάκης, 2015).

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα λειτουργικά τρόφιμα για ειδικές διατροφικές ανάγκες που έχουν υποστεί καθορισμένη βιομηχανική επεξεργασία με σκοπό να καλυφθεί μία συγκεκριμένη διατροφική ανάγκη. Παράδειγμα αποτελούν τα τρόφιμα που στοχεύουν σε μία συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα π.χ. για βρέφη, παιδιά, ηλικιωμένους, αλλά και τρόφιμα που στοχεύουν σε καταναλωτές με δυσανεξίες π.χ. δυσανεξία στη λακτόζη, στη γλουτένη. Τέλος, σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν και τρόφιμα για έλεγχο ή απώλεια βάρους.

Στην τρίτη κατηγορία ανήκουν τα ενισχυμένα ή εμπλουτισμένα τρόφιμα. Είναι η δεύτερη πιο αναγνωρισμένη κατηγορία από τους καταναλωτές. Γενικά ενίσχυση ή εμπλουτισμός είναι η προσθήκη ενός ή περισσότερων συστατικών που είτε υπάρχουν φυσικά στο τρόφιμο είτε όχι, λόγω έλλειψης στον πληθυσμό ή σε μία ομάδα του πληθυσμού. Εμπλουτισμένα είναι εκείνα που γίνεται προσθήκη συστατικού που υπάρχει φυσικά στο τρόφιμο αλλά λόγω της επεξεργασίας έχει χαθεί μέρος του. Αν η προσθήκη γίνεται για να καλυφθεί η απώλεια ενός συστατικού το τρόφιμο δεν χαρακτηρίζεται λειτουργικό αλλά εμπλουτισμένο. Ενισχυμένα από την άλλη είναι εκείνα που γίνεται προσθήκη ενός συστατικού που δεν υπάρχει φυσικά στο τρόφιμο όπως η προσθήκη στερολών στην μαργαρίνη. Μπορεί όμως το συστατικό να υπάρχει, απλά προστίθεται σε μεγαλύτερη ποσότητα από την αρχική.

Στην τέταρτη και τελευταία κατηγορία ανήκουν τρόφιμα που θεωρούνται λειτουργικά από ορισμένους επιστήμονες, ειδικά εκείνους στις Ηνωμένες Πολιτείες (ΗΠΑ) και ονομάζονται νεοφανή. Αυτά τα τρόφιμα παράγονται με τεχνικές μοριακής βιολογίας και γενετικής τροποποίησης. Στις ΗΠΑ στα λειτουργικά τρόφιμα περιλαμβάνονται και τα ιατρικά τρόφιμα

(medical foods) που χορηγούνται σε μορφή φαρμάκου, δηλαδή λαμβάνονται μέσω του στόματος και στη συνέχεια εισέρχονται στο πεπτικό σύστημα. Αναφέρονται αποκλειστικά σε ασθενείς που στοχεύουν στη διατροφική διαχείριση και στην αντιμετώπιση ασθένειας. Στα λειτουργικά τρόφιμα επίσης συγκαταλέγονται και τα τροφοφάρμακα (nutraceuticals). Σε αυτά περιλαμβάνονται οτιδήποτε μπορεί να έχει όφελος στην υγεία, όπως τα συμπληρώματα διατροφής κ.α. (Κουτελιδάκης, 2015).

## 1.2 Εμπλουτισμένα λειτουργικά τρόφιμα

Τα αυξανόμενα προβλήματα υγείας και το αυξανόμενο κόστος παραγωγής, η ανάγκη για διατήρηση βιωσιμότητας αλλά και οι αλλαγές στις προτιμήσεις των καταναλωτών είναι μερικοί από τους λόγους ανάπτυξης τέτοιων λειτουργικών τροφίμων. Παράδειγμα αποτελεί ο εμπλουτισμός χυμού πορτοκαλιού με ασβέστιο που αναπτύχθηκε για κατανάλωση από άτομα με δυσανεξία στην λακτόζη. Αλλά περιλαμβάνονται και προϊόντα σόγιας ως εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης για χορτοφάγους. Επιπλέον τα εμπλουτισμένα αυγά ή ζυμαρικά με ωμέγα-3 ( $\omega 3$ ) ή DHA και τα εμπλουτισμένα με εικοσιπεντανοϊκό οξύ (eicosapentaenoic acid - EPA) και/ή δοκοσαεξανοϊκό οξύ (docosahexaenoic acid - DHA) που αναφέρονται σε όσους δεν επιθυμούν τη συμπερίληψη θαλασσινών γιατί είναι αλλεργικοί, είναι vegan, ή ανησυχούν για τα επίπεδα υδραργύρου στα τρόφιμα. Το τσάι έτοιμο προς κατανάλωση (τσάι RDT) αποτελεί σημαντική κατηγορία, λόγω της προτίμησης και της ευκολίας κατανάλωσης. Το δημοφιλές Nestea, είναι συνδυασμός ισχυρών αντιοξειδωτικών και νερού και παράγεται από την Coca-Cola Company και τη Nestlé. Διατίθενται διάφορες μάρκες και μορφές τσαγιού όπως τα HONEST και "Brew Over Ice" της Celestial Seasonings σε μαύρο, πράσινο, με γεύση φρούτων/μπαχαρικών και ντεκαφεϊνέ αντίστοιχα. Στα εμπλουτισμένα λειτουργικά τρόφιμα περιλαμβάνονται σνακ και μίνι γεύματα, όπως μείγματα ξηρών καρπών και σπόρων, μπάρες, τσιπς και αποξηραμένα φρούτα. Σημαντικά είναι και τα ζυμούμενα προϊόντα, όπως το κεφίρ, το κουρούτ και το γιαούρτι που χορηγούνται προβιοτικά. Άλλα προϊόντα όπως το τυρί, το γάλα που έχει υποστεί ζύμωση, ντιπ με βάση το τυρί, ποτά με βάση το γάλα εμπλουτισμένα με προβιοτικά. Τρόφιμα όπως το γιαούρτι έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε φαινολικές ουσίες και μια λύση σε αυτό αποτέλεσε ο εμπλουτισμός τους με εκχυλίσματα σταφυλιού ή με εγγενείς φαινολικές ενώσεις τους. Ωστόσο παρασκευάζονται και συμβιωτικά ζυμούμενα γάλατα, χρησιμοποιώντας στελέχη *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* *Bifidobacterium* sp. ως προβιοτικά και φρουκτοολιγοσακχαρίτες, γαλακτο-ολιγοσακχαρίτες πρεβιοτικά. Συνδυαστικά τα προβιοτικά και πρεβιοτικά βελτιώνουν βελτιώσει την υγεία του εντέρου, προσφέροντας οφέλη έναντι του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου παχέος εντέρου. Αλλά παράγονται και αρκετά ροφήματα που δεν περιέχουν γάλα

αλλά χορηγούνται προβιοτικές ενώσεις, όπως παράδειγμα αποτελεί ο χυμός Biola. Ένα ρόφημα φρούτων περιεκτικότητας 95%, με συνδυασμούς πορτοκάλι-μάνγκο και μήλο-αχλάδι, που εμπλουτίζεται με το προβιοτικό *Lb. rhamnosus* GG, χωρίς την προσθήκη ζάχαρης, που παράγεται από την εταιρεία Tine BA στη Νορβηγία. Επίσης, αναπτύσσονται πολλοί συνδυασμοί εμπλουτισμένων γευμάτων πρωινού όπως δημητριακά ολικής αλέσεως, με φυτικές ίνες, με πρωτεΐνες, με ωμέγα-3 λιπαρά οξέα και με αντιοξειδωτικά. Οι εναλλακτικές επιλογές πρωτεϊνικών συστατικών καταλαμβάνουν όλο και μεγαλύτερη θέση στην ζωή των ανθρώπων. Παραδείγματα αποτελούν τα δημητριακά σόγιας, σίτου, σίκαλης, κεχριού, σόργου και καλαμποκιού προκειμένου να αντικαταστήσουν τις πρωτεΐνες των γαλακτοκομικών προϊόντων για την παρασκευή ποτών π.χ. Boza, Bushera, Mahewu, Pozol και Togwa. Τα δημητριακά όπως η κινόα και ο αμάρανθος, το φαγόπυρο, η chia καλούνται «σούπερ δημητριακά» λόγω των ευεργετικών επιδράσεων τους για την υγεία. Διατίθενται σε διάφορες μορφές όπως ολόκληρος πυρήνας, κομμένα, νιφάδες, θρυμματισμένα και σε αλεύρι και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή διαφόρων προϊόντων όπως σούπες, συνοδευτικά, έτοιμα προς κατανάλωση δημητριακά, μείγματα σνακ, ψωμιά, μπισκότα. Η εταιρεία Unilever παρήγαγε προϊόν μαργαρίνης με φυτικές στερόλες, γνωστό και ως Becel pro-activ για μείωση του κινδύνου εμφάνισης χοληστερόλης. Το προϊόν είναι εγκεκριμένο από την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (European Food Safety Authority - EFSA) με ισχυρισμό για μείωση της χοληστερόλης. Το όνομα Benecol προήλθε από την εταιρεία Raisio Group που εδρεύει στην Φινλανδία και η οποία παράγει επίσης γιαούρτια, ροφήματα γάλακτος, προϊόντα επάλειψης, κρέμα τυριού, ροφήματα σόγιας, ψωμί και πλιγούρι βρώμης με έλαιο καμελίνας ως πηγή πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (polyunsaturated fatty acids - PUFA). Τέλος, ένα ακόμα προϊόν της Unilever είναι το Blue Band Goede, ένα λευκό ψωμί εμπλουτισμένο με φυτικές ίνες, πρεβιοτικά, βιταμίνες (B1, B3 και B6) και μέταλλα (σίδηρο και ψευδάργυρο). Καταληκτικά, από τα παραπάνω, στα πιο δημοφιλή λειτουργικά προϊόντα περιλαμβάνονται το γιαούρτι όπου είναι σημαντικό για την υγεία του πεπτικού συστήματος, τα εμπλουτισμένα δημητριακά, σημαντικά για την υγεία της καρδιάς, οι μαργαρίνες/βούτυρα, χρήσιμα για τη μείωση του κινδύνου εμφάνισης χοληστερόλης και οι μπάρες ενέργειας και τα ποτά πρωτεΐνης που συμβάλλουν στη μείωση της πείνας (Aryee & Boye, 2014).

### **1.3 Αποδοχή καταναλωτών**

Από μελέτες προέκυψε ότι η τιμή μπορεί να επηρεάσει την αποδοχή ή όχι του καταναλωτή. Συγκεκριμένα η τιμή μπορεί να επηρεάσει τους καταναλωτές με δύο διαφορετικούς τρόπους. Έτσι, είτε καταναλωτές με την αυξημένη τιμή τα απορρίπτουν, είτε καταναλωτές έχουν την



αντίληψη ότι θα καταναλώσουν ένα προϊόν υψηλής ποιότητας λόγω της υψηλής τιμής. Καταναλωτές που ήταν περισσότερο ευαισθητοποιημένοι στο κομμάτι της υγείας, ήταν και περισσότερο θετικοί στην υψηλή τιμή των προϊόντων. Ένας ακόμα παράγοντας για την αποδοχή των λειτουργικών τροφίμων είναι η μάρκα. Από μελέτες βρέθηκε ότι οι καταναλωτές είναι περισσότερο θετικοί στην αγορά, μιας οικείας σε αυτούς μάρκα. Επιπλέον οι πληροφορίες υγείας στην ετικέτα των προϊόντων, όπως η αναγραφή των προστιθέμενων συστατικών ή των ευεργετικών επιδράσεων μπορούν να επηρεάσουν θετικά τους καταναλωτές. Επιπλέον αποδείχθηκε ότι άτομα που είχαν αντιμετωπίσει προβλήματα υγείας στο παρελθόν ήταν πιο ευαισθητοποιημένα στο κομμάτι της υγείας. Παράδειγμα αποτελεί ότι από μελέτες στην Σουηδία όσοι είχαν υψηλή αρτηριακή πίεση, υψηλή χοληστερόλη, διαβήτη κ.α., ήταν πιο θετικοί στην κατανάλωση λειτουργικών τροφίμων που βοηθούσαν στην μείωση της χοληστερόλης. Αλλά και άτομα που είχαν πιο καινοτόμο τρόπο σκέψης ήταν σε θέση να αγοράσουν καινοτόμα λειτουργικά τρόφιμα. Τέλος σημαντικό ρόλο έπαιξε και η τροφική νεοφοβία στην αποδοχή των καταναλωτών. Οι αθλητές και οι χορτοφάγοι δεν επηρεάζονται από την τροφική νεοφοβία και είναι οι πιο σημαντικοί καταναλωτές των προϊόντων. Η γνώση θα μπορούσε να αλλάξει την αντίληψη μερικών ατόμων. Ένας αποτελεσματικός τρόπος είναι η παροχή των πληροφοριών, όπως η ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με τα οφέλη για την υγεία. Επίσης, οι ειδικοί στις βιομηχανίες παραγωγής τέτοιων τροφίμων μπορούν να ενημερώνουν τους καταναλωτές σχετικά με την τεχνολογία επεξεργασίας και παραγωγής. Αυτό θα μπορούσε να μειώσει τις ανησυχίες και την καχυποψία των καταναλωτών ώστε να εμπιστευτούν αυτά τα τρόφιμα και να τα εντάξουν στη διατροφή τους (Baker κ.ά., 2022).

## **1.4 Νομοθετικό πλαίσιο**

### **1.4.1 Νομοθετικό πλαίσιο Καναδά**

Τα λειτουργικά τρόφιμα στον Καναδά δεν έχουν επίσημο γενικό ορισμό. Σύμφωνα με το канаδικό ρυθμιστικό σύστημα, λειτουργικά τρόφιμα θεωρούνται τρόφιμα, φάρμακα ή φυσικά προϊόντα υγείας. Τα φυσικά προϊόντα υγείας (NHPs) εισήχθησαν το 2004 από τη Διεύθυνση Φυσικών Προϊόντων Υγείας (NHPD) και ορίζονται ως «ουσία που παρασκευάζεται, πωλείται για χρήση στη διάγνωση, θεραπεία, μετρίασμό ή πρόληψη ασθένειας, διαταραχής ή μη φυσιολογικής φυσικής κατάστασης ή των συμπτωμάτων της στον άνθρωπο, αποκατάσταση ή διόρθωση οργανικών λειτουργιών στον άνθρωπο ή τροποποίηση οργανικών λειτουργιών στον άνθρωπο, όπως τροποποίηση αυτών των λειτουργιών κατά τρόπο που να διατηρεί ή να προάγει την υγεία». Τα NHPs περιλαμβάνουν βιταμίνες, μέταλλα, προβιοτικά, αμινοξέα και

απαραίτητα λιπαρά οξέα. Για την διάθεσή τους στην αγορά απαιτούν αξιολόγηση της ασφάλειας.

Η ευθύνη για τη ρύθμιση των τροφίμων στον Καναδά έχουν η Διεύθυνση Τροφίμων του Health Canada (Health Canada 2005) και η Καναδική Υπηρεσία Επιθεώρησης Τροφίμων (CFIA) (Canadian Food Inspection Agency 2008). Η Διεύθυνση Τροφίμων είναι υπεύθυνη για τη θέσπιση πολιτικών και προτύπων που διέπουν τη διατροφή και την υγεία. Αυτό περιλαμβάνει την ασφάλεια των τροφίμων και την επισήμανση των τροφίμων, καθώς σχετίζονται με τη διατροφή και την υγεία. Η CFIA ασκεί καθήκοντα εφαρμογής και επιθεώρησης που σχετίζονται με την προμήθεια τροφίμων, καθώς και την ανάπτυξη προτύπων και κατευθυντήριων γραμμών για τη συσκευασία, την επισήμανση και τη διαφήμιση των τροφίμων. Η Διεύθυνση Τροφίμων και η CFIA καθορίζουν τρεις τύπους ισχυρισμών: ισχυρισμοί περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά, ισχυρισμοί βιολογικού ρόλου για τα θρεπτικά συστατικά και ισχυρισμοί υγείας.

Ισχυρισμοί περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά: Οι ισχυρισμοί αυτοί επιτρέπουν σε ένα τρόφιμο να περιλαμβάνει την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά στην ετικέτα του. Έτσι, η ετικέτα μπορεί να αναφέρει ότι το τρόφιμο είναι «χαμηλή», «υψηλή», «καλή πηγή» μιας συγκεκριμένης θρεπτικής ουσίας. Για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτοί οι ισχυρισμοί, το τρόφιμο πρέπει να πληροί καθορισμένες προδιαγραφές.

Ισχυρισμοί βιολογικού ρόλου των θρεπτικών συστατικών: Αναφέρονται στα θρεπτικά συστατικά των τροφίμων και στις εξακριβωμένες λειτουργίες τους, που αποσκοπούν στην διατήρηση ή στην προαγωγή της υγείας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα ω3 λιπαρά οξέα που υποστηρίζουν τη φυσιολογική ανάπτυξη και λειτουργία του εγκεφάλου, των ματιών και των νεύρων κ.α.

Ισχυρισμοί υγείας: Ένας ισχυρισμός υγείας που σχετίζεται με τη διατροφή περιγράφει τα χαρακτηριστικά διατροφής που μπορεί να μειώσουν τον κίνδυνο ανάπτυξης μιας ασθένειας ή πάθησης. Υπάρχουν πέντε επιτρεπόμενοι ισχυρισμοί σχέσης ασθένειας-διατροφής στον Καναδά που συνοψίζονται ως εξής: α) Μια διατροφή χαμηλή σε νάτριο και υψηλή σε κάλιο για μείωση του κινδύνου υπέρτασης, β) Μια διατροφή επαρκής σε ασβέστιο και βιταμίνη D, για μείωση του κινδύνου οστεοπόρωσης, γ) Μια διατροφή χαμηλή σε κορεσμένα και trans λιπαρά για μείωση του κινδύνου καρδιακών παθήσεων, δ) Μια διατροφή πλούσια σε λαχανικά και φρούτα για μείωση του κινδύνου ορισμένων τύπων καρκίνου, ε) Ελάχιστοι ζυμώσιμοι υδατάνθρακες σε τσίχλες, σκληρές καραμέλες για μείωση του κινδύνου οδοντικών παθήσεων (Smith & Charter, 2011).

## 1.4.2 Νομοθετικό πλαίσιο Ηνωμένων Πολιτειών

Η ασφάλεια και η επισήμανση των τροφίμων και των ποτών ρυθμίζονται στενά και εποπτεύονται από τη Διοίκηση Ηνωμένων Πολιτειών Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) με την θέσπιση το 1938 του νόμου FD&C. Ένας ορισμός των λειτουργικών τροφίμων μπορεί να είναι: «λειτουργικά τρόφιμα, είναι τα προϊόντα διατροφής που παρέχουν επιπλέον οφέλη στην υγεία του ατόμου από τις βασικές διατροφικές του αξίες». Μπορεί να είναι τρόφιμα στα οποία προστίθενται ή είναι άφθονα τα συστατικά που προάγουν την υγεία ή μειώνουν την πιθανότητα κινδύνου ασθένειας.

Οι διατυπωμένοι ισχυρισμοί φανερώνουν αν το επίπεδο ή το ποσοστό μιας θρεπτικής ουσίας ταυτίζεται με τη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη. Υποδηλώνουν αν το θρεπτικό συστατικό απουσιάζει ή υπάρχει σε μια ορισμένη ποσότητα, με εκφράσεις όπως με «υψηλή περιεκτικότητα σε πίτουρο βρώμης» ή προτείνουν ότι ένα συστατικό μπορεί να είναι χρήσιμο στη διατήρηση υγιεινών διατροφικών πρακτικών και να μπορούν να καθοριστούν συγκεκριμένα όρια λήψης του (π.χ. υγιές, περιέχει 3 γραμμάρια (g) λίπους»).

Ισχυρισμοί υγείας: Χρειάζονται την έγκριση του FDA και είναι ισχυρισμοί που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ ενός συστατικού τροφίμου και της σχέσης του με την επίδραση που αυτό έχει σε μια ασθένεια ή πάθηση. Μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου αλλά δεν χρησιμοποιείται για να θεραπεύσει μια ασθένεια όπως κάνει ένα φάρμακο. Ο FDA εγκρίνει τρεις τύπους ισχυρισμών υγείας: i) ισχυρισμοί που βασίζονται σε Σημαντική Επιστημονική Συμφωνία (SSA), ii) ισχυρισμοί που βασίζονται σε έγκυρες δηλώσεις και iii) ισχυρισμοί που πιστοποιούνται. Αξιώσεις που βασίζονται σε σημαντική επιστημονική συμφωνία (SSA): Όπως προκύπτει από το NLEA και το DSHEA, οι κατασκευαστές μπορούν να κάνουν ισχυρισμούς υγείας στις ετικέτες τροφίμων εάν οι ισχυρισμοί υποστηρίζονται από σημαντικά επιστημονικά στοιχεία. Ύστερα, από αίτημα των κατασκευαστών ο FDA εξετάζει τη σχετική επιστημονική βιβλιογραφία και καθορίζει εάν η σχέση που ισχυρίζεται είναι σε συμφωνία με τα ευρήματα της επιστημονικής κοινότητας. Ύστερα, εγκρίνει μόνο τους ισχυρισμούς που υποστηρίζονται από Σημαντική Επιστημονική Συμφωνία (SSA), δηλαδή ισχυρισμούς που οι εμπειρογνώμονες θεωρούν έγκυρους και σύμφωνους με τα διαθέσιμα ευρήματα της επιστημονικής κοινότητας. Ο FDA τέλος έχει και την ευθύνη για παρακολουθεί αν οι ισχυρισμοί τηρούνται.

Αξιώσεις που βασίζονται σε έγκυρη δήλωση (Ισχυρισμοί υγείας FDAMA): Σύμφωνα με τον νόμο εκσυγχρονισμού της διοίκησης τροφίμων και φαρμάκων (FDAMA) που ψηφίστηκε το 1997, προκύπτει ότι οι ισχυρισμοί υγείας βασίζονται σε έγκυρους επιστημονικούς φορείς και μπορούν να εφαρμόζονται σε τρόφιμα. Στους έγκυρους επιστημονικούς φορείς περιλαμβάνονται τα Εθνικά Ινστιτούτα Υγείας (NIH), τα Κέντρα Ελέγχου Νοσημάτων (CDC) και η

Εθνική Ακαδημία Επιστημών (NAS) (Smith & Charter, 2011).

### **1.4.3 Νομοθετικό πλαίσιο Ιαπωνίας**

Το 1991 το Ιαπωνικό Υπουργείο Υγείας, Εργασίας και Πρόνοιας (MHLW) δημιούργησε ένα ρυθμιστικό σύστημα για τα λειτουργικά τρόφιμα που ονομάστηκε “τρόφιμα με ισχυρισμούς υγείας” και περιλάμβανε δύο τύπους τροφίμων. Τα «Foods for Specified Health Use» (FOSHU) στα οποία περιλαμβάνονται τρόφιμα που ισχυρίζονται οφέλη για την υγεία. Τα προϊόντα αυτά ενδείκνυνται για καταναλωτές που θέλουν να διατηρήσουν, να βελτιώσουν την υγεία ή να προλάβουν ορισμένες ασθένειες-νόσους. Δεν θα πρέπει να ισχυρίζονται θεραπεία της ασθένειας. Δηλαδή απαγορεύεται ρητά η χρήση του όρου, “αυτό το προϊόν θεραπεύει...”. Ένα τέτοιο προϊόν λαμβάνει έγκριση για την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητά του, από το Συμβούλιο Φαρμακευτικών Υποθέσεων και Υγιεινής Τροφίμων στο πλαίσιο του MHLW, όπου θα πρέπει να παρέχονται επιστημονικώς αποδεδειγμένα στοιχεία. Οι ισχυρισμοί υγείας που εγκρίθηκαν από τα τρόφιμα FOSHU κατηγοριοποιούνται στις παρακάτω οκτώ κατηγορίες: γαστρεντερικό σύστημα, αρτηριακή πίεση, γλυκόζη αίματος, απορρόφηση μετάλλων, οδοντική υγεία, υγεία των οστών. Στην άλλη κατηγορία τροφίμων ανήκουν τα «Τρόφιμα με ισχυρισμούς θρεπτικών ουσιών» (FNFC) που εισήχθησαν το 2001. Περιλαμβάνουν τρόφιμα στα οποία χρησιμοποιούνται θρεπτικά συστατικά σε καθορισμένες ποσότητες. Αλλά και οι ιδιαίτερες συνθήκες αποθήκευσης και η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη. Στα επιτρεπόμενα θρεπτικά συστατικά περιλαμβάνονται 12 βιταμίνες (βιταμίνες A, B1, B2, B6, B12, C, E, D, βιοτίνη, παντοθενικό οξύ, φολικό οξύ και νιασίνη) και 5 μέταλλα (Ca και Fe). Θεσπίστηκαν και ανώτατα-κατώτατα όρια των θρεπτικών ουσιών. Το κατώτερο όριο ορίστηκε ως το ένα τρίτο της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης και το ανώτερο όριο ως η μέγιστη ποσότητα θρεπτικών ουσιών χωρίς να απαιτείται ιατρική συνταγή. Δεν απαιτείται έγκριση από κάποιον φορέα αλλά μόνη και βασική προϋπόθεση για την διάθεση στην αγορά είναι να πληροί τις προδιαγραφές (Smith & Charter, 2011).

### **1.4.4 Νομοθετικό πλαίσιο Ευρώπης**

Πρώτη στην εισαγωγή τροφίμων με ισχυρισμούς υγείας ήταν η Ιαπωνία. Ακολούθησε η ΗΠΑ, η Ευρώπη και άλλες χώρες του κόσμου. Το 2006 η Ευρωπαϊκή Ένωση καθιέρωσε τον Κανονισμό ΕΕ 1924/2006 που περιλάμβανε τους ισχυρισμούς υγείας και τους ισχυρισμούς διατροφής. Αυτός είχε ως σκοπό την εφαρμογή από όλα τα κράτη-μέλη. Το πεδίο εφαρμογής του Κανονισμού 1924/2006 περιλάμβανε: την επισήμανση, τη παρουσίαση, τη διαφήμιση καθώς και την επωνυμία. Επιπλέον, οι ισχυρισμοί προκειμένου να εμπότουν στον Κανονισμό

1924/2006, πρέπει να βασίζονται και να τεκμηριώνονται από αποδεκτά επιστημονικά δεδομένα με διακρίβωση των αποδεικτικών στοιχείων.

Οι ισχυρισμοί διατροφής είναι ισχυρισμοί που δηλώνουν ή υποδηλώνουν ότι ένα τρόφιμο έχει ιδιαίτερες ευεργετικές ιδιότητες λόγω της ενέργειας που παρέχει ή των θρεπτικών ή άλλων ουσιών.

Τρόφιμα εμπίπτουν στον Κανονισμό, αν οι ισχυρισμοί υγείας και διατροφής που βασίζονται και τεκμηριώνονται από αποδεκτά επιστημονικά δεδομένα, φανερώσουν ότι η παρουσία, η απουσία ή η μειωμένη περιεκτικότητα σε τρόφιμο μιας θρεπτικής ή άλλης ουσίας παρουσιάζει ευεργετικό αποτέλεσμα. Ο Κανονισμός διακρίνει δύο αξιώσεις αυτή του άρθρου 13 και του άρθρου 14. Οι αξιώσεις του άρθρου 14 αφορούν ισχυρισμούς που αφορούν τη μείωση του κινδύνου εμφάνισης ασθένειας και την υγεία των παιδιών, ενώ οι αξιώσεις του άρθρου 13 αφορούν ισχυρισμούς δομής-λειτουργίας. Όλοι οι ισχυρισμοί υγείας και διατροφής που έχουν εγκριθεί περιλαμβάνονται λεπτομερώς στον Κανονισμό. Σε εκείνους που δεν περιλαμβάνονται απαιτείται έγκριση για την καταγραφή τους. Η EFSA δημοσίευσε ένα έγγραφο που αποτελεί κατευθυντήρια γραμμή για τις απαιτήσεις που θα πρέπει να έχει ένας ισχυρισμός σε σχέση με τα επιστημονικά δεδομένα ώστε να καταγραφεί στον κατάλογο. Η EFSA αξιολογεί και υποβάλλει τις συστάσεις της που κοινοποιούνται ύστερα στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή και στα κράτη μέλη, όπου είναι οι δύο αρμόδιοι φορείς που θα αποφασίσουν για την καταγραφή ή όχι των ισχυρισμών στον κατάλογο. (Smith & Charter, 2011)

## **1.5 Λειτουργικά συστατικά και επιδράσεις τους στην υγεία**

Στα λειτουργικά συστατικά που θα περιγραφούν περιλαμβάνονται τα πρεβιοτικά και προβιοτικά, οι διαιτητικές ίνες με βάση την ικανότητά τους να διαλύονται στο νερό, σε διαλυτές και αδιάλυτες. Τα λιπαρά οξέα, τα καροτενοειδή με βάση την ικανότητα οξυγόνωσής τους, σε καροτένια και ξανθοφύλλες, οι πολυφαινολικές ενώσεις. Επιπλέον, οι βιταμίνες που διακρίνονται με βάση την ικανότητα διάλυσης τους σε νερό, σε υδατοδιαλυτές όπου ανήκουν οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β και η βιταμίνη C και στις λιποδιαλυτές που ανήκουν οι βιταμίνες Α, D, Ε, Κ. Τέλος, θα αναφερθούν οι βιοδραστικές πρωτεΐνες και πεπτιδία και τα πιο σημαντικά μέταλλα ως λειτουργικά συστατικά.

### **1.5.1 Γενικά πρεβιοτικά-προβιοτικά**

Κάθε άνθρωπος μπορεί να έχει περισσότερα από 100-1000 είδη μικροοργανισμών στο γαστρεντερικό του σύστημα (Gastrointestinal Track - GIT). Στο στομάχι περιέχονται 103 διαφορετικά βακτηριακά είδη και ο συνολικός αριθμός μικροοργανισμών του εντέρου

κυμαίνεται σε επίπεδα  $10^{11}$ -  $10^{12}$  cfu/gr (Μερμίτογλου, 2022). Η ισορροπία της μικροχλωρίδας του εντέρου εξαρτάται από παράγοντες όπως η ηλικία, ο γονότυπος του ξενιστή, η σωματική δραστηριότητα και η διατροφή. Όταν αναπτύσσονται παθογόνα μικρόβια, παράγονται τοξικοί μεταβολίτες, που επηρεάζουν το εντερικό τοίχωμα και την προστασία του. Η μεταβολή της ισορροπίας της μικροχλωρίδας του εντέρου από παθογόνα μικρόβια ονομάζεται δυσβίωση. Έτσι, η μικροχλωρίδα μελετάται από επιστήμονες, καθώς συνδέεται με διάφορες ασθένειες-παθήσεις. Παρατηρήθηκε ότι αυξημένα επίπεδα στην εντερική μικροχλωρίδα όχι μόνο *Bacteroides* spp., αλλά και *Clostridium* spp. και *Bifidobacterium* spp. σχετίζονται με τον καρκίνο του παχέος εντέρου (Ballini κ.ά., 2023). Επιπλέον, σε πολλές μελέτες βρέθηκε ότι η ανισορροπία της εντερικής μικροχλωρίδας συνδέεται με ασθένειες όπως η φλεγμονώδης νόσος του εντέρου (Daliri & Lee, 2015), η παχυσαρκία (Jenzsch κ.ά., 2008) (Scaldeferri κ.ά., 2013). Τα προβιοτικά και πρεβιοτικά έρχονται να λύσουν το πρόβλημα της δυσβίωσης του εντέρου. Είναι μη εύπεπτα συστατικά των τροφίμων, που δεν υδρολύονται ούτε απορροφώνται στη γαστρεντερική οδό αλλά λειτουργούν ως υποστρώματα υποστηρίζοντας τη δραστηριότητα των προβιοτικών μικροοργανισμών στο πεπτικό σύστημα, ώστε να μπορούν να εκδηλώσουν τους μηχανισμούς δράσης τους (Kechagia κ.ά., 2013). Οι πρεβιοτικοί μικροοργανισμοί μεταβάλλουν τη μικροχλωρίδα του εντέρου, ώστε να είναι δυνατή η ανάπτυξη των προβιοτικών βακτηρίων και αδύνατη η ανάπτυξη ανεπιθύμητων παθογόνων βακτηρίων. Οι πιο σημαντικοί τύποι πρεβιοτικών είναι οι μη αμυλούχοι υδατάνθρακες όπως διαλυτές φυτικές ίνες (π.χ. β-γλυκάνη, ινουλίνη κ.α.) και οι ολιγοσακχαρίτες όπως ο φρουκτοολιγοσακχαρίτης (φρουκτάνες), ο γαλακτο-ολιγοσακχαρίτης κ.α. (Chhikara & Panghal, 2022). Κατά την τελευταία δεκαετία, ο όρος προβιοτικά έχει κερδίσει μεγάλη προσοχή καθώς οι καταναλωτές έχουν συνειδητοποιήσει περισσότερο τη σημασία της υγιεινής διατροφής. Σύμφωνα με τον ορισμό της Διεθνούς Επιστημονικής Ένωσης για τα Προβιοτικά και τα Πρεβιοτικά (International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics - ISAPP) στο πλαίσιο που έχει θεσπιστεί από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (Food and Agriculture Organization - FAO) και τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), τα προβιοτικά περιλαμβάνουν «όλους τους ζωντανούς μικροοργανισμούς που, όταν χορηγούνται σε κατάλληλη ποσότητα προσδίδουν ευεργετική επίδραση στον ξενιστή» (Ibrahim κ.ά., 2023). Τα τρόφιμα θα πρέπει να περιέχουν ως ελάχιστο συνιστώμενο επίπεδο περίπου  $10^6$  cfu /mL ή gr προϊόντος που αντιστοιχεί σε  $10^8$  έως  $10^9$  προβιοτικών μικροοργανισμών ημερησίως για να επιτευχθεί η προβιοτική δράση στον καταναλωτή (Kechagia κ.ά., 2013). Οι πιο χρησιμοποιούμενοι προβιοτικοί μικροοργανισμοί είναι βακτήρια του γένους *Lactobacillus* (*L. acidophilus*, *L. casei*, *L. paracasei*, *L. rhamnosus*, *L. fermentum*, *L. johnsonii*, *L. reuteri*), και του γένους *Bifidobacterium* (*B. lactis*, *B. longum*, *B. breve*) και ο ζυμομύκητας

Saccharomyces boulardii (Smith & Charter, 2011).

### 1.5.1.1 Πρεβιοτικά

Στα πιο σημαντικά πρεβιοτικά ανήκουν οι φρουκτοολιγοσακχαρίτες (Fructooligosaccharides - FOS) που μπορεί να αποτελούνται από 3 έως 20 μόρια φρουκτόζης, συνδεδεμένα με διαφορετικούς τύπους γλυκοζιτικών δεσμών, όπως β(2: 1) ή β(2: 6) ανάλογα με τη διαδικασία που χρησιμοποιείται. Οι β-γλυκοζιτικοί δεσμοί δεν έχουν τη δυνατότητα να υδρολυθούν από πεπτικά ένζυμα στο έντερο και έτσι επιδρούν στην ανάπτυξη ωφέλιμων βακτηρίων. Τα FOS βρίσκονται σε διάφορες συγκεντρώσεις σε μεγάλη ποικιλία λαχανικών όπως στην αγκινάρα Ιερουσαλήμ, στο κichώριο, στο κρεμμύδι, στα σπαράγγια, στη μπανάνα, στο σκόρδο, στην αγαύη, στη σίκαλη, στο σιτάρι, στο κριθάρι κ.α. Ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται ευρέως από τα μέσα δεκαετίας 1980. Αν και θεωρούνται πρόσθετα «Γενικά Αναγνωρισμένα ως Ασφαλή» (Generally Recognized As Safe - GRAS), θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε καθορισμένη ποσότητα, που να μην ξεπερνά τα 20 g/ημέρα. Υψηλότερη δόση μπορεί να επιφέρει από πιο ήπια έως πιο σημαντικά συμπτώματα. Στα πιο ήπια περιλαμβάνονται φούσκωμα, τυμπανισμός και εντερική δυσφορία και στα πιο σημαντικά για την υγεία ηπατική στεάτωση, φλεγμονή ή ανισορροπία του εντέρου. Από τις πιο σημαντικές χρήσεις του FOS είναι η προσθήκη ως ενισχυτικό γάλακτος για βρεφικά παρασκευάσματα. Επίσης τα FOS με μακρύτερη αλυσίδα παρατηρήθηκε ότι παίζουν σημαντικό ρόλο ως υποκαταστάτες λίπους σε παγωτό από πρόβειο γάλα (που έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα λίπους από το αγελαδινό) σε σχέση με τα scFOS, δίνοντας προϊόν με καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και λιγότερες θερμίδες. Από την άλλη οι ολιγοσακχαρίτες πηκτίνης (Pectin oligosaccharides - POS), ανήκουν στις διαλυτές ζυμώσιμες ίνες και θεωρούνται ως αναδυόμενες πρεβιοτικές ενώσεις. Είναι οικονομικοί και φιλικό για το περιβάλλον καθώς εξάγονται από υπολείμματα τροφίμων, όπως ο πολτός ζαχαρότευτλων, η φλούδα ντομάτας και η φλούδα μπανάνας. Τα POS λαμβάνονται με αποπολυμερισμό της πηκτίνης, που οδηγεί σε μονοσακχαρίτες που συνδέονται με ποικίλους δεσμούς. Στους μονοσακχαρίτες περιλαμβάνεται το γαλακτουρονικό οξύ (GalA) σε ποσοστό που φτάνει το 70%, επίσης σε σημαντικές ποσότητες ραμνόζη (Rha), αραβινόζη (Ara) και γαλακτόζη (Gal). Η πηκτίνη συνήθως συναντάται σε μαρμελάδες, ζελέ, ποτά, κατεψυγμένα τρόφιμα, αλλά και ως υποκατάστατο ζάχαρης/ ή λίπους σε προϊόντα με λιγότερες θερμίδες (Jafari κ.ά., 2023).

### 1.5.1.2 Προβιοτικά

Ο *Lactobacillus rhamnosus* GG (ATCC 53013), προστατεύει/προλαβαίνει από τη διάρροια που

σχετίζεται με αντιβιοτικά, με ροταϊό, αλλά και από την διάρροια ταξιδιωτών και οξεία διάρροια. Έχει ευεργετική δράση έναντι της νόσου του Crohn και της νεανικής αρθρίτιδας. Επίσης, ανταγωνίζεται και τα βακτήρια που προκαλούν τερηδόνα. Ένα επιπλέον σημαντικό στέλεχος είναι και το *L. casei* Shirota που βοηθά στη διατήρηση της ισορροπίας της εντερικής μικροχλωρίδας, προλαμβάνει τις εντερικές διαταραχές και τη διάρροια που σχετίζεται με το ροταϊό, προστατεύει τον οργανισμό από μεταλλαξιγόνους παράγοντες τροφίμων. Χρησιμοποιείται στη συμπληρωματική θεραπεία του καρκίνου της ουροδόχου κύστης και υποστηρίζει τα πρώιμα στάδια καρκίνου του παχέος εντέρου. Το προβιοτικό στέλεχος *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, έχει σημαντική εφαρμογή σε προϊόντα που παράγονται για άτομα με δυσανεξία στη λακτόζη. Το βακτήριο *H. pylori* είναι ο παράγοντας στον οποίο οφείλεται η γαστρίτιδα τύπου B καθώς και τα γαστρικά και δωδεκαδακτυλικά έλκη. Οι καταστάσεις αυτές αντιμετωπίζονται με το βακτήριο *Lactobacillus johnsonii* (La1) (NCC533) που σταθεροποιεί την εντερική μικροχλωρίδα, είναι αποτελεσματικό στη θεραπεία της γαστρεντερίτιδας και ανταγωνίζεται το ελικοβακτηρίδιο του πυλωρού που προκαλεί φλεγμονή, καθώς η αντιμετώπιση με αντιβιοτικά προκαλεί παρενέργειες όπως φούσκωμα, διάρροια και διαταραχή γεύσης. Άλλα στελέχη που φαίνεται να σχετίζονται με το ελικοβακτηρίδιο του πυλωρού είναι τα *L. casei* Shirota και *L. acidophilus*, που παράλληλα με το αντιβιοτικό μειώνουν το φορτίο του και ελαχιστοποιούν τις προαναφερθείσες παρενέργειες. Σημαντικό στέλεχος του γένους *Lactobacillus* είναι το *L. casei*, που θεωρείται ψυχοβιοτικό γιατί παρουσιάζει ευεργετικές ιδιότητες στη θεραπεία του άγχους και της κατάθλιψης, σύμφωνα με αποτελέσματα μελετών που διεξήχθησαν σε ενήλικες. Με τη χορήγηση γαλακτοκομικών με αυτά τα στελέχη προβιοτικών βελτιώθηκαν τα επίπεδα διάθεσης (Jafari κ.ά., 2023). Τέλος τα προβιοτικά στελέχη του γένους *bifidobacteria* όπως *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* (HNO 19) έχουν χρησιμοποιηθεί στις εγκυμονούσες γυναίκες που βρίσκονται μεταξύ του 2ου και 3ου τριμήνου κύησης και έχει βρεθεί ότι αυξήθηκαν τα επίπεδα της βιταμίνης B9 και B12 στον ορό τους (Ballini κ.ά., 2023).

### 1.5.2 Διαιτητικές ίνες

Οι διαιτητικές ίνες είναι δύσπεπτες στο λεπτό έντερο και αφομοιώνονται πλήρως ή μερικώς στο παχύ έντερο. (Ballini κ.ά., 2023 , Jafari κ.ά., 2023). Μία τυπική διάκριση τους βασίζεται στη διάλυση ή όχι στο νερό και έτσι χωρίζονται σε διαλυτές και αδιάλυτες (Ballini κ.ά., 2023 , Ötles& Ozgoz, 2014). Στις διαλυτές ίνες περιλαμβάνονται, η ημικυτταρίνη, η πηκτίνη, οι β-γλυκάνες, οι φρουκτάνες (ινουλίνη), και το ανθεκτικό άμυλο. Ενώ στις αδιάλυτες ανήκουν η κυτταρίνη και η λιγνίνη (Jafari κ.ά., 2023).

Άτομα που καταναλώνουν υψηλότερα επίπεδα φυτικών ινών έχει βρεθεί ότι έχουν έως και 29%



χαμηλότερο κίνδυνο για στεφανιαία νόσο από εκείνα με χαμηλότερη πρόσληψη ινών. Η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη είναι περίπου 6 g/ημέρα και συνοδεύεται από μείωση της τιμής της LDL-χοληστερόλης της τάξης του 5,4%. Με αυτή την ημερήσια πρόσληψη ινών ο κίνδυνος για στεφανιαία νόσο μειώνεται περίπου στο 9%. Στους παράγοντες κινδύνου περιλαμβάνονται η υπερχοληστερολαιμία, η υπέρταση, η παχυσαρκία και ο διαβήτης τύπου 2. Από μελέτες βρέθηκε ότι για κάθε 10 g πρόσθετων φυτικών ινών που προστίθενται στη διατροφή ατόμου, ο κίνδυνος για πρόωρο θάνατο από στεφανιαία νόσο μειώνεται κατά 17-35%. Επιπλέον, οι φυτικές ίνες καταλαμβάνουν σημαντικό ρόλο στην παχυσαρκία μέσω της ικανότητας να ρυθμίζουν την ενεργειακή πρόσληψη και άρα την ενίσχυση της απώλειας βάρους ή τη διατήρηση ενός υγιέστερου σωματικού βάρους. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι έχουν προστατευτική δράση έναντι ορισμένων γαστρεντερικών παθήσεων, της δυσκοιλιότητας, των αιμορροΐδων, του καρκίνου του παχέος εντέρου (Jafari κ.ά., 2023).

### **1.5.2.1 Διαλυτές ίνες**

Οι διαλυτές ίνες δημιουργούν πηκτώματα που μεταβολίζονται από βακτήρια, παράγοντας αέρια και παραπροϊόντα, όπως λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας (SCFAs) και ειδικότερα οξικό, προπιονικό και βουτυρικό οξύ. Παίζουν σημαντικό ρόλο στη μείωση του βάρους: Οι διαλυτές ίνες, όταν ζυμώνονται στο παχύ έντερο, παράγουν ένα πεπτιδίο που παρομοιάζει με γλυκογόνο (GLP-1) και ένα πεπτιδίο YY (PYY). Αυτά τα δύο πεπτιδία παίζουν καθοριστικό ρόλο στην πρόκληση κορεσμού. Επιπλέον, οι διαλυτές ίνες καθιστούν το περιεχόμενο του στομάχου παχύρρευστο και παρατείνουν το χρόνο γαστρικής κένωσης, γεγονός που βοηθά στη μείωση του βάρους, στη βελτίωση του Δείκτη Μάζας Σώματος (ΔΜΣ), στη μείωση του σωματικού λίπους (Jafari κ.ά., 2023).

#### **1.5.2.1.1 Πηκτίνη**

Οι πηκτίνες αντιπροσωπεύουν μια ομάδα πολυσακχαριτών που ονομάζονται γαλακτουρογλυκάνες με ποικίλα περιεκτικότητα σε μεθοξυομάδες. Το γαλακτουρονικό οξύ είναι το κύριο συστατικό του σκελετού της πηκτίνης. Ο σκελετός της συνήθως είναι μια αλυσίδα από μονάδες D-γαλακτουρονικού οξέος συνδεδεμένες με α(1:4) γλυκοζιτικό δεσμό και μονάδες μονοσακχαριτών π.χ, ραμνόζη, ξυλόζη, γαλακτόζη συχνά ως πλευρικές αλυσίδες. Οι πηκτίνες βρίσκονται σε όσπρια, ξηρούς καρπούς, σε ορισμένα λαχανικά και φρούτα.

#### **1.5.2.1.2 Ημικυτταρίνη**

Όσον αφορά την ημικυτταρίνη, η δομή της είναι μια κεντρική αλυσίδα με πλευρικές αλυσίδες

μονοσακχαριτών. Οι μονοσακχαρίτες της κεντρικής αλυσίδας είναι η ξυλόζη, η μαννόζη, η γαλακτόζη. Η ονομασία τους είναι ανάλογη του βασικού σκελετού της και άρα χαρακτηρίζονται ως ξυλάνες, μαννάνες, γλυκομαννάνες, γαλακτάνες και αραβινογαλακτάνες. Οι μονοσακχαρίτες των πλευρικών αλυσίδων είναι η αραβινόζη, το γλυκουρονικό οξύ, η γαλακτόζη. Η ημικυτταρίνη περιέχεται στο πítουρο, στα δημητριακά ολικής άλεσης, στα όσπρια και σε ορισμένα φρούτα και λαχανικά.

### **1.5.2.1.3 Β-γλυκάνες**

Οι β-γλυκάνες αποτελούνται από πολυμερή γλυκοπυρανόζης ενωμένα κυρίως με β(1:4) δεσμούς αλλά και με κάποιους β(1:3) γλυκοζιτικούς δεσμούς. Αν και γενικά εμφανίζονται ως διαλυτές στο νερό, μικρό ποσοστό εμφανίζεται ως αδιάλυτο. Χρησιμοποιούνται ως λειτουργικές φυτικές ίνες λόγω της ικανότητας μείωσης των επιπέδων χοληστερόλης και των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα.

### **1.5.2.1.4 Άμυλο**

Το ανθεκτικό άμυλο, θεωρείται αδιάλυτη ίνα, παρ'όλα αυτά συμπεριφέρεται ως διαλυτή. Τα λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας (short chain fatty acids - sCFA) και τα αέρια που παράγονται από τη ζύμωση μπορεί να έχουν θετικές επιδράσεις στη λειτουργία του εντέρου και στη γενικότερη υγεία. Η ζύμωση που υφίσταται, ευνοεί περισσότερο την παραγωγή βουτυρικού οξέος που επιδρά στον καρκίνο του παχέος εντέρου.

### **1.5.2.1.5 Ινουλίνη**

Η ινουλίνη αποτελείται από γραμμική αλυσίδα που περιέχει 2-60 μόρια φρουκτόζης ενωμένα με β(2:1) γλυκοζιτικούς δεσμούς και από ένα μόριο γλυκόζης στη θέση C-2 της τελικής μονάδας φρουκτόζης. Η ινουλίνη εξάγεται συνήθως από το κιχώριο και την αγκινάρα της Ιερουσαλήμ. Προκειμένου να επιτευχθεί αύξηση των επιπέδων bifidobacteria στο παχύ έντερο είναι απαραίτητη δόση των 5- 8 g / ημέρα. Μέσω της χορήγησης σε ένα λειτουργικό τρόφιμο μπορεί να αυξήσει την προβιοτική δράση. Χρησιμοποιείται επίσης σε βρεφικά γάλατα για την δημιουργία και διατήρηση υγιούς εντερικής μικροχλωρίδας.

### **1.5.2.2 Αδιάλυτες ίνες**

Οι αδιάλυτες ίνες έχουν διογκωτική δράση αυξάνοντας τη μάζα των κοπράνων και ανακουφίζοντας από τη δυσκοιλιότητα. Το αυξημένο βάρος των κοπράνων προκαλείται από το συγκρατημένο νερό εντός των ινών. Οι αδιάλυτες ίνες συνδέονται επίσης με τη μείωση του χρόνου εντερικής διέλευσης, που βοηθά στην αποφυγή και ανακούφιση της δυσκοιλιότητας.

Στην κατηγορία των αδιάλυτων ινών περιλαμβάνονται η κυτταρίνη και η λιγνίνη.

#### **1.5.2.2.1 Κυτταρίνη**

Η κυτταρίνη αποτελείται από γραμμική αλυσίδα που περιέχει μόρια γλυκόζης ενωμένα με β(1:4) γλυκοζιτικό δεσμό. Μία μονάδα κυτταρίνης μπορεί να περιέχει μέχρι και 10.000 μονάδες σακχάρων γλυκόζης. Αντιπροσωπεύει περίπου το ένα τέταρτο των διαιτητικών ινών. Πηγές κυτταρίνης από φυσικά τρόφιμα είναι το πύουρο, τα όσπρια, τα λαχανικά, ο εξωτερικός φλοιός των σπόρων και τα μήλα.

#### **1.5.2.2.2 Λιγνίνη**

Πηγές λιγνίνης είναι οι ώριμοι βολβοί λαχανικών (καρότο), το σιτάρι και τα φρούτα με βρώσιμους σπόρους (φράουλες). Είναι ένα φυσικό πολυμερές που αποτελείται από φαινολικές μονάδες ενωμένες με ισχυρούς ενδομοριακούς δεσμούς. Η λιγνίνη ενώνεται με χημικούς δεσμούς με τις ημικυτταρίνες αλλά και με την κυτταρίνη (Jafari κ.ά., 2023).

### **1.5.3 Λιπαρά οξέα**

Αποτελούνται από μία ανθρακική αλυσίδα που στο ένα της άκρο έχει μία μεθυλική ομάδα (CH<sub>3</sub>) και στο άλλο άκρο της μία καρβοξυλική ομάδα (COOH). Διακρίνονται σε κορεσμένα και ακόρεστα λιπαρά οξέα. Όταν όλα τα άτομα άνθρακα είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους μόνο με απλούς δεσμούς, το λιπαρό οξύ ονομάζεται κορεσμένο (saturated fatty acids - SFA), ενώ όταν στην ανθρακική αλυσίδα υπάρχει ένας ή περισσότεροι διπλοί ομοιοπολικοί δεσμοί τότε το μόριο ανήκει στα ακόρεστα λιπαρά οξέα (unsaturated fatty acids - UFA). Όταν τα ακόρεστα λιπαρά οξέα διαθέτουν ένα μόνο διπλό δεσμό τότε λέγονται μονοακόρεστα (Monounsaturated Fatty Acids - MUFA) και όταν έχουν δύο ή περισσότερους διπλούς δεσμούς τότε λέγονται πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Polyunsaturated Fatty Acids - PUFA). Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, ωμέγα-3 (ω3), ωμέγα-6 (ω6), ωμέγα-9 (ω9). Η διατροφή στις μέρες μας, αποτελείται από υψηλό ποσοστό σε ω-6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων λόγω της συχνής κατανάλωσης κόκκινου κρέατος και προϊόντων του. Τα κυρίαρχα λιπαρά οξέα στο κόκκινο κρέας είναι κορεσμένα και πλούσια σε αραχιδονικό οξύ (arachidonic acid - AA), το οποίο συνδέεται με τη φλεγμονή. Ωστόσο τόσο τα ω6 όσο και τα ω3 PUFA είναι απαραίτητα για τη διατροφή του ανθρώπου. Είναι σημαντική η ισορροπία πρόσληψής τους για να μην υπάρχει αρνητικό αντίκτυπο στην υγεία. Η μη ισορροπημένη διατροφή, με υψηλά ποσοστά ω6 PUFA έχει θρομβωτικές και φλεγμονώδεις δράσεις, γεγονός που συμβάλλει στο σχηματισμό αθηροσκλήρωσης, παχυσαρκίας και διαβήτη στους ανθρώπους.

### 1.5.3.1 Ωμέγα-3 λιπαρά

Τα ωμέγα-3 λιπαρά οξέα περιλαμβάνουν το λινολενικό οξύ ( $\alpha$ -linolenic acid - ALA, C18:3n-3). Το ALA βρίσκεται σε αφθονία στο λινέλαιο και είναι ένα απαραίτητο λιπαρό οξύ που μπορεί να μετατραπεί σε εικοσαπεντανοϊκό οξύ (Eicosapentaenoic acid - EPA: C20:5n-3), σε δοκοσαεξανοϊκό οξύ (DHA: C22:6n-3) καθώς και σε δοκοσαπεντανοϊκό οξύ (DPA: C22:5n-3) μέσω μιας σειράς αντιδράσεων επιμήκυνσης και κορεσμού. Ωστόσο, το EPA και το DHA συντίθενται κυρίως στο υδάτινο περιβάλλον και έτσι βρίσκονται σε αφθονία σε θαλασσινά κυρίως σε λιπαρά ψάρια. Το EPA βρίσκεται σε μεγάλη ποσότητα στη ρέγγα (15% των συνολικών λιπιδίων), στη σαρδέλα (13,6% των συνολικών λιπαρών οξέων των μυών) και στο αυγοτάραχο (18,8%). Το DHA εντοπίζεται σε ψάρια, όπως ρέγγα, αυγοτάραχο σολομού σε ποσοστό 22,6% και 17,4% των συνολικών λιπιδίων αντίστοιχα. Επίσης στο *Cirrhinus mrigala* σε αναλογία 18,07 g/100 g μυϊκού ιστού FAs και *Catla* αντίστοιχα σε 17,98 g/100 g FAs μυϊκού ιστού. Η μετατροπή του  $\alpha$ -λινολενικό οξύ (ALA) σε EPA, DPA και DHA είναι χαμηλή, και έτσι η συμπλήρωση αυτών των  $\omega$ -3 PUFA είναι καθοριστικής σημασίας για τον άνθρωπο. Η συνιστώμενη πρόσληψη για το ALA ορίζεται στο 0,5% της συνολικής ενεργειακής πρόσληψης, δηλαδή σε ποσότητα 100–250 mg για συνολικά EPA και DHA που εξαρτάται από την ηλικία του ατόμου. Δηλαδή η ποσότητα είναι διαφορετική για τα βρέφη, τα παιδιά και τους ενήλικες αλλά σχετίζονται με το ηλικιακό στάδιο των γυναικών. Εκτός από όλες τις παραπάνω πηγές  $\omega$ 3 λιπαρών οξέων συμπεριλαμβάνεται και το *Eurhousia superba*, που ονομάζεται "Ανταρκτικό κριλ", το οποίο έχει περισσότερο από 40%  $\omega$ -3 PUFAs δεσμευμένα με φωσφολιπίδια, τα οποία αποτελούνται κυρίως από φωσφατιδυλοχολίνη (έως 99,80%). Έχει αποδειχθεί ότι η βιοδιαθεσιμότητα αυτών των λιπαρών οξέων είναι σημαντικά υψηλότερη σε αυτή τη μορφή (και όχι εκείνων που συνδέονται με την τριακυλογλυκερόλη, TAG), με αποτέλεσμα υψηλότερο επίπεδο απορρόφησης στους ιστούς του σώματος. Ωστόσο, τα ωμέγα-3 λιπαρά οξέα, είναι επιρρεπή στην αυτοοξειδωση που οδηγεί στο σχηματισμό προϊόντων διάσπασης και απαιτείται η τεχνική της μικροενθυλάκωσης για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Μέχρι σήμερα, στην αγορά διατίθενται γιαούρτια, χυμοί, γάλα και μια σειρά προϊόντων που περιέχουν MEG3, ένα εμπορικό μικροενθυλακωμένο ιχθυέλαιο. Επιπλέον, μπορούν να αγοραστούν αυγά που περιέχουν ωμέγα-3 λιπαρά οξέα. Τα αυγά είναι από κότες που τρέφονται πρώτα με λιναρόσπορο ή λινέλαιο ή ιχθυάλευρα και ύστερα με τροφές χωρίς ιχθυάλευρα προκειμένου να διασφαλιστεί η βέλτιστη γευστική ποιότητα των αυγών.

Στις επιδράσεις για την υγεία περιλαμβάνονται η αύξηση του επιπέδου της διάθεσης σε άτομα που πάσχουν από τη νόσο, καθώς παράγεται ο νευροδιαβιβαστής σπερμτοξίνη. Βρέθηκε ότι σε άτομα που πάσχουν από κατάθλιψη τα επίπεδα  $\omega$ 3 λιπαρά οξέα ήταν χαμηλότερα στον ορό από εκείνα που δεν έπασχαν. Τα λιπαρά ψάρια όπως το σκουμπρί, ο σολομός, η σαρδέλα, και

ο γαύρος που είναι εμπλουτισμένα με EPA, DHA και DPA αυξάνουν την παραγωγή του νευροδιαβιβαστή σπερμωτοξίνη. Τα λιπαρά αυτά οξέα προλαμβάνουν το στρες, το άγχος και την κακή ψυχολογία. Η νόσος του Αλτσχάιμερ είναι μια ασθένεια που εμφανίζεται σε προχωρημένες ηλικίες και η κατανάλωση αυτών μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης νόσου Αλτσχάιμερ και άνοιας. Έπειτα, σημαντική είναι και η επίδρασή τους στη λειτουργία του εγκεφάλου. Το έμβρυο λαμβάνει μέσω του πλακούντα τα ω3 και τα χρησιμοποιεί για τη σωστή διαμόρφωση του εγκεφάλου. Μετά τη γέννηση τα επαρκή αποθέματα βοηθούν στη σωστή λειτουργία των νευρώνων όπως είναι στο συναίσθημα, στην ευφυΐα, στην μνήμη του αλλά και στην ευαισθησία στο φως των φωτουποδοχέων της ράβδου του αμφιβληστροειδούς. Τέλος, τα EPA και DHA μειώνουν την πιθανότητα εκδήλωσης διαφόρων τύπων καρκίνου μεταξύ των οποίων του παχέος εντέρου, του προστάτη και του μαστού (Jafari κ.ά., 2023).

### **1.5.3.2 Ωμέγα-9 λιπαρά**

Τα ω9 λιπαρά οξέα ανήκουν στα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFAs), με κυριότερο το ελαιικό οξύ και έχει αναφερθεί ότι έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στην υγεία παρόμοια με τα ω3 λιπαρά οξέα. Τα MUFA βρίσκονται σε φυσικά τρόφιμα όπως οι ξηροί καρποί, το αβοκάντο, το ελαιόλαδο (50-83%), τα έλαια ξηρών καρπών. Βρέθηκε ότι το 25–35% των συνολικών ημερήσιων θερμίδων πρέπει να παρέχεται από καλά λιπαρά, εκ των οποίων το 20% πρέπει να προέρχεται από MUFA και 10% από PUFA. Έτσι, τα MUFAs συμβάλλουν περίπου στο 60% της συνιστώμενης συνολικής διατροφικής πρόσληψης λιπιδίων. Σε σχέση με τα ω3 διαφέρουν στο επίπεδο ρευστότητας και στο ότι είναι πιο σταθερά έναντι της οξειδωτικής τάγγισης. Το ελαιικό οξύ δεν είναι απαραίτητο λιπαρό οξύ, συνεπώς συντίθεται από αυτόν *de novo*, μέσω Δ9-αποκορεσμού του στεατικού οξέος. Το ελαιικό οξύ συντίθεται από φυτά θρεπτικής αξίας όπως το *Olea Europaea*, το *Brassica*, το *Arachis* κ.α. Προτείνεται για την μείωση των επιπέδων της λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας (low density lipoprotein - LDL χοληστερόλη) η αντικατάσταση των κορεσμένων λιπαρών οξέων με ελαιικό οξύ (Jafari κ.ά., 2023).

### **1.5.4 Καροτενοειδή**

Τα καροτενοειδή είναι οι πιο διαδεδομένες χρωστικές στην φύση, που είναι υπεύθυνες για το κίτρινο-πορτοκαλί χρωματισμό των φρούτων, των λαχανικών, των ψαριών, των καρκινοειδών. Βρίσκονται στα βακτήρια, σε ορισμένα είδη αρχαίων και μυκήτων, φυκών, φυτών. Τα καροτενοειδή μπορούν επίσης να βρεθούν στο ζωικό βασίλειο (φτέρωμα πτηνών, ψάρια και έντομα), ενώ και σε καρκινοειδή. Είναι σημαντικά γιατί δεν συντίθενται από τον οργανισμό και η τροφή είναι η μόνη πηγή τους. Τα καροτενοειδή είναι χρωστικές τετρατερπενίου, που

αποτελούνται από οκτώ μονάδες ισοπρενίου με σκελετό 40 άνθρακα. Η διάκριση των καρτενοειδών γίνεται με βάση αν είναι οξυγονωμένα ή όχι σε καροτένια και ξανθοφυλλες αντίστοιχα. Τα καροτένια, όπως το α-καροτένιο, το β-καροτένιο, το γ-καροτένιο και το λυκοπένιο, είναι υδρογονάνθρακες και μη οξυγονωμένα μόρια. Από την άλλη, η λουτεΐνη, η ζεαξανθίνη, η ασταξανθίνη, η φουκοξανθίνη, είναι ανήκουν στις ξανθοφύλλες που περιέχουν άτομα οξυγόνου σε μορφή υδροξυλίου, καρβονυλίου, αλδεΐδης, καρβοξυλικού, εποξειδίου και φουρανοξειδίου. Οι δομές των ξανθοφύλλων παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία καθώς έχουν αναφερθεί περίπου 800 είδη ξανθοφύλλων στη φύση (Jafari κ.ά., 2023).

### **1.5.1.1 Λυκοπένιο**

Το λυκοπένιο, είναι από τα πιο ισχυρά αντιοξειδωτικά και βρίσκεται φυσικά στη ντομάτα, στη γκουάβα, στο καρπούζι, στην παπάγια και στην πιτάνγκα. Λόγω της αντιοξειδωτικής δράσης του, μπορεί να εξουδετερώσει τις ελεύθερες ρίζες, προλαμβάνοντας χρόνιες ασθένειες όπως ο καρκίνος του προστάτη και οι καρδιαγγειακές παθήσεις. Αν και βρίσκεται στις περισσότερες πηγές τροφίμων στη διαμόρφωση all-trans, η κυρίαρχη μορφή εμφάνισης του λυκοπενίου στους ανθρώπους είναι η all-cis. Είναι ευαίσθητο καρτενοειδές στο φως και στο οξυγόνο οπότε χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην επεξεργασία του για την αποφυγή οξειδωσης και αποικοδόμησης. Για την καλύτερη απορρόφηση του χρειάζεται να μειωθεί η πρόσληψη ασβεστίου. Αλλά από την άλλη αυτό που αυξάνει την απορρόφηση είναι το διαιτητικό λίπος. Η ισχυρή αντιοξειδωτική δράση του λυκοπενίου οφείλεται στους 13 διπλούς δεσμούς του (11 συζευγμένους) και την άκυκλη δομή της αλυσίδας. Η αντιοξειδωτική δράση σχετίζεται με τη μείωση του οξειδωτικού στρες καθώς προστατεύει τα μακρομόρια, όπως το DNA και τα λιπίδια, από οξειδωτική βλάβη που οδηγεί σε γονιδιωματική μετάλλαξη. Ο εγκέφαλος είναι ευαίσθητο όργανο για οξειδωτικό στρες, καθώς έχει υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου, υψηλές ποσότητες πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, υψηλή συγκέντρωση σιδήρου (καταλύτης οξειδωσης) και χαμηλότερα επίπεδα αντιοξειδωτικών ενζύμων (όπως η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης και η καταλάση) από άλλα όργανα. Ο πολλαπλασιασμός των ενεργών ειδών οξυγόνου και αζώτου στον εγκέφαλο αυξάνεται σε μεγαλύτερη ηλικία και είναι πιο εμφανής σε άτομα που παρουσιάζουν νευροεκφυλιστικές καταστάσεις. Επίσης έχει συσχετιστεί με μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του προστάτη, του μαστού και του στομάχου αναστέλλοντας τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων, που προκαλούν απόπτωση και καταστέλλοντας τη μετάσταση. Μία σημαντική συμβολή του λυκοπενίου στην υγεία είναι η επίδραση στην οστεοπόρωση που παρατηρείται σε μεγάλο ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού. Η οστεοπόρωση συνδέεται με χαμηλή οστική πυκνότητα και άρα τάση για πιο εύκολη θραύση

των οστών. Σύμφωνα με μελέτες τα φαρμακευτικά προϊόντα αδυνατούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά τα προβλήματα που δημιουργεί η οστεοπόρωση, προκαλώντας ερεθισμό του γαστρεντερικού βλεννογόνου και κατάγματα. Έτσι η επιστημονική κοινότητα στράφηκε στις φυσικές θεραπείες συμβάλλοντας σε βελτιωμένη οστική πυκνότητα και χαμηλότερο κίνδυνο κατάγματος. Εφαρμογές από τον τοματοπελτέ ή τα παραπροϊόντα από την επεξεργασία ντομάτας, όπως φλούδες ντομάτας και τα υπολείμματα που προκύπτουν από την επεξεργασία ντομάτας που χρησιμοποιούνται για χυμό, κέτσαπ, είναι πλούσια σε λυκοπένιο και έχουν προστεθεί στα προϊόντα κρέατος ως αντιοξειδωτικά. Τα προϊόντα αρτοποιίας, όπως το ψωμί και τα κεικ, έδειξαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες, βιταμίνη C, μέταλλα (νάτριο, κάλιο, μαγνήσιο, ασβέστιο και σίδηρο). Επιπλέον, αντιοξειδωτική δράση όταν το ραφινάρισμένο αλεύρι αντικαταστάθηκε από το 35-40% του πυρήνα ντομάτας. Η αύξηση της αντιοξειδωτικής δράσης σχετιζόταν με το λυκοπένιο του πυρήνα της ντομάτας (Jafari κ.ά., 2023).

### **1.5.1.2 Β -καροτένιο**

Το β-καροτένιο είναι το πιο σταθερό καροτένιο στην κατηγορία των καροτενοειδών. Αποτελεί βρώσιμη ελαιοδιαλυτή χρωστική ουσία. Είναι δευτερογενής μεταβολίτης που παράγεται από τα φυτά. Είναι πρόδρομος ουσία της βιταμίνης A που έχει μόνο το 1/6 της δράσης της (1 mg βιταμίνης A  $\frac{1}{4}$  6mg β-καροτίνης). Το β-καροτένιο είναι αδιάλυτο στο νερό και διαλυτό σε μη πολικούς διαλύτες, όπως στο εξάνιο, στο χλωροφόρμιο, στο βενζόλιο, στον πετρελαϊκό αιθέρα, στην ακετόνη και στο λάδι. Εκτός από τη χρήση του ως χρώμα, το β-καροτένιο παρέχει θετικές δράσεις που σχετίζονται με τη βιταμίνη A (ρετινόλη). Μία από αυτές είναι οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες, που βοηθούν στην ενίσχυση της ανοσοαπόκρισης και στην προστασία του οργανισμού από τον καρκίνο και τις καρδιαγγειακές παθήσεις. Επίσης σημαντικός είναι και ο ρόλος της στον αμφιβληστροειδή, γιατί συνδεδεμένη με την πρωτεΐνη οψίνη σχηματίζει την ροδοψίνη, που ενισχύει την έγχρωμη όραση και την όραση σε χαμηλό φωτισμό (νυχτερινή όραση). Το β-καροτένιο έχει πολλές ολεφίνες, που είναι ο κύριος πρόδρομος της σύνθεσης της βιταμίνης A στο ανθρώπινο σώμα, η οποία απαιτείται για υγιή ανάπτυξη, υγιές δέρμα, υγιές ανοσοποιητικό σύστημα και καλή όραση. Το β-καροτένιο παρουσιάζει ισχυρή αντιοξειδωτική ικανότητα που συμβάλλει στη διατήρηση του ανθρώπινου σώματος έναντι των επιβλαβών ελεύθερων ριζών που σχετίζονται με την ανάπτυξη χρόνιων ασθενειών, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου και των καρδιαγγειακών. Το μελάνωμα είναι ο πιο σοβαρός και επικίνδυνος τύπος καρκίνου του δέρματος που εμφανίζεται στα κύτταρα (μελανοκύτταρα) γιατί μπορεί να εξαπλωθεί σε άλλα κύτταρα. Ο δυσπλαστικός σπίλος (περίπου το 2% των σπίλων) είναι ένας ειδικός τύπος μελανοκυττάρου που δύσκολα διακρίνεται από το μελάνωμα και εύκολα μπορεί

να μετατραπεί σε κακοήγη μελάνωμα. Τα αποτελέσματα μελέτης έδειξαν ότι το β-καροτένιο (50 mg την ημέρα για 36 μήνες) είχε σημαντική θετική επίδραση στους δυσπλαστικούς σπίλους και μείωνε σε ένα ποσοστό το μέγεθος τους σε ορισμένα μέρη του σώματος (Jafari κ.ά., 2023).

### 1.5.1.3 Ασταξανθίνη

Η ασταξανθίνη είναι μία πορτοκαλοκίτρινη χρωστική μπορεί να βρεθεί σε μικροφύκη (δευτερογενής μεταβολίτης του), στη μαγιά, στα βακτήρια, στο φυτοπλαγκτόν, σε μερικούς μύκητες και σε θαλάσσιους οργανισμούς, όπως στο *Haematococcus pluvialis*, στο *Xanthophyllomyces dendrorhous*, στο *Agrobacterium aurantiacum*, στο *Chlorococccum* sp., στο σολομό, στον αστακό, στις γαρίδες. Η πιο κοινή πηγή ασταξανθίνης είναι τα πράσινα μικροφύκη του γλυκού νερού *Haematococcus pluvialis*. Επειδή η ασταξανθίνη ανήκει στις ξανθοφύλλες και άρα περιέχει δύο οξυγονωμένες ομάδες σε κάθε ακραίο δακτύλιο στη δομή της, έχει σημαντική αντιοξειδωτική ικανότητα. Η ικανότητά της να εξουδετερώνει τις ελεύθερες ρίζες είναι δέκα φορές μεγαλύτερη από το β-καροτένιο και 500 φορές μεγαλύτερη από την α-τοκοφερόλη. Επιπλέον, 14 φορές μεγαλύτερη από της βιταμίνης E και 65 φορές μεγαλύτερη από της βιταμίνης C. Έχει σημαντικές επιδράσεις για τους αθλητές, καθώς στη διάρκεια της έντονης άσκησης, υπάρχει πιθανότητα πρόκλησης αντιδραστικών ειδών οξυγόνου και αζώτου που αυξάνουν το οξειδωτικό στρες στο σώμα, προκαλώντας μυϊκή βλάβη και παρατείνοντας το χρόνο αποκατάστασης. Έτσι, η ασταξανθίνη παρέχει έναν αμυντικό μηχανισμό κατά των μυϊκών τραυματισμών και του οξειδωτικού στρες μειώνοντας τη βλάβη της κυτταρικής μεμβράνης, τη βλάβη του DNA των μυϊκών κυττάρων και τη φλεγμονή μετά από έντονη προπόνηση. Συμβάλλει και στην υγεία των ματιών αφού αντιμετωπίζει τη κούραση τους. Σημαντική η συμβολή της στην υγεία του δέρματος αποτρέποντας από την πρόωρη ανάπτυξη ρυτίδων αλλά και ξηρότητας του δέρματος, ενισχύοντας τις ελαστικές ιδιότητες και την καλή επούλωση των πληγών. Η δόση που συνιστάται σε ημερήσια βάση είναι μεταξύ 2- 24 mg, που ποικίλλει και εξαρτάται από τους κανονισμούς των χωρών. Συνιστάται για την καλύτερη απορρόφηση, ταυτόχρονη κατανάλωση σπόρων και ιχθυελαίων πλούσιων σε ω3, συμπεριλαμβανομένων των σπόρων chia, του λιναρόσπορου, των φουντουκιών, των καρυδιών, των αμυγδαλών κ.α. (Jafari κ.ά., 2023).

### 1.5.1.4 Ζεαξανθίνη

Η ζεαξανθίνη είναι ένα ισομερές της λουτεΐνης γιατί έχουν και οι δύο πανομοιότυπους χημικούς τύπους με τη μόνη διαφορά να είναι στην θέση του διπλού δεσμού στον ένα ακραίο δακτύλιο. Έχει γενικό μοριακό τύπο  $C_{40}H_{56}O_2$ . Πηγές της ένωσης είναι το κίτρινο καλαμπόκι, το σαφράν,



ο χυμός πορτοκαλιού, το μάνγκο, ο λωτός, το γκότζι μπέρι, η πάπρικα, το σπανάκι, το λάχανο, τα κολοκυθάκια και τα λαχανάκια Βρυξελλών. Μπορεί να βρεθεί σε ζωικά προϊόντα όπως ο κρόκος αυγού. Είναι η χρωστική ουσία που παρέχει κόκκινο, κίτρινο και πορτοκαλί χρώμα σε φρούτα και λαχανικά. Έχει την ικανότητα να χρωματίζει φυσικά και ομοιόμορφα τα αυγά. Είναι αρκετά σταθερή (δεν μετατρέπεται σε βιταμίνη Α) λόγω της παρουσίας υδροξυλίου που περιέχει οξυγόνο στους δύο εξαμελείς ακραίους δακτυλίους της. Έχει ευεργετικές επιδράσεις για την υγεία των ματιών του ανθρώπου σε όλα τα στάδια της ζωής του, από την εμβρυική ηλικία μέχρι την ενήλικη ζωή. Μετά την απορρόφηση από τον οργανισμό συσσωρεύεται στον αμφιβληστροειδή. Ύστερα λόγω της υψηλής αντιοξειδωτικής ικανότητας που διαθέτει, μειώνει την παραγωγή ελεύθερων ριζών στο χρωστικό επιθήλιο του αμφιβληστροειδούς και με αυτόν τον τρόπο απορροφά το επιβλαβές (μπλε) φως ώστε να αποφευχθεί η βλάβη του ματιού. Μία ακόμα σημαντική συμβολή που διαθέτει είναι η μείωση της πιθανότητας ανάπτυξης καταρράκτη στους ενήλικες. Έπειτα σημαντικός και ο ρόλος της στην ανάπτυξη των ματιών του εμβρύου για την καλύτερη όραση στην μετέπειτα ζωή του. Εκτός από τις δράσεις στην υγεία των ματιών, φαίνεται να έχει και θετικές επιδράσεις στην πνευματική ανάπτυξη. Συγκεκριμένα η ζεαξανθίνη σε συνδυασμό με την λουτεΐνη είναι τα καροτενοειδή που σχετίζονται περισσότερο με την γνωστική απόδοση, δηλαδή την ευστροφία, τη μνήμη, τη λεκτική ευχέρεια, την ευφυΐα, την ταχύτητα επεξεργασίας πληροφοριών και την ικανότητα γρήγορης εκτέλεσης εργασιών. Οι έγκυες γυναίκες απαιτείται να προσλαμβάνουν μεγάλη δόση αυτού του καροτενοειδούς σε όλη την διάρκεια της εγκυμοσύνης, ώστε να μπορεί να απορροφηθεί από τον οργανισμό και να βοηθήσει στη φυσιολογική ανάπτυξη του εγκεφάλου και της όρασης του. Στο πρώτο τρίμηνο μεταγγίζεται στον πλακούντα μέσω του αίματος. Στους επόμενους τρεις μήνες εισέρχεται στον εγκέφαλο και στο ήπαρ του εμβρύου μέσω του ομφάλιου λώρου. Στο τελευταίο τρίμηνο μεταφέρεται στα μάτια. Παιδιά που οι μητέρες τους είχαν έλλειψη της ένωσης εμφανίζουν κακή μνήμη, μειωμένη όραση και ξηροφθαλμία. Τέλος, η ζεαξανθίνη αποτελεί μέσο για τη θεραπεία του διαβήτη, και την προστασία του ήπατος (Jafari κ.ά., 2023).

#### **1.5.1.5 Λουτεΐνη**

Η λουτεΐνη έχει γενικό μοριακό τύπο  $C_4O_8H_{56}$ . Η πιο σημαντική πηγή καροτενοειδούς είναι τα πέταλα κατιφέ. Μια ακόμα πηγή της είναι ο κρόκος αβγού. Έχει κίτρινο-πορτοκαλί χρώμα που συνδέεται με την ικανότητά της να απορροφά το μπλε φως. Επαρκής ποσότητα ημερησίως σχετίζεται με την πρόληψη εγκεφαλικής βλάβης και την προστασία έναντι εγκευμάτων. Άλλες δράσεις της σχετίζονται με μείωση της πιθανότητας εμφάνισης καταρράκτη. Τέλος, λόγω της αντιοξειδωτικής ικανότητας παρατηρείται μείωση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου (Jafari κ.ά.,

2023).

### 1.5.5 Φυτοστερόλες

Οι φυτοστερόλες έχουν γενικό μοριακό τύπο  $C_{17}H_{28}O$ . Η φυτοστερόλη δεν μπορεί να παραχθεί από τον οργανισμό και άρα προσλαμβάνεται μόνο μέσω της διατροφής. Οι πιο διαδεδομένες φυτοστερόλες είναι οι σιτοστερόλες, οι καμπεστερόλες, οι βρασικαστερόλες, οι εργοστερόλες και οι σιγμαστερόλες. Έχουν την ικανότητα να μειώνουν την χαμηλής πυκνότητας (LDL) χοληστερόλη του ορού. Οι φυτοστερόλες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: στις φυτικές στερόλες και στις φυτικές στανόλες. Στην πρώτη κατηγορία, οι δακτύλιοι έχουν διπλούς δεσμούς, ενώ στην δεύτερη οι δακτύλιοι στερούνται διπλών δεσμών. Η ομάδα των στανολών αποτελεί μικρό ποσοστό των συνολικών φυτοστερολών σε ποσοστό που κυμαίνεται στο 10%. Φυτικές στανόλες λαμβάνουμε μετά από υδρογόνωση των φυτικών στερολών. Έτσι, ένα παράδειγμα αποτελεί ο κορεσμός της θέσης 5 της καμπεστερόλης που παράγει καμπεστανόλη. Μία από τις κύριες μορφές που εμφανίζονται οι φυτοστερόλες, είναι οι εστέρες τους που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες για να προσδώσουν λιποδιαλυτότητα, δηλαδή ικανότητα ενσωμάτωσης σε τρόφιμα που περιέχουν λίπη. Οι φυτικές στερόλες και οι στανόλες στις ΗΠΑ θεωρούνται «Γενικά Αναγνωρισμένα ως Ασφαλή (GRAS)» για ανθρώπινη κατανάλωση από το FDA, αλλά και από την Επιστημονική Επιτροπή Τροφίμων της ΕΕ. Όσον αφορά τις θετικές επιδράσεις, έχουν την ικανότητα να μειώνουν τη χαμηλής πυκνότητας (LDL) χοληστερόλη του ορού. Έτσι από μελέτες των American Heart Association και της ομάδας θεραπείας ενηλίκων III του Εθνικού Προγράμματος Εκπαίδευσης για τη Χοληστερόλη προτάθηκε η κατανάλωση 2 g σε ενήλικες που εμφάνιζαν αυξημένη LDL χοληστερόλη προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος καρδιαγγειακών παθήσεων. Η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA), η Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) και η Health Canada έχουν αποδείξει ότι οι φυτοστερόλες έχουν θετικό αντίκτυπο στη θεραπεία καρδιακών παθήσεων, συμπεριλαμβανομένης της στεφανιαίας νόσου (Coronary Heart Disease - CHD). Και από έρευνες βρέθηκε ότι η κατανάλωση 3,4 g / ημέρα φυτικών στερολών και στανολών έχουν την ικανότητα μείωσης της LDL-χοληστερόλης κατά 11%, όπου αποτελεί μέσο μείωσης της στεφανιαίας νόσου κατά 20%. Σχετικά με την απορρόφηση των φυτοστερολών βρέθηκε ότι δεν επηρεάστηκε από την κατανάλωση βιταμίνης A, ούτε βιταμίνης K και βιταμίνης E αλλά υπέστη μόνο μια μικρή μείωση της βιταμίνης D της τάξης του 7% μετά από ένα χρόνο κατανάλωσης 1,6 g / ημέρα φυτικών στερολών. Τα πρώτα λειτουργικά τρόφιμα που αναπτύχθηκαν στην Ευρώπη και ύστερα στις Ηνωμένες Πολιτείες ήταν οι μαργαρίνες και τα φυτικά λιπαρά για επάλειψη με εμπλουτισμό στανόλης. Η Raisio το 1995 παρήγαγε εμπλουτισμένη μαργαρίνη, με την ονομασία

Benecol που διατέθηκε στην αγορά της ΕΕ. Αποτέλεσε την αρχή της χρησιμοποίησης εστέρων φυτοστερολών για μείωση μέχρι και 30% της περιεκτικότητας σε λιπαρά. Αν και έχουν την ικανότητα μείωσης των λιπαρών, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε προϊόντα χωρίς καθόλου λιπαρά (Jafari κ.ά., 2023).

### **1.5.6 Πολυφαινολικές ενώσεις**

Βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στα φρούτα και στα λαχανικά και είναι υπεύθυνες για τις αισθητηριακές τους ιδιότητες, δηλαδή την εμφάνιση, το χρώμα, τη γεύση (Jafari κ.ά., 2023, Arumugam κ.ά., 2021). Συντίθενται από το δευτερογενή μεταβολισμό των φυτών (Arumugam κ.ά., 2021). Ταξινομούνται περαιτέρω σε διαφορετικές χημικές κατηγορίες όπως τα φαινολικά οξέα, τα φλαβονοειδή, τις τανίνες, τα σιλβένια, τις κουμαρίνες κ.α. (Ye κ.ά., 2018). Παρατηρούνται ποικίλες ιδιότητες θετικές για την υγεία των ανθρώπων όπως αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, αντικαρκινικές, αντινευροεκφυλιστικές, αντιδιαβητικές, αντιικές, φωτοπροστατευτικές, αντιαλλεργικές. Οι αντιγηραντικές και κυτταροπροστατευτικές ιδιότητες είναι αυτές που βοηθούν στη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης στεφανιαίων ασθενειών και καρκίνου (Arumugam Κ.ά., 2021).

#### **1.5.6.1 Φαινολικά οξέα**

Τα φαινολικά οξέα είναι οι κύριες φαινολικές ενώσεις στην διατροφή του ανθρώπου και εντοπίζονται σε διάφορα μέρη των φυτών όπως στους σπόρους, στα φύλλα ή στη φλούδα των φρούτων. Διακρίνονται σε δύο ομάδες, τα υδροξυβενζοϊκά οξέα και τα υδροξυκινναμωμικά οξέα. Η ομάδα των υδροξυβενζοϊκών οξέων προέρχεται από το βενζοϊκό οξύ, με τα πιο σημαντικά το π-υδροξυβενζοϊκό, το πρωτοκατεχοϊκό, το βανιλικό και το συρίγγιο. Τα σμέουρα αποτελούν την πλουσιότερη πηγή πρωτοκατεχοϊκού οξέος. Από την άλλη πλευρά, στην ομάδα των υδροξυκινναμωμικών οξέων που προέρχονται από το κινναμωμικό οξύ, τα πιο σημαντικά είναι το φερούλικό, το καφεϊκό, το π-κουμαρικό και το συναπτικό. Τα μούρα είναι η πιο άφθονη πηγή καφεϊκού οξέος και το π-κουμαρικό οξύ εντοπίζεται κυρίως στο σπανάκι. Λόγω της αντιοξειδωτικής τους δράσης έχουν θετικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία. Οι αντιδράσεις οξείδωσης των ελεύθερων ριζών αποτρέπονται λόγω αυτής τους της δράσης (Arumugam κ.ά., 2021).

#### **1.5.6.2 Φλαβονοειδή**

Τα φλαβονοειδή αποτελούν τη μεγαλύτερη ομάδα βιοδραστικών ενώσεων, γνωστών ως φυτοθεραπευτικά ή φυτοχημικά, που είναι κύρια συστατικά των πολυφαινολών και μπορούν να

διακριθούν περαιτέρω σε φλαβονόλες, φλαβόνες, ισοφλαβόνες, φλαβονόνες, ανθοκυανιδίνες, φλαβανονόλες, και φλαβανινοκατικές και φλαβανινοκατίνες. Τα φλαβονοειδή εντοπίζονται σε φρούτα και λαχανικά και ειδικότερα στα μούρα, στα πράσα, στο τζίντζερ, στο γκρέιπφρουτ, στο καρότο, στο μήλο, στο κρεμμύδι, στο μπρόκολο, στο λάχανο, στη ντομάτα, στο λεμόνι και στο κόκκινο κρασί. Λόγω των αντιοξειδωτικών του ιδιοτήτων εξουδετερώνουν τις ελεύθερες ρίζες και περιορίζουν τις βλάβες των κυττάρων. Από διάφορες μελέτες που έχουν διεξαχθεί λόγω των αντιοξειδωτικών του ιδιοτήτων μπορεί να μειώσουν την πιθανότητα κινδύνου εμφάνισης ασθενειών που σχετίζονται με το «οξειδωτικό στρες» π.χ. καρκίνο, καρδιαγγειακές νόσους, νευροεκφυλιστικές ασθένειες. Επιπλέον, διαθέτουν αντιφλεγμονώδεις και αντιγηραντικές ιδιότητες. Τέλος, τα φλαβονοειδή βοηθούν στις λειτουργίες του εγκεφάλου, δηλαδή στην καλύτερη ρύθμιση της ροής του αίματος (Arumugam κ.ά., 2021).

### **1.5.7 Βιταμίνες**

Οι βιταμίνες πριν πάρουν αυτό το όνομα καλούνταν «ζωτικές αμίνες», καθώς ήταν απαραίτητες σε μικρές ποσότητες για την φυσιολογική λειτουργία του οργανισμού. Η επινόηση αυτή έγινε το 1912 από τον Casimir Funk. Οι βιταμίνες χωρίστηκαν σε δύο μεγάλες κατηγορίες βάση της ικανότητάς τους να διαλύονται στο νερό ή στο λάδι. Οι λιποδιαλυτές έχουν την ικανότητα αποθήκευσης στο σώμα. Είναι ανθεκτικές στην θερμότητα, στην έκθεση στον ατμοσφαιρικό αέρα. Από την άλλη, οι υδατοδιαλυτές αποθηκεύονται σε πολύ μικρό ποσοστό στο σώμα και άρα είναι πιο εύκολο να δημιουργηθεί ανεπάρκεια αυτής της κατηγορίας βιταμινών. Σε περίπτωση πρόσληψης μεγάλης ποσότητας, απεκκρίνονται μέσω των ούρων. Στις υδατοδιαλυτές περιλαμβάνονται, η βιταμίνη C και οι βιταμίνες του συμπλέγματος B, δηλαδή οι βιταμίνες, B1 (θειαμίνη), B2 (ριβοφλαβίνη), B3 (νιασίνη), B5 (παντοθενικό οξύ), B6 (πυριδοξίνη), B7 (βιοτίνη), B9 (φολικό οξύ) και B12 (κυανοκοβαλαμίνη). Στις λιποδιαλυτές ανήκουν οι βιταμίνες A, D, E και K. Οι βιταμίνες που ανήκουν στο σύμπλεγμα B ανήκουν στα μικροθρεπτικά συστατικά που δεν μπορούν να παραχθούν στον οργανισμό και πρέπει να καταναλώνονται μέσω της τροφής. Έχουν σημαντικό ρόλο ως συμπράγοντες στη μετατροπή των υδατανθράκων σε γλυκόζη, την οποία χρησιμοποιεί ο οργανισμός για ενέργεια. Ο οργανισμός απαιτεί μικρές ποσότητες για την ανάπτυξη, την πρόληψη ασθενειών και γενικά για μια καλή ποιότητα ζωής και είναι σημαντική σε όλη την διάρκεια ζωής του ανθρώπου, καθώς η ανεπάρκεια επηρεάζει τον οργανισμό με διαφορετικό τρόπο σε κάθε στάδιο της ζωής. Η ανεπάρκεια στα βρέφη προκαλεί μειωμένη ανάπτυξη, αυξημένο κίνδυνο χρόνιων ασθενειών, μειωμένη πνευματική ανάπτυξη στα μετέπειτα στάδια ζωής τους, αλλά ακόμα και θάνατο. Στα παιδιά και στους εφήβους, επίσης οδηγεί σε μειωμένη πνευματική ανάπτυξη αλλά και

παραγωγικότητα, μειωμένο ανοσοποιητικό σύστημα, υψηλό κίνδυνο θνησιμότητας. Στους ενήλικες, εκτός από χαμηλή παραγωγικότητα που παρατηρείται σε εφήβους-παιδιά, οδηγεί τις γυναίκες σε επιπλοκές κατά την εγκυμοσύνη.

Αναφέρονται κάποια ενδεικτικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες για την καθεμία τους (Jafari κ.ά., 2023).

### **1.5.7.1 Βιταμίνη Α**

Η βιταμίνη Α (ρετινόλη) ανήκει στις λιποδιαλυτές βιταμίνες που μπορούν να αποθηκευτούν στο σώμα για μελλοντική χρήση. Απαιτεί λιπιδική ουσία για την απορρόφησή της. Έχει γενικό μοριακό τύπο με δομή  $C_n O H_{56} O_n$ , όπου n ο αριθμός των ατόμων οξυγόνου που μπορεί να κυμαίνεται από 0-6. Εμφανίζεται με δύο μορφές: την προσχηματισμένη βιταμίνη Α που συναντάται σε ζωικές τροφές όπως κρέας, πουλερικά, θαλασσινά, γαλακτοκομικά προϊόντα και την προβιταμίνη Α που αντίστοιχα συναντάται σε φυτικές τροφές όπως κίτρινα πορτοκαλί φρούτα και λαχανικά. Είναι ασταθής και ευαίσθητη στο φως, στη θερμότητα, στο οξυγόνο, στην υγρασία και στο pH. Η ανεπάρκεια της βιταμίνης (vitamin deficiency - VAD) ή υποβιταμίνωση, δηλαδή η έλλειψή της, παρατηρείται κυρίως σε γυναίκες και παιδιά, όταν η συγκέντρωση ρετινόλης στον ορό είναι χαμηλότερη από 0,35 mol / L. Η έλλειψη της μπορεί να αντιμετωπιστεί εντός ημερών ή εβδομάδων από την στιγμή της ανίχνευσης, με συμπλήρωση της ημερήσιας συνιστώμενης πρόσληψης. Η ανεπάρκεια μπορεί να διακριθεί σε ήπια και σοβαρή, με την ήπια να αντιμετωπίζεται χωρίς σοβαρά προβλήματα. Από την άλλη η σοβαρή μπορεί να προκαλέσει από απώλεια όρασης έως ολική τύφλωση, καθώς και μειωμένη ανάπτυξη, ευαισθησία σε λοιμώξεις, σε θάνατο λόγω λοιμώξεων του αναπνευστικού συστήματος. Με τα παραπάνω η βιταμίνη αυτή αποδεικνύει τον καθοριστικό της ρόλο στην ανοσία έναντι διαφόρων ασθενειών που αφορούν τόσο αυτοάνοσες όσο και μολυσματικές ασθένειες. Επίσης μπορεί να αποτρέψει την εμφάνιση της ιλαράς και την προκαλούμενη θνησιμότητα αυτής. Μπορεί να συμβάλει στη θεραπεία του συνδρόμου επίκτητης ανοσοανεπάρκειας (Acquired Immunodeficiency Syndrome - AIDS) μέσω της αντιοξειδωτικής της δράσης. Καθώς και στη μείωση των καρκίνων του δέρματος σε ασθενείς υψηλού κινδύνου. Από μελέτη που έγινε προκειμένου να αναλυθεί η επίδραση της βιταμίνης Α στον COVID-19 αναφέρθηκε ότι ασθενείς που κατανάλωναν τακτικά βιταμίνη Α εμφάνιζαν σημαντική βελτίωση στα συμπτώματά τους με μικρότερη διάρκεια θεραπείας σε σύγκριση με άτομα που δεν λάμβαναν. Σημαντικός ωστόσο είναι και ο ρόλος της στις δερματικές παθήσεις λόγω της ισχυρής αντιοξειδωτικής της δράσης. Έχει την ικανότητα επούλωσης των πληγών, μείωσης των ρυτίδων και βοήθειας σε ακμή, έκζεμα, ψωρίαση, ηλικικό έγκαυμα και γήρανση. Σε δόσεις μέχρι 10.000 IU βιταμίνης Α είναι ασφαλείς για τους

περισσότερους ανθρώπους. Ωστόσο, επειδή μπορεί να αποθηκευτεί στον οργανισμό για χρησιμοποίηση για μελλοντική χρήση, δεν επιτρέπεται υπερκατανάλωση για μεγάλο χρονικό διάστημα καθώς, μπορεί οδηγήσει σε χρόνια τοξικά προβλήματα στο ήπαρ, στα οστά, στις αρθρώσεις, στο κεντρικό νευρικό σύστημα και στο δέρμα. Σε ηλικιωμένα άτομα, ειδικά σε γυναίκες στη μετεμμηνοπαυσιακή φάση επηρεάζει την απορρόφηση της βιταμίνης D (Jafari κ.ά., 2023).

### **1.5.7.2 Βιταμίνη D**

Η βιταμίνη D, ανήκει στις λιποδιαλυτές βιταμίνες δηλαδή, μια διατροφή πλούσια σε λιπαρά αυξάνει την απορρόφηση της. Είναι μέτρια ευαίσθητη στη θερμότητα, στο φως, στα οξέα και στα αλκάλια και είναι λιγότερο ή καθόλου ευαίσθητη στην υγρασία και στους αναγωγικούς παράγοντες. Έτσι, η σταθερότητά της ενισχύεται κάτω από δροσερές και σκοτεινές συνθήκες, με χρήση αντιοξειδωτικών και με αποκλεισμό του O<sub>2</sub>. Καλείται επίσης και «η βιταμίνη του ήλιου», επειδή μπορεί να συντεθεί φυσικά με την έκθεση του δέρματος σε UVB ακτινοβολία του ήλιου. Η σύνθεση της εξαρτάται από το επίπεδο μελανίνης στο σώμα και ποικίλει από άτομο σε άτομο, καθώς και από τόπο σε τόπο. Η διακύμανση της ποσότητας της βιταμίνης συμβαίνει λόγω της εποχής, καθώς τον χειμώνα έχει βρεθεί ότι υπάρχει υψηλότερος κίνδυνος υποβιταμίνωσης. Δύο τύποι βιταμίνης D υπάρχουν στα τρόφιμα, η D2 (εργοκαλσιφερόλη) και η D3 (χοληκαλσιφερόλη). Η εργοκαλσιφερόλη είναι φυτικής προέλευσης και ο πρόδρομος της είναι η εργοστερόλη και η χοληκαλσιφερόλη ζωικής προέλευσης με πρόδρομο της, την 7-δεϋδροχοληστερόλη. Η απορρόφηση της βιταμίνης D εξαρτάται από τα επίπεδα ασβεστίου και στον οργανισμό. Σημαντικός είναι ο ρόλος της στην απορρόφηση του ασβεστίου γιατί η αποτελεσματικότητα της εντερικής απορρόφησης μειώνεται από 30-50% σε 15% με την έλλειψη στον οργανισμό. Σχετίζεται με την υγεία των οστών, επειδή έλλειψή της προκαλεί διαταραχές στα οστά όπως ραχίτιδα, οστεοπόρωση. Η βιταμίνη D άνω της μέσης πρόσληψης σε συνδυασμό με την έκθεση στον ήλιο φαίνεται να συμβάλλει στην προστασία των γυναικών από τον καρκίνο του μαστού. Από μελέτες παρατηρήθηκαν περισσότεροι θάνατοι από καρκίνο του μαστού σε γυναίκες που ζούσαν σε περιοχές με χαμηλότερα επίπεδα ηλιακού φωτός το χειμώνα και πιο σκιερές περιοχές. Έχει αποδειχθεί η σχέση μεταξύ βιταμίνης D με την κατάθλιψη. Άτομα με έλλειψη έχουν αυξημένο κίνδυνο αυτοκτονίας που κυμαίνεται από 8-14% και μπορεί να φτάσει σε 30%. Η βιταμίνη D μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη μειωμένη διάθεση που αισθανόμαστε τους χειμερινές μήνες από απώλεια του ήλιου. Η μειωμένη διάθεση είναι απόρροια των χαμηλών επιπέδων σεροτονίνης (5-HT) στον εγκέφαλο. Η υποβιταμίνωση συνδέεται με κατάθλιψη, σχιζοφρένεια, γνωστική εξασθένηση και

συμπτώματα Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητας (ΔΕΠΥ) στην παιδική ηλικία. Από την άλλη, η τοξικότητα της βιταμίνης είναι γνωστή ως υπερβιταμίνωση και παρατηρείται από υπερβολική έκθεση στο ηλιακό φως, καθώς και αυξημένη πρόσληψη βιταμίνης. Η συνέπεια της τοξικότητας είναι η υπερασβεστιαμία, η οποία οδηγεί σε συμπτώματα ναυτίας, εμετού, αδυναμίας και συχνής ούρησης, ενώ στα πιο σημαντικά συμπτώματα συμπεριλαμβάνονται η απώλεια οστικής μάζας και οι πέτρες στα νεφρά. Το «Συμβούλιο Τροφίμων και Διατροφής του ΔΟΜ όρισε ως το ανώτερο ανεκτό επίπεδο πρόσληψης (UL), το επίπεδο των 4.000 IU/ημέρα (100 μg/ημέρα) για όλους τους ενήλικες» (Jafari κ.ά., 2023).

### **1.5.7.3 Βιταμίνη Ε**

Η βιταμίνη Ε ανήκει και αυτή στις λιποδιαλυτές βιταμίνες. Και πιο σημαντικές πηγές πρόσληψης της είναι τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά, οι σπόροι και οι ξηροί καρποί καθώς και τα σπορέλαια. Επίσης συναντάται σε μεγάλες ποσότητες στο βούτυρο και στη μαργαρίνη. Είναι πολύ ευαίσθητη στη θερμότητα και στο οξυγόνο. Άρα, σωστές συνθήκες αποθήκευσης και θερμικής επεξεργασίας μπορούν να εμποδίζουν στη μείωση του κινδύνου καταστροφής της. Χωρίζεται στις εξής κατηγορίες: τις τοκοφερόλες (α-, β-, γ-, και δ-τοκοφερόλες) και τις τοκοτριενόλες (α-, β-, γ-, και δ-τοκοτριενόλες). Οι τοκοφερόλες παρουσιάζουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση. Η χημική δομή των τοκοτριενολών και των τοκοφερολών είναι πανομοιότυπη, δηλαδή μια πλευρική αλυσίδα 16 ατόμων άνθρακα που συνδέεται με δύο δακτυλίους βενζοπυρενίου. Η α-τοκοφερόλη είναι η πιο σημαντική μορφή της βιταμίνης και είναι χρήσιμη για την διατροφή του ανθρώπου, καθώς είναι η μόνη μορφή που απορροφάται στο έντερο, με μέσο όρο απορρόφησης 12-22%. Έχει σημαντικές επιδράσεις στην υγεία με μία από αυτές να είναι η μείωση του κινδύνου εμφάνισης Alzheimer. Αυτή της η δράση οφείλεται στην αντιοξειδωτικής της ικανότητα. Εξουδετερώνει τις ελεύθερες ρίζες που μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στον εγκέφαλο. Σημαντικό ρόλο παίζει και στο οξειδωτικό στρες που αφορά τις εγκυμονούσες γυναίκες αλλά και μετά τον τοκετό τους. Τέλος, η βιταμίνη αναστέλλει το ένζυμο που είναι υπεύθυνο για την παραγωγή λευκοτριενίων (λιποξυγενάση) που σχετίζεται με την πρόκληση φλεγμονής, χαρίζοντας αντιφλεγμονώδη δράση (Jafari κ.ά., 2023).

### **1.5.7.4 Βιταμίνη Κ**

Η βιταμίνη Κ ανήκει στις λιποδιαλυτές βιταμίνες και είναι αντισταμορραγική βιταμίνη. Η ονομασία της προήλθε από το "koagulation" που σημαίνει πήξη. Συναντάται στα φυλλώδη λαχανικά, στα ακτινίδια, στο αβοκάντο, στα φασόλια, στο λάδι (και στα ζωικά προϊόντα όπως στο κρέας, στο

κοτόπουλο, στο βούτυρο). Ο πιο σημαντικός ρόλος της είναι αυτός της σωστής πήξης του αίματος και ο έλεγχος της υπερβολικής αιμορραγίας. Άτομα με ανεπάρκεια εμφανίζουν έντονη αιμορραγία π.χ. μετά το κόψιμο, στα ούλα, αλλά και εσωτερική όπως αιμορραγία του γαστρεντερικού συστήματος, μη ορθή πήξη του αίματος και εξασθένηση των οστών. Αποδείχτηκε η σημαντικότητα της πρόσληψης βιταμίνης από τα νεογνά μετά την γέννησή τους καθώς έχει σημαντικό ρόλο στην πρόληψη του συνδρόμου VKDB (αιμορραγία από ανεπάρκεια βιταμίνης K ή vitamin k deficiency bleeding). Αν και συνήθως δεν παρατηρείται ανεπάρκεια της βιταμίνης K στους ενήλικες, έρευνες έδειξαν ότι περίπου το 31% του πληθυσμού του παγκόσμιου ενήλικα έχει ανεπάρκεια. Από την άλλη η υπερβολική πρόσληψη δεν είναι τοξική, καθώς υπάρχει η δυνατότητα απέκκρισής της μέσω των ούρων (με την μορφή μεταβολιτών βιταμίνης K) και περιπτωμάτων (μεταβολίτες φυλλοκινόνη και μενακινόνης). Ο ΠΟΥ/FAO πρότεινε για συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη βιταμίνης K (φυλλοκινόνη) το 1 μg / kg σωματικού βάρους (Jafari κ.ά., 2023).

### **1.5.7.5 Βιταμίνη C**

Η βιταμίνη C ή ασκορβικό οξύ ανήκει στις υδατοδιαλυτές βιταμίνες και είναι απαραίτητη για τον άνθρωπο, δηλαδή δεν μπορεί να συντεθεί στον οργανισμό και έτσι είναι απαραίτητο να λαμβάνεται μέσω της διατροφής. Ο οργανισμός δεν μπορεί να συνθέσει τη βιταμίνη λόγω έλλειψης ενός βασικού ενζύμου στη βιοσυνθετική οδό. Οι πιο σημαντικές πηγές της είναι το φραγκοστάφυλο, τα εσπεριδοειδή (πορτοκάλι, λεμόνι, μανταρίνι, μάνγκο, λάιμ), το ακτινίδιο, οι πράσινες και οι κόκκινες πιπεριές, οι φράουλες, τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά κ.α. Η μεγαλύτερη ποσότητα της βιταμίνης αποθηκεύεται στον εγκέφαλο και στα μάτια. Από τις πιο σημαντικές δράσεις της είναι ότι βοηθά στην απορρόφηση του σιδήρου από τον οργανισμό. Επιπλέον, έχει αντιμικροβιακές ιδιότητες και μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην πρόληψη ή ανακούφιση των συμπτωμάτων των κοινών κρυολογημάτων, όπως είναι το ρίγος, ο πυρετός και ο πόνος στο στήθος. Στο κοινό κρυολόγημα μελετήθηκε ο συνδυασμός της βιταμίνης, σε υψηλότερη δόση από την Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη (ΣΗΠ) (1000 mg), με τον ψευδάργυρο (10mg) και βρέθηκε ότι ανακουφίζει καλύτερα τα συμπτώματα από ότι μόνη της η πρόσληψη της βιταμίνης. Έχει σημαντικό ρόλο στην σύνθεση κολλαγόνου από τον οργανισμό που σχετίζεται με την αντιμετώπιση της πρόωρης γήρανσης, αλλά συμβάλλει και στην πιο γρήγορη επούλωση των πληγών. Διαπιστώθηκε ότι μπορεί να βελτιώσει τις συνθήκες των ασθενών με καρκίνο που προβαίνουν σε χημειοθεραπείες, αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται στις χημειοθεραπείες. Ωστόσο, δεν μπορεί να θεραπεύσει τον καρκίνο. Δρα επίσης και στο συναίσθημα της όρεξης αλλά και στην



παροχή ενέργειας. Επιπλέον μπορεί να προλάβει την εμφάνιση του σκορβούτου, που οδηγεί σε αιμορραγία των ούλων, αναποτελεσματικότητα στην επούλωση πληγών, καρδιακή ανεπάρκεια και το πιο σημαντικό, στον αιφνίδιο θάνατο. Ωστόσο για να λάβουμε όλα τα παραπάνω πλεονεκτήματα της βιταμίνης είναι σημαντικό να αποφύγουμε την έκθεση των πηγών στο οξυγόνο και στο φως καθώς είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη. Οι συνθήκες αυτές οξειδώνουν το L-ασκορβικό οξύ στην ασταθή μορφή του "L-δεϋδροασκορβικό οξύ" που μπορεί με υδρόλυση να μετατραπεί στην ανενεργό μορφή "2,3-δικετογουλονικό οξύ" (Jafari κ.ά., 2023).

### **1.5.7.7 Βιταμίνη B1**

Πηγές της βιταμίνης B1 (θειαμίνη) είναι το σιτάρι, το σιτάρι ολικής αλέσεως και τα προϊόντα του, τα όσπρια, οι ξηροί καρποί, η βρώμη, τα εμπλουτισμένα δημητριακά πρωινού, το αυγοτάραχο μπακαλιάρου και άλλα κρέατα. Η βιταμίνη C βοηθά στην απορρόφηση αυτής της βιταμίνης από τον οργανισμό, ενώ η παρουσία δισθενών μετάλλων ασβεστίου και μαγνησίου εμποδίζει την απορρόφηση. Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη (ΣΗΠ) ανέρχεται στα 1,0 mg /ημέρα για τους ενήλικες. Η ανεπάρκεια προκαλεί την εμφάνιση δύο συνδρόμων. Το σύνδρομο beriberi που οδηγεί σε καρδιακή ανεπάρκεια, θερμά άκρα, οίδημα. Και του συνδρόμου Wernicke-Korsakoff που παρατηρείται στους αλκοολικούς που κάνουν μεγάλη χρήση χωρίς κατανάλωση τροφής. Το αλκοόλ μεταβολίζεται μόνο παρουσία θειαμίνης η οποία έχει την ιδιότητα να καταστρέφεται με το αλκοόλ.

### **1.5.7.8 Βιταμίνη B2**

Τη βιταμίνη B2 (ριβοφλαβίνη) τη συναντάμε σε ζωικές τροφές, όπως στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα, στο κρέας, στα ψάρια και στα θαλασσινά. Είναι ευαίσθητη στο ηλιακό φως. Η ανεπάρκεια της φέρει συμπτώματα όπως γωνιακή στοματίτιδα κ.α.

### **1.5.7.9 Βιταμίνη B3**

Η βιταμίνη B3 (νιασίνη) βρίσκεται στα τρόφιμα ως νικοτιναμίδιο που απαντάται κυρίως στις ζωικές τροφές όπως κρέας, ψάρια, πουλερικά αλλά βρίσκεται και στα συνένζυμα του, το NAD και το NADP. Εκτός από τις διατροφικές πηγές, νιασίνη, ως NAD, μπορεί να συντεθεί στο σώμα από το αμινοξύ τρυπτοφάνη. Η άλλη μορφή της νιασίνης είναι το νικοτινικό οξύ που απαντάται στις φυτικές τροφές όπως δημητριακά ολικής άλεσης, σπόρους, ξηρούς καρπούς. Για τον εμπλουτισμό χρησιμοποιείται περισσότερο το νικοτιναμίδιο. Συνιστώμενο επίπεδο πρόσληψης για νιασίνη με όποια από τις δύο μορφές της είναι εμπλουτισμένα τα τρόφιμα είναι 35 mg /ημέρα για τους ενήλικες. Η νιασίνη έχει αποδεδειγμένη δράση για πρόληψη της πελλάγρας,

που έχει ως συμπτώματα τη μελάγχρωση και το ξεφλούδισμα. (Jafari κ.ά., 2023).

#### **1.5.7.10 Βιταμίνη B5**

Η βιταμίνη B5 (παντοθενικό οξύ) προέρχεται από την λέξη "παντοθέν" σημαίνει "από παντού", μιας και είναι η βιταμίνη που βρίσκεται στο μεγαλύτερο μέρος των ζωικών και φυτικών τροφίμων. Ωστόσο είναι ευαίσθητη σε κατάψυξη, κονσερβοποίηση. Στα συμπτώματα από την έλλειψή της περιλαμβάνονται η κατάθλιψη, η κόπωση, η αϋπνία, η μυϊκή αδυναμία και η αίσθηση καψίματος στα πόδια. Άτομα που προσβάλλονται από σακχαρώδη διαβήτη, φλεγμονώδεις νόσους του εντέρου και χρήστες του αλκοόλ είναι επιτακτική η ανάγκη πρόσληψής της.

#### **1.5.7.11 Βιταμίνη B6**

Η βιταμίνη B6 (πυριδοξίνη) είναι ευαίσθητη σε παρατεταμένη υψηλή θερμοκρασία και έτσι καταστρέφεται μεγάλο μέρος στην αποστείρωση και κονσερβοποίηση. Επίσης είναι ευαίσθητη και κατά την αποθήκευση και εξευγενισμό. Μεγαλύτερες ποσότητες χάνονται σε ζωικά παρά σε φυτικά τρόφιμα. Ανεπάρκεια παρατηρείται κυρίως στους ενήλικες και στα συμπτώματά της συμπεριλαμβάνονται η ατονία, η αϋπνία, η δερματίτιδα, η γλωσσίτιδα, το ασθενές ανοσοποιητικό. Η υπερβιταμίνωση από την άλλη οδηγεί σε νευροπάθεια, ασταθές βάδισμα, παραισθησίες και μειωμένα αντανακλαστικά. Ενδείκνυται ως Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη (ΣΗΠ) τα 100 mg / ημέρα για τους ενήλικες. (Jafari κ.ά., 2023).

#### **1.5.7.12 Βιταμίνη B7**

Η βιταμίνη B7 (Βιοτίνη) συναντάται στον κρόκο αυγού, στο συκώτι, και σε μερικά λαχανικά. Ανεπάρκεια της βιταμίνης προκαλεί παραισθησίες, συναισθηματική και μυϊκή ατονία, κατάθλιψη, δερματίτιδα γύρω από τα μάτια, τη μύτη και το στόμα που προκαλεί κόκκινη ξεφλουδισμένη εμφάνιση, τριχόπτωση και εύθραυστα νύχια.

#### **1.5.7.13 Βιταμίνη B9**

Η βιταμίνη B9 (φολικό οξύ ή φυλλικό οξύ) είναι η κύρια βιταμίνη για τον εμπλουτισμό δημητριακών πρωινού και ψωμιών, που είναι στην διάθεση των καταναλωτών αν επιθυμούν την επιλογή εμπλουτισμένων τροφίμων. Στις Ηνωμένες Πολιτείες και στον Καναδά είναι απαραίτητος ο εμπλουτισμός των παραπάνω τροφίμων με φυλλικό οξύ. Επιπλέον, στην αγορά διατίθενται και χυμοί εμπλουτισμένοι με φολικό οξύ. Η βιταμίνη αυτή αλληλεπιδρά με την βιταμίνη B12, και προκειμένου να μειώσει τις πιθανότητες νευρολογικής ανεπάρκειας, ένα

συνιστώμενο επίπεδο πρόσληψης είναι 1 mg για τα τρόφιμα που έχουν υποστεί εμπλουτισμό.

#### **1.5.7.14 Βιταμίνη B12**

Βιταμίνη B12 (κοβαλαμίνη) χρησιμοποιείται για εμπλουτισμό τροφίμων όπως τα δημητριακά, η διατροφική μαγιά και το γάλα σόγιας. Η βιταμίνη B12 δεν επηρεάζεται από το φως, τη θερμότητα και το οξυγόνο. Ανεπάρκεια δεν παρατηρείται λόγω μειωμένης πρόσληψης της βιταμίνης αλλά λόγω δυσαπορρόφησης που προκαλείται από γαστρική ατροφία. Τα αποθέματα της βιταμίνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν από 2-5 χρόνια. Τα άτομα που ακολουθούν vegan διατροφές χωρίς την κατανάλωση ψαριών, πουλερικών, αυγών ή γαλακτοκομικών προϊόντων αλλά χωρίς και την χορήγηση συμπληρωμάτων, εκδηλώνουν ανεπάρκεια χωρίς να εμφανίζουν συμπτώματα τις περισσότερες φορές. Θηλάζουσες μητέρες που ακολουθούν vegan διατροφές είναι σημαντικό να καταναλώνουν τρόφιμα εμπλουτισμένα με φυλλικό οξύ για να αποτρέψουν τη μειωμένη νευρολογική ανάπτυξη, αλλά και τη σοβαρή εγκεφαλοπάθεια (Jafari κ.ά., 2023).

#### **1.5.8 Μέταλλα**

Στα μικροθρεπτικά συστατικά ανήκουν τα μέταλλα που εμφανίζουν οφέλη για την υγεία, όπως η συντήρηση των ιστών, ο σχηματισμός οστών και δοντιών. Επιπλέον, χρησιμεύουν ως συμπράγοντες και συνένζυμα για την δράση διαφόρων ενζυμικών συστημάτων, βοηθώντας στη ρύθμιση και στο συντονισμό των περισσότερων λειτουργιών του σώματος, καθώς και σε άλλες βιοχημικές και φυσιολογικές λειτουργίες στο σώμα. Στο ανθρώπινο σώμα το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνουν τα εξής στοιχεία, το οξυγόνο, το υδρογόνο, ο άνθρακας και το άζωτο, σε ποσοστό περίπου 96% του βάρους του ανθρώπινου σώματος. Το υπόλοιπο ποσοστό περιλαμβάνει τα κύρια μέταλλα που ονομάζονται μακροστοιχεία και τα δευτερεύοντα, τα ιχνοστοιχεία. Τα κύρια μέταλλα είναι το ασβέστιο, ο φώσφορος, το κάλιο, το νάτριο και το μαγνήσιο (μακροστοιχεία ή μακροστοιχεία). Το ασβέστιο βρίσκεται σε ποσοστό περίπου 1,5% του σωματικού βάρους ενός ενήλικα, με το 99% αυτού να περιέχεται στα οστά και στα δόντια. Ο φώσφορος βρίσκεται σε ποσοστό περίπου 2/3 του ασβεστίου, αποτελώντας περίπου το 1% του σωματικού βάρους ενός ενήλικα. Τα άλλα μακροστοιχεία βρίσκονται σε ποσοστό περίπου 0,85% του σωματικού βάρους. Σύμφωνα με τους ειδικούς τα μέταλλα προσλαμβάνονται είτε από τρόφιμα που περιέχουν φυσικά τα εκάστοτε μέταλλα (π.χ. ασβέστιο στο γάλα) είτε από εμπλουτισμένα τρόφιμα (π.χ. χυμός πορτοκαλιού ενισχυμένος με ασβέστιο) (Godswill κ.ά., 2020).

### **1.5.8.1 Κάλιο- νάτριο**

Αρχικά, το κάλιο και το νάτριο είναι απαραίτητα για τις περισσότερες μεταβολικές διεργασίες, είναι υπεύθυνα για τη διατήρηση της οσμωτικής πίεσης, την κατανομή του νερού σε διάφορα μέρη του σώματος, του pH. Επιπλέον αυτοί οι ηλεκτρολύτες είναι υπεύθυνοι για την ρύθμιση της σωστής λειτουργίας της καρδιάς αλλά και άλλων μυών, τη συμμετοχή στην κατάλυση ως συμπαραγόντες. Ειδικότερα το κάλιο είναι στοιχείο ζωτικής σημασίας για τη σωστή λειτουργία της καρδιάς. Σημαντικό ρόλο έχει στη συστολή των σκελετικών μυών, υπεύθυνων για την σωστή μυϊκή λειτουργία, αλλά και ρόλο στην συστολή των λείων μυών που αφορούν πεπτική λειτουργία. Το κάλιο συμμετέχει στις αντιδράσεις σύνθεσης πρωτεϊνών από αμινοξέα στο κύτταρο. Το κάλιο λειτουργεί επίσης στο μεταβολισμό των υδατανθράκων. Μετατρέπει τη γλυκόζη σε γλυκογόνο και το αποθηκεύει στο ήπαρ για μελλοντική χρήση ως ενέργεια. Η συνιστώμενη πρόσληψη καλίου για εφήβους και ενήλικες είναι 4700 mg/ημέρα (Sigel κ.ά., 2013).

### **1.5.8.2 Μαγνήσιο**

Το μαγνήσιο μπορεί να ενεργοποιήσει περισσότερα από 300 ένζυμα στο ανθρώπινο σώμα. Βοηθά στη μετατροπή της τροφής σε ενέργεια και ενεργοποιεί το μόριο ATP, όπου αποθηκεύει την ενέργεια στο σώμα. Το μέταλλο μαγνήσιο έχει τόσο σημαντικό ρόλο, που χωρίς αυτό δεν θα υπήρχε ούτε ζωή ούτε κίνηση. Έχει σημαντική επίδραση και στην οδοντική υγεία. Από μελέτη προέκυψε ότι χωρίς το μαγνήσιο, το ασβέστιο μόνο του δεν είχε θετική επίδραση έναντι της τερηδόνας. Επιπλέον, σημαντικός είναι και ο ρόλος του στοιχείου στο στρες και το άγχος. Όταν το σώμα βρίσκεται υπό κατάσταση στρες, γίνεται ταχεία και μεγάλη κατανάλωσή του μαγνησίου. Η σχέση μεταξύ του άγχους και της κατανάλωσης του στοιχείου είναι ανάλογη. Όσο αυξάνεται το άγχος τόσο χρειάζεται να αυξάνεται η κατανάλωση του μαγνησίου. Όχι μόνο αυτός ο λόγος αλλά και ότι βοηθά στην καύση της ζάχαρης και στην παραγωγή ενέργειας στο σώμα καθιστούν επιτακτική την ανάγκη της. Βοηθά στην αναζωογόνηση του οργανισμού και στη μείωση του άγχους. Από μελέτες προέκυψε ότι το μαγνήσιο αποτελεί το καλύτερο “φάρμακο” για την θεραπεία της κατάθλιψης. Αποτέλεσε φυσικό αντικαταθλιπτικό φάρμακο και πιο αποτελεσματικό από τα φαρμακευτικά σκευάσματα. Σχετικά με το παραπάνω η Δρ Carolyn συνιστά την πρόσληψη μαγνησίου από πηγές τροφίμων, καθώς είναι αποτελεσματικότερη από τα φαρμακευτικά σκευάσματα. Το μέταλλο αυτό έδωσε λύση σε πονοκεφάλους, αυτοκτονικές σκέψεις, άγχος και επιλόχεια κατάθλιψη. Από έρευνες βρέθηκε ότι με πρόσληψη 125-300 mg μαγνησίου (ως γλυκινικό και ταυρινικό) πριν τον ύπνο για διάστημα μιας εβδομάδας αντιμετωπίστηκε η κατάθλιψη (Faryadi, 2012).

### 1.5.8.3 Ασβέστιο

Το ασβέστιο έχει καθοριστικό ρόλο στην υγεία των οστών. Είναι απαραίτητο για τη φυσιολογική ανάπτυξη και την ανάπτυξη του σκελετού. Στο σώμα ενός ενήλικα περιέχονται περίπου 1200 g ασβεστίου, που αντιστοιχούν περίπου στο 1-2% του σωματικού βάρους του ενήλικα. Από αυτό, το 99% βρίσκεται σε ιστούς όπως οστά και δόντια. Η παρουσία ασβεστίου στα οστά βοηθά τον σκελετό να υποστηρίξει το βάρος του υπόλοιπου σώματος. Το υπόλοιπο 1%, βρίσκεται στο αίμα, στο εξωκυττάριο υγρό (ECF), στους μύες και σε άλλους ιστούς, έχοντας βασικό ρόλο τη μεσολάβηση της αγγειακής συστολής και διαστολής, τη μυϊκή συστολή, τη μετάδοση των νεύρων και την αδενική έκκριση. Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και ωρίμανσης του ατόμου, το ασβέστιο συσσωρεύεται στο σκελετό σε ποσότητα 150 mg την ημέρα. Όταν ο άνθρωπος είναι στο στάδιο της ωρίμανσης, όσο ασβέστιο προσλαμβάνει μέσω της διατροφής του για να υποστηρίξει την οστική υγεία, τόσο αποβάλλει μέσω διεργασιών. Τέλος, στους άνδρες σε ηλικίας 50 ετών και στις γυναίκες στη φάση της εμμηνόπαυσης, τα οστά γίνονται πιο εύθραυστα και πιο επιρρεπή στα κατάγματα και σε άλλες οστικές επιπλοκές. Από ενδείξεις προκύπτει ότι αύξηση της ημερήσιας πρόσληψης από αυτή που συνιστάται οδηγεί σε μείωση του κινδύνου οστεοπόρωσης στη μετέπειτα ζωή. Αύξηση της πρόσληψης ασβεστίου πάνω από 750 mg, ή 800 mg ή 1000mg μειώνει την απώλεια μετάλλου σε περιοχές με μεγάλη συγκέντρωση. Η πρόσληψη του πολύτιμου μετάλλου γίνεται είτε με αύξηση της κατανάλωσης τροφίμων που φυσικώς περιέχεται σε αυτά, είτε με την κατανάλωση εμπλουτισμένων τροφίμων είτε με την πρόσληψη συμπληρωμάτων ασβεστίου. Σε ορισμένες πληθυσμιακές ομάδες με έλλειψη του στοιχείου οι εμπλουτισμένες τροφές αποτελούν μία λύση για την κάλυψη των απαιτήσεων. Ωστόσο, πέρα από την επαρκή πρόσληψη του στοιχείου σημαντική είναι και η σωστή απορρόφηση του. Έχουν βρεθεί κάποια συστατικά που βοηθούν στην καλύτερη απορρόφηση. Τέτοια είναι συστατικά γάλακτος, όπως η λακτόζη, η λακτουλόζη και τα φωσφοπεπτίδια καζεΐνης. Τα φωσφοπεπτίδια καζεΐνης (casein phosphopeptides - CPP) προέρχονται από την πέψη της πρωτεΐνης. Ειδικότερα από μελέτες αποδείχθηκε ότι συμπλοκοποιούνται με το ασβέστιο για την αποφυγή καθίζησης ως άλατα φωσφορικού και με αυτόν τον τρόπο διατηρούν υψηλή την συγκέντρωσή του. Αποδείχθηκε ότι βρεφική φόρμουλα με βάση τη σόγια που είχε λακτόζη αντί για πηγή υδατανθράκων, άμυλο και σακχαρόζη ήταν πιο αποτελεσματική στην απορρόφηση του ασβεστίου. Από μελέτη σε είκοσι εννέα έφηβα κορίτσια ηλικίας 11–14 ετών, είτε με μέση πρόσληψη 1500 mg/ημέρα, είτε με μερίδες 8 g μίγματος ινουλίνης και ολιγοφρουκτόζης σε εμπλουτισμένο χυμό πορτοκαλιού για 3 εβδομάδων έδειξε 18 % αύξηση της απορρόφησης Ca. Έτσι, σύμφωνα με όλα τα παραπάνω η κατανάλωση λειτουργικού τροφίμου, ενισχυμένο με συστατικά όπως λακτουλόζη, ινουλίνη, ολιγοφρουκτόζη διασφαλίζει

καλή απορρόφηση (Cashman, 2002).

### **1.5.9 Βιοδραστικές πρωτεΐνες και πεπτίδια**

Οι πρωτεΐνες εκτός από τα αμινοξέα που παρέχουν και είναι σημαντικά για τις δομικές και βιολογικές λειτουργίες του οργανισμού, μπορούν να απελευθερώσουν κατά τη διαδικασία της πέψης στο γαστρεντερικό σωλήνα με την βοήθεια πεπτικών ενζύμων ή κατά τη διαδικασία της ζύμωσης ή κατά την ωρίμανση, βιοδραστικά πεπτίδια (Aryee & Boye, 2014). Τα βιοδραστικά πεπτίδια είναι θραύσματα πρωτεΐνης και σχηματίζονται από αμινοξέα ενωμένα με ομοιοπολικούς δεσμούς γνωστούς ως αμιδικούς ή πεπτιδικούς δεσμούς. Σε αντίθεση με τις πρωτεΐνες που είναι πολυπεπτίδια με μεγαλύτερο μοριακό βάρος (MW) (Sánchez&Vázquez, 2017). Έχουν την ικανότητα αναστολής του μετατρεπτικού ενζύμου της αγγειοτενσίνης-I (ΜΕΑ) (αναστέλλουν τη μετατροπή της αγγειοτενσίνης I (δεκαπεπτίδιο) στο ισχυρότερο αγγειοσυσταλτικό πεπτίδιο, αγγειοτασίνη II [οκταπεπτίδιο] από το ΜΕΑ) με πιθανά αποτελέσματα μείωσης της αρτηριακής πίεσης. Επίσης, τα πεπτίδια μπορούν να έχουν αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες, ενισχύοντας τους αμυντικούς μηχανισμούς του οργανισμού. Τα πεπτίδια που προέρχονται από την υδρόλυση των πρωτεϊνών έχουν μεγαλύτερη ικανότητα απορρόφησης της θρεπτικής τους αξίας από τις άθικτες πρωτεΐνες και έτσι δημιουργούν νέες πηγές λειτουργικών τροφών. Έτσι, αποτελούν εξαιρετικά λειτουργικά συστατικά για την δημιουργία λειτουργικών τροφίμων. Η υδρόλυση πρωτεϊνών είναι εξαιρετικά σημαντική για τη διατροφή των αθλητών από την κατανάλωση άθικτων πρωτεϊνών. Αυξάνουν την απόδοση και την ικανότητα ταχύτερης ανάκαμψης μετά από έντονη προπόνηση. Πρωτεΐνες που έχουν υποστεί υδρόλυση έχουν την ικανότητα να αυξήσουν πιο γρήγορα και εύκολα την μυϊκή μάζα, καθώς προάγουν την καλύτερη πρόσληψη γλυκόζης και τη σύνθεση του μυϊκού γλυκογόνου, το οποίο προάγει την αποκατάσταση των μυών πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την άσκηση. Τα αμινοξέα διακλαδισμένης αλυσίδας (Branched Chain Amino Acids - ΒCAA) (δηλαδή λευκίνη, βαλίνη και ισολευκίνη) είναι πολύ σημαντικά στη σύνθεση πρωτεϊνών, ειδικά μετά την άσκηση (Sánchez&Vázquez, 2017).

## 2.1 Λειτουργικά τρόφιμα και παχυσαρκία

Η παχυσαρκία είναι μια μεταβολική νόσος, που αποτελεί παγκόσμιο φαινόμενο και οδηγεί σε χρόνιες εκφυλιστικές ή φλεγμονώδεις παθήσεις. Η καθημερινή κατανάλωση μεγάλης ποσότητας τροφής, η μειωμένη σωματική δραστηριότητα και ο εθισμός στα τρόφιμα είναι μερικοί από τους παράγοντες που συνέβαλαν σε αυξημένα επίπεδα παχυσαρκίας παγκοσμίως. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) αποτελεί πρόβλημα δημόσιας υγείας και χαρακτηρίζεται από μια κατάσταση υπερβολικής συσσώρευσης σωματικού λίπους που οδηγεί σε σοβαρά κοινωνικά και ψυχοσωματικά προβλήματα. Όταν ο Δείκτης Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) υπερβεί το  $30 \text{ kg/m}^2$ , το άτομο θεωρείται παχύσαρκο. Έρευνες αναφέρουν, ότι η Ελλάδα κατέχει την πρώτη θέση στην παιδική παχυσαρκία στην Ευρώπη. Έτσι, η διαχείριση βάρους και η πρόληψη της παχυσαρκίας θεωρούνται επιτακτική ανάγκη προκειμένου να μειωθεί ο επιπολασμός διαφόρων μεταβολικών διαταραχών. Μία καλή στρατηγική θα μπορούσε να είναι η κατανάλωση τροφίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε ενέργεια και άρα ο περιορισμός της κατανάλωσης τροφών με υψηλή περιεκτικότητα σε ενέργεια, παράλληλα με μια ισορροπημένη διατροφή, όπως η μεσογειακή, σε συνδυασμό με αύξηση της σωματικής δραστηριότητας. Επιτυγχάνοντας με τα παραπάνω αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο. Τα λειτουργικά τρόφιμα και οι βιοδραστικές ενώσεις που προσφέρουν αν καταναλωθούν με μέτρο και όχι μονομερώς και σε μεγάλες ποσότητες μπορούν να βοηθήσουν στον έλεγχο του βάρους. Λειτουργικά τρόφιμα όπως ο καφές, το πράσινο τσάι, η πιπεριά τσίλι και το τζίντζερ, με τις φυσικές βιοδραστικές ενώσεις τους, όπως η καφεΐνη, η επιγαλλοκατεχίνη, η καψαΐκίνη και οι τζιντζερόλες αντίστοιχα, μπορεί να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση της και στις επικείμενες μεταβολικές συνέπειες (Konstantinidi & Koutelidakis, 2019).

### 2.1.1 Καφές

Η καλλιέργεια του καφέ ξεκίνησε από την Αιθιοπία πριν από αιώνες και συνέχισε να καλλιεργείται σε χώρες όπως η Αφρική, η Λατινική Αμερική και η Ασία. Το φυτό καφέ (*Coffea spp.*) αποτελείται από πράσινους κόκκους οι οποίοι στη συνέχεια καβουρδίζονται και χρωματίζονται με το χαρακτηριστικό χρώμα. Το ρόφημα του καφέ αποτελεί το δεύτερο πιο εμπορεύσιμο προϊόν παγκοσμίως και για την παρασκευή του χρησιμοποιούνται δύο είδη, το *Coffea arabica*, L. (καφές Arabica) και το *Coffea caniphora*, L. (καφές Robusta) (Konstantinidi & Koutelidakis, 2019). Ονομάζεται και «ρόφημα μακροζωίας» λόγω της αντιοξειδωτικής του ικανότητας και της δυνατότητας του να δεσμεύει τις ελεύθερες ρίζες και να μειώνει τις πιθανότητες εμφάνισης διαφόρων ασθενειών και θνησιμότητας (Sirotkin & Kolesarova, 2021). Το

πιο γνωστό μόριο αυτού του προϊόντος είναι η φυσική μεθυλξανθίνη καφεΐνη (1,3,7 τριμεθυλοξανθίνη), μια τοξίνη που προστατεύει το φυτό από τα φυτοφάγα ζώα. Εκτός από την καφεΐνη περιέχονται και τα αλκαλοειδές τριγωνελλίνη, πολυφαινόλη χλωρογενικό οξύ, φερούλικό οξύ, διτερπένια καφεστρόλη και καβεόλη, μελανοειδή και λιπίδια και μικροστοιχεία του καφέ. Οι κόκκοι του καφέ μετά τη διαδικασία καβουρδίσματος έχουν χημική σύσταση που περιλαμβάνει τα εξής: 2,7–3,1% χλωρογενικό οξύ, 1,2–2,4% καφεΐνη, 23% μελανοειδή, 11–17% λιπίδια, 38–42% υδατάνθρακες, 10% πρωτεΐνες και 2. – 2,5% αλειφατικά οξέα. Από την άλλη η χημική σύνθεση των πράσινων κόκκων καφέ πριν από τη διαδικασία καβουρδίσματος είναι η εξής: 6,5–10% χλωρογενικό οξύ, 1,2–2,2% καφεΐνη, 10–16% λιπίδια (κυρίως τα διτερπένια καφεστόλη και Kahweol), 0,7–1,0% τριγωνελλίνη, 45–52 % υδατάνθρακες, 11% πρωτεΐνες και 4,2–4,4% μέταλλα. Επιπλέον με το καβούρδισμα παρατηρήθηκε αύξηση των διαιτητικών ινών από 39,4 mg ανά 100 g σε 64,9 mg ανά 100 g στους καφέ κόκκους (Konstantinidi & Koutelidakis, 2019). Κλινικές μελέτες αναφέρουν ότι η ευεργετική επίδραση του ροφήματος στην παχυσαρκία δεν εξαρτάται από την καφεΐνη αλλά από τα άλλα συστατικά. Αυτή η επίδραση πιθανότατα προέρχεται από το χλωρογενικό οξύ (Konstantinidi & Koutelidakis, 2019, Sirotkin & Kolesarova 2021). Επομένως, η απώλεια βάρους, δεν επηρεάζεται από την παρουσία ή την απουσία καφεΐνης στο ρόφημα. Το χλωρογενικό οξύ έχει αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση, δρώντας στο μεταβολισμό της γλυκόζης και των λιπιδίων. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής, λαμβάνει χώρα το φαινόμενο ενζυμικής αμαύρωσης (αντίδραση Maillard), που ευθύνεται για τον μεταβολισμό του χλωρογενικού οξέος σε αντιοξειδωτικό μελανοειδές, υπεύθυνο για την βιολογική δραστηριότητα αυτού του οξέος. Τα αποτελέσματα in vitro μελετών υποδηλώνουν ότι μπορεί να μειώσει την αποθήκευση λίπους στο σώμα με διάφορους μηχανισμούς: α) αναστέλλει τον πολλαπλασιασμό των λιποκυττάρων, β) επηρεάζει τους μεταγραφικούς παράγοντες και άλλες πρωτεΐνες που εμπλέκονται στην παραγωγή λιπιδίων σε αυτά τα κύτταρα, γ) μέσω της δράσης του στην εντερική μικροχλωρίδα, που μπορεί να επηρεάσει την παχυσαρκία. Χάρη σε αυτά τα αποτελέσματα, το ρόφημα καφέ μπορεί να μειώσει τα αποθέματα λίπους όσων το καταναλώνουν. Ωστόσο, λόγω και των παρενεργειών που εμφανίζει, όπως άγχος, αϋπνία, απώλεια ασβεστίου από τον οργανισμό και άρα κίνδυνο καταγμάτων, σε άτομα που πάσχουν από οστεοπόρωση, θα πρέπει να καταναλώνεται μέσα σε κάποια ορισμένα πλαίσια. Ένα φλιτζάνι καφέ περιέχει 60 mg καθαρού χλωρογενικού οξέος, ποσότητα που δεν μπορεί να απορροφηθεί από τον οργανισμό. Έτσι, χρειάζονται τουλάχιστον 510,6 mg χλωρογενικού οξέος και 121,2 mg καφεΐνης ημερησίως. (Sirotkin & Kolesarova, 2021). Η ποσότητα αντιστοιχεί σε 3-5 φλιτζάνια ροφήματος την ημέρα, ποσότητα μεταβολίσιμη και ασφαλής, για ένδειξη του επιθυμητού αποτελέσματος (Sirotkin & Kolesarova, 2021, Konstantinidi



& Koutelidakis, 2019). Πάνω από αυτό το επίπεδο κατανάλωσης παρουσιάζονται αρνητικές συνέπειες (Konstantinidi & Koutelidakis, 2019).

### **2.1.2. Τζίντζερ**

Το τζίντζερ (*Zingiber officinale* Roscoe), είναι ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μπαχαρικά στον κόσμο. Ανήκει στην οικογένεια Zingiberaceae, περιέχει μια ποικιλία φυτοχημικών, όπως φαινόλες και φλαβονοειδή. Περιέχει τερπενοειδή όπως το zingiberene, και πικάντικα συστατικά όπως η gingerol, η shogaol και η zingerone. Τα κύρια βιοενεργά συστατικά του φρέσκου και αποξηραμένου τζίντζερ είναι οι τζιντζερόλες και οι σογκαόλες. Αρκετές μελέτες υποστηρίζουν ότι το τζίντζερ θα μπορούσε να εμπλέκεται στον έλεγχο του βάρους, με τους παρακάτω μηχανισμούς. Στον πρώτο περιλαμβάνεται η αύξηση της θερμογένεσης και της ενεργειακής δαπάνης: όταν ελευθερώνεται μία ένωση του τζίντζερ, η κατεχολαμίνη, μπορεί να επηρεάσει τους β-αδρενεργικούς υποδοχείς και να διεγείρει το νευρικό σύστημα με αποτέλεσμα την αυξημένη έκφραση της πρωτεΐνης αποσύνδεσης 1, η οποία προάγει τη θερμογένεση. Ο δεύτερος πιθανός μηχανισμός περιλαμβάνει την αύξηση της λιπόλυσης: το τζίντζερ μπορεί να προάγει τη δραστηριότητα του ενζύμου λιπάσης με την ενεργοποίηση του νευρικού συστήματος και έτσι να αυξήσει τη λιπόλυση στον λευκό λιπώδη ιστό. Ο τρίτος αφορά την καταστολή της λιπογένεσης και τη συσσώρευση λιπιδίων: οι βιοδραστικές ενώσεις του τζίντζερ μπορεί να παρουσιάζουν ανταγωνιστική δράση προς συγκεκριμένα μόρια, όπως ο ενεργοποιημένος από τον πολλαπλασιαστή υπεροξεισώματος υποδοχέας σίγμα/βήτα και δέλτα με αποτέλεσμα τη μείωση της συσσώρευσης λιπιδίων στους σκελετικούς μυς και στο λιπώδη ιστό. Στον επόμενο μηχανισμό βασίζεται η καταστολή της λιπογένεσης: οι βιοδραστικές ενώσεις του τζίντζερ μείωσαν τη λιπογένεση στα λιποκύτταρα (3T3-L1), πιθανώς επειδή μειώθηκε η έκφραση των γονιδίων που σχετίζονται με το PPARγ. Ο προτελευταίος περιλάμβανε την αναστολή της εντερικής απορρόφησης του διαιτητικού λίπους: αναφέρθηκε σε μελέτες που εφαρμόστηκαν σε ζώα ότι το τζίντζερ μπορεί να καταστέλλει το ένζυμο της παγκρεατικής λιπάσης, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την εντερική απορρόφηση των διατροφικών λιπαρών οξέων. Τέλος έχουμε τον έλεγχο της όρεξης, όπου με την κατανάλωση συμπληρωμάτων του προϊόντος που μπορεί να οδηγήσει σε εξασθένιση της όρεξης (Konstantinidi & Koutelidakis, 2019).

### **2.1.3 Πιπεριά Τσίλι**

Η κόκκινη πιπεριά τσίλι έχει την ικανότητα να μειώνει την ενεργειακή πρόσληψη και να

τροποποιεί την πρόσληψη μακροθρεπτικών συστατικών μέσω της ρύθμισης της όρεξης και του κορεσμού. Από μελέτες προέκυψε ότι η καψαϊκίνη επηρεάζει τη διατροφή και την ενεργειακή πρόσληψη. Η προσθήκη κόκκινου πιπεριού στο πρωινό μείωσε σημαντικά την πρόσληψη πρωτεϊνών και λίπους την ώρα του μεσημεριανού γεύματος και η προσθήκη της στο ορεκτικό μείωσε σημαντικά τη κατά βούληση πρόσληψη υδατανθράκων στο υπόλοιπο μεσημεριανό γεύμα. Αυτές οι επιδράσεις είναι δυνατόν να σχετίζονται με την αύξηση της δραστηριότητας του νευρικού συστήματος. Η κατανάλωση πιπεριάς τσίλι μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της ενεργειακής δαπάνης μέσω της διέγερσης του καφέ λιπώδους ιστού, που προκαλεί θερμογένεση. Η αύξηση αυτή της ενεργειακής δαπάνης συμβαίνει χωρίς τη δημιουργία ρίγους, μιας φυσιολογικής αντίδρασης κατόπιν έκθεσης του οργανισμού σε κρύα περιβάλλοντα. Έτσι ο οργανισμός επέρχεται σε καύση θερμίδων ακόμη και όταν δεν εκδηλώνει τυπικές αντιδράσεις ψύξης (Zheng κ.ά., 2017).

#### **2.1.4 Πράσινο τσάι**

Το δέντρο τσαγιού (*Camelia sinensis*, L.) ανήκει στην οικογένεια Theaceae. Το πράσινο τσάι περιέχει ένα σύνολο από πολυφαινολικές ενώσεις, όπως η γαλλική επιγαλλοκατεχίνη (EGCG), η κατεχίνη (C), η γαλλοκατεχίνη (GC), η επιγαλλοκατεχίνη (EGC), η επικατεχίνη (EC) και η γαλλική γαλλοκατεχίνη (GCG). Από τις παραπάνω εκείνη που ασκεί μεγαλύτερη επίδραση στη διαχείριση του βάρους είναι η EGCG, μειώνοντας τον πολλαπλασιασμό των λιποκυττάρων, εμποδίζοντας την απορρόφηση του λίπους και μειώνοντας τη συγκέντρωση τριγλυκεριδίων, χοληστερόλης, γλυκόζης και ινσουλίνης στο αίμα. Με τα αποτελέσματα αρκετών μελετών επικυρώνεται οριστικά, από την επιστημονική κοινότητα, η θετική επίδραση του πράσινου τσαγιού στην παχυσαρκία. Μετά από μελέτες παρατηρήθηκε ότι η κατανάλωση τσαγιού της τάξης των 3 φλιτζανιών ανά ημέρα δεν επέφερε σημαντικές ανεπιθύμητες παρενέργειες, δηλαδή κυτταροτοξικές, μεταλλαξιογόνες, καρκινογόνες και εμβρυοτοξικές. Θετικά αποτελέσματα επέρχονται μόνο με κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων, συγκεκριμένα 3-4 φλιτζανιών την ημέρα, που αντιστοιχεί σε 1-2 g τσαγιού και 100-600 mg της δραστηκής πολυφαινόλης σε διάστημα τουλάχιστον 8 εβδομάδων. Ωστόσο χρειάζεται προσοχή όταν καταναλώνονται οι πολυφαινόλες τσαγιού σε μεγάλες ποσότητες με άδειο στομάχι ή ως χάπια καθώς παρουσιάζονται τοξικές δράσεις (Sirotkin & Kolesarova, 2021). Μικρότερη επίδραση παρουσιάζεται όταν καταναλώνονται σε μορφή ροφήματος σε αντίστοιχα μεγάλες ποσότητες. Θετικά αποτελέσματα στον έλεγχο του σωματικού βάρους παρατηρήθηκαν από την ανάμειξη κατεχινών πράσινου τσαγιού με καφεΐνη. Από μελέτες προκύπτει ότι η διατήρηση ή η μείωση του σωματικού βάρους, ενδεχομένως προήλθε από την αύξηση της ενεργειακής δαπάνης, τη

θερμογένεση και την οξειδωση του λίπους (Konstantinidi & Koutelidakis, 2019).

### **2.1.5 Ανάπτυξη προϊόντος για την παχυσαρκία**

Οι Monika Choudhary και Kiran Grover ανέπτυξαν ένα νέο προϊόν για την απώλεια βάρους με τα μακροθρεπτικά συστατικά σε μορφή ροφήματος και χρησιμοποιώντας κλινικά αποδεδειγμένα θρεπτικά συστατικά όπου σε ασφαλείς δόσεις επιτύγχαναν απώλεια βάρους σε μορφή δισκίου. Τα δομημένα σνακ αποδείχθηκε ότι βοηθούν τους ασθενείς να χάσουν βάρος και να διατηρήσουν την κατάσταση αυτή μακροπρόθεσμα.

Το προϊόν περιέχει 45 kcal και είναι πιο αποτελεσματικό ως σνακ που περιλαμβάνει ένα ρόφημα και ένα δισκίο. Η κατανάλωση γίνεται 2 φορές μέσα στην ημέρα το πρωί και το απόγευμα. Το ρόφημα είναι 8 ουγκιά με όλα τα μακροθρεπτικά συστατικά και το δισκίο περιέχει τα υπόλοιπα θρεπτικά συστατικά. Τα θρεπτικά συστατικά σε μορφή δισκίου όταν καταναλώνονται σε μορφή ροφήματος δεν είχαν καλή γεύση.

Στα μακροθρεπτικά συστατικά ανήκουν οι πρωτεΐνες, το λίπος και οι υδατάνθρακες, σε ποσοστά (62% υδατάνθρακες, 18% πρωτεΐνη και 20% λίπος). Οι πρωτεΐνες προέρχονται από μια πηγή υψηλής βιολογικής αξίας, όπως πρωτεΐνη ορού γάλακτος σε ποσότητα 2 gr και με συνολικές θερμίδες 8 kcal. Το λίπος προέρχεται από ένα μείγμα βαμβακόσπορου και σογιέλαιου, σε ποσότητα 1 g με συνολικές θερμίδες 10 kcal. Όσον αφορά τους υδατάνθρακες, οι οποίοι έχουν μεγαλύτερη επίδραση στη διαχείριση του βάρους από τα υπόλοιπα συστατικά, η κατανάλωση των 2 γευμάτων περιλάμβανε 14 g υδατανθράκων χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη, όπου σε δίαιτα είχε καλύτερα αποτελέσματα.

Για το ρόφημα: Πηγές υδατανθράκων είναι το ψύλλιο, η φρουκτόζη και οι νιφάδες κριθαριού. Όσον αφορά το ψύλλιο, είναι ίνα του φλοιού Psyllium, ως επί το πλείστον υδατοδιαλυτή, που παρασκευάζεται από ξανθό σπόρο psyllium (*Plantago ovata*). Προκαλεί κορεσμό και βοηθά στην μείωση βάρους, στο επίπεδο συγκέντρωσης λιπιδίων στο αίμα και στα επίπεδα γλυκόζης. Περιέχεται σε ποσότητα 1,8 gr.

Το κύριο γλυκαντικό είναι η φρουκτόζη (πιο γλυκιά από την ευρέως χρησιμοποιούμενη γλυκαντική ουσία, την σακχαρόζη). Η φρουκτόζη έχει χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη ( [GI]= 32 ) και βοηθά στην πιο σταδιακή αύξηση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα. Περιέχεται σε ποσότητα των 3 gr.

Στην άλλη πηγή υδατανθράκων περιλαμβάνεται το κριθάρι, πηγή χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη και καλών φυτικών ινών. Με το μαργαριταρένιο κριθάρι (GI = 36) και το σπασμένο κριθάρι (GI = 72) να έχουν χαμηλότερο γλυκαιμικό δείκτη από το γλυκό καλαμπόκι (GI = 78), το κριθάρι (GI = 94) και το λευκό ρύζι (GI = 128). Περιέχεται σε ποσότητα 1 gr.

Για το δισκίο:

Το εκχύλισμα πράσινου τσαγιού παρέχει 135 mg EGCG και 75 mg καφεΐνης (150 mg για τις 2 δόσεις). Η δόση δεν είναι τόσο υψηλή που να προκαλεί προβλήματα στον ύπνο, καθώς ο καφές έχει κατά μέσο όρο 180 mg καφεΐνης / φλιτζάνι 8 ουγγιών ενώ σε ένα κουτί (12 ουγγιές) τύπου κόλα περιέχονται 64 mg. Αποδείχθηκε ότι δόση της τάξης των 100 mg κατά τη διάρκεια της ημέρας, δεν προκαλούσε προβλήματα ύπνου επειδή ο χρόνος ημιζωής της καφεΐνης είναι μόνο 3 έως 3,5 ώρες.

Η 5-Υδροξυτριπτοφάνη μετατρέπεται από το αμινοξύ τρυπτοφάνη που ενεργοποιεί την σεροτονίνη, ορμόνη του εγκεφάλου. Η σεροτονίνη ενεργοποιεί τους νευρώνες κορεσμού στον έσω υποθάλαμο. Περιλαμβάνεται σε ποσότητα 10 mg.

Τέλος όσον αφορά το πικολινικό χρώμιο: Η ανεπάρκεια χρωμίου οδηγεί σε μειωμένη ανοχή στη γλυκόζη, αντίσταση στην ινσουλίνη και αυξημένες συγκεντρώσεις γλυκόζης στο αίμα.

Κάθε μερίδα του προϊόντος διατροφής περιέχει 100 mcg χρωμίου. Αυτό αντιστοιχεί στο κατώτερο όριο ποσότητας της αποτελεσματικής δόσης. Ωστόσο, υποθέστε ότι όσοι χρησιμοποιούν το προϊόν θα λάμβαναν άλλα 200 mcg από την καθημερινή τους διατροφή, δίνοντάς τους έτσι το υψηλότερο όριο της αποτελεσματικής δόσης (Choudhary & Grover, 2012).

## 2.2 Λειτουργικά τρόφιμα και αθλητισμός

Τα άτομα που καταβάλουν έντονη σωματική άσκηση απαιτείται να έχουν μία ισορροπημένη διατροφή, που να προσφέρει επαρκείς θερμίδες και θρεπτικά συστατικά για την ικανοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων (diCorcia κ.ά., 2022). Οι υδατάνθρακες στη διατροφή τους, αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της ημερήσιας πρόσληψης (55-65%), έπειτα το λίπος με ποσοστό 25-30% και τέλος οι πρωτεΐνες με 10-15% των συνολικών θερμίδων (κατά προτίμηση συνδυασμός πρωτεϊνών από τρόφιμα ζωικής και φυτικής προέλευσης). Σημαντική είναι η ανάρρωση του αθλητή και αρωγός σε αυτό μπορεί να είναι οι υδατάνθρακες υψηλού γλυκαιμικού δείκτη (diCorcia κ.ά., 2022). Δεν είναι αποτελεσματικός ο περιορισμός λίπους, καθώς συμβάλλει στη σύνθεση κυτταρικών μεμβρανών, στην απορρόφηση λιποδιαλυτών βιταμινών, στην παραγωγή ορμονών και στη σωστή λειτουργία του εγκεφάλου (Tirila κ.ά., 2022). Σύμφωνα με τη Διεθνή Εταιρεία Αθλητικής Διατροφής, η ποσότητα υδατανθράκων που συνίσταται για τους αθλητές κυμαίνεται από 8–12 g/kg/ημέρα. Η ποσότητα πρωτεΐνης θα πρέπει να είναι υψηλότερη σε σύγκριση με τον υπόλοιπο πληθυσμό (0,8–0,9 g/kg/ημέρα), που κυμαίνεται από 1,2–2,1 g/kg/ημέρα που όμως μπορεί να φτάσει και 3,1 g/ kg/ημέρα σε διατροφές όπου περιορίζεται η υψηλή πρόσληψη θερμίδων (Tirila κ.ά., 2022). Η πρωτεΐνη στη διατροφή τους συμβάλλει στη μυϊκή αύξηση, στην ταχεία επούλωση τραυματισμένων ιστών

πριν κατά την διάρκεια και μετά την σωματική άσκηση. Επίσης στην ανάπτυξη και την αποκατάσταση των μυών αλλά και στην ταχεία απώλεια βάρους (diCorcia κ.ά., 2022 , Tirla κ.ά., 2022).

### **2.2.1 Κρέας για αθλητική απόδοση**

Η συμβολή του κρέατος στη διατροφή των αθλητών είναι σημαντική καθώς περιέχει πρωτεΐνη υψηλής βιολογικής αξίας αλλά και λίπη. Παρέχονται βιταμίνες (ριβοφλαβίνη, πυριδοξίνη, κοβαλαμίνη, παντοθενικό οξύ και νιασίνη) και μέταλλα (σίδηρος, ψευδάργυρος, φώσφορος σελήνιο) για τη διατήρηση και την αποκατάσταση των μυών. Είναι πλούσιο σε αντιοξειδωτικά με αντιφλεγμονώδεις, ανοσορρυθμιστικές ιδιότητες. Το διατροφικό προφίλ του κρέατος περιέχει κατά προσέγγιση 75% νερό, 19% πρωτεΐνη, 2,5% λίπος, 1,2% υδατάνθρακες και 1,65% ενώσεις αζώτου, με όλα τα παραπάνω ποσοστά να επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από το είδος, τις τεχνικές κοπής και το μαγείρεμα του προϊόντος. Εκτός των σημαντικών ποσοτήτων αμινοξέων και πρωτεϊνών περιέχει και σίδηρο, συνένζυμο Q10, συζευγμένο λινολενικό οξύ. Όσον αφορά την πρωτεΐνη, τα 100 g κρέατος παρέχουν μέχρι 20 g χρήσιμης πρωτεΐνης. Αυτό είναι σημαντικό καθώς μετά από μία άσκηση αντοχής χρειάζονται 20-25 g πρωτεΐνης υψηλής ποιότητας ποσότητα πρωτεΐνης για την ενίσχυση της μυϊκής σύνθεσης και της πρωτεϊνικής σύνθεσης λευκωματίνης. Η γλουταμίνη έχει κύριο ρόλο στην αποκατάσταση των μυών και ο κύριος τρόπος λήψης της είναι η κατανάλωση κρέατος και άλλων ζωικών προϊόντων. Ο Nakhostin-Roohietal. έδειξε ότι η λήψη 1,5 g/kg/ημέρα γλουταμίνης για 7 ημέρες μπορεί να μειώσει το επίπεδο της κινάσης της κρεατίνης, ενός ενδομυϊκού ενζύμου για τις μυϊκές βλάβες. Επιπλέον, η γλουταμίνη μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα της γλουταθειόνης, ενός κύριου τριπεπτιδίου για την πρόληψη των αθλητικών τραυματισμών.

Το κρέας θεωρείται εξαιρετική πηγή για την πρόληψη των μυϊκών βλαβών, λόγω της πλήρους παροχής αμινοξέων, ιδιαίτερα των ταυρίνη και L-καρνιτίνη. Βρίσκονται άφθονες σε όλα τα τεμάχια βόειου κρέατος. Με 30 gr βόειου κρέατος περιέχεται ικανή ποσότητα ταυρίνης για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών υγιούς ενήλικου ατόμου 70 κιλών. Αν και τα αμινοξέα ταυρίνη και L-καρνιτίνη συνήθως συντίθενται στο σώμα, η ποσότητα είναι ανεπαρκής αν ο αθλητής βρίσκεται σε συνθήκες στρες. Η L-καρνιτίνη, σχετίζεται με τη διατήρηση της μιτοχονδριακής λειτουργίας και των μεταβολικών διεργασιών που αφορούν τη σύνθεση αμινοξέων διακλαδισμένης αλυσίδας, την παραγωγή ενέργειας.

Σημαντική μετά τις μυϊκές βλάβες φάνηκε η καρνοσίνη και ο μεθυλιωμένος μεταβολίτης της, η ανσερίνη, που έχουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες ως τα πιο σημαντικά αντιοξειδωτικά.

Η συγκέντρωση καρνοσίνης στο κρέας κυμαίνεται από 500 mg/kg μηρού κοτόπουλου έως 2700

mg/kg χοιρινής ωμοπλάτης, ενώ η ανσερίνη πιο πλούσια στους μύς του κοτόπουλου. Η καρνοσίνη έχει τη δυνατότητα σύνθεσης στο σώμα χάρη με τη βοήθεια της β-αλανίνης (περιοριστικού παράγοντα). Ο Markusetal. ανέφερε τον ρόλο της καρνοσίνης στην αποκατάσταση μετά την άσκηση. Ο Varanoske και οι συνεργάτες του βρήκαν ότι τα υψηλά επίπεδα εσωτερικής καρνοσίνης σχετίζονται με τη μείωση της κόπωσης.

Σημαντική στις μυϊκές βλάβες αποδείχθηκε η κρεατίνη, καθώς προλαμβάνει την φλεγμονή, το οξειδωτικό στρες, τις αλλαγές στην αποθήκευση γλυκογόνου και την κυτταρική δραστηριότητα σε κατεστραμμένους μύς. Σύμφωνα με τα ευρήματα της μετα-ανάλυσης Jiaming και Rahimi, μείωσε την συγκέντρωση κρεατινοκινάσης και γαλακτικής αφυδρογονάσης μετά από 24–48–72–96 ώρες άσκησης. Αυτές συχνά θεωρούνται έμμεσοι βιοδείκτες των Electro-ion Membrane Distress syndrome (EIMDs).

Εκτός από το κλάσμα πρωτεΐνης, το συζευγμένο λινολεϊκό οξύ (CLA) από το λιπιδικό κλάσμα του κρέατος έδειξε δράση κατά της κόπωσης στους αθλητές και της γενικής υγείας του αθλητή. Ο σίδηρος είναι το μέταλλο που σχετίζεται άμεσα με την κόπωση και λόγω της έντονης άσκησης και της επερχόμενης απώλειας του ιδρώτα εξαντλείται. Αποτελεί απαραίτητο συστατικό των πρωτεϊνών μυοσφαιρίνης και αιμοσφαιρίνης, που μεταφέρουν οξυγόνο στους ιστούς. Η αθλητική απόδοση άρα εξαρτάται από το σίδηρο. Οι γυναίκες είναι συνήθως πιο ευάλωτες στην εξάντληση του σιδήρου και άρα στην κόπωση.

Το συνένζυμο Q10 (CoQ10), γνωστό ως ουβικινόνη είναι μια λιποδιαλυτή ένωση. Ενισχύεται από τις βιταμίνες του συμπλέγματος Β. Το κρέας, τα πουλερικά και τα ψάρια είναι όλα εξαιρετικές πηγές διαιτητικού CoQ10. Οι Borekova et al. ανέφεραν ότι οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες του βρίσκονται σε μεγαλύτερες ποσότητες αλλά είναι και πιο αποτελεσματικές από εκείνες των πιο αναγνωρισμένων αντιοξειδωτικών. Σύμφωνα με τον Haas, η πρόσληψη CoQ10 μπορεί να βελτιώσει τον ενεργειακό μεταβολισμό, αποκαθιστώντας τα επίπεδα φωσφοκρεατίνης (μια πηγή φυσικής ενέργειας) (diCorcia κ.ά., 2022).

Σημαντικό όλων των παραπάνω είναι ότι το κρέας, όταν καταναλώνεται στη σωστή αναλογία, παρέχει στον οργανισμό πολλά βιοενεργά μόρια που βοηθούν τους αθλητές να παραμείνουν υγιείς ενώ παράλληλα βελτιώνουν απόδοση και αποκατάσταση μυών.

Στη διατροφή του αθλητή, το κρέας έχει διπλό σκοπό την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών και παρέχει προστασία και ανάπτυξη των ιστών. Αν και δεν είναι η κύρια πηγή ενέργειας, περιέχει κάποια μόρια ικανά να βελτιώσουν την αθλητική απόδοση στην έντονη και συνεχή άσκηση. Ένα από αυτά είναι η κρεατίνη που συμμετέχει στην αύξηση των αποθεμάτων ενέργειας της φωσφοκρεατίνης και άρα στην ικανότητα εκτέλεσης δραστηριοτήτων υψηλής έντασης. Ορισμένες βιταμίνες του συμπλέγματος Β (θειαμίνη, ριβοφλαβίνη, βιταμίνη Β6,

νιασίνη, παντοθενικό οξύ, βιοτίνη) εμπλέκονται επίσης στη μετατροπή της ενέργειας κατά τη διάρκεια της άσκησης, ενώ το φυλλικό οξύ και η βιταμίνη B12 απαιτούνται είναι σημαντικά στην παραγωγή αιμοσφαιρίων, στη σύνθεση πρωτεϊνών, στην αποκατάσταση και διατήρηση των ιστών. Οι πρωτεΐνες, το κύριο και απαραίτητο θρεπτικό συστατικό του κρέατος, συνδέονται με τη βελτίωση πολλών βιολογικών δραστηριοτήτων. Συμμετέχουν στην ανάπτυξη και ανάκτηση διαφόρων μυϊκών ομάδων, οστών και άλλων οργάνων. Εκτός από την πρωτεΐνη, το πιθανό όφελος του κρέατος για την υγεία μπορεί να αποδοθεί σε πολλά βιοενεργά μόρια με αποδεδειγμένες αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις και ανοσοτροποποιητικές ιδιότητες. Η ταυρίνη, η L-καρνιτίνη, η κρεατίνη, το CLA μπορούν να διεγείρουν την ανοσολογική απόκριση στους σκελετικούς μύες, ενώ ο σίδηρος και οι ενώσεις που προέρχονται από βιταμίνες όπως το CoQ10 έχουν αποδειχθεί με την εξασθένιση της ιντερλευκίνης 6 (IL-6) για την ισχυρή υποστήριξη των λειτουργιών του ανοσοποιητικού. Οι πιθανές αντιοξειδωτικές ιδιότητες συνδέονται επίσης με ορισμένα μόρια κρέατος. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει το ρόλο του CoQ10 (diCorcia κ.ά., 2022).

## 2.2.2 Καφές για αθλητική απόδοση

Ο καφές, είναι ένα ρόφημα που καταναλώνουν εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως, μέσα σε αυτούς και οι αθλητές. Αποτελεί και ρόφημα που μπορούν να απολαμβάνουν οι αθλητές, καθώς η καφεΐνη το 2004 καταργήθηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας κατά του Ντόπινγκ. (Tarnopolsky, 2011 , He, 2023). Η απόφαση αυτή προέκυψε από το γεγονός ότι χαμηλές δόσεις καφεΐνης προσφέρουν βελτίωση της αθλητικής απόδοσης και βρίσκονται και σε κοινά καθημερινά τρόφιμα (Tarnopolsky, 2011). Το ρόφημα αυτό επιδρά στη γενική υγεία και ευεξία όσων προπονούνται σε αερόβια αλλά και αναερόβια αθλήματα. Ωστόσο η καφεΐνη μπορεί να βρεθεί και σε άλλες πηγές τροφίμων καθημερινής κατανάλωσης (Tarnopolsky, 2011). Στη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης οφείλονται οι βιοδραστικές ενώσεις του περιέχει, οι οποίες είναι περισσότερες από 1000 μεταξύ αυτών, το καφεϊκό οξύ, τα χλωρογενικά οξέα, το φερουλικό οξύ, το καφεϊκό οξύ, οι μελανοϊδίνες, η καφεΐνη κ.α. Σε καμία περίπτωση δεν θα μπορούσε η φυσική πηγή καφεΐνης στα τρόφιμα να αντικατασταθεί από ταμπλέτες, ποτά και από άλλα συμπληρώματα, από άποψη υγείας. (He, 2023 , Tarnopolsky, 2011). Συγκεκριμένα όσον αφορά την καφεΐνη, αποτελεί τη διεγερτική ουσία του καφέ, επιτυγχάνοντας αυξημένη εστίαση και εγρήγορση. Βρίσκεται σε ποσότητα περίπου 0,9-1,3 g/100 g καφέ. Έχει επιδράσεις στην αερόβια άσκηση αλλά και στα αθλήματα που έχουν βάση τη μυϊκή δύναμη. Σύμφωνα με τους Bridge και Jones το 2006 απέδειξαν σημαντική βελτίωση στους χρόνους δρομέων αποστάσεων. Ομοίως, οι Jenkinsetal. το 2008 επίδραση της ουσίας στην απόδοση αθλητών

αερόβιων δραστηριοτήτων, του ποδηλάτου. Οι επιδράσεις της καφεΐνης σχετίζονται με τη συνέργεια αυτής με τους υποδοχείς αδενοσίνης στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Η αδενοσίνη είναι το κύριο ανασταλτικό του νευρικού συστήματος και επιφέρει χαλάρωση και ύπνο. Αυτό σημαίνει ότι η καφεΐνη εμποδίζει την ενεργοποίηση της αδενοσίνης, ως ανταγωνιστής της. Έτσι, καφεΐνη εμποδίζει την σύνδεση της αδενοσίνης στους υποδοχείς που θα έπρεπε να συνδεθεί η αδενοσίνη και έτσι αντί της χαλάρωσης επέρχεται στον οργανισμό αυξημένη εγρήγορση. Ένα ακόμα πλεονέκτημα από την ανταγωνιστική δράση της καφεΐνης στους υποδοχείς της αδενοσίνης είναι ότι ενισχύεται η ροή του αίματος σε συγκεκριμένους μύες που σχετίζονται με την άσκηση, οδηγώντας σε μεγαλύτερη παροχή οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών στους μύες. Με αυτόν τον τρόπο καθυστερείται η εμφάνιση της κόπωσης. Προτείνεται μία δόση καφεΐνης 3 mg/kg σωματικού βάρους για εμφάνιση των αθλητικών αποτελεσμάτων, αλλά άλλα στοιχεία δείχνουν ότι δόσεις έως και 6 mg/kg έχουν ακόμα πιο ικανοποιητικά οφέλη. Ωστόσο μπορούν να εμφανιστούν και αρνητικά αθλητικά αποτελέσματα από την υπερβολική πρόσληψη καφεΐνης. Η δόση θα πρέπει να υπολογίζεται για τον κάθε αθλητή ξεχωριστά με βάση τα στοιχεία γενετικής του, στοιχεία που δείχνουν την απορρόφηση της ουσίας από τον οργανισμό. Έπειτα, η καφεΐνη έχει σημαντικό ρόλο στις γνωστικές λειτουργίες και τη μνήμη των αθλητών, που επηρεάζει τη συγκέντρωση, τη δυνατότητα γρήγορης λήψης αποφάσεων τόσο στην προπόνηση όσο και κατά τη διάρκεια του αγώνα, κυρίως σε αθλητές ομαδικών αθλημάτων. Τέλος ένα ακόμα όφελος της ουσίας είναι ότι η μυρωδιά του καφέ μπορεί να τονώσει τους αθλητές, αυξάνοντας την ετοιμότητα τους. Η ετοιμότητα εξαρτάται από άτομο σε άτομο.

Πέρα από τις θετικές επιδράσεις της καφεΐνης στον οργανισμό του αθλητή, σημαντικό ρόλο καταλαμβάνουν και τα χλωρογενικά οξέα για τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες και συγκεκριμένα το κ-5-χλωρογενικό οξύ (5-CQA). Μετά την άσκηση, δημιουργούνται φλεγμονές στο σώμα, λόγω τραυματισμών ή άλλων αιτιών, οι οποίες αντιμετωπίζονται πιο γρήγορα με την δράση του παραπάνω οξέος. Το οξύ εκκρίνει διαρκώς αντιφλεγμονώδεις μεσολαβητές, δηλαδή ουσίες που αντιμετωπίζουν την φλεγμονή, οδηγώντας στην πιο γρήγορη ανάρρωση και λειτουργία των μυών. Το οξειδωτικό στρες που προκαλείται από την σωματική άσκηση έχει ως συνέπεια κυτταρική βλάβη, μυϊκή κόπωση, φλεγμονώδεις καταστάσεις. Το οξύ 5-CQA έχει έναν διπλό μηχανισμό έναντι του οξειδωτικού στρες, όπως εξουδετερώνοντας τις ελεύθερες ρίζες και αυξάνοντας τα ένζυμα που συμμετέχουν στην άμυνα εντός των κυττάρων.

Το φερουλικό οξύ επιδρά στην καλή υγεία του δέρματος των αθλητών, μειώνοντας τις αρνητικές επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας, κάτι πολύ σημαντικό για τους αθλητές που εκτίθενται στον ήλιο στην διάρκεια της προπόνησής τους σε εξωτερικό χώρο. Η αντιοξειδωτική



δράση του φερουλικού οξέος προκύπτει από την δυνατότητα του να ενώνεται με τις ελεύθερες ρίζες και να σχηματίζει ανθεκτικές ρίζες φαινοξυλίου. Μειώνεται έτσι, η έκθεση του οργανισμού στις αρνητικές επιπτώσεις του οξειδωτικού στρες.

Σημαντικές είναι και οι μελανοΐδίνες, που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια του καβουρδίσματος του καφέ, λόγω των πρεβιοτικών τους ιδιοτήτων. Οι προβιοτικές αυτές ιδιότητες έχουν καθοριστικό ρόλο στην υγεία του εντέρου των αθλητών. Και αυτό γιατί χωρίς καλή εντερική λειτουργία δεν μπορούν να απορροφηθούν σωστά τα θρεπτικά συστατικά, η ενέργεια των αθλητών μειώνεται με άμεση συνέπεια τη μείωση της απόδοσής τους.

Όσον αφορά τις αρνητικές επιπτώσεις σε αυτές περιλαμβάνεται η νευρική και το άγχος, που επηρεάζουν την ακρίβεια του αθλητή κατά τη διάρκεια των αγώνων. Ο ύπνος είναι σημαντικός για την ανάρρωση και την απόδοσή τους. Επιπλέον, επειδή ο καφές δρα ως διουρητικό, οι αθλητές πρέπει να προσέχουν την απώλεια υγρών (αφυδάτωση), ειδικά μετά από εξαντλητική προπόνηση ή αγώνα. Ένα ακόμα αρνητικό είναι ότι σε ορισμένους η πρόσληψη καφέ μπορεί να επιφέρει γαστρεντερικά προβλήματα.

Συμπερασματικά, δεν μπορεί να ακυρωθεί η θετική επίδραση του καφέ στην αθλητική απόδοση, παρά τις ενδεχόμενες αρνητικές επιπτώσεις, όταν προσληφθεί σε καθορισμένες δόσεις για τον κάθε οργανισμό (He, 2023).

## 2.3 Τροφοφάρμακα

Ο όρος «nutraceutical» επινοήθηκε το 1989 από τον Stephen DeFelice, ιδρυτή και πρόεδρο του Ιδρύματος Καινοτομίας στο Medicine και συνδυάζει τις λέξεις, «διατροφή» (που αναφέρεται σε ένα τρόφιμο ή θρεπτικό συστατικό τροφίμου) και «φαρμακευτικό» (που αναφέρεται σε ένα φάρμακο). Προσδιορίζει ένα τρόφιμο ή μέρος του τροφίμου, που μπορεί να έχουν ευεργετική φαρμακευτική δράση επιπλέον της διατροφικής του αξίας. Είναι ουσίες είτε εξαγόμενες από φυτά, είτε ζωικής προέλευσης που εκχυλίζονται και συμπυκνώνονται σε κατάλληλη φαρμακευτική μορφή και προλαμβάνουν ή/και θεραπεύουν παθολογικές καταστάσεις έχοντας κλινικά αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητα, ασφάλεια και καλύτερη βιοδιαθεσιμότητα. Έχουν αυξανόμενο ενδιαφέρον τόσο από τους καταναλωτές όσο και από τους γιατρούς. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προληπτική εναλλακτική ιατρική, με χορήγηση τους σε άτομα που πληρούν τις προϋποθέσεις για μη φαρμακολογική θεραπεία προληπτικής αντιμετώπισης μιας κατάστασης υγείας. Δεν υπάρχει κοινά αποδεκτός ορισμός και κανονισμός που τα διέπει και οι ισχύοντες ευρωπαϊκοί κανονισμοί τα κατατάσσουν στο ίδιο κανονιστικό πλαίσιο με τα συμπληρώματα διατροφής. Ο κανονισμός αυτός αναφέρεται στον Κανονισμό αριθ. 1924/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου με ενημέρωση από τον κανονισμό ΕΕ

2015/2283 και αφορά τα «νεοφανή» τρόφιμα. Ο όρος αυτός ωστόσο είναι κοινά αποδεκτός, αν και υπάρχει σύγχυσή του, με τα συμπληρώματα τόσο, από την ιατρική κοινότητα όσο, και από τη καταναλωτική, υποδηλώνοντας έλλειψη της ισχύουσας ρυθμιστικής αρχής.

Στα διαθέσιμα μη συνταγογραφούμενα προϊόντα στα φαρμακεία που είναι διαθέσιμα στην αγορά περιλαμβάνονται τα συμπληρώματα διατροφής αλλά και τα φυτικά προϊόντα. Προσφέρουν δυνατότητα βελτίωσης της υγείας όταν χρησιμοποιούνται από όσους το έχουν ανάγκη. Τα συμπληρώματα διατροφής και τα τροποφάρμακα έχουν μία ομοιότητα η οποία είναι η μορφή τους (π.χ. χάπια, δισκία, κάψουλες και υγρά), ωστόσο παρουσιάζουν και διαφορές. Μία από αυτές είναι ότι τα τροποφάρμακα έχουν κλινικά αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητα πέρα της διατροφικής τους αξίας έναντι των συμπληρωμάτων που δεν χρειάζεται απαραίτητα να έχουν αποδεδειγμένη δράση σε μία παθολογική κατάσταση (Santini κ.ά., 2017).

### **2.3.1 Τροποφάρμακα και φαρμακευτική αλληλεπίδραση**

Έχουν αποδειχθεί πολλές περιπτώσεις αλληλεπιδράσεων μεταξύ τροποφαρμάκων-φαρμάκων. Οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να οφείλονται σε διάφορες αιτίες όπως στην παρέμβαση στη μεταβολική οδό του φαρμάκου ή στην επίδραση των μεταφορέων του φαρμάκου. Ένα παράδειγμα, η ασπιρίνη και ορισμένα μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη φάρμακα που αλληλεπιδρούν με φυτικά προϊόντα που περιλαμβάνουν γκίνγκο μπιλόμπα, κουρκουμά, τζίντζερ, τζίνσενγκ, χαμομήλι και σκόρδο. Λόγω της αλληλεπίδρασης αυξήθηκε ο κίνδυνος αιμορραγίας λόγω της αναστολής της ικανότητας συσσώρευσης αιμοπεταλίων.

Τα ένζυμα του κυτοχρώματος P450 (CYP) είναι ένα από τα πιο συνηθισμένα μεταβολικά ένζυμα στο ήπαρ και στο λεπτό έντερο. Επιπλέον, εμπλέκονται στις μεταβολικές οδούς πολλών φαρμάκων. Το εκχύλισμα βοτάνων του Βαλσαμόχορτου (Βότανο του Αγίου Ιωάννη) είναι ένα από τα προϊόντα που επάγουν ευρύ φάσμα CYP, συμπεριλαμβανομένων των CYP1A2, CYP2C9, CYP2C19, CYP3A4 και CYP2E1, δηλαδή που επιταχύνουν τον μεταβολισμό των φαρμάκων που καταναλώνονται, αποβάλλοντας το από το σώμα γρήγορα και άρα χάνοντας τη δραστηριότητά του. Η βιοδιαθεσιμότητα της φεξοφενιδίνης, η οποία είναι υπόστρωμα υποδοχέα γλυκοπρωτεΐνης, βελτιώνεται σημαντικά όταν συγχρησιμοποιείται με φυτοχημικούς αναστολείς της P-γλυκοπρωτεΐνης. Αρκετά φυτοχημικά φλαβονοειδή, συμπεριλαμβανομένης της ναριγκενίνης, της γενιστεΐνης και της κερκετίνης, είναι φυτοχημικοί αναστολείς της γλυκοπρωτεΐνης. Στη συνέχεια, η κατάποση θρεπτικών ουσιών που περιέχουν αναστολείς της P-γλυκοπρωτεΐνης με ισχυρά φάρμακα υποστρώματος, όπως η ιρινοτεκάνη, η διγοξίνη ή η κυκλοσπορίνη, θα μπορούσε να οδηγήσει σε τοξικότητα απειλητική για τη ζωή (Helal κ.ά., 2019).

### 2.3.2 Τροφοφάρμακα και προληπτική ιατρική

Ο ασθενής μη ξέροντας ότι πάσχει και κινδυνεύει από μία ασθένεια, χορηγούνταν φαρμακευτική αγωγή με κατάλληλη ιατρική συνταγή, όταν εμφάνιζε συμπτώματα. Η φαρμακευτική αγωγή χορηγούνταν έως ότου αντιμετωπιστεί η παθολογική κατάσταση. Τα συμπτώματα όμως επέρχονται μετά την έναρξη της εκάστοτε βλάβης. Σε μερικές από τις παθολογικές καταστάσεις που τα συμπτώματα κάνουν εμφάνιση μετά την έναρξη της βλάβης ενός οργάνου περιλαμβάνονται η υπέρταση, η υπερχοληστερολαιμία κ.α. Έτσι, έγινε επιτακτική η ανάγκη πρόληψης παρά θεραπείας των ασθενειών. Και έτσι, έγινε γνωστή η προληπτική ιατρική. Αυτή βασίζεται στη λήψη προληπτικών μέτρων πριν εμφανιστεί η ασθένεια. Έχει ως σκοπό να αυξήσει την ευημερία και την υγεία των ατόμων και άρα να μειώσει το κόστος των μακροχρόνιων θεραπειών αλλά και να αυξήσει την ποιότητα ζωής. Στα σημαντικά τροφοφάρμακα ανήκουν διάφορες χημικές κατηγορίες που λαμβάνονται από διαφορετικές πηγές, όπως φρούτα και λαχανικά, μύκητες, φύκια και μικροάλη. Τα τροφοφάρμακα γενικά είναι ασφαλέστερα, έχουν λιγότερα ανεπιθύμητες παρενέργειες και υψηλότερη βιοδιαθεσιμότητα (Santini κ.ά., 2017).

### 2.3.3 Τροφοφάρμακα και υπέρταση

Από πολλές δημοσιευμένες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν τη χρονική περίοδο 1980-2015 έχει εξαχθεί ως συμπέρασμα ότι επιδρούν θετικά στη συγκεκριμένη πάθηση με μείωση της αρτηριακής πίεσης. Συγκεκριμένα η χρήση καλίου, μαγνησίου, L-αργινίνης, βιταμίνης C, του φλαβονοειδούς κακάο, χυμού παντζαριών, του συνένζυμου Q10 και του εκχυλίσματος σκόρδου. Η κλινικά αποδεδειγμένη μείωση της αρτηριακής πίεσης με την απουσία ανεπιθύμητων παρενεργειών σε κατάλληλη δόση αποτέλεσαν έδωσαν το παραπάνω ως συμπέρασμα. Η βερβερίνη, που εκχυλίζεται από τη ρίζα *Coptis* (αποξηραμένη ρίζα και ρίζωμα του *Coptistrifolia*) και από την *Phellodendron amurense* (δέντρο που ανήκει στην οικογένεια Rutaceae), έχει χρησιμοποιηθεί συχνά επικουρικά για τη θεραπεία. Μέτα-ανάλυση που αναφερόταν σε 27 ελεγχόμενες κλινικές δοκιμές με 2569 ασθενείς έδειξε μεγαλύτερη βελτίωση της υπέρτασης πάρα μόνο με τη χρήση του εικονικού φαρμάκου. Το χαμηλό κόστος της σε σύγκριση με άλλα φάρμακα, το γεγονός ότι δεν εμφάνιζε ανεπιθύμητες παρενέργειες και η χρήση της θεωρήθηκε ασφαλής με την ταυτόχρονη κατανάλωση φαρμάκων έγινε αποδεκτή ως μία καλή εναλλακτική θεραπεία. Από την άλλη και το σκόρδο (*Alliumsativum*), το οποίο καλλιεργήθηκε στην Ασία με πλούσια πηγή βιοδραστικών ουσιών με θεραπευτικές ιδιότητες σε διάφορες ασθένειες χρησιμοποιήθηκε ως τροφοφάρμακο. Οι βιοδραστικές ενώσεις όπως το S-αλλυλ-κυστεΐνη και τα οργανοσουλφίδια (ενώσεις που περιέχουν θείο) έπαιξαν πολύ σημαντικό ρόλο στην

υπέρταση. Αλλά και στεροειδής σαπωνίνες και σαπωνίνη όπως η β-χλωρογενίνη, βιταμίνες Β6 και Β12, λεκτίνες σε συνδυασμό με τις ενώσεις θείου. Σε μια μελέτη διαπιστώθηκε μειωμένη αρτηριακή πίεση κατά περίπου 10 mmHg συστολική και 8 mmHg διαστολική παρόμοια με αυτής που χορηγήθηκε από τη φαρμακευτική αγωγή. Παρατηρήθηκε ελάχιστη ή μη τεκμηριωμένη βλαβερή αλληλεπίδραση όταν λαμβάνεται σε συνδυασμό με φάρμακα. Ο μηχανισμός περιλαμβάνει τη διέγερση των αγγειακών μικρών μορίων του ενδογενούς παράγωγου υδρόθειου (H<sub>2</sub>S). Είναι ικανός να ενισχύσει τη ρύθμιση του ενδοθηλιακού μονοξειδίου του αζώτου (NO), που προκαλεί χαλάρωση των λείων μυϊκών κυττάρων, αγγειοδιαστολή και μείωση της αρτηριακής πίεσης (Santini κ.ά., 2017).

### **2.3.4 Τροφοφάρμακα και υπερχοληστερολαιμία**

Η υπερχοληστερολαιμία είναι μία μεταβολική νόσος, που σε αναπτυσσόμενες χώρες είναι απόρροια της λανθασμένης διατροφής και του τρόπου ζωής. Προκαλείται με αύξηση των επιπέδων ινσουλίνης καθώς και αύξηση του επιπέδου μεταφοράς O-GlcNAc. Οι στατίνες παίζουν σημαντικό ρόλο στη θεραπεία της νόσου. Με 6–7 μήνες θεραπείας με στατίνες, παρατηρήθηκε θεραπεία των ασθενών σε ποσοστό κατά μέσο όρο 30%. Η ζήτηση αυξήθηκε τόσο από ασθενείς που προτιμούν την συμπληρωματική/ή και εναλλακτική θεραπεία όσο και από ασθενείς μη ανεκτικούς σε φαρμακευτική αγωγή. Σημαντικά συστατικά που μελετήθηκαν και φάνηκαν αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση της νόσου είναι τα ωμέγα-3 λιπαρά οξέα, το ψύλλιο, οι διαλυτές ίνες, το κόκκινο ρύζι μαγιάς, η βερβερίνη και το φυτικό σύμπλεγμα μήλου. Αρχικά, όσον αφορά την πηγή ω3 λιπαρών οξέων σημαντικό διαπιστώθηκε το έλαιο κριλ για διάφορες καταστάσεις με κυριότερη τη μείωση των λιπιδίων. Λαμβάνεται από μικρά καρκινοειδή της οικογένειας Eurhousiacea και έχει αναγνωρισθεί ως «Γενικά Αναγνωρισμένο ως Ασφαλές», (GRAS) από τον Αμερικανικό FDA και από το Novel Food της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Έχει παρόμοια περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα με το ιχθυέλαιο, σε EPA και DHA. Στο λάδι κριλ τα παραπάνω δύο είναι δεσμευμένα με φωσφολιπίδια ενώ στο ιχθυέλαιο με τριγλυκερίδια κάτι που επηρεάζει τη βιοδιαθεσιμότητα του. Η βιοδιαθεσιμότητα των EPA και DHA στο λάδι κριλ ήταν 72 ώρες υψηλότερη σε σύγκριση με το ιχθυέλαιο, αποδεικνύοντας ότι τα φωσφολιπίδια απορροφώνται καλύτερα από τα τριγλυκερίδια. Ένα ακόμα σημαντικό τροφοφάρμακο για τη νόσο αποδείχθηκε το Berberine που λαμβάνεται από τα φυτά του είδους Berberis. Μία μέτα-ανάλυση εξέτασε 27 τυχαιοποιημένες κλινικές δοκιμές στις οποίες χορηγήθηκε μόνο βερβερίνη, μόνο εικονικό φάρμακο, ή σε συνδυασμό βερβερίνη με από του στόματος υπογλυκαιμικό φάρμακο. Ως αποτέλεσμα προέκυψε ότι η βερβερίνη είχε πιο αποτελεσματική μείωση των λιπιδίων σε σύγκριση με τη χορήγηση του φαρμάκου. Συγκεκριμένα, μείωσε την

ολική χοληστερόλη (TC) και τη λιποπρωτεΐνη χαμηλής πυκνότητας (LDL-C), ενώ αύξησε τα επίπεδα λιποπρωτεΐνης υψηλής πυκνότητας (HDL-C) χωρίς ανεπιθύμητες παρενέργειες.

Ένα επιπλέον προϊόν το οποίο αποδείχθηκε ότι είχε υπερχοληστερολαιμική δράση είναι το κόκκινο ρύζι μαγιάς, ένα προϊόν ζύμωσης της μούχλας *Monascus*. Η δράση αυτής της ένωσης, ωστόσο, έχει επικυρωθεί ότι οφείλεται στη μονακολίνη K (λοβαστατίνη). Το Γερμανικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Φαρμάκων και Ιατρικών Συσκευών ανέφερε για τη χρήση κόκκινου ρυζιού μαγιάς. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό για την ασφάλεια τροφίμων με δραστικές ενώσεις (EE, 2002), το περιεχόμενο μονακολίνης K, θεωρείται φάρμακο όταν βρίσκεται σε επίπεδα υψηλότερα από 5 mg/ημέρα βάση επιστημονικών δεδομένων. Το 2011 ζητήθηκε από την EFSA να εκφράσει επιστημονική γνώμη βάση του άρθρου 13 του κανονισμού (ΕΚ) αριθ 1924/2006 σε σχέση με τη μονακολίνη K, προκειμένου να διατηρηθούν φυσιολογικά τα επίπεδα συγκέντρωσης χοληστερόλης χαμηλής πυκνότητας LDL. Έτσι, προσδιορίστηκε ότι 10mg μονακολίνη K/ημέρα από ζυμωμένο κόκκινο ρύζι μαγιάς, θα είχε την επιθυμητή επίδραση, κάτι που μετέπειτα υιοθετήθηκε από πολλές χώρες της ΕΕ. Η καθαρή της μορφή μπορεί να εμφανίζει ανεπιθύμητες παρενέργειες, π.χ. νεφρικά προβλήματα ή μυϊκά προβλήματα (Santini κ.ά., 2017).

## 2.4 Συμπληρώματα διατροφής

Τα «Συμπληρώματα διατροφής», «είναι τα τρόφιμα με σκοπό τη συμπλήρωση της συνήθους δίαιτας, τα οποία αποτελούν συμπυκνωμένες πηγές θρεπτικών συστατικών ή άλλων ουσιών με θρεπτικές ή φυσιολογικές επιδράσεις, μεμονωμένων ή σε συνδυασμό, και τα οποία διατίθενται στο εμπόριο σε μορφές, όπως, κάψουλες, παστίλιες, δισκία, χάπια και άλλες παρόμοιες μορφές, καθώς και φακελάκια σκόνης, φιαλίδια με σταγονόμετρο, και άλλες παρόμοιες μορφές υγρών και σκόνων που προορίζονται να ληφθούν σε προμετρημένες μικρές μοναδιαίες ποσότητες» (*Επισήμανση των συμπληρωμάτων διατροφής*, 2024).

Στα «θρεπτικά συστατικά» περιλαμβάνονται οι βιταμίνες, μέταλλα, βότανα, αμινοξέα και μια ποικιλία άλλων προϊόντων. Συνιστώνται επικουρικά σε δίαιτες για επίτευξη της επιθυμητής αναλογίας μακρο- και μικροθρεπτικών συστατικών σύμφωνα με τις ανάγκες του κάθε ατόμου. Ιδιαίτερα δημοφιλή είναι στους αθλητές, με πάνω από το 80% των αθλητών να χρησιμοποιούν συμπληρώματα.

Ο όρος «βιταμίνη» επινοήθηκε από τον Casimir Funk το 1912 για να περιγράψει τα μικροθρεπτικά συστατικά και τις συνέπειες αυτών σε περίπτωση ανεπάρκειας. Η διατροφική ανεπάρκεια μικροθρεπτικών συστατικών είναι όλο και πιο σπάνια στις ανεπτυγμένες χώρες, με τους περισσότερους καταναλωτές συμπληρωμάτων να έχουν υπερβιταμίνωση και μεγαλύτερη

συγκέντρωση μετάλλων από το καθορισμένο. Αν και η πεποίθηση ότι τα συμπληρώματα βιταμινών και μετάλλων είναι ωφέλιμα για την υγεία, αποτελέσματα μελετών από πληθυσμούς χωρίς διατροφικές ελλείψεις έδειξαν ότι η συμπλήρωση δεν είχε ιδιαίτερα θετική επίδραση στην υγεία. Από στοιχεία αποδείχθηκε η πιθανή βλάβη από υπερβολική κατανάλωση μεμονωμένων βιταμινών και μετάλλων. Δεν υπήρξε τοξική επίδραση από υδατοδιαλυτές βιταμίνες. Ωστόσο, ορισμένες αρνητικές επιδράσεις από τη βιταμίνη πυριδοξίνη (βιταμίνη Β6) έχουν αναφερθεί όπως, φωτοευαισθησία και νευροτοξικότητα σε δόσεις μεγαλύτερες από 500 mg/ημέρα και περιπτώσεις χρόνιας αισθητικής πολυνευροπάθειας σε ηλικιωμένους ασθενείς που κατανάλωναν συμπληρώματα πολυβιταμινών. Από την άλλη πιο συχνές ήταν οι τοξικές επιδράσεις από την υπερκατανάλωση συμπληρωματικών λιποδιαλυτών βιταμινών (Α, D, Κ, Ε). Συγκεκριμένα, η βιταμίνη Ε εμφανίζει αρνητικές επιπτώσεις όταν καταναλώνεται σε δόσεις μεταξύ 800–1.200 mg/ημέρα που σχετίζονται με εμφάνιση αιμορραγίας αλλά και δόσεις άνω των 1.200 mg/ημέρα που μπορεί να οδηγήσουν σε διάρροια, αδυναμία, θολή όραση και δυσλειτουργία των γονάδων. Η περίσσεια κατανάλωσης συμπληρωμάτων βιταμίνης Α σχετίζεται με αρνητικές επιδράσεις στα οστά, όπως χαμηλή οστική πυκνότητα και κίνδυνο κατάγματος. Επιπλέον, τα μωρά που γεννήθηκαν από γυναίκες που κατανάλωναν μεγάλες ποσότητες συμπληρωμάτων βιταμίνης Α στην εγκυμοσύνη εμφάνισαν αυξημένη συχνότητα ανωμαλιών και συγκεκριμένα υπερχρωμάτωση, που επιδεινώνεται από την κατανάλωση αλκοόλ. Άλλες τοξικές δράσεις και συγκεκριμένα υπερβιταμίνωση Α προκαλείται από την ταυτόχρονη κατανάλωση ελαίων από συκώτι ψαριών (που περιέχουν βιταμίνη Α) και συμπληρώματα πολυβιταμινών. Τα ωμέγα-3 λιπαρά οξέα είναι απαραίτητα λιπαρά οξέα που δεν συντίθενται από τον οργανισμό και είναι απαραίτητη η λήψη τους μέσω της διατροφής. Έκτοτε, τα πολυακόρεστα ωμέγα-3 λιπαρά οξέα που λαμβάνονται στις γνωστές μορφές DHA και EPA, από ιχθυέλαια χρησιμοποιούνται και ως συμπληρώματα διατροφής. Σε δόσεις 1.000–2.000 mg/ ημέρα, υπάρχουν ελάχιστα στοιχεία τοξικότητας. Ωστόσο, η ταυτόχρονη κατανάλωση ελαίων από συκώτι ψαριών που περιέχουν επίσης βιταμίνη Α και συμπληρώματα πολυβιταμινών θα μπορούσε να οδηγήσει σε υπερβιταμίνωση Α. Τα ιχθυέλαια και τα συμπληρώματα ω3 λιπαρών οξέων επηρεάζουν την πήξη του αίματος και προκαλούν αιμορραγία σε ασθενείς που λαμβάνουν αντιπηκτικά φάρμακα όπως η βαρφαρίνη (Ronis κ.ά., 2018).

## 2.5 Υπερτροφές

Οι υπερτροφές είναι μία εξαιρετική επιλογή για βελτίωση της συνολικής υγείας, την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος, την αύξηση της παραγωγής σεροτονίνης και άλλων ορμονών

και την προώθηση της ομαλής λειτουργίας των οργανικών συστημάτων του ανθρώπινου σώματος. Τα τρόφιμα αυτά συνήθως συγχέονται με τα λειτουργικά τρόφιμα που μοιάζουν με τα συμβατικά, καταναλώνονται σε τακτική βάση ως μέρος μιας δίαιτας και παρουσιάζουν οφέλη για την υγεία, μειώνοντας τον κίνδυνο ασθενειών και επηρεάζοντας ευεργετικά τις λειτουργίες του οργανισμού πέρα από τη βασική διατροφική αξία. Υποστηρίζεται ότι οι υπερτροφές σχετίζονται με τη «φυσική» θρεπτική τους πυκνότητα, ενώ τα λειτουργικά τρόφιμα εμπλουτίζονται με βιοδραστικές ενώσεις που ενισχύουν τις λειτουργικές ιδιότητες. Συγχέονται επίσης με τα τροφοφάρμακα που ορίζονται ως τρόφιμο ή μέρος ενός τροφίμου που παρέχει ιατρικά οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της πρόληψης ή/και της θεραπείας ασθενειών. Είναι συνήθως φυσικά τρόφιμα με ασυνήθιστα υψηλές ποσότητες οποιουδήποτε θρεπτικού συστατικού, που υποβάλλονται σε ελάχιστη ή καθόλου τεχνολογική παρέμβαση για την προσθήκη πρόσθετων θρεπτικών ουσιών και έτσι αποτελούν ελάχιστα επεξεργασμένο προϊόν. Επιπλέον, η έλλειψη καθιερωμένων κριτηρίων για την κατηγοριοποίηση των τροφίμων ως «σούπερ» και το μάρκετινγκ που έχει λάβει χώρα οδήγησε ορισμένους συγγραφείς να τα θεωρήσουν ως «απάτη τροφίμων». Αυτοί οι ισχυρισμοί αποδεικνύουν την έκκληση για αυστηρότερους κανονισμούς και μια πολιτική στον τομέα των τροφίμων για τη ρύθμιση των ψευδών ισχυρισμών υγείας των υπερτροφών.

Από το 2007, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1924/2006 σχετικά με τους ισχυρισμούς διατροφής και υγείας των τροφίμων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2006), ο όρος «superfood», ο οποίος θεωρείται ισχυρισμός, δεν μπορεί να αναγραφεί στη συσκευασία ή να διαφημιστεί στο προϊόν, καθώς επιτρέπονται μόνο υγιεινές ιδιότητες που υποστηρίζονται από μια ισχυρή επιστημονική βάση και αξιολογούνται από την EFSA (Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων).

Επιπλέον, ο Ευρωπαϊκός Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1169/2011, σχετικά με τις πληροφορίες για τα τρόφιμα που πρέπει να παρέχονται στους καταναλωτές (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2011), «ορίζει ότι η παρουσίαση ενός προϊόντος δεν πρέπει να παραπλανά τον καταναλωτή ως προς τα χαρακτηριστικά του τροφίμου ή να του αποδίδει ιδιότητες για θεραπεία ασθενειών».

Η έλλειψη εξακρίβωσης μεταξύ των διαφόρων πληροφοριών που μπορούν να βρουν οι καταναλωτές σε διαφορετικές πηγές μπορεί να οδηγήσει σε έμμεσο κίνδυνο για τη δημόσια υγεία, επηρεάζοντας έτσι αρνητικά την ικανότητά τους να κάνουν ενημερωμένες και ακριβείς επιλογές. Ως εκ τούτου, οι υπερτροφές πρέπει να ορίζονται και να έχουν τη δική τους νομοθεσία όσον αφορά τις απαιτήσεις ή την επισήμανση.

Έτσι δεν προκαλούνται μεγάλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με τις εκπομπές αερίων ή τα απόβλητα. Ωστόσο, η εξάντληση των υδάτων ή η απώλεια παραδοσιακών

ποικιλιών ήταν αυτές οι αιτίες που προβλημάτισαν τους επιστήμονες. Επιπλέον, κάποιες υπερτροφές καλλιεργούνται και παρασκευάζονται σε χώρες μακριά από τον τόπο όπου καταναλώνονται, καθιστώντας δύσκολο τον εντοπισμό του κύκλου ζωής τους.

Πραγματοποιήθηκε μελέτη για την εύρεση του διατροφικού προφίλ πιθανών υπερτροφών με ασυνήθιστα υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών. Μελετήθηκαν υπερτροφές με ασυνήθιστα υψηλές ποσότητες θρεπτικών συστατικών που καλλιεργούνται και παράγονται σε απομακρυσμένες περιοχές, δηλαδή εκτός Ευρώπης όπου θεωρήθηκε το σημείο αναφοράς.

Μελετήθηκαν ξεχωριστά για τη διατροφική τους σύνθεση και για τα οφέλη που παρέχουν στην υγεία. Για κάθε προϊόν συγκεντρώθηκαν τα μακροθρεπτικά συστατικά, που περιλαμβάνουν πρωτεΐνες, φυτικές ίνες, ολικά λιπίδια ή λίπη (ταξινομήση σε κορεσμένα λιπαρά οξέα-SFA, μονοακόρεστα λιπαρά οξέα-MUFA και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα-PUFA), ολικούς υδατάνθρακες, σάκχαρα και σύνθετους υδατάνθρακες (άμυλο), καθώς και περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και αιθανόλη. Επιπλέον, έγινε ένας ολοκληρωμένος χαρακτηρισμός των μικροθρεπτικών συστατικών, που περιλαμβάνουν τόσο μέταλλα, δηλαδή φώσφορο, νάτριο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρο και ψευδάργυρο, όσο και βιταμίνες, Α, θειαμίνη (Β1), ριβοφλαβίνη (Β2), νιασίνη (Β3), πυριδοξίνη (Β6), φυλλικό οξύ (Β9), κοβαλαμίνη (Β12), C, D και Ε. Καθώς και η συνολική περιεκτικότητα σε φαινόλες (TPC) και η συνολική περιεκτικότητα σε καροτενοειδή (TCC). Τα τρόφιμα που επιλέχθηκαν εντάχθηκαν σε 6 καθορισμένες κατηγορίες: i) φρούτα και προϊόντα φρούτων, ii) λαχανικά και φυτικά προϊόντα (συμπεριλαμβανομένης της οικογένειας μυκήτων), iii) σπόροι και προϊόντα με βάση τους σπόρους, iv) αμυλώδεις ρίζες και κόνδυλοι, v) όσπρια, ξηροί καρποί και σπόροι και vi) βότανα, μπαχαρικά και καρκεύματα (Fernández-Ríos κ.ά., 2022).

### **2.5.1 Φρούτα**

Γενικά, τα λεγόμενα «υπερφρούτα» θεωρούνται «superfood», λόγω των υψηλών επιπέδων αντιοξειδωτικών (καροτενοειδών, φλαβονοειδών και φαινολικών ενώσεων), ινών, βιταμινών (ειδικά βιταμίνης C) και μετάλλων. Για παράδειγμα, βρέθηκε ότι το baobab (22,8 g φυτικών ινών/100g), τα φρούτα του πάθους (10,4 g φυτικών ινών/100 g) ή το lucuma (10,2 g φυτικών ινών/100 g) έχουν διπλάσια περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες από άλλα συμβατικά φρούτα, όπως το αχλάδι (3,1 g /100g) ή η μπανάνα (2,6 g/100g). Από την άλλη τα γκότζι μπέρι εμφανίζουν ασυνήθιστα υψηλή συγκέντρωση σε καροτενοειδή (45.550 μg /100g), μια εξαιρετικά υψηλή συγκέντρωση ακόμη και σε σύγκριση με άλλα «υπερφρούτα» όπως φρούτα του πάθους, μούρα acai ή αρώνια. Ωστόσο, τα αρώνια παρουσιάζουν σημαντικά υψηλή συγκέντρωση σε TPC δηλαδή, 1116 mg GAE/100g, αλλά και το camu-camu, 1196 mg GAE/100 g. Έπειτα όσον



αφορά τις βιταμίνες, και συγκεκριμένα για τη βιταμίνη C, η ασερόλα παρουσίασε (1680 mg/100g) και το camu-camu (2780 mg/100g) σε σχέση με τα πορτοκάλια και τα λεμόνια που είναι κοινώς γνωστά για την υψηλή περιεκτικότητά τους σε βιταμίνη C. Σε σχέση με τα μέταλλα, το baobab φαίνεται να είναι η πιο πλούσια πηγή, με σημαντικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε κάλιο (891 mg / 100g), ασβέστιο (390 mg / 100g), μαγνήσιο (149 mg / 100g), σίδηρο (2,1 mg / 100g) και ψευδάργυρο (4,2 mg / 100g) από τα περισσότερα κοινώς γνωστά φρούτα. Τέλος, εκείνα που παρουσίασαν την υψηλότερη συγκέντρωση σε φυτικές πρωτεΐνες ήταν το αβοκάντο, το lucuma ή τα μούρα goji (Fernández-Ríos κ.ά., 2022).

### **2.5.1.1 Μπαομπάμπ**

Το μπαομπάμπ είναι το μακροβιότερο δέντρο στη σαβάννα, που μπορεί να εμφανίσει διάμετρο πάνω από 20 μέτρα και να αποθηκεύσει έως και 120 χιλιάδες λίτρα νερού. Η σκόνη μπαομπάμπ είναι εξαιρετικά πλούσια πηγή θρεπτικών συστατικών και ένα από τα πιο αντιοξειδωτικά προϊόντα σε όλο τον πλανήτη. Είναι πλούσια πηγή βιταμίνης C, πηγή ασβεστίου, σιδήρου, μαγνησίου και καλίου αλλά και περιέχει 50% διαιτητικές ίνες που εμφανίζουν προβιοτικό χαρακτήρα. Σύμφωνα με έρευνα στο Πανεπιστήμιο του Κολοράντο στο Boulder πέρα από τα πλεονεκτήματα που εμφανίζει στην υγεία του εντέρου, μπορεί να μειώσει τις πιθανότητες εμφάνισης στρες και άγχους και να βελτιώσει τα προβλήματα ύπνου. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο που βρέθηκε για το φρούτο σε έρευνα που δημοσιεύτηκε στο Journal Microorganism έδειξε ότι ενισχύει την παραγωγή οξικών, προπιονικών και βουτυρικών λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας που προάγουν την υγεία, αποτρέποντας πεπτικές διαταραχές όπως το σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου και την ελκώδη κολίτιδα. Όσον αφορά το ασκορβικό οξύ, το οποίο είναι ισχυρό αντιοξειδωτικό που υποστηρίζει τη λειτουργία του ανοσοποιητικού, την παραγωγή κολλαγόνου και τη βελτίωση της απορρόφησης σιδήρου, είναι ασυνήθιστα υψηλό διότι βρίσκεται σε συγκέντρωση 6 φορές υψηλότερη από του πορτοκαλιού. Με μία μόνο κουταλιά της σούπας καλύπτεται το 33% της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης.

Όσον αφορά τα μέταλλα, έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε ασβέστιο από οποιαδήποτε φυτική τροφή και δύο φορές μεγαλύτερη συγκέντρωση ασβεστίου από το γάλα. Έτσι, αποτελεί ιδανική πηγή για όσους δεν καταναλώνουν γαλακτοκομικά. Για το κάλιο, βρέθηκε ότι περιέχεται σε συγκέντρωση τέσσερις φορές μεγαλύτερη από την μπανάνα. Το κάλιο παίζει σημαντικό ρόλο στην αποφυγή αφυδάτωσης του οργανισμού και στη σωστή λειτουργία των μυών και των νεφρών. Έπειτα, προλαμβάνει τις κράμπες και ενισχύει την λειτουργία του μυαλού. Το μπάομπάμπ αποτελεί την ισχυρότερη πηγή μαγνησίου, κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την αθλητική απόδοση, επηρεάζοντας ακόμα την διάθεση. Η ανεπάρκεια μαγνησίου

επηρεάζει τη διάθεση και σχετίζεται με αυξημένη κατάθλιψη, άγχος και προβλήματα ύπνου. Ωστόσο πέρα από τις ευεργετικές επιδράσεις των μετάλλων και βιταμινών, αποτελεί και μια πλούσια πηγή αντιοξειδωτικών πολυφαινόλων. Μειώνουν την επιθυμία για κατανάλωση ζάχαρης και υποστηρίζουν ένα ισορροπημένο μικροβίωμα του εντέρου. Συγκεκριμένα περιέχει έξι φορές μεγαλύτερη συγκέντρωση αντιοξειδωτικών πολυφαινόλης των μούρων. Είναι τροφή χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη που ενισχύει την ισορροπία του σακχάρου στο αίμα και είναι ιδανικό για τον έλεγχο του διαβήτη τύπου 2 (Chuwa & Dhiman, 2024).

### **2.5.1.2 Γκότζι Μπέρι**

Το φυτό καλλιεργείται σε θερμές περιοχές του κόσμου ιδίως στη Μεσογειακή περιοχή, στη νοτιοδυτική και κεντρική Ασία. Καλλιεργείται επίσης στη Βόρεια Αμερική και Αυστραλία, ωστόσο η σημαντικά εμπορικά καλλιεργήσιμη περιοχή είναι αυτή της Κίνας. Το γκότζι μπέρι αποτελεί ένα δημοφιλές συστατικό στην Κίνα. Οι καρποί συγκομίζονται από τον Αύγουστο έως τον Οκτώβριο (Potterat & Hamburger, 2008). Ανήκει στην κατηγορία των Μαγνολιόφυτων, της τάξης των Μαγνολιοψιδων, της τάξης των Solanales, της οικογένειας των Solanaceae και του γένους του *Lycium*. Το γκότζι μπέρι ή το μούρο του λύκου είναι η κοινή ονομασία των φρούτων *Lycium barbarum* ή *Lycium chinese* (Potterat & Hamburger, 2008). Ονομάστηκαν και μούρα της ευτυχίας (Nautiyal, 2022). Περιέχει 18 αμινοξέα (οκτώ εκ των οποίων δεν παράγει το ανθρώπινο σώμα), τέσσερις αναντικατάστατους πολυσακχαρίτες που δεν υπάρχουν στα τρόφιμα και 21 ιχνοστοιχεία, όπως ψευδάργυρο, ασβέστιο, το αντικαρκινικό γερμάνιο, σελήνιο και φώσφορο, βιταμίνες του συμπλέγματος Β (Β1, Β2, Β6) αλλά και C, Ε. Επιπλέον, είναι σημαντική πηγή απαραίτητων μετάλλων όπως σιδήρου και καλίου (Potterat & Hamburger, 2008, Nautiyal, 2022). Η βιταμίνη C σε συγκέντρωση 500 φορές υψηλότερη από τα πορτοκάλια, περισσότερη βήτα-καροτίνη από το καρότο, περισσότερο σίδηρο από το σπανάκι. Επιπλέον, φλαβονοειδή όπως ρουτίνη, γεντισικό οξύ και η κερσετίνη είναι οι κύριες δραστικές ενώσεις που υπάρχουν στα φύλλα του *Lycium barbarum* (Potterat & Hamburger, 2008). Ένας από τους σημαντικότερους λόγους για τη δημοφιλία των Γκότζι Μπέρι είναι το γεγονός ότι περιέχουν υψηλή συγκέντρωση αντιοξειδωτικών και συγκεκριμένα ζεαξανθίνης. Έως και το 77% των καροτενοειδών που υπάρχουν βρίσκονται ως ζεαξανθίνη. Η διπαλμική ζεαξανθίνη επιβεβαιώθηκε ως το κύριο καροτενοειδές των γκότζι μπέρι. Από μελέτες τα μούρα Goji μπορούν να αυξήσουν τα επίπεδα ζεαξανθίνης ενός ατόμου κατά 26 τοις εκατό. Οι Chengetal. ανέφερε ότι τα γκότζι μπέρι έχουν χρησιμοποιηθεί από καιρό για την προώθηση της γονιμότητας, ως ισχυρός αντιγηραντικός και αντιοξειδωτικός παράγοντας (Potterat & Hamburger, 2008).

### 2.5.1.3 Ασερόλα

Το κεράσι της *Malpighia* είναι κοινώς γνωστό ως «κεράσι *Acerola*» ή «κεράσι Μπαρμπάντος» (de Aquino Souza Miskinis κ.ά., 2023). Το *M. glabra* και το *M. emarginata* χρησιμοποιούνται συνήθως για εμπορική καλλιέργεια και κατανάλωση. Αυτά τα φυτά είναι εγγενή στα νησιά της Καραϊβικής και σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές (de Aquino Souza Miskinis κ.ά., 2023). Επιπλέον, παρατηρείται σημαντική ζήτηση για τα προϊόντα ασερόλα στις Ηνωμένες Πολιτείες, την Ιαπωνία και την Ευρώπη λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς σε βιταμίνη C. Η Βραζιλία είναι ο μεγαλύτερος παγκοσμίως παραγωγός και εξαγωγέας φρούτων ασερόλα (Belwal κ.ά., 2018). Το δέντρο ανθίζει από τον Απρίλιο έως το Νοέμβριο και ο καρπός ωριμάζει σε 3-4 εβδομάδες μετά την άνθηση (Prakash & Baskaran, 2018). Το ασερόλα έχει υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνη C (από 1500–4500 mg/100 g), η οποία μπορεί να είναι περίπου 50 έως και 100 φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με τα εσπεριδοειδή, όπως τα πορτοκάλια και τα λεμόνια (Belwal κ.ά., 2018, Prakash & Baskaran, 2018). Για παράδειγμα, οι αναφορές αποδεικνύουν ότι ο φρέσκος χυμός περιέχει 50 έως 100 φορές περισσότερη βιταμίνη C από μια ίση μερίδα χυμού πορτοκαλιού και είναι επίσης πλούσιος σε περιεκτικότητα σε καροτενοειδή (371–1881 µg/100g) (Belwal κ.ά., 2018). Το φρούτο είναι γνωστό ότι είναι μια από τις πλουσιότερες φυσικές πηγές ασκορβικού οξέος στον κόσμο, με περιεκτικότητα σε βιταμίνη C συγκρίσιμη μόνο με το *camu camu*. Οι συνιστώμενες διατροφικές ποσότητες (RDA) ασκορβικού οξέος για ενήλικες (19 ετών) είναι 75 mg/ημέρα για τις γυναίκες και 90 mg/ημέρα για τους άνδρες. Επομένως, η κατανάλωση τριών φρούτων ασερόλα ανά ημέρα θα μπορούσε να ικανοποιήσει τη βιταμίνη C RDA για έναν ενήλικα. Ωστόσο, κάποιος πρέπει να μην καταναλώνει τεράστιες ποσότητες φρούτων καθώς η υπερβολική πρόσληψη βιταμινών μπορεί να δράσει ως προοξειδωτικό, δημιουργώντας αλλαγές στο DNA. Είναι ένα από τα λίγα φρούτα, που εκτός από υπερβολική περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ, περιέχει επίσης μια πληθώρα άλλων φυτοθεραπευτικών συστατικών όπως φαινολικά, φλαβονοειδή, ανθοκυανίνες και καροτενοειδή σε αρκετή ποσότητα. Ο καρπός περιέχει επίσης προβιταμίνη A, βιταμίνες B1 και B2, νιασίνη, αλβουμίνη, σίδηρο, φώσφορο και ασβέστιο (de Aquino Souza Miskinis κ.ά., 2023, Prakash & Baskaran, 2018), Εύστοχα, θεωρείται «σούπερ φρούτο» (Prakash & Baskaran, 2018).

### 2.5.1.4 Camu-camu

Το *Camu-camu* (*Myrciaria dubia*) είναι μέλος της οικογένειας των *Myrtaceae* και είναι εγγενές στην περιοχή του Αμαζονίου. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C που βρέθηκε ήταν 2061,01 mg/100 g στο μωβ *camu-camu* και 1910,31 mg/100 g στα πράσινα φρούτα *camu-camu* η βιταμίνη C των φρούτων *camu-camu* εξαρτάται από τα στάδια ωριμότητας. Αυτοί οι συγγραφείς έδειξαν ότι τα

πλήρως ώριμα (κόκκινου σταδίου) φρούτα camu-camu περιείχαν  $2010 \pm 65$  mg/100 g φρέσκιας ύλης βιταμίνης C ενώ στο πλήρες πράσινο στάδιο ήταν  $2280 \pm 34$  mg/100 g φρέσκιας ύλης. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C στο camu-camu ήταν υψηλότερη από άλλα δεκαεπτά όχι κοινά φρούτα της Βραζιλίας, όπως η ασερόλα ( $1357 \pm 9,5$  mg/100 g φρέσκιας ύλης), το acai και το assai ( $84,0 \pm 10$  mg/100 g φρέσκιας ύλης). Τα φρούτα camu-camu περιέχουν επίσης διάφορους τύπους αμινοξέων όπως σερίνη, βαλίνη, λευκίνη, γλουταμικό 4-αμινο-βουτανοϊκό, προλίνη, φαινυλαλανίνη, θρεονίνη, αλανίνη. Διάφορα οργανικά οξέα όπως κιτρικό οξύ, ισοκιτρικό οξύ και μηλικό οξύ έχουν επίσης εντοπιστεί σε φρούτα camu-camu. Επιπλέον, οι πολλοί περιέχουν επίσης διαφορετικά είδη λιπαρών οξέων κυρίως στεατικό, λινολεϊκό, ελαϊκό, γ-λινολενικό, α-λινολενικό, τρικοσανοϊκό, εικοσιδιεξανοϊκό. Μια ιαπωνική ερευνητική ομάδα διαπίστωσε ότι η συνολική περιεκτικότητα σε φαινολικό περιεχόμενο στους σπόρους και στη φλούδα ήταν πολύ υψηλότερη από αυτή άλλων φρούτων όπως η ασερόλα, ο ανανάς και τα φρούτα του πάθους. Άλλες μελέτες έδειξαν ότι το camu-camu εμφάνισε δέκα φορές υψηλότερο ολικό φαινολικό περιεκτικότητα σε σχέση με αυτά των φρούτων tucuma και uxi. Ωστόσο, η περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνη του camu-camu ήταν υψηλότερη σε σύγκριση με άλλα φρούτα. Η συνολική περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες της φρέσκιας φλούδας camu-camu ήταν  $54,0 \pm 25,9$  mg/100 g και η κυανιδίνη-3-γλυκοσίδη ήταν η κύρια ανθοκυανίνη στους καρπούς camu camu ακολουθούμενη από δελφινιδίνη-3-γλυκοζίτη. Οι πολυφαινολικές ενώσεις ευθύνονται για τη μείωση του οξειδωτικού στρες. Τα καροτενοειδή όπως το β-καροτένιο, το λυκοπένιο, η λουτεΐνη και η ζεαξανθίνη είναι γνωστό ότι παρουσιάζουν αντιοξειδωτική δράση. Αναφέρθηκε ότι η λουτεΐνη ήταν το κύριο καροτενοειδές ακολουθούμενο από το β-καροτένιο και τη ζεαξανθίνη. Ωστόσο, η νεοξανθίνη, η β-κρυπτοξανθίνη, το β-καροτένιο,-5, το 6-εποξειδίο και το cis-β-καροτένιο εντοπίστηκαν επίσης σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Επίσης τα καροτενοειδή των φρούτων camu-camu ήταν υψηλότερα από αυτά του μήλου αλλά χαμηλότερα από τα φρούτα μάνγκο και ασερόλα. Το καροτενοειδές λουτεΐνη ήταν υψηλότερο σε σύγκριση με όλα τα φρούτα και συγκρίσιμο με ορισμένα φυλλώδη λαχανικά. Ως εκ τούτου, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως καλή πηγή λουτεΐνης. Το Camu-camu παρουσίασε την υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα, ακολουθούμενο από φρούτα tucuma και uxi. Είχε υψηλότερες αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες σε σύγκριση με τα δισκία βιταμίνης C (Akter κ.ά., 2011).

## 2.5.2 Σπόροι και προϊόντα με βάση τους σπόρους

Η κινόα (14,1 g πρωτεΐνης/100g), ο αμάρανθος (13,6), η βρώμη (16,9) και το φαγόπυρο (13,2) ξεχωρίζουν για την υψηλή περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες, μεγαλύτερη από τα παραδοσιακά

δημητριακά που συνήθως παρουσιάζουν από 6% έως 12% αυτού του θρεπτικού συστατικού. Συγκεκριμένα, η κινόα, η οποία συνήθως συγκρίνεται με το ρύζι, παρουσιάζει και άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα από διατροφική άποψη, όπως η υψηλή περιεκτικότητά της σε ίνες (7 g έναντι 0,2 g / 100g ρυζιού), οι μεγαλύτερες ποσότητες από όλα τα μέταλλα (π.χ. 457 mg έναντι 100 mg φωσφόρου/100 g ρυζιού , 563 mg έναντι 110 mg καλίου/100 g ρυζιού , 47 mg έναντι 10 mg ασβεστίου/100 g ρυζιού κ.λπ.), καθώς και βιοδραστικές ενώσεις και οι περισσότερες βιταμίνες (π.χ. 0,318 mg έναντι 0,03mg ριβοφλαβίνης/100g ρυζιού, 184 μg έναντι 20 μg φυλλικού οξέος/100g ρυζιού κ.λπ.). Ομοίως, η βρώμη, ο αμάρανθος και το φαγόπυρο έχουν εξαιρετικά προφίλ μετάλλων και βιταμινών, ειδικά καλίου, φωσφόρου, ασβεστίου, και σιδήρου, βιταμίνες του συμπλέγματος Β, οι οποίες είναι οι πλουσιότερες σε δημητριακά. Αντίθετα, το κακάο αποδεικνύεται η καλύτερη πηγή βιταμίνης C μεταξύ όλων των δημητριακών και ένα από τα τρόφιμα με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινόλες, περιέχοντας 4954 mg GAE / 100 g ξηρού βάρους κακάο (Fernández-Ríos κ.ά., 2022).

### 2.5.2.1 Κινόα

Η κινόα (*Chenopodium Quinoa Willd.*) είναι ένα είδος φυτού της οικογένειας των *Chenopodiaceae*, που προέρχεται από την περιοχή των Άνδεων. Σήμερα καλλιεργείται κυρίως στο Περού, στη Βολιβία, στον Ισημερινό, στην Αργεντινή, στη Χιλή και στην Κολομβία. Έχει εισαχθεί στην Ευρώπη, στη Βόρεια Αμερική και στην Αφρική τα τελευταία χρόνια λόγω της προσαρμογής των εδαφών και των κλιματικών συνθηκών (RS., 2018 , Navruz-Varli & Sanlier, 2016). Η κινόα (*Chenopodium quinoa Willd.*) είναι ένα ψευδοδημητριακό με το υψηλότερο θρεπτικό δυναμικό από τα περισσότερα δημητριακά (RS., 2018). Για αυτό λέγεται και σούπερ δημητριακό επειδή είναι δημητριακό ολικής αλέσεως με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη, πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας, υγιή λιπαρά (ωμέγα-3 και ωμέγα-9) και πλήθος φυτοθρεπτικών συστατικών, συμπεριλαμβανομένων φλαβονοειδών που δρουν ως ισχυρές αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ουσίες. Έχει γίνει ιδιαίτερα δημοφιλής τροφή λόγω της εξαιρετικής πηγής των πρωτεϊνών της (RS., 2018). Η πρωτεΐνη περιέχεται σε ποσοστό 13,8% έως 16,5% με μέσο όρο 15% σε ξηρό βάρος. Το ποσοστό της στην κινόα είναι μεγαλύτερο από αυτό του ρυζιού, του κριθαριού, του καλαμποκιού, της σικάλεως και του σόργου, και κοντά σε αυτό του σιταριού (RS., 2018 , Navruz- Varli & Sanlier, 2016). Σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό Γεωργίας και Τροφίμων (FAO) υπάρχει τέλεια ισορροπία αμινοξέων και μεγάλη περιεκτικότητα σε θειονικά αμινοξέα και λυσίνες, που την καθιστούν από τα λίγα φυτά με όλα τα απαραίτητα αμινοξέα για την ανθρώπινη ζωή, αλλά και προϊόν με πρωτεΐνες υψηλής ποιότητας (Navruz-Varli & Sanlier, 2016). Έτσι, θεωρείται «πλήρης» πηγή πρωτεΐνης, η οποία παρέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα.

Είναι πολύ καλή πηγή του αμινοξέος λυσίνη, το οποίο συνήθως λείπει από το φυτικό βασίλειο. Έχει επίσης υψηλή περιεκτικότητα σε μεθειονίνη και ιστιδίνη, καθιστώντας το μια εξαιρετική πηγή φυτικής πρωτεΐνης. Λόγω της πλούσιας περιεκτικότητάς του σε πρωτεΐνη και απίστευτη ισορροπία των απαραίτητων αμινοξέων, έχει καταναλωθεί από τους ανθρώπους ως ένα ιερό φυτό (Navruz-Varli & Sanlier, 2016). Η ποιότητα πρωτεΐνης της κινόα είναι συγκρίσιμη με της καζέϊνης, της πρωτεΐνης υψηλής ποιότητας των γαλακτοκομικών προϊόντων (RS., 2018). Η κινόα δεν περιέχει γλουτένη, και ως εκ τούτου είναι μια κατάλληλη εναλλακτική επιλογή για όσους είναι ευαίσθητοι ή αλλεργικοί στη γλουτένη. Η κινόα είναι επίσης εξαιρετική πηγή μικροθρεπτικών συστατικών, όπως βιταμινών και μετάλλων. Αν και ελλιπής οι έρευνες για την περιεκτικότητα σε βιταμίνες των σπόρων κινόα, είναι γνωστό ότι η κινόα περιέχει πυριδοξίνη (B6) και φολικό οξύ (B9) σε υψηλές συγκεντρώσεις, μάλιστα υψηλότερες από αυτές των περισσότερων άλλων δημητριακών όπως το σιτάρι, η βρώμη, το κριθάρι, η σίκαλη, το ρύζι και το καλαμπόκι. Ικανές μετά την κατανάλωση 100 g του προϊόντος να καλυφθούν οι καθημερινές ανάγκες των ενηλίκων, ενώ η βιταμίνη B2 (ριβοφλαβίνη) μετά την κατανάλωση καλύπτει το 40% των αναγκών των ενηλίκων και το 80% των παιδιών. Επιπλέον, εμφανίζει υψηλή συγκέντρωση σε βιταμίνη E σε μεγαλύτερη από αυτή του σιταριού. Η περιεκτικότητα σε λάδι της κινόα κυμαίνεται από 2% έως 10% καθώς είναι πλούσια σε απαραίτητα λιπαρά οξέα όπως το λινολεϊκό και το α-λινολενικό και περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις φυσικών αντιοξειδωτικών όπως η α-και γ-τοκοφερόλη. Η αναλογία μεταξύ ωμέγα-3 και ωμέγα-6 στην κινόα είναι περίπου 1:6, αποτελώντας καλή λύση στη μείωση της LDL (ή της κακής χοληστερόλης) στο σώμα και στην αύξηση της καλής χοληστερόλης (HDL χοληστερόλη). Η περιεκτικότητα σε τέφρα της κινόα (3,4%) είναι υψηλότερη από αυτή του ρυζιού (0,5%), του σιταριού (1,8%) και των περισσότερων άλλων δημητριακών, τοποθετώντας την στην θέση με την μεγαλύτερη συγκέντρωση ορυκτών. Η περιεκτικότητά του σε ασβέστιο και σίδηρο είναι σημαντικά υψηλότερη από αυτή άλλων κοινώς χρησιμοποιούμενων δημητριακών. Σε ποσοστό μαγνησίου 0,26%, έναντι 0,16% του σιταριού και 0,14% του καλαμποκιού. Τέλος, αναφέρεται ότι η κινόα μπορεί να ωφελήσει τους καταναλωτές που αποτελούν ομάδα υψηλού κινδύνου, όπως παιδιά, ηλικιωμένους, αθλητές υψηλής απόδοσης, άτομα με δυσανεξία στη γλουτένη, γυναίκες επιρρεπείς στην οστεοπόρωση, άτομα με αναιμία, διαβήτη, δυσλιπιδαιμία, παχυσαρκία (Navruz-Varli & Sanlier, 2016).

### **2.5.2.2 Φαγόπυρο**

Το φαγόπυρο (*Fagopyrum esculentum* Möench) είναι ένα παραδοσιακό γεωργικό προϊόν που καλλιεργείται στην Ασία και την Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη. Τα τελευταία 40 χρόνια, η Κίνα

ήταν ο μεγαλύτερος παραγωγός φαγόπυρου. Το φαγόπυρο ανήκει στην οικογένεια των Polygonaceae, κατηγοριοποιείται ως ψευδοδημητριακό καθώς παρουσιάζει διαφορές και ομοιότητες με τα δημητριακά (Belwal κ.ά., 2018). Η περιεκτικότητα σε γλουτένη είναι είτε ελάχιστη, είτε μηδενική (Chhikara & Panghal, 2022). Η πλειοψηφία των πρωτεϊνών του φαγόπυρου αποτελείται από γλοβουλίνες και λευκωματίνες, έχει ελάχιστες ή καθόλου προλαμίνες. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι πάσχοντες από κοιλιοκάκη μπορούν να καταναλώνουν φαγόπυρο (Belwal κ.ά., 2018). Τα πλιγούρια φαγόπυρου εμφάνισαν συνολικό ποσοστό υδατανθράκων 67,8- 70,1%, από τα οποία το 54,5% βρέθηκε να είναι άμυλο. Οι σπόροι του φαγόπυρου εμφάνισαν υψηλότερο ποσοστό υδατανθράκων 73,3% λόγω της παρουσίας του περικαρπίου αλλά είχαν παρόμοιο ποσοστό αμύλου (55,8%). Η πρωτεΐνη βρίσκεται σε ποσοστό 13,7% και υπάρχουν 17 αμινοξέα, από τα οποία τα εννέα αμινοξέα είναι απαραίτητα και πρέπει να λαμβάνονται από τη διατροφή, καθώς το σώμα δεν είναι σε θέση να τα παράγει (Belwal κ.ά., 2018). Αποτελεί επίσης εξαιρετική πηγή μακροστοιχείων όπως νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου και μικροστοιχείων όπως σεληνίου, ψευδαργύρου, μαγγανίου και χαλκού για την ανθρώπινη διατροφή. Αλλά και βιταμινών, όπως B1 και B2 και πολυφαινολών, όπως η ρουτίνη, η κερσετίνη, η οριεντίνη, η βιτεξίνη, η ομοοριεντίνη και η ισοβιτεξίνη (Chhikara & Panghal, 2022, Singh κ.ά., 2020). Θεωρείται εξαιρετική πηγή φωσφόρου, με συχνά 10 φορές μεγαλύτερη ικανότητα πρόσληψης από το σιτάρι (Singh κ.ά., 2020). Η κατανάλωση φαγόπυρου και προϊόντων φαγόπυρου, λόγω των πρωτεϊνών και των πολυφαινολών του, συνδέεται με πολλές θετικές δράσεις για την υγεία, όπως αντιδιαβητική, αντικαρκινική, υποχοληστερολαιμική, αντιφλεγμονώδης, νευροπροστατευτική και υποτασική (Chhikara & Panghal, 2022).

### **2.5.2.3 Αμάρανθος**

Το *Amaranthus L.* ανήκει στην οικογένεια *Amaranthaceae*. Ο σπόρος αμάρανθου κατηγοριοποιείται στα ψευδοδημητριακά, είναι χωρίς γλουτένη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άτομα με στομαχικές παθήσεις όπως η κοιλιοκάκη (Gandhi κ.ά., 2021). Το είδος καλλιεργείται από στο Μεξικό, το Περού και τη Γουατεμάλα. Το δυναμικό της καλλιέργειας αποδείχθηκε από την παρουσία του στις ΗΠΑ, την Ινδία, την Κίνα. Επιπλέον, ο Μαρξ το ονόμασε «η καλλιέργεια του μέλλοντος» (Dincă κ.ά., 2018). Οι πρωτεΐνες είναι ιδιαίτερα υψηλής θρεπτικής ποιότητας λόγω της εξαιρετικής ισορροπίας των απαραίτητων αμινοξέων (Tang & Tsao, 2017). Ο αμάρανθος έχει υψηλότερη πρωτεΐνη, όπως αλβουμίνες και σφαιρίνες, από άλλους κόκκους δημητριακών (RiveroMeza κ.ά., 2023 , Alegbejo, 2013). Έχει σημαντικά υψηλότερη περιεκτικότητα στα αμινοξέα λυσίνη, θρεονίνη και τρυπτοφάνη που είναι ελλιπή στα

άλλα δημητριακά (RiveroMeza κ.ά., 2023 , Alegbejo, 2013). Ως εκ τούτου, η λυσίνη εμφανίζεται κανονικά ως περιοριστικό αμινοξύ στα δημητριακά, ωστόσο, στον αμάρανθο, αυτά τα επίπεδα διπλασιάζονται και τριπλασιάζονται σε σύγκριση με το σιτάρι και το καλαμπόκι, αντίστοιχα (Alegbejo, 2013). Επιπλέον, η υψηλή περιεκτικότητα σε αργινίνη και ιστιδίνη, τα οποία είναι απαραίτητα αμινοξέα για παιδιά και βρέφη, καθιστά επίσης πολύτιμο τον αμάραντο για τη διατροφή των παιδιών. Έχει περισσότερη πρωτεΐνη από τον αραβόσιτο και η πρωτεΐνη είναι ασυνήθιστα υψηλής ποιότητας. Η πρωτεΐνη είναι επίσης σχετικά πλούσια σε αμινοξέα που περιέχουν θείο (4,5–5,6%), που είναι υψηλότερη από τις περισσότερες καλλιέργειες οσπρίων (1,4%) (RiveroMeza κ.ά., 2023 , Alegbejo, 2013). Ο κόκκος αμάρανθου περιέχει από 6 έως 10% λάδι, το οποίο είναι υψηλότερο από τα περισσότερα άλλα δημητριακά. Το έλαιο αμάρανθου περιέχει περίπου 77% πολυακόρεστα λιπαρά οξέα τα οποία είναι ως επί το πλείστον μέσα στο φύτρο. Το έλαιο αμάρανθου είναι κυρίως ακόρεστο έλαιο με υψηλή περιεκτικότητα σε λινολεϊκό οξύ (περίπου 50%). Η αναλογία κορεσμένων προς ακόρεστα λιπαρά οξέα ήταν περίπου 1:3. Το λιπιδικό κλάσμα είναι σημαντικό λόγω τέτοιων υψηλών βιολογικά ενεργών ενώσεων, όπως: σκουαλένιο (έως 8%), τοκοφερόλες (έως 2%), φωσφολιπίδια (έως 10%) και φυτοστερόλες (έως 2%) (RiveroMeza κ.ά., 2023). Στους σπόρους αμαρανθου, η συγκέντρωση του σκουαλενίου μπορεί να είναι πολύ υψηλή σε επίπεδα που φτάνουν τα 620 mg/kg, σημαντικά υψηλότερα από το φαγόπυρο, το κριθάρι και τον αραβόσιτο. Το σκουαλένιο μπορεί να δράσει ως ένα αντιοξειδωτικό (Tang & Tsao, 2017). Ο *Amaranthus* spp. είναι πλούσιος σε φλαβονοειδή (ρουτίνη, κερσετίνη, μυρικετίνη, ανθοκυανίνες, απιγενίνη, καμπφερόλη, κατεχίνες), φαινολικά οξέα (σαλικυλικό οξύ, βανιλικό οξύ, γαλλικό οξύ, π-υδροξυβενζοϊκό οξύ, συριγγικό οξύ, ελλαγικό οξύ, σιναπικό οξύ, τρανς-κιννα , καφεϊκό οξύ, κουμαρικό οξύ, φερουλικό οξύ), ασκορβικό οξύ και τοκοφερόλες. Αυτά τα φυτοχημικά καταπολεμούν το οξειδωτικό στρες και τις ελεύθερες ρίζες, καθώς είναι εξαιρετικά αντιοξειδωτικά. Το φυτό είναι επίσης μια πλούσια πηγή φυλλικού οξέος, σιδήρου, ασβεστίου, μαγνησίου, ψευδαργύρου, μαγγανίου και άλλων μικροθρεπτικών συστατικών (Gandhi κ.ά., 2021). Λόγω των φυτικών στανολών και του σκουαλενίου φαίνεται να μειώνει τη χοληστερόλη σε άτομα που πάσχουν από από υπέρταση και καρδιαγγειακή νόσο (Alegbejo, 2013).

#### **2.5.2.4 Βρώμη**

Η παραγωγή βρώμης βρίσκεται στην έκτη θέση της παγκόσμιας παραγωγής σιτηρών, ακολουθούμενη από τον αραβόσιτο, το σιτάρι, το κριθάρι, το σόργο και το κεχρί. Οι κύριοι παραγωγοί βρώμης είναι η Ρωσία, ο Καναδάς, οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Βόρεια Ευρώπη, αντιπροσωπεύοντας πάνω από το 2% της παγκόσμιας παραγωγής δημητριακών. Η κοινή



λευκή βρώμη (*Avena sativa* L.) είναι η πιο γνωστή. Η βρώμη καταναλώνεται γενικά ολόκληρη ως νιφάδες. Το μεταβολιζόμενο ενεργειακό περιεχόμενο της είναι 2,5 έως 2,6 kcal/g και είναι αρκετά χαμηλό. Η τυπική τιμή πρωτεΐνης της ολικής βρώμης είναι 10%-12%, τιμή παρόμοια με αυτή του σίτου. Εν τω μεταξύ, η βρώμη έχει καλύτερη περιεκτικότητα σε αμινοξέα από εκείνη άλλων δημητριακών λόγω της σφαιρίνης, της κύριας πρωτεΐνης που βρίσκεται σε αυτή. Επιπλέον, έχει υψηλά επίπεδα λιπιδίων, με συγκέντρωση 2 έως 5 φορές υψηλότερη από αυτή του σιταριού. Η υψηλή περιεκτικότητα σε διαλυτές ίνες και ιδιαίτερα σε β-γλυκάνες, την καθιστούν σημαντική για την προαγωγή της υγείας. Η παροχή πολυσακχαριτών συγκεκριμένα β-γλυκάνης, διαιτητικών ινών και αντιοξειδωτικών ενώσεων όπως η τοκοφερόλη με συγκέντρωση 4,5–12,3 mg/kg έχουν προστατευτικές δράσεις σε πολλές ασθένειες και κακοήθειες. Οι διαλυτές ίνες προστατεύουν έναντι καρδιαγγειακών παθήσεων, του σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 και διαφόρων τύπων καρκίνου, όπως ο καρκίνος του παχέος εντέρου. Οι β-γλυκάνες συνδέονται με την μείωση των επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα (Chhikara & Panghal, 2022).

### **2.5.3 Λαχανικά και μύκητες**

Οι πρωτεΐνες που διατίθενται στο μανιτάρι Reishi - γανόδεσμα όπου ονομάζεται και «το μανιτάρι της αθανασίας» (19,5 g / 100g) είναι πολύ ανώτερες από άλλα είδη μυκήτων, όπως τα μανιτάρια (2,1 g / 100g) και αναμφισβήτητα από οποιοδήποτε λαχανικό (π.χ. 1,12 g / 100 g μαρουλιού ή 2,1 g / 100 g σέσκουλου). Το ίδιο μπορεί να ειπωθεί για τις φυτικές ίνες, τα λιπίδια, τις φαινολικές ενώσεις και για ένα σημαντικό μέρος των μετάλλων, για τον ψευδάργυρο, τον σίδηρο ή τον φώσφορο. Το kale μπορεί να θεωρηθεί καλή πηγή ασβεστίου, καθώς και βιταμινών A, B1, B3, B9 και C που το κάνουν να ξεχωρίζει ανάμεσα στα λαχανικά. Εκτός αυτού, η περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνες είναι αξιοσημείωτη μεταξύ των λαχανικών, 3,4 g / 100g, και οι βιοδραστικές ενώσεις του φτάνουν σε τιμές ακόμη υψηλότερες από εκείνες των superfruits (44.000 μg καροτενοειδών / 100 g και 1755 mg GAE / 100 g (Fernández-Ríos κ.ά., 2022).

#### **2.5.3.1 Γανόδεσμα**

Το γανόδεσμα ανήκει στην οικογένεια Ganodermataceae. Είναι ένας μύκητας που χρησιμοποιείται στην Κίνα, την Ιαπωνία και σε άλλες ασιατικές χώρες. Είναι ένα μεγάλο, σκουρόχρωμο μανιτάρι με γυαλιστερή εξωτερική επιφάνεια και ξυλώδη υφή (Pattanayak κ.ά., 2020 , Benkeblia, 2016 , Mansy & M, 2019). Το είδος *Ganoderma lucidum* (ονομάζεται επίσης Reishi ή Lingzhi) χρησιμοποιείται στην ιατρική επειδή οι Κινέζοι αποδίδουν σε αυτόν το μύκητα οφέλη για την υγεία και τη μακροζωία (Benkeblia, 2016 , Mansy & M, 2019). Προέρχεται από την λέξη

lucidus που σημαίνει «λαμπερό» ή «λαμπρό» και αναφέρεται στην καφέ γυαλιστερή εξωτερική επιφάνεια του μανιταριού. Στην Κίνα, το *G. lucidum* ονομάζεται lingzhi, ενώ στην Ιαπωνία rishi ή mannentake. Το όνομα lingzhi αντιπροσωπεύει έναν συνδυασμό πνευματικής ισχύος και ουσίας της αθανασίας και θεωρείται ως το «βότανο της πνευματικής ισχύος», συμβολίζοντας την επιτυχία, την ευημερία και τη μακροζωία. Μεταξύ των πολυάριθμων βιοδραστικών ενώσεων που ταυτοποιούνται στο *G. lucidum* είναι πολυσακχαρίτες κυρίως β-γλυκάνες, ετεροπολυσακχαρίτες ή γλυκοπρωτεΐνες, τερπενοειδή κυρίως γανοδερικά οξέα και παράγωγα, καθώς και πολλές άλλες βιοδραστικές πρωτεΐνες που συμβάλλουν στην πρόληψη της υγείας και των ασθενειών. Το *Ganoderma* περιέχει μια μεγάλη ποικιλία βιοδραστικών μορίων, όπως τερπενοειδή, στεροειδή, φαινόλες, νουκλεοτίδια και τα παράγωγά τους, γλυκοπρωτεΐνες και πολυσακχαρίτες. Οι πρωτεΐνες των μανιταριών περιέχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα και είναι ιδιαίτερα πλούσιες σε λυσίνη και λευκίνη. Τα τερπένια έχουν επίσης βρεθεί ότι έχουν αντιφλεγμονώδη και υπολιπιδαιμική δράση. Τα πρώτα τριτερπένια που απομονώθηκαν είναι από το *G. lucidum* ονομάζονται γανοδερικά οξέα A και B. Τα γανοδερικά οξέα που απομονώθηκαν από το *Ganoderma* έχουν δείξει αντιικές, αντικαρκινικές, αντιοξειδωτικές, ηπατοπροστατευτικές, κυτταροτοξικές, αντιαιμοπεταλιακή συσσώρευση και αναστολή της απελευθέρωσης ισταμίνης και υποχοληστερολαιμικές δράσεις. Παρατηρήθηκε ότι το *G. lucidum* είναι σημαντικός αντιμυκητιακός παράγοντας, δηλαδή το *Ganodermin* έχει ανασταλτική δράση έναντι των μυκήτων *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Physalospora piricola*. Εκτός από αυτά, μπορεί να ελέγξει τη δράση των *Penicillium oxalium*, *Candida albicans*, *Aspergillus Niger* A. flavus, A. tamari. Επιπλέον διαθέτει αντιβακτηριακή δράση, τόσο κατά gram θετικών όσο και κατά gram-αρνητικών βακτηρίων. Το υδατοδιαλυτό εκχύλισμα αυτού του μανιταριού είναι γνωστό ότι αναστέλλει 15 τύπους βακτηρίων. Το 2008, ο Keyour και οι συνεργάτες του απέδειξαν την αντιβακτηριακή δράση κατά των *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *B. subtilis*, *Enterococcus*, *Staphylococcus aureus* κ.λπ. in vitro. Παρατηρούνται ωστόσο και αντιικές δράσεις. Οι νέοι αντι-ικοί παράγοντες μπορούν δυνητικά να επηρεάσουν την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό πολλών ιών χωρίς να βλάψουν άλλα κύτταρα. Ο πολλαπλασιασμός του ιού της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας τύπου 1 (HIV-1) μπορεί να μειωθεί χρησιμοποιώντας το υδατικό εκχύλισμα μανιταριού *G. lucidum*. Το *Ganodermanontriol* και το *Ganoderiol F* είναι δύο αντιικοί παράγοντες. Το συγκεκριμένο μανιτάρι είναι χρήσιμο για τις χημειοθεραπείες και την πρόληψη διαφόρων τύπων καρκίνου, ως αντιοξειδωτικό, αλλά και γνωστό για την ηπατοπροστατευτική ικανότητα ως αναστολέας της β-γλυκουρονιδάσης (Pattanayak κ.ά., 2020).

### 2.5.3.2 Λαχανίδα

Η δημοφιλής «υπερτροφή», το Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) είναι ένα πράσινο φυλλώδες λαχανικό της οικογένειας Brassicaceae (Shafi κ.ά., 2022, Satheesh & Fanta, 2020). Είναι καλή πηγή φυτικών ινών και μετάλλων, όπως το κάλιο που εμφανίζει υψηλότερη απορρόφηση ασβεστίου από του γάλακτος (Satheesh & Fanta, 2020). Βρέθηκε να έχει υψηλότερη συγκέντρωση καλίου, που επιδρά στην αρτηριακή πίεση, από άλλα σταυρανθή λαχανικά με συγκέντρωση που κυμαίνεται από 4,16–1350 mg/100 g, ακολουθούμενη από συγκέντρωση ασβεστίου επιπέδου 2,6–1970 mg/100 g και με απορρόφηση 58,8%, ένα ποσοστό αρκετά υψηλότερο από του γάλακτος (32%) (Satheesh & Fanta, 2020). Επίσης έχει υψηλή ποσότητα μαγνησίου σε σύγκριση με άλλα λαχανικά της οικογένειας brassica καθώς και περιεκτικότητα σε σίδηρο 5–10 mg/100 g, όπου είναι σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με το σπανάκι (2,71 mg/100 g) αλλά και μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε μαγγάνιο σε σύγκριση με τα λαχανικά της οικογένειας brassica (Satheesh & Fanta, 2020). Το λαχανικό είναι σημαντική πηγή νιασίνης σε σχέση με άλλες κοινές καλλιέργειες σαλάτας, που κυμαίνεται μέχρι 1,00 mg/100 g και καλή πηγή βιταμίνης Κ σε σχέση με άλλα φρούτα και λαχανικά (Shafi κ.ά., 2022). Έχει σημαντική συγκέντρωση δευτερογενών μεταβολιτών, συμπεριλαμβανομένων καροτενοειδών, αλκαλοειδών, στερολών, φαινολικών ενώσεων και φλαβονοειδών κ.λπ. (Shafi κ.ά., 2022, Satheesh & Fanta, 2020). Επιπλέον, περιέχει υψηλή περιεκτικότητα βιοενεργών γλυκοσινολικών όπως ισοθειοκυανικά, θειοκυανικά, νιτρίλια και επιθειονιτρίλια. Τα γλυκοσινολικά, τα φλαβονοειδή και οι φαινολικές ενώσεις (καεμφερόλη, κερσετίνη και ισοραμνετίνη) είναι υπεύθυνες για τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες και τις ιδιότητες δέσμευσης των ελεύθερων ριζών (Satheesh & Fanta, 2020). Τα γλυκοσινολικά, που είναι ενώσεις που περιέχουν θείο είναι υπεύθυνα για τα οφέλη του λάχανου. Το λάχανο αναφέρεται ότι έχει πολύ υψηλότερη πρωτεΐνη από άλλα λαχανικά της οικογένειας brassica (Satheesh & Fanta, 2020). Επιπλέον έχει σημαντική ποσότητα β-καροτίνης (ή προβιταμίνης Α) και λουτεΐνης που επιδρούν θετικά στην οφθαλμική υγεία σε σχέση με τα άλλα κίτρινα-πορτοκαλί φρούτα-λαχανικά. Καθώς και λυκοπένιο που είναι ευεργετικό για τα μαλλιά, το δέρμα, τα οστά και το αναπνευστικό σύστημα (Shafi κ.ά., 2022). Μπορεί να μειώσει την LDL χοληστερόλη και να καταπολεμήσει τις ελεύθερες ρίζες, μια ιδιότητα που αυξάνεται όταν το λάχανο μαγειρεύεται στον ατμό. Άρα, έχει θετική επίδραση στο καρδιαγγειακό σύστημα και μειώνει τον κίνδυνο καρκίνου (Satheesh & Fanta, 2020).

### 2.5.4 Ξηροί καρποί και σπόροι

Οι σπόροι κάνναβης αποτελούν σημαντική πηγή πρωτεϊνών (31,6 g / 100g), καθώς και των

περισσότερων μετάλλων (ειδικά φωσφόρου ή καλίου), ορισμένων βιταμινών (B1, B3 και B9) και φαινολικών ενώσεων (2224 mg GAE / 100 g). Οι φυτικές ίνες που διατίθενται στους σπόρους chia και στον λιναρόσπορο είναι μεταξύ 27% και 34%, διπλάσιο ποσοστό από τα φασόλια ή τους ξηρούς καρπούς υψηλής περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες (π.χ. 11 g / 100g σουσάμι ή 14,9 g / 100g ρεβίθια). Ομοίως, η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα σε αυτά τα προϊόντα είναι αρκετά σημαντική, ειδικά του φωσφόρου και του ασβεστίου και στα δύο τρόφιμα, και καλίου, μαγνησίου, και TPC στην περίπτωση των λιναρόσπορων (Fernández-Ríos κ.ά., 2022).

#### **2.5.4.1 Σπόροι chia**

Η *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae), επίσης γνωστή ως chia, είναι ένα ετήσιο ποώδες φυτό, που καλλιεργείται στο νότιο Μεξικό και στη βόρεια Γουατεμάλα. Δεν περιέχει γλουτένη, καθιστώντας το ιδανικό συστατικό για δίαιτες χωρίς γλουτένη (de Falco κ.ά., 2017). Είναι μια εξαιρετική πηγή πολλών ακόρεστων λιπαρών οξέων, ιδιαίτερα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, όπως ωμέγα-3 και ωμέγα-6, καθώς και δύο τύπων διαλυτών και αδιάλυτων φυτικών ινών. Κάθε 100 γραμμάρια σπόρων chia περιέχει 30 γραμμάρια λίπους, όπου τα 3 γραμμάρια είναι κορεσμένα λίπη, 2 γραμμάρια μονοακόρεστα λίπη, 24 γραμμάρια πολυακόρεστα λίπη, 18 γραμμάρια είναι ωμέγα-3 και 6 γραμμάρια είναι ωμέγα-6. Το μεγαλύτερο μέρος του λίπους είναι με τη μορφή των πολυακόρεστων λιπών, που είναι και υπεύθυνο για τις θετικές της δράσεις. Σημαντική ωστόσο, είναι και η αναλογία ω6 προς ω3 λιπαρά οξέα, όπου πρέπει να έχουμε υψηλή πρόσληψη ω3 και χαμηλότερη ω6, για μείωση των φλεγμονών και αύξηση της γνωστικής απόδοσης. Στους σπόρους τσία κυμαίνεται μεταξύ 0,32-0,35. Όσον αφορά τις διαλυτές και αδιάλυτες ίνες, η καλύτερη αναλογία μεταξύ τους είναι 1/3. Και στην περίπτωση των σπόρων chia (Alamri&Biomy, 2020).

#### **2.5.4.2 Λιναρόσπορος**

Το λινάρι έχει άφθονη βιταμίνη E, κυρίως με τη μορφή γάμμα τοκοφερόλης, η οποία ενισχύει την απέκκριση νατρίου στα ούρα, ενδεχομένως μειώνοντας την αρτηριακή πίεση. Αποτελεί μία καλή πηγή βιταμίνης K με τη μορφή φυλλοκινόνης, σημαντικό συστατικό κατά της πήξης του αίματος. Η κατανάλωση λιναρόσπορου είναι σημαντική για τη μείωση της αρτηριακής πίεσης, καθώς το κάλιο, το οποίο βρίσκεται στους σπόρους, είναι χρήσιμο. Κλινική έρευνα δείχνει ότι οι ασθενείς που κατανάλωναν λιναρόσπορους σε καθημερινή βάση για περισσότερες από 12 εβδομάδες είχαν υπό έλεγχο την αρτηριακή τους πίεση. Ο λιναρόσπορος περιλαμβάνει, ίνες και λιγνάνες, που έχουν ως ρόλο τη σύνδεση με τα χολικά οξέα, που παράγονται από τη χοληστερόλη στο ήπαρ, μεταφέροντάς τα έξω από το σώμα μέσω του πεπτικού σωλήνα. Οι

λιγνάνες είναι συστατικά παρόμοια με τα οιστρογόνα που έχουν επίσης αντιοξειδωτική δράση, βοηθώντας σε πολλές ασθένειες όπως οι καρδιακές παθήσεις. Επιπλέον περιέχει φυτοστερόλες, οι οποίες έχουν δομή παρόμοια με τη χοληστερόλη, και ως εκ τούτου αναστέλλουν την απορρόφηση της χοληστερόλης στα έντερα. Σημαντικές είναι και οι συγκεντρώσεις σε ω3 λιπαρά οξέα και σε αμινοξύ τρυπτοφάνη που βοηθούν στη βελτίωση της ποιότητας του ύπνου, αυξάνοντας τα επίπεδα της ορμόνης σεροτονίνης (ορμόνης ύπνου). Τέλος, αναφέρθηκαν οφέλη από την κατανάλωση σε έγκυες γυναίκες, όπως μείωση των καταθλιπτικών συμπτωμάτων και της νευροπροστασίας κατά τη διάρκεια νεογνικής υποξικής ισχαιμικής εγκεφαλοπάθειας (Nowak & Jeziorek, 2023).

### **2.5.4.3 Σπόροι κάνναβης**

Η κάνναβη, επιστημονικά γνωστή ως *Cannabis sativa* L., ανήκει στην οικογένεια των Cannabinaceae. Καλλιεργήθηκε πρώτη φορά στην Ασία, εδώ και περίπου 10.000 χρόνια (Jagdale κ.ά., 2021). Αυτό που κάνει τους σπόρους ξεχωριστούς είναι η ποιότητα της πρωτεΐνης και των λιπαρών οξέων. Όσον αφορά, την πρωτεΐνη σπόρων κάνναβης αποτελείται από 181 πρωτεΐνες, που ταξινομούνται σε 2 κύριες κατηγορίες: τη σφαιρική αλβουμίνη σε ποσοστά που κυμαίνονται από 25% έως 37% και τη σφαιρίνη εδεστίνη σε ποσοστά επιπέδου από 67% έως 75%. Η πρωτεΐνη εδεστίνη, η ισχυρότερη πρωτεΐνη φυτικής προέλευσης (Jagdale κ.ά., 2021, Vahanvaty, 2009). Το υπόλοιπο ποσοστό καταλαμβάνεται από και τα 9 απαραίτητα αμινοξέα, με υψηλότερη συγκέντρωση αυτών που περιέχουν θείο (μεθειονίνη, κυστεΐνη). Από την άλλη για τα λιπαρά οξέα, η αναλογία τους η οποία είναι σημαντική για την πρόληψη πολλών κινδύνων είναι η ιδανική (3/1), σύμφωνα με αυτές που ορίζονται από τις συστάσεις. Αυτό είναι σημαντικό πλεονέκτημα για τους vegan που δεν τρώνε ζωικά προϊόντα (συμπεριλαμβανομένων και των ψαριών) (Vahanvaty, 2009). Βρέθηκε ότι το ασβέστιο βρίσκεται σε σημαντικά υψηλή ποσότητα (944,41 mg/kg), και έτσι το γάλα του αποτελεί την καλύτερη πηγή ασβεστίου, αλλά και σιδήρου, βιταμίνης A, μαγνησίου και ψευδαργύρου από το γάλα σόγιας, ρυζιού, αμυγδάλου και το αγελαδινό (Jagdale κ.ά., 2021, Vahanvaty, 2009).

### **2.5.5 Ρίζες και κόνδυλοι**

Οι ρίζες και οι κόνδυλοι χαρακτηρίζονται επειδή περιέχουν μικρή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (1-2%) αλλά σημαντικές συγκεντρώσεις μετάλλων, ορισμένων βιταμινών, ινών και αντιοξειδωτικών. Παρά το γεγονός ότι είναι το «αδύναμο σημείο» τους, ορισμένες ρίζες παρουσιάζουν ένα εξαιρετικό προφίλ πρωτεΐνης, όπως ο κουρκουμάς (9,68 g / 100 g), το maca (11,8 g / 100 g) ή το ginseng (4,12 g / 100 g). Στην πραγματικότητα, ο κουρκουμάς (συνήθως

παρουσιάζεται ως σκόνη) φαίνεται να είναι η πληρέστερη υπερτροφή αυτής της ταξινόμησης, παρουσιάζοντας επίσης επιθυμητές ποσότητες ινών, υδατανθράκων, όλων των μετάλλων και μέρους βιταμινών, φθάνοντας τις συγκεντρώσεις τους ακόμη και πέντε φορές υψηλότερες από αυτές της πατάτας. Ομοίως, σχεδόν όλοι οι κόνδυλοι που εμφανίζονται ως «υπερτρόφιμα» έχουν προφίλ μετάλλων πολύ ανώτερο από εκείνο άλλων πιο καταναλωμένων ριζών, ειδικά καλίου και μαγνησίου (Fernández-Ríos κ.ά., 2022).

### **2.5.5.1 Τζίνσενγκ**

Το όνομα "ginseng" προέρχεται από την κινεζική λέξη "Jen Sheng" και σημαίνει βότανο του ανθρώπου. Η λέξη Panax που σημαίνει παντοθεραπεία χρησιμοποιείται για να περιγράψει το τρόφιμο αυτό, καθώς υπάρχει η πεποίθηση ότι το ginseng θεραπεύει όλες τις σωματικές ασθένειες. Τα τρία κύρια εμπορικά είδη ginseng είναι το κορεάτικο ginseng (*Panax ginseng* Meyer), το κινέζικο ginseng (*Panax notoginseng*), και το αμερικανικό ginseng (*Panax quinquefolius* L.). Τα κύρια ενεργά συστατικά του Panax ginseng είναι οι τζινσενοσίδες (ginsenosides), που ταξινομούνται σε δύο κύριες ομάδες γνωστές ως πρωτοπαναξαδιόλη (PPD) και πρωτοπαναξατριόλη (PPT), με ποικίλα ευεργετικά αποτελέσματα. Αποτελεί ραδιοπροστατευτικό, μειώνοντας τις βλαβερές επιπτώσεις της ακτινοβολίας στον ανθρώπινο ιστό. Έτσι, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στους καρκινοπαθείς που υποβάλλονται σε ακτινοθεραπεία διότι το τζίνσενγκ μπορεί να δρα ως αντιοξειδωτικό και ανοσορυθμιστικό (Wenli κ.ά., 2019).

### **2.5.6 Βότανα και μπαχαρικά**

Οι πολυφαινόλες και τα καροτενοειδή είναι οι πιο σημαντικές ενώσεις στα βότανα και τα μπαχαρικά. Η ποσότητα TPC της σκόνης τσαγιού matcha φτάνει τα 7975 mg GAE/100 g, ενώ αυτό του moringa τα 2942 mg GAE/100 g. Από την πλευρά, το TCC του τσαγιού matcha δεν βρέθηκε αλλά του moringa έφτασε τα 6390 μg / 100g, μια αρκετά σημαντική συγκέντρωση. Το τσάι matcha μπορεί επίσης να χαρακτηριστεί για την περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνες και ίνες, 27,95% και 13,34%, αντίστοιχα, οι οποίες είναι πολύ υψηλές θεωρώντας το φυτικό προϊόν (Fernández-Ríos κ.ά., 2022).

#### **2.5.6.1 Τσάι matcha**

Το matcha (*Camellia sinensis*) αποτελεί παραλλαγή του ιαπωνικού πράσινου τσαγιού ποικιλίας Tencha. Ο όρος μεταφράζεται στα ιαπωνικά ως «πράσινο τσάι σε σκόνη» (Kochman κ.ά., 2021). Το πράσινο χρώμα του οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση χλωροφύλλης που εμφανίζει, ενώ η χαρακτηριστική γεύση umami του matcha στο αμινοξύ L-θειανίνη, το οποίο σε συνδυασμό με

την καφεΐνη ενισχύει την εγρήγορση, τη συγκέντρωση και προσφέρει χαλάρωση. Γρήγορα διαδόθηκε σε ολόκληρο τον κόσμο λόγω των αντιοξειδωτικών και αντιφλεγμονωδών ιδιοτήτων (Devi & Bhasin, 2023). Οι κατεχίνες με κυριότερες τέσσερις, η γαλλική επιγαλλοκατεχίνη (EGCG), η επιγαλλοκατεχίνη (EGC), η γαλλική επικατεχίνη (ECG) και η επικατεχίνη, κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό του φαινολικού κλάσματος και ειδικότερα το 90%, που σχετίζονται με τη βιολογική αξία του τσαγιού (Kochman κ.ά., 2021). Εκείνη που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό μεταξύ υπολοίπων είναι η επιγαλλοκατεχίνη. Η EGCG έχει αντικαρκινική δράση συμβάλλοντας στη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης του καρκίνου του παχέος εντέρου, επειδή αναστέλλονται οι αυξητικοί παράγοντες του όγκου. Ένα ακόμα ευεργετικό αποτέλεσμα των κατεχινών στο τσάι είναι η αντιοξειδωτική δράση, λόγω της δυνατότητες τους να εξουδετερώνουν τις ελεύθερες ρίζες και να ενισχύουν τη δραστηριότητα αποτοξίνωσης των ενζύμων, συμπεριλαμβανομένων των ενζύμων της υπεροξειδάσης της γλουταθειόνης, της καταλάσης και της αναγωγάσης γλουταθειόνης. Η αντιοξειδωτική τους ικανότητα είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από της γλουταθειόνης, της βιταμίνης C και των φλαβονοειδών (Kochman κ.ά., 2021). Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες που προσφέρει το matcha είναι 137 φορές μεγαλύτερες από του κοινού πράσινου τσαγιού (Devi & Bhasin, 2023). Όσον αφορά τη σύγκριση της ποσότητας των κατεχινών του πράσινου τσαγιού και του μαύρου, το πράσινο τσάι έχει πολύ υψηλότερη συγκέντρωση από το μαύρο, ειδικά 5,46–7,44 mg/g, έναντι 0–3,47 mg/g αντίστοιχα. Το πολυφαινολικό κλάσμα πέρα των κατεχινών περιλαμβάνει και ρουτίνη, το οποίο είναι ισχυρό αντιοξειδωτικό. Το πράσινο τσάι matcha έχει εξαιρετικά υψηλή περιεκτικότητα σε ρουτίνη, 50 φορές μεγαλύτερη από αυτή οποιουδήποτε άλλου πράσινου τσαγιού που διατίθενται στην αγορά. Οι συγγραφείς σύγκριναν το επίπεδο της ρουτίνης που βρέθηκε στο matcha (1968,8 mg/L) με αυτό που βρέθηκε στο φαγόπυρο (62,30 mg/100 g), το οποίο θεωρείται ως μία από τις πλουσιότερες πηγές ρουτίνης όλων των τροφίμων και απέδειξαν ότι το matcha μπορεί να είναι καλύτερη πηγή της ένωσης από άλλα τρόφιμα. Τέλος, η καφεΐνη μπορεί να μειώσει το οξειδωτικό στρες των ελεύθερων ριζών. Επιπλέον, η καφεΐνη έχει την ικανότητα αναστολής της έκκρισης προφλεγμονωδών κυτοκινών, διαθέτοντας έτσι αντιφλεγμονώδη δράση. Τα επίπεδα της καφεΐνης στο matcha ήταν μεταξύ 18,9 και 44,4, ενώ στο πράσινο τσάι βρέθηκαν μεταξύ 11,3–24,67 mg/g, έχοντας ως σημείο αναφοράς ότι οι περισσότεροι κόκκοι καφέ περιέχουν 10,0–12,0 mg καφεΐνης/g κόκκων (Kochman κ.ά., 2021).

### **2.5.6.2 Μορίνγκα**

Το *M. oleifera* ανήκει στην οικογένεια Moringaceae και λέγεται ότι είναι θαυματουργό δέντρο (Maiti & Dhua, 2023). Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής μορίνγκα προέρχεται από την Ινδία

(Islam κ.ά., 2021). Θεωρείται τρόφιμο με πρωτεΐνη υψηλής αξίας. Το Moringa λέγεται ότι περιέχει πληθώρα θρεπτικών συστατικών σε συγκεντρώσεις πολύ μεγαλύτερες από των συμβατικών τροφίμων, δηλαδή 7 φορές περισσότερη βιταμίνη C από τα πορτοκάλια, 10 φορές περισσότερη βιταμίνη A από τα καρότα, 17 φορές περισσότερο ασβέστιο από το γάλα, 9 φορές περισσότερη πρωτεΐνη από το γιαούρτι, 15 φορές περισσότερο κάλιο από τις μπανάνες και 25 φορές περισσότερο σίδηρο από το σπανάκι (Islam κ.ά., 2021). Σύμφωνα με τα παραπάνω ένα παιδί μπορεί να προσλάβει το 100% της ημερήσιας ανάγκης του σε βιταμίνη A, το 80% των ημερήσιων αναγκών του σε ασβέστιο, το 60% των ημερήσιων αναγκών του σε σίδηρο και περίπου το 40% των ημερήσιων αναγκών του σε πρωτεΐνη, καταναλώνοντας 30g/d σκόνη αποξηραμένων φύλλων (Maiti & Dhua, 2023). Στις ιδιότητες των φύλλων του μορίνγκα περιλαμβάνεται τόσο η συστολή όσο και η διαστολή της αρτηριακής πίεσης. Το φύλλο μπορεί επομένως να λειτουργήσει ως φυσική εναλλακτική μέθοδος μείωσης της αρτηριακής πίεσης. Επιπλέον, η οδοντική υγεία των καπνιστών μπορεί να βελτιωθεί. Σύμφωνα με έρευνα, έδειξε να συμβάλλει στη βελτίωση της στοματικής υγείας των καπνιστών, μειώνοντας την ουλίτιδα και τη φλεγμονή (Maiti & Dhua, 2023). Ένα ακόμα πλεονέκτημα του φυτού αυτού είναι ότι προστατεύει από την τοξική δράση του μετάλλου καδμίου, που ανιχνεύεται σε όργανα, όπως νεφρά, συκώτι, αίμα και είναι ένα από τα πιο τοξικά μέταλλα για το περιβάλλον και για την υγεία. (Hassan κ.ά., 2021). Το κάδμιο είναι επίσης υπεύθυνο για την ενδεχόμενη πρόκληση καρκίνου του πνεύμονα σε εργαζόμενους που εκτίθενται πολλές ώρες στον ατμοσφαιρικό αέρα. Τέλος, ένα ακόμα μέταλλο που προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον και στον οργανισμό (ήπαρ) είναι ο μόλυβδος, με τα φύλλα του φυτού να είναι υπεύθυνα για την αποτροπή των τοξικών επιδράσεων (Hassan κ.ά., 2021).

### **2.5.7 Άλλες κατηγορίες**

Άλλα τέλος, οι υπερτροφές που περιλαμβάνονται στην κατηγορία «άλλες» περιλαμβάνουν τόσο τα μελισσοκομικά προϊόντα όσο και τα φύκια. Η γύρη των μελισσών αποτελεί σημαντική πηγή μακροθρεπτικών συστατικών, περιέχοντας 17,4 g πρωτεΐνης/100 g, καθώς και μεγάλη ποσότητα μετάλλων και πολύ σημαντικών φυτοχημικών (3167 μgκαροτενοειδών/ 100g και 9100 mg GAE/100 g). Όσον αφορά τα προϊόντα φυκιών, τόσο η σπιρουλίνα όσο και η χλωρέλλα (αποξηραμένα) είναι γνωστά για το μεγάλο ποσοστό πρωτεΐνης τους, 45,3% και 57,5%, αντίστοιχα. Ωστόσο, το προφίλ μετάλλων και βιταμινών τους είναι πολύ διαφορετικό και εξαιρετικής ποιότητας. Η σπιρουλίνα υποστηρίζεται ως η πιο συμπυκνωμένη πηγή θρεπτικών συστατικών που βρίσκεται στη φύση, που περιέχει τη μέγιστη ποσότητα καλίου (1360 mg / 100 g) από τις υπερτροφές που εξετάστηκαν, καθώς και καροτενοειδών (461.000 μg / 100 g). Από



την πλευρά της, η χλωρέλλα ξεχωρίζει για την περιεκτικότητά της σε φώσφορο (1536 mg/100 g), μεταξύ άλλων μετάλλων, και TCC (όπως η σπιρουλίνα), καταλαμβάνοντας τη 2η θέση μεταξύ των επιλεγμένων υπερτροφών, με τιμή 406.030 µg / 100 g (Fernández-Ríos κ.ά., 2022).

## 2.6 Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί

Ορίζονται από τον ΠΟΥ ως εξής: «Οργανισμοί (π.χ. φυτά, ζώα ή μικροοργανισμοί) στους οποίους το γενετικό υλικό (DNA) έχει αλλοιωθεί με τρόπο που δεν συμβαίνει φυσικά από το ζευγάρωμα ή/και τη φύση (Zhang κ.ά., 2016). Οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί (ΓΤΟ) προέρχονται από γενετικό υλικό, δηλαδή από την εισαγωγή ενός ή παραπάνω γονιδίων, που τροποποιούνται με εφαρμογή της γονιδιακής τεχνολογίας και δεν προκύπτει φυσικά μέσω ζευγαρώματος ή/και φυσικού ανασυνδυασμού (Milavec κ.ά., 2014). Το 1946 ανακαλύφθηκε ότι μπορεί να γίνει μεταφορά του DNA μεταξύ των οργανισμών και το 1983 παρήχθη το πρώτο γενετικά τροποποιημένο φυτό, για δημιουργία φυτού καπνού ανθεκτικό στα αντιβιοτικά (Bawa & Anilakumar, 2013).

### 2.6.1 Γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα

Το 1990 η Κίνα ήταν ο πρωτοστάτης στη διαγονιδιακή εισαγωγή φυτού καπνού ανθεκτικού στους ιούς, ενώ λίγα χρόνια αργότερα το 1994, η ΗΠΑ με έγκριση από τον FDA διέθεσε το διαγονιδιακό «Flavour Saver tomato». Η εισαγωγή αυτού του φυτού είχε ως σκοπό την καθυστέρηση στην ωρίμανση. Κάποια από τα προϊόντα που έλαβαν έγκριση ένα χρόνο αργότερα ήταν το canola με τροποποιημένη σύνθεση ελαίου (Calgene), το *Bacillus thuringiensis* (Bt) καλαμπόκι (Ciba-Geigy), το βαμβάκι ανθεκτικό στο ζιζανιοκτόνο βρωμοξυνίλη (Calgene), οι πατάτες Bt (Monsanto), η σόγια που είναι ανθεκτική στο ζιζανιοκτόνο γλυφοσάτη (Monsanto), η ανθεκτική στους ιούς κολοκύθα (Asgrow) και οι ντομάτες καθυστερημένης ωρίμανσης (DNAR, Zeneca/Peto, and Monsanto) (Bawa & Anilakumar, 2013). Η παπάγια είναι ένα από τα φρούτα που έχει αναπτυχθεί με μέθοδο γενετικής μηχανικής, καθώς στις αρχές της δεκαετίας του 1990 στην Χαβάη προέκυψε πρόβλημα με το θανατηφόρο ιό δακτυλικής κηλίδας. Έτσι, ήταν επιτακτική η ανάγκη εισαγωγής τροποποιημένου φρούτου ανθεκτικού στον ιό. Ο μόνος σωτήρας του ήταν μια ράτσα σχεδιασμένη για να είναι ανθεκτική στον ιό. Χωρίς αυτό, η βιομηχανία παπάγιας του κράτους θα είχε καταρρεύσει. Μέχρι το 2016 το 80% της παπάγιας στη Χαβάη είναι γενετικά τροποποιημένη και έως τότε καμία συμβατική ή οργανική μέθοδος δεν μπόρεσε να τον εξαλείψει. Το καλαμπόκι και το προϊόν του, καλαμποκάλευρο, στις ΗΠΑ είναι αρκετά διαδεδομένο. Το 2010 το 86% της παραγωγής καλαμποκιού ήταν γενετικά τροποποιημένο ενώ τον αμέσως επόμενο χρόνο υπάρχει μείωση του ποσοστού με 32%. Μεγάλο ποσότητα του

συνολικού αραβοσίτου προορίζεται για ζωοτροφές αλλά και για οينوπνευματώδη ποτά. Το υπόλοιπο χρησιμοποιείται για παρασκευή σιροπιού υψηλής περιεκτικότητας σε φρουκτόζη, σε άλλα γλυκαντικά, άμυλο καλαμποκιού και για εξαγωγή του. Το αραβοσιτέλαιο πωλείται απευθείας ως μαγειρικό λάδι και για την παρασκευή σοταρίσματος και μαργαρίνης, επιπλέον για την παραγωγή βιταμινών, ως πηγή λεκιθίνης, ως συστατικό σε παρασκευασμένα τρόφιμα όπως μαγιονέζα, σάλτσες και σούπες, καθώς και για τηγάνισμα τσιπς πατάτας και για τηγανητές πατάτες (Bawa & Anilakumar, 2013).

### **2.6.2 Λόγοι ανάπτυξης γενετικά τροποποιημένων τροφίμων**

Σύμφωνα με το Υπουργείο Οικονομικών και Κοινωνικών Υποθέσεων των Ηνωμένων Εθνών/Τμήμα Πληθυσμού World Population Prospects., ο παγκόσμιος πληθυσμός είναι περίπου 7,35 δισεκατομμύρια. Αν και η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού τα τελευταία χρόνια είναι μικρή, αναμένεται ότι ο παγκόσμιος πληθυσμός θα είναι 8,5 δισεκατομμύρια μέχρι το 2030 και 9,7 δισεκατομμύρια το 2050. Ο υποσιτισμός έχει ως κύρια αιτία την αύξηση του πληθυσμού. Η λύση είναι η βελτιστοποίηση της καλλιέργειας με γενετική μηχανική και η βελτίωση του γεωργικού συστήματος. Ένας ακόμα λόγος είναι η μείωση της έκτασης της καλλιεργήσιμης γης. Ο FAO προέβλεψε ότι από 0,242 εκτάρια μέχρι το 2016 θα μειωθεί σε 0,18 έως το 2050. Διάφοροι παράγοντες το πυροδοτούν όπως η αυξημένη ζήτηση για παραγωγή βιοκαυσίμων και πρώτης ύλης, η αυξημένη αστικοποίηση, η ερημοποίηση της γης, η αλάτωση, η κλιματική αλλαγή και ο περιορισμός των υδάτινων πόρων (Bawa & Anilakumar, 2013).

### **2.6.3 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα**

Ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα είναι ότι τα προϊόντα καθιστώνται πιο εμφανίσιμα. Επιπλέον, μπορούν να εξαλειφθούν επιτυχώς ορισμένες ασθένειες καθώς και εξαλείφονται αλλεργίες. Η ανάπτυξή τους είναι πιο ταχεία από την παραδοσιακή καλλιέργεια. Η παραγωγή του λόγω του ότι είναι πιο γρήγορη επιτυγχάνει πιο εύκολα μεγαλύτερες ποσότητες. Το κόστος παραγωγής τους είναι μικρότερο από τις παραδοσιακές λόγω της φυσικής αντοχής στα παράσιτα και τα έντομα, παρά το μικρότερο κόστος των σπόρων. Αυτό επιφέρει και ένα ακόμα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα που είναι ότι μειώνεται η ανάγκη έκθεσης σε φυτοφάρμακα και εντομοκτόνα και άρα είναι απαλλαγμένα από χημικές ουσίες και πιο φιλικά προς το περιβάλλον. Βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή σε μέρη που αντιμετωπίζουν ξηρασίες, σε αυτά που έχουν έντονα μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες (δυσμενής συνθήκες) αλλά και σε αυτά που η γεωργία είναι δύσκολη. Πολλοί καταναλωτές τα προτιμούν λόγω του ότι έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και περισσότερα μέταλλα και βιταμίνες από τα καλλιεργημένα τρόφιμα που

παρασκευάζονται παραδοσιακά. Στα μειονεκτήματα κατατάσσονται ότι έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Έπειτα, θεωρείται ότι η κατανάλωσή τους πιθανόν προκαλεί ανάπτυξη ασθενειών που προκαλούν ανοσία στα αντιβιοτικά. Πολλοί είναι εκείνοι που τα αποφεύγουν για πολλούς παράγοντες όπως η όχι καλή κατανόηση της μεταφοράς ζωικών γονιδίων στα φυτά και το αντίστροφο, και οι ανακριβείς επιπτώσεις που μπορεί να έχουν στην υγεία τους στο μέλλον. Έτσι, οι κατασκευαστές αποφεύγουν την αναγραφή στην ετικέτα όσων έχουν προέλθει από γενετική τροποποίηση, επειδή μπορεί να επηρεαστεί η ζήτηση του προϊόντος. Μελλοντικά με την αύξηση της παραγωγής τέτοιων προϊόντων είναι πολύ πιθανή η εξάρτηση και ο έλεγχος της παραγωγής των αναπτυσσόμενων χωρών από τις βιομηχανικές (Bawa & Anilakumar, 2013).

### 3.1 Ενθυλάκωση

Η ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση των καταναλωτών για τρόφιμα που περιέχουν βιταμίνες και μέταλλα, πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, προβιοτικά, φυτικές ίνες, όπου πολλές από τις ενώσεις αυτές είναι ασταθείς έφερε στο προσκήνιο την ανάγκη εύρεσης τεχνικής, που θα αντιμετώπιζε την υποβάθμιση των ουσιών (Chew κ.ά., 2019). Τα λειτουργικά συστατικά είναι ευαίσθητα σε αντίξοες συνθήκες όπως το οξυγόνο, η θερμότητα, η υγρασία, το φως και η οξείδωση των λιπιδίων (Chew κ.ά., 2019 , ΚΟΡΟΜΠΟΚΗΣ, 2014). Έτσι, αλληλεπιδρώντας αυτά με τα συστατικά του συστήματος χάνουν την βιοδιαθεσιμότητάς τους ή αλλοιώνεται το χρώμα και η γεύση τους (ΚΟΡΟΜΠΟΚΗΣ, 2014 , Chew κ.ά., 2019). Η τεχνική ενσωμάτωσης βιοδραστικών ουσιών προς παραγωγή νανόμετρων (νανοενθυλάκωση) και μικρόμετρων (μικροενθυλάκωση) ονομάστηκε ενθυλάκωση (ΚΟΡΟΜΠΟΚΗΣ, 2014 , Chew κ.ά., 2019). Στη μικροενθυλάκωση τα μικροσωματίδια που παράγονται έχουν διάμετρο 30 έως 800 μm και στη νανοενθυλάκωση τα νανοσωματίδια είναι διαμέτρου 10 έως 1000 nm (Chew κ.ά., 2019). Αρωγοί στην επιβράδυνση της υποβάθμισης είναι οι επιστήμονες τροφίμων, προκειμένου να παράγουν προϊόντα σταθερά και καλύτερα αφομοιώσιμα από τον οργανισμό για να ασκηθεί το επιθυμητό όφελος για την υγεία (Chew κ.ά., 2019).

Η μικροενθυλάκωση είναι μία διαδικασία με την οποία είναι δυνατός ο εγκλεισμός ενός πυρήνα, ο οποίος είναι ένα ή παραπάνω λειτουργικό/α συστατικό/α με τη μορφή υγρού, στερεού και αερίου σε ενός φορέα εγκλεισμού. Ο φορέας εγκλεισμού ονομάζεται κέλυφος ή μήτρα, σχηματίζει μία ή παραπάνω επίστρωση/εις γύρω από τον πυρήνα και απελευθερώνει το περιεχόμενό του με ελεγχόμενο ρυθμό υπό καθορισμένες συνθήκες, δηλαδή με διάτμηση του μορίου, θέρμανση, αλλαγή pH, διαλυτοποίηση ή ενζυμική δράση (ΚΟΡΟΜΠΟΚΗΣ, 2014 , Smith & Charter, 2011). Ο φορέας εγκλεισμού προστατεύει το λειτουργικό συστατικό από το εξωτερικό περιβάλλον είτε μόνιμα μέχρι να απορροφηθεί από τον οργανισμό είτε παροδικά δηλαδή στη μεταφορά και αποθήκευση του προϊόντος. Τα κριτήρια για την επιλογή του κατάλληλου βιοδραστικού συστατικού και εξωτερικού καλύμματος αφορούν την ασφάλειά και τις φυσικοχημικές ιδιότητες τους ιδιότητες. Για το βιοδραστικό συστατικό η διαλυτότητα, το πορώδες κ.α. και για το κέλυφος, το ιξώδες, οι μηχανικές ιδιότητες κ.α., καθώς και η συμβατότητα ανάμεσα στα δύο υλικά (π.χ. να μην πραγματοποιείται χημική αντίδραση). Σε οικονομικό επίπεδο, το προϊόν με το ενθυλακωμένο συστατικό, αν και προσφέρει πρόσθετες ιδιότητες για την υγεία είναι ακριβότερο από ίδιο προϊόν χωρίς το ενθυλακωμένο συστατικό (ΚΟΡΟΜΠΟΚΗΣ, 2014).

Οι κύριες τεχνικές ενθυλάκωσης που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων

διαχωρίζονται σε μηχανικές και χημικές. Στις μηχανικές περιλαμβάνονται η γαλακτωματοποίηση (emulsification), η ξήρανση με ψεκασμό (spray-drying), η επικάλυψη σε ρευστοποιημένη κλίνη (fluidized bed coating), η φυγοκεντρική εξώθηση (centrifugal extrusion), ο περιστρεφόμενος δίσκος (spinning disk), η εξώθηση υπό πίεση (pressure extrusion), η εξώθηση ψυχρής τήξης (hot-melt extrusion). Στις χημικές τεχνικές περιλαμβάνονται: η ιονοτροπική ζελατινοποίηση (ionotropic gelation), ο απλός διαχωρισμός φάσεων (simple coacervation), ο διαχωρισμός δύο φάσεων (complex coacervation), ο εγκλεισμός σε λιπώματα (liposome entrapment), η εξάτμιση διαλύτη (solvent evaporation), η συμπλοκοποίηση κυκλοδεξτρίνης (cyclodextrin complexation) (Smith & Charter, 2011).

Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μηχανική μέθοδος στη βιομηχανία τροφίμων είναι η ξήρανση με ψεκασμό (spray-drying), καθώς είναι οικονομική, ευέλικτη, συνεχούς λειτουργίας, που παράγει σωματίδια καλής ποιότητας (Smith & Charter, 2011, ΚΟΡΟΜΠΟΚΗΣ, 2014). Με τη μέθοδο της ξήρανσης με ψεκασμό, προκύπτουν προϊόντα μικροβιακά σταθερά, διότι αφαιρείται το περιεχόμενο νερό και μειώνεται η ενεργότητα ύδατος. Επιπλέον, ελαττώνεται ο κίνδυνος για χημική και βιολογική υποβάθμιση, μειώνεται το κόστος αποθήκευσης και μεταφοράς και το προϊόν αποκτά την επιθυμητή αυξημένη διαλυτότητα. Στη μέθοδο αυτή το εξωτερικό κάλυμμα μπορεί να αποτελείται από βιοπολυμερή όπως πρωτεΐνες, κηροί, κόμμεα, μαλτοδεξτρίνες, τροποποιημένο άμυλο ή άλλες ουσίες διαλυμένες με νερό (ΚΟΡΟΜΠΟΚΗΣ, 2014). Το εξωτερικό κάλυμμα ομογενοποιείται με το βιοδραστικό συστατικό με αναλογία βιοδραστικού συστατικού προς εξωτερικό κάλυμμα 1:4. Το παρασκεύασμα που δημιουργείται, μεταφέρεται στη συσκευή ξήρανσης με ψεκασμό όπου ψεκάζεται με αέρα θερμοκρασίας 150 έως 220°C, εξατμίζεται ταχέως το νερό και δημιουργούνται σωματίδια μεγέθους 10 nm έως 100 nm (Chew κ.ά., 2019).

Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενες διεργασίες χημικής μικροενθυλάκωσης είναι ο απλός διαχωρισμός φάσεων (Smith & Charter, 2011). Η βασική αρχή της μεθόδου αυτής περιλαμβάνει τη διασπορά ενός υδρόφοβου βιοδραστικού συστατικού και ενός πολυμερούς (1-10%) σε θερμοκρασία 40-50%, σχηματίζοντας ένα διάλυμα. Στη συνέχεια προστίθεται κατάλληλος σταθεροποιητής, ώστε να εμποδιστεί η διάσπαση των μικροκαψουλών μετά τη δημιουργία τους. Μετά τη χρήση του σταθεροποιητή σειρά έχει ένας παράγοντας συσσώρευσης που οδηγεί σε συσσώρευση του πολυμερούς γύρω από τα σωματίδια του βιοδραστικού συστατικού. Τέλος, ακολουθεί η ψύξη της μικροκάψουλας στους 5-20 °C περίπου και η προσθήκη παράγοντα διασύνδεσης για τη σκλήρυνση του τοιχώματος (Chew κ.ά., 2019).

### 3.1.1 Βιταμίνες και μέταλλα

Οι βιταμίνες και τα μέταλλα είναι πολύ ευαίσθητα συστατικά τα οποία αποδομούνται εύκολα κατά την επεξεργασία και την αποθήκευση με αποτέλεσμα τις απώλειες ποσοτήτων στο τελικό προϊόν αλλά και αντιδρούν με τα υπόλοιπα συστατικά του συστήματος. Ο εμπλουτισμός των προϊόντων με αυτά είναι δύσκολος λόγω της ευαισθησίας στη θερμοκρασία, την υγρασία, το φως και το pH. Τα συστατικά αυτά προστίθενται για την αντικατάσταση όσων αποδομούνται κατά την επεξεργασία και την αποθήκευση. Πριν την χρήση μικροενθλακώμενων μορφών γινόταν χρήση υψηλότερων ποσοτήτων από τα απαιτούμενα, ώστε να εξισορροπηθούν με τις απώλειες που θα συνέβαιναν κατά την επεξεργασία και αποθήκευση. Ένας ακόμα λόγος για την προσθήκη των συστατικών αυτών είναι για την κάλυψη ειδικών διατροφικών αναγκών, παράδειγμα για βρέφη και ηλικιωμένους. Αλλά και για την πρόληψη διαφόρων ασθενειών σε συγκεκριμένες ομάδες καταναλωτών. Για τις υδατοδιαλυτές βιταμίνες και ορισμένα μέταλλα όπως σίδηρος, ασβέστιο ως τελική μορφή μικροκάψουλας έχουν την ξηρή σκόνη. Η δημιουργία μικροκαψουλών γίνεται με τις μεθόδους, ξήρανση με ψεκασμό, ψύξη με ψεκασμό, επίστρωση ρευστοποιημένης κλίνης, επίστρωση περιστρεφόμενου δίσκου. Αν και είναι αναγκαία η υγρή μορφή μικροκάψουλας στις υδατοδιαλυτές βιταμίνες μπορεί να γίνει χρήση της μεθόδου γαλακτωματοποίησης. Από την άλλη ο σίδηρος μπορεί να εφαρμοστεί και με τη μέθοδο των κυκλοδεξτρινών. Όταν απαιτείται υγρή μορφή μικροκάψουλας χρησιμοποιείται συνήθως, η μέθοδος του εγκλεισμού σε λιποσώματα. Η εφαρμογή της μικροενθλακώσεως σε μέταλλα όπως σίδηρος, ασβέστιο, αυξάνει τη βιοδιαθεσιμότητά του, καθώς λόγω των αντιθρεπτικών ουσιών όπως φυτικά άλατα, τανίνες, και πολυφαινόλες εμποδίζεται η απορρόφηση τους. Ο ελεύθερος σίδηρος επίσης, μπορεί εύκολα να οξειδώσει λίπη, πρωτεΐνες, αμινοξέα. Είναι κάποια από τα χαρακτηριστικά που μειώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τη θρεπτική αξία του τελικού προϊόντος. Η αλληλεπίδραση της πρωτεΐνης με το ασβέστιο μπορεί να προκαλέσει πήξη ή καθίζηση της πρωτεΐνης σε ροφήματα πρωτεΐνης εμπλουτισμένα με ασβέστιο. Το ασβέστιο υπάρχει φυσικά σε γαλακτοκομικά προϊόντα, αλλά επιδιώκεται και εμπλουτισμός άλλων πρωτεϊνικών ροφημάτων όπως τα ροφήματα με πρωτεΐνη σόγιας. Πριν την εφαρμογή καψουλών, ο εμπλουτισμός με ασβέστιο πρωτεϊνικών ροφημάτων πραγματοποιούνταν με τη βοήθεια χηλικών παραγόντων ασβεστίου, ωστόσο αυτό επέφερε αρνητική γεύση (Smith & Charter, 2011).

### 3.1.2 Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα

Περιλαμβάνουν τα α-λινολενικό οξύ, το εικοσαπεντανοϊκό οξύ (EPA), το δοκοσαεξανοϊκό οξύ (DHA), κ.λπ. Οι ενώσεις αυτές περιέχονται στα ιχθυέλαια με σημαντικά πλεονεκτήματα στη

σωστή ανάπτυξη και στη μείωση εμφάνισης κινδύνου στεφανιαίας νόσου (Ye κ.ά., 2018 , Chew κ.ά., 2019). Ωστόσο, εμφανίζουν έντονη μυρωδιά, λόγω της ευαισθησίας τους στο οξυγόνο, με αποτέλεσμα να επέρχεται ταγγισμός και απόρριψη κατανάλωσής τους (Ye κ.ά., 2018 , Chew κ.ά., 2019 , Venugopalan κ.ά., 2021). Ο ταγγισμός επιταχύνεται και από ορισμένους άλλους παράγοντες εκτός του οξυγόνου, όπως το φως, η υγρασία, η θερμότητα (Chew κ.ά., 2019). Πέρα από οργανοληπτικές ιδιότητες που μεταβάλλονται, δημιουργούνται μέσω του ταγγισμού, καρκινογόνα προϊόντα όταν καταναλώνονται τακτικά. Εκτός της ευαισθησίας τους στο οξυγόνο, εμφανίζουν μειωμένη υδατοδιαλυτότητα και μεταβλητή βιοδιαθεσιμότητα. Η βιοδιαθεσιμότητα είναι μεταβλητή και συγκεκριμένα, όταν τα ω3 λιπαρά οξέα προέρχονται από πηγές που δεν επεξεργάζονται για να ενσωματωθούν σε τρόφιμα η απορρόφηση είναι μικρότερη και βραδεία, ενώ όταν είναι σε μορφές που ενσωματώνονται σε άλλα τρόφιμα ή γαλακτώματα βελτιώνεται η απορροφητικότητά τους (Venugopalan κ.ά., 2021). Έτσι, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη εύρεσης τεχνικής αντιμετώπισής τους. Η τεχνική της ενθυλάκωσης μπορεί να βελτιώσει τα παραπάνω. Οι πιο χρησιμοποιούμενες μέθοδοι της είναι η ξήρανση με ψεκασμό, γαλακτωματοποίηση (Smith & Charter, 2011). Μετατρέπονται σε κολλοειδείς μορφές, όπως λιποσώματα, σταγονίδια λιπιδίων τα οποία ενσωματώνονται στα τρόφιμα. Τα κολλοειδή υλικά μπορούν να μετατραπούν σε μορφή σκόνης, για να είναι πιο εύκολος ο χειρισμός και η χρήση τους. Η από του στόματος χορήγηση μπορεί να μεταβάλλει τη βιοδιαθεσιμότητα και αυτό γιατί παρουσιάζει δυσκολία η διαλυτότητα των ω3 λιπαρών οξέων στα γαστρεντερικά υγρά. Μετά την κατάποση μπορούν να περάσουν από το στόμα, τον οισοφάγο, το στομάχι και τέλος το λεπτό έντερο όπου και απορροφώνται. Προκαλείται χημική αποικοδόμηση, λόγω της έκθεσης σε διάφορες συνθήκες, pH, μεταλλικών ιόντων, χολικών αλάτων, πεπτικών ενζύμων. Τα χύμα ιχθυέλαια μετατρέπονται σε χονδροειδή γαλακτώματα λάδι-σε-νερό στο στόμα και στο στομάχι, ενώ τα γαλακτωματοποιημένα έλαια βρίσκονται ήδη σε αυτή την κατάσταση πριν την κατάποση. Στα σταγονίδια λίπους, απορροφώνται οι γαστρικές και παγκρεατικές λιπάσες και ξεκινά η πέψη των λιπιδίων. Οι τριακυλογλυκερόλες (TAGs) μετατρέπονται σε ελεύθερα λιπαρά οξέα (FFAs) και μονοακυλογλυκερόλες (MAGs). Τα προϊόντα που προκύπτουν υφίστανται ενζυμική δράση από χολικά άλατα και φωσφολιπίδια δημιουργώντας μικκύλια και μεταφέρονται μέσω του στρώματος της βλέννας στις επιφάνειες των κυττάρων του επιθηλίου. Εντός του λεπτού εντέρου γίνεται η απορρόφηση των λιπών (Venugopalan κ.ά., 2021). Τα υλικά τοιχώματος προστατεύουν τα PUFA όχι μόνο από τις περιβαλλοντικές συνθήκες αλλά και από τη διάσπαση λόγω των γαστρεντερικών συνθηκών, π χ χαμηλό pH, γαστρικά ένζυμα πριν φτάσουν στο λεπτό έντερο για πέψη. Κάποια από τα χαρακτηριστικά του υλικού τοιχώματος είναι ότι πρέπει να έχουν προσιτή τιμή, αφθονία, μη τοξικότητα, χαμηλό ιξώδες, ικανότητα

σχηματισμού φιλμ, υψηλή διαλυτότητα, χαμηλή υγροσκοπικότητα και υψηλή σταθερότητα έναντι περιβαλλοντικών συνθηκών αλλά και συμβατότητα με το έλαιο. Το αραβικό κόμμα-σιρόπι καλαμποκιού εμφανίζει μεγαλύτερη προστασία από την οξειδωση και ελάχιστη απώλεια PUFA. Ενώ, ο συνδυασμός καζεϊνικού νατρίου-σιροπιού καλαμποκιού αποδείχθηκε ότι έχει υψηλότερη αποτελεσματικότητα ενθυλάκωσης. Η πρωτεΐνη ορού γάλακτος ενισχύει τη βιοδιαθεσιμότητα των ενθυλακωμένων ωμέγα-3 PUFA. Το ενθυλακωμένο έλαιο ενσωματώνεται σε ένα προϊόν δημιουργώντας λειτουργικό τρόφιμο, έχοντας πλέον σταθερότητα (Chew κ.ά., 2019).

### 3.1.3 Προβιοτικά

Σε προϊόντα χρησιμοποιούνται τα *Lactobacillus* και *Bifidobacterium* αλλά και ο *Bacillus* και κάποιοι μύκητες κυρίως *Saccharomyces cerevisiae*. Πρέπει να βρίσκονται σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 10<sup>6</sup> CFU/mL και ημερησίως απαιτούνται 10<sup>8</sup> έως 10<sup>9</sup> προβιοτικοί για να δράσουν ως προβιοτικά. Η ενσωμάτωση σε προϊόντα διατροφής ενισχύει τη θρεπτική του αξία καθιστώντας τα λειτουργική τροφή. Ένα πρόβλημα που προκύπτει είναι ότι παραμένει στο προϊόν μικρό ποσοστό του προβιοτικού γιατί παρατηρούνται απώλειες στη διαδικασία παραγωγής, μεταφοράς, αποθήκευσης και άρα μικρό ποσοστό μεταφέρεται για απορρόφηση στον γαστρεντερικό σωλήνα. Η ενθυλάκωση βρίσκει εφαρμογή στη βιομηχανία τροφίμων διότι διατηρούνται τα προβιοτικά και αντιμετωπίζονται όλα τα παραπάνω. Στα κύρια συστατικά της τεχνικής περιλαμβάνονται η κ-καραγενάνη από κόκκινα φύκια, το άμυλο από αραβόσιπο, η χιτοζάνη από το κέλυφος καρκινοειδών, το αλγινικό από καφέ φύκια, το κομμα *gellan* από *sphingomonas elodea*, το κολλαγόνο από ζελατίνη, το κόμμα ξανθά από *xanthomonas campestris*, η πρωτεΐνη γάλακτος, το πολυακρυλαμίδιο παραγόμενο από χημική σύνθεση και η πολυβινυλική αλκοόλη από υπομονάδες βινυλικής αλκοόλης. Οι μέθοδοι που υπάρχουν είναι περιορισμένες. Συγκεκριμένα εφαρμόζεται η ξήρανση με ψεκασμό, η εξώθηση και η διαδικασία του γαλακτώματος, με την πιο ευρέως εφαρμοζόμενη να είναι η τεχνική της εξώθησης. Και αυτό γιατί έχει ήπιες συνθήκες σύνθεσης, απλότητα και οικονομική αποδοτικότητα. Για την ενθυλάκωση προβιοτικών πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα είναι τα αλγινικά σε συγκέντρωση μεταξύ 0,5-5%. Κάποια από τα πλεονεκτήματά του είναι το χαμηλό κόστος, η ασφάλεια που παρουσιάζει όταν χρησιμοποιείται στα τρόφιμα. Το γαλάκτωμα νερού σε λάδι παράγει σωματίδια που με την προσθήκη χλωριούχου ασβεστίου ομογενοποιεί το γαλάκτωμα. Τα αλγινικά μικροσωματίδια έτσι, παράγονται μέσω εσωτερικής ή εξωτερικής ζελατινοποίησης. Η κάψουλα μπορεί επίσης να σχηματιστεί από εσωτερική ζελατίνη. Για να σχηματιστεί ένα γαλάκτωμα νερού σε λάδι, προστίθεται αλγινικό στο διάλυμα ανθρακικού ασβεστίου και



προστίθεται οξικό οξύ. Το ανθρακικό ασβέστιο παράγει ιόντα ασβεστίου και ανθρακικό οξύ στην υδατική φάση. Τα ιόντα ασβεστίου συνδέονται με το αλγινικό άλας για να σχηματίσουν τη δομή την μικροκάψουλα. Για παράδειγμα, προηγούμενες μελέτες έδειξαν ότι ο *Lactobacillus* (Lc-01) και το *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) ενθυλακώθηκαν σημαντικά καλύτερα στην κατάψυξη σφαιριδίων αλγινικού ασβεστίου από ότι τα ελεύθερα κύτταρα σε σύγκριση με το ίδιο στέλεχος. Σε σύγκριση με τα ελεύθερα κύτταρα, τα προβιοτικά που είναι ενθυλακωμένα με αλγινικό ασβέστιο είχαν 30 τοις εκατό υψηλότερο ποσοστό επιβίωσης με αποθήκευση σε θερμοκρασία κατάψυξης. Ωστόσο τα αλγινικά μικροσωματίδια, είναι ευαίσθητα σε συνθήκες pH μικρότερο του 2. Τα αλγινικά μικροσωματίδια φθείρονται επίσης όταν υπάρχουν μονοσθενή ιόντα ή χηλικοί παράγοντες όπως γαλακτικά, φωσφορικά και κιτρικά. Για παράδειγμα, τα μικροενθυλακωμένα *Lactobacillus acidophilus* και *Bifidobacterium spp* με αλγινικό ασβέστιο και άμυλο Hi-Maze (ένα πρεβιοτικό) αύξησαν τη βιωσιμότητα των βακτηρίων σε σύγκριση με τα βακτήρια που ενθυλακώθηκαν χωρίς άμυλο. Η συμπερίληψη της γλυκερίνης, ενός κρουοπροστατευτικού παράγοντα με μείγμα αλγινικού, αύξησε την επιβίωση των βακτηρίων όταν καταψύχονταν στους -20°C. Επιπλέον, η κάλυψη ενός ημιπερατού στρώματος χιτοζάνης γύρω από το αλγινικό μικροσωματίδιο ήταν αποτελεσματική για την αύξηση της σταθερότητας, επειδή αυτή η δομή ήταν βιώσιμη έναντι χημικών και αντιπηκτικών παραγόντων ασβεστίου και έτσι τα σφαιρίδια είναι πολύ πιο πυκνά και στερεά (Chew κ.ά., 2019).

### 3.1.4 Διαιτητικές ίνες

Οι διαιτητικές ίνες είναι ένα είδος υδατάνθρακα μη εύπεπτο από τον οργανισμό. Περιλαμβάνουν την κυτταρίνη, την ημικυτταρίνη, τις πηκτίνες, τις β-γλυκάνες, το ανθεκτικό άμυλο, μη εύπεπτο ολιγοσακχαρίτη (π.χ. ινουλίνη) και άλλες συνθετικές ενώσεις υδατανθράκων (π.χ. μεθυλοκυτταρίνη), κόμμεα και βλέννες, λιγνίνη και άλλα δευτερεύοντα συστατικά π.χ. φυτικό οξύ. Οι διαλυτές ίνες χρησιμοποιούνται σε ευρύτερο φάσμα εφαρμογών σε λειτουργικά προϊόντα διατροφής λόγω του ιξώδους τους και της ικανότητας σχηματισμού πηκτώματος. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται οι β-γλυκάνες, τα κόμμεα, οι ινουλίνες, οι χιτοολιγοσακχαρίτες και οι λιγνίνες σε συνθέσεις τροφίμων. Εφαρμόστηκαν μέθοδοι μικροενθυλάκωσης προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η γευστικότητα, να επιτευχθεί μείωση της απορρόφησης νερού και βελτιστοποίηση της επεξεργασίας. Έτσι, τα τελικά προϊόντα με μικροενθυλακωμένες ίνες πληρούν τις προτιμήσεις των καταναλωτών ως προς τη γεύση, το χρώμα και την αίσθηση στο στόμα (Ye κ.ά., 2018).

Όταν οι ίνες είναι μικροενθυλακωμένες χρησιμοποιώντας υλικά που μπορούν να μειώσουν την ενυδάτωση και την απορρόφηση νερού, τα τελικά προϊόντα υψηλής περιεκτικότητας σε ίνες

ανταποκρίνονται στην τάση των καταναλωτών χωρίς συμβιβασμούς στην αίσθηση στο στόμα, τη γεύση και το χρώμα. Παρήχθησαν επιτυχώς μικροκάψουλες από χιτοολιγοσακχαρίτη επικαλυμμένες με μονοστεατική πολυγλυκερόλη, οι οποίες όταν προστέθηκαν παρουσίασαν παρόμοια γεύση, χρώμα, ιξώδες και στυπτικότητα με το γάλα χωρίς μικροενθλακωμένες ίνες. Ωστόσο, η απόδοση της ενθυλάκωσης ήταν περίπου 88,08% και παρατηρήθηκαν απώλειες του χιτοολογοσακχαρίτη επιπέδου 7,6% σε διάρκεια 15 ημερών στους 4 °C. Σημαντικός είναι ο χαρακτηρισμός «πρεβιοτικό», δηλαδή, συστατικό που διεγείρει τον ξενιστή αναπτύσσοντας ένα ή περισσότερα βακτήρια στο κόλον. Οι υδατάνθρακες σχετικά μικρού μήκους αλυσίδας θεωρούνται ως πρεβιοτικά, συμπεριλαμβανομένων παραδοσιακά ολιγοσακχαρίτη σόγιας, ινουλίνες, φρουκτοολιγοσακχαρίτες (νεο-σάκχαρο), ισομαλτοολιγοσακχαρίτες, γαλακτοολιγοσακχαρίτες (GOS) κ.λπ. Μόνο- ή ολιγοσακχαρίτες χρησιμοποιούνται ως υποκατάστατα σακχαρόζης προκειμένου να παρουσιάσουν την επιθυμητή γλυκύτητα συνεισφέροντας θετικά στα λειτουργικά τρόφιμα. Όταν οι άνθρωποι καταναλώνουν σακχαρόζη με τη βοήθεια οδοντικών βακτηρίων σχηματίζονται λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας (SCFA) που προκαλούν τερηδόνα και μεταβολίζονται από το *Streptococcus mutans*. Ενώ τα υποκατάστατα ζάχαρης δεν μπορούν να μεταβολιστούν από τον *Streptococcus mutans* και άρα δεν εμφανίζεται ο κίνδυνος τερηδόνας. Μερικοί άλλοι σακχαρίτες π.χ., η σύζευξη ζάχαρης και παλατινόζης, χρησιμεύουν ως υποκατάστατα ζάχαρης που προφυλάσσουν από τερηδόνα, για να προσδώσουν γλυκύτητα και ενέργεια σε άτομα που χρειάζονται πολύ ενέργεια. Άλλοι μονο- ή ολιγοσακχαρίτες παρουσιάζουν διαφορές ως προς την ικανότητα πέψης και το μεταβολισμό σε σχέση με τη ζάχαρη. Ορισμένοι μονο- και ολιγοσακχαρίτες π.χ. Neosugar φτάνοντας στο παχύ έντερο ζυμώνονται από τα βακτήρια του παχέος εντέρου προς λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας όπου μεταβολίζονται και απορροφώνται. Ένα άλλο παράδειγμα είναι ο μονοσακχαρίτης ερυθριτόλη όπου απορροφάται στο λεπτό έντερο όπου απεκκρίνεται στα ούρα (Ye κ.ά., 2018).

### **3.2 Χρήση βιοπολυμερών στη συσκευασία λειτουργικών τροφίμων**

Τα βιοπολυμερή έχουν μελετηθεί και χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς, μεταξύ αυτών και στη συσκευασία τροφίμων. Είναι ευρέως χρησιμοποιούμενα για τις σύγχρονες ανάγκες καθώς είναι βιοδιασπώμενα, ελαφριά, φθηνά. Μπορεί να είναι φυσικές ή συνθετικές κατασκευασμένες ενώσεις, αποτελούμενες από μεγάλο αριθμό ομοιοπολικά συνδεδεμένων μονομερών μονάδων. Πιο συγκεκριμένα, μπορούν να είναι παρασκευασμένα από φυσικά υλικά, βιοσυνθετικά από ζωντανούς οργανισμούς, με χημική σύνθεση από βιολογική πηγή. Τα βιοπολυμερή φέρουν κατάλληλες μήτρες για την ενθυλάκωση βιολειτουργικών συστατικών σε συσκευασίες λειτουργικών τροφίμων. Τα βιοπολυμερή που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη

συσκευασία τροφίμων είναι οι πολυσακχαρίτες, οι πρωτεΐνες και τα πολυτεππίδια, τα λιπαρά οξέα και άλλα οργανικά πολυμερή.

Η συσκευασία είναι ένα από τα τελικά στάδια της επεξεργασίας ενός τροφίμου για την προστασία, τη συντήρηση και την εμφάνισή του. Αν και τα υλικά της συσκευασίας που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι το πλαστικό, το μέταλλο, το χαρτί και το γυαλί επειδή εμφανίζουν κάποια ελαττώματα, είναι καθοριστικής σημασίας οι συσκευασίες κατασκευασμένες με βιοπολυμερή. Μερικά από τα μειονεκτήματα που εμφανίζονται στη συσκευασία από πλαστικό είναι η τοξικότητα, η περιβαλλοντική μόλυνση, τα μικροπλαστικά και ο κίνδυνος ασφυξίας. Η τοξικότητα αφορά τη θερμική αποικοδόμηση ή/και λιώσιμο σε υψηλές θερμοκρασίες, την αποικοδόμηση χημικών ουσιών (δισφαινόλη Α - ΒΡΑ, φθαλικές ενώσεις και στυρόλιο) που μπορούν να διαχυθούν στα τρόφιμα, προκαλώντας πέρα από τοξικότητα και καρκινογόνο δράση. Το ΒΡΑ και το στυρόλιο εμφανίζουν καρκινογόνο δράση, με το μεν ΒΡΑ να σχετίζεται με την παχυσαρκία, το διαβήτη στα παιδιά και τις εγκεφαλικές κακώσεις των εμβρύων, ενώ το δε στυρόλιο σχετίζεται με τις αναπνευστικές διαταραχές. Τέλος, οι φθαλικές ενώσεις σχετίζονται με το άσθμα και τη στειρότητα. Η περιβαλλοντική μόλυνση από τα πλαστικά, σχετίζεται από τη μη βιοδιασπώμενη μορφή τους που δημιουργεί μεγάλο αριθμό τοξικών αερίων, που επιφέρει το φαινόμενο του θερμοκηπίου, εκείνο με τη σειρά του τη στιβάδα του όζοντος, που είναι σημαντικός παράγοντας για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Τα τοξικά αέρια έχουν την ικανότητα να διαλυθούν στη βροχή για σχηματισμό της όξινης βροχής. Ένας άλλος λόγος που καθιστά τα πλαστικά αιτία περιβαλλοντικής μόλυνσης είναι ότι τα απορρίμματά τους σε θαλάσσιες ακτές απειλούν τη ζωή των υδρόβιων οργανισμών και κάποια από αυτά γίνονται είδος υπό εξαφάνιση. Τα μικροπλαστικά μπορεί να είναι προϊόντα αποικοδόμησης με βλαβερές επιδράσεις στο κυκλοφορικό και αναπνευστικό σύστημα των θηλαστικών και άλλων ασπόνδυλων και επιπλέον προκαλούν οξειδωτικές βλάβες και γενετικές αλλοιώσεις σε ανθρώπους. Όσον αφορά τα περιστατικά ασφυξίας όπως από κατάποση, προκαλούνται κυρίως στα παιδιά και στους εφήβους. Η κατάποση προκαλεί βλάβη οργάνων και εν τέλει θνησιμότητα ή νοσηρότητα. Αποτελεί μία από τις πιο συχνές περιπτώσεις θανάτων από πλαστικό.

Οι αρνητικές επιπτώσεις από μεταλλικές συσκευασίες σχετίζονται με την τοξικότητα. Το αλουμίνιο που μπορεί να βρίσκεται σε καπάκια, δίσκους προετοιμασίας τροφίμων, ως υλικό για την κατασκευή εξοπλισμού επεξεργασίας και σε μαγειρικά σκεύη μπορεί να διαρρεύσει στα τρόφιμα και να προκαλέσει δηλητηρίαση. Τα τρόφιμα με υψηλή οξύτητα μπορούν να αντιδράσουν με το αλουμίνιο συνθέτοντας πιο τοξικά προϊόντα, που προκαλούν άνοια, καρκίνο του μαστού, διαταραχή του σκελετικού συστήματος, φλεγμονώδεις καταστάσεις και

αναπνευστικά προβλήματα.

Λύση σε όλα τα παραπάνω έρχεται να φέρει η συσκευασία πολυμερών, που δεν παρεμποδίζει τις λειτουργίες των βιολειτουργικών συστατικών στα λειτουργικά τρόφιμα και δεν αντιδρούν αρνητικά μαζί τους. Στη συσκευασία η επικάλυψη των τροφίμων είναι σημαντική για διατήρηση των λειτουργικών τους ιδιοτήτων. Τα βιοπολυμερή θα πρέπει να έχουν κάποια χαρακτηριστικά: 1. εργονομία και ευκολία επεξεργασίας, 2. βρώσιμα και βιοσυμβατά, 3. μη τοξικά και μη καρκινογόνα, χωρίς μακροπρόθεσμες συνέπειες για την υγεία, 4. βιοαποικοδομήσιμα και ανακυκλώσιμα, 6. καλές μήτρες πολυμερών για ενθυλάκωση βιολειτουργικών συστατικών, 7. οικονομικά και παραγόμενα από ανανεώσιμες πηγές, 8. αποτελεσματικός φραγμός έναντι αερίων και υγρασίας, 9. δεν εμφανίζουν αρνητική επίπτωση στην ποιότητα των τροφίμων, κυρίως όσον αφορά την οργανοληπτική ποιότητα (Chhikara & Panghal, 2022).

### **3.2.1 Άμυλο**

Διαθέτει αλυσίδες αμυλοπηκτίνης και αμυλόζης που διαλύονται στο νερό κάνοντας πιο εύκολη τη χρήση του. Είναι καλός φραγμός έναντι του οξυγόνου. Ωστόσο, δεν έχει καλή αντοχή στον εφελκυσμό και στην επιμήκυνση. Έτσι, παρασκευάζεται ως σύνθετο υλικό με χημική τροποποίηση, πλαστικοποίηση, εξώθηση ή συνδυασμό δύο ή περισσότερων από αυτές τις διεργασίες. Επιπλέον, είναι εύθραυστο και πλαστικοποιείται με ξυλιτόλη, ουρία, σορβιτόλη, πολυαιθέρες ή γλυκερόλη. Προκειμένου να δημιουργηθούν άλλα επιθυμητά χαρακτηριστικά προστίθενται άλλες πρόσθετες ουσίες: για βελτιωμένη βιοδιασπασιμότητα και μείωση κόστους προστίθεται πολυγαλακτικό οξύ, για πιο προσιτή τιμή προστίθεται πολυκαπρολακτόνη, για βελτιωμένη συγκόλληση, γαλακτωματοποίηση, ευκαμψία, αντοχή σε εφελκυσμό, βελτιωμένο φράγμα οξυγόνου και ιδιότητες αντοχής σε εφελκυσμό χρησιμοποιείται πολυβινυλική αλκοόλη (Chhikara & Panghal, 2022).

### **3.2.2 Πολυγαλακτικό οξύ**

Είναι βιοδιασπώμενο, μπορεί εύκολα να θερμοδιαμορφωθεί. Είναι καλός φραγμός στην υγρασία και τα αέρια, έχει αντοχή στον εφελκυσμό και είναι οικονομικά προσιτό. Τα υλικά πολυγαλακτικού οξέος έχουν αναγνωρισθεί ως GRAS («Γενικά Αναγνωρισμένα ως Ασφαλή»), καθιστώντας τα εφαρμόσιμα για πρωτογενής συσκευασίες τροφίμων (Chhikara & Panghal, 2022).

### **3.2.3 Κυτταρίνη**

Είναι ομοπολυμερές γλυκόζης που συνδέεται με β-1,4 δεσμούς που το καθιστά υδρόφιλο, ινώδες, κρυσταλλικό αλλά αδιάλυτο στο νερό. Αυτά τα χαρακτηριστικά το καθιστούν

ακατάλληλο για παραγωγή φιλμ και καθιστάται απαραίτητη η περαιτέρω τροποποίησή του σε οξική κυτταρίνη ή σελοφάν, με διάλυση της κυτταρίνης σε μείγμα δισουλφιδίου άνθρακα και υδροξειδίου του νατρίου με αναχύτευση οξέος για την κατασκευή φιλμ. Το σελοφάν είναι ευαίσθητο στην υγρασία και μέτρια καλός φραγμός αερίων. Τα μειονεκτήματα αυτά αντιμετωπίζονται συχνά με επικάλυψη του με κηρό νιτροκυτταρίνης ή χλωριούχο πολυβινυλιδένιο (PVDC) και με αυτόν τον τρόπο χρησιμοποιείται για τη συσκευασία αρκετών τροφίμων (Chhikara & Panghal, 2022).

### **3.2.4 Χιτοζάνη**

Προέρχεται από τη χιτίνη που έχει υποστεί N-αποακετυλίωση και αποτελείται από μονομερείς μονάδες 1,4 συνδεδεμένες με 2-δεοξυ-2-αμινογλυκόζη. Έχει καλές ιδιότητες σχηματισμού φιλμ και αυξημένη διαλυτότητα σε υδατικά διαλύματα οξέος. Έτσι, χρησιμοποιείται ως επίστρωση σε άλλα υλικά συσκευασίας. Είναι βιοδιασπώμενη με αντιβακτηριακές και συχνά αντιμυκητιακές ιδιότητες. Επιπλέον, είναι μη τοξικό με καλή διατροφική ποιότητα, για αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βρώσιμο επίχρισμα σε φρούτα (Chhikara & Panghal, 2022).

### **3.2.5 Πρωτεΐνες**

Τα πρωτεϊνικά βιοπολυμερή που χρησιμοποιούνται σε συσκευασίες τροφίμων και τα βρώσιμα επιχρίσματα είναι μη τοξικά και αποτελούν πιθανές μήτρες για την ενθυσάλκωση βιοδραστικών συστατικών. Αυτά τα χαρακτηριστικά συντελούν στο να αποτελούν καλά υλικά σχηματισμού φιλμ. Ένα ακόμα πλεονέκτημά τους είναι η βιοδιασπώμενη φύση τους και το χαμηλό τους κόστος. Μερικές από τις πρωτεΐνες τροφίμων που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη μεμβρανών και βρώσιμων επικαλύψεων είναι η πρωτεΐνη σόγιας, η ζεΐνη καλαμποκιού, η πρωτεΐνη ορού γάλακτος, η ζελατίνη, το κολλαγόνο, η γλουτένη σίτου και η καζεΐνη. Μεμβράνες από αυτά τα πολυμερή έχουν χρησιμοποιηθεί για την επικάλυψη ποικίλων τροφίμων μεταξύ αυτών και διάφορα φρούτα και λαχανικά. Η γλουτένη σίτου χρησιμοποιείται για τη συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας, διότι είναι διαπερατή στο διοξείδιο του άνθρακα και αποτελεί καλό φραγμό στο οξυγόνο. Οι πρωτεΐνες σόγιας και η ζεΐνη καλαμποκιού χρησιμοποιούνται για τη μείωση της ευθραυστότητας όταν επεξεργαστούν με πλαστικοποιητές (όπως η γλυκερόλη) (Chhikara & Panghal, 2022).

### **3.2.6 Καραγενάνη**

Είναι φυσικά διαθέσιμη στα θαλάσσια φύκια της οικογένειας Rhodophyceae με τις μορφές λ-, ι-, μ-, και κ- με πιο συχνά χρησιμοποιούμενη στην επεξεργασία τροφίμων να είναι η μορφή κ-

(κ-καραγενάνη). Ο σχηματισμός φιλμ καραγενάνης συνήθως γίνεται με ζελατινοποίηση κατά τη διάρκεια επαρκούς ξήρανσης, σχηματίζοντας τρισδιάστατο δίκτυο, με αποτέλεσμα ένα στερεό φιλμ μετά την εξάτμιση του διαλύτη. Οι μεμβράνες αυτές έχουν αντιμικροβιακές ιδιότητες και επιβραδύνουν την οξειδωση των λιπιδίων (Chhikara & Panghal, 2022).

### **3.2.7 Αλγινικά άλατα**

Εξάγονται από τα κυτταρικά τοιχώματα διαφόρων ειδών θαλάσσιων φυκιών, συμπεριλαμβανομένων των *Ecklonia*, *Fucus*, *Laminaria* και *Ascophyllum nodosum*. Χρησιμοποιούνται ως βρώσιμα επιχρίσματα, έχουν διαφάνεια και μεγάλη διαλυτότητα στο νερό, όμως όταν χρειάζεται να μην είναι υδατοδιαλυτά, τα αλγινικά άλατα με τη βοήθεια δισθενών κατιόντων όπως ιόντων ασβεστίου αλληλεπιδρούν ιοντικά. Το αλγινικό άλας είναι οικονομικά προσιτό, βιοσυμβατό, βιοδιασπώμενο και μη τοξικό, άρα ιδανικό ως παράγοντας σχηματισμού φιλμ. Ωστόσο τα αλγινικά άλατα έχουν μεγάλη ευθραυστότητα και μέτρια ευελιξία. Προκειμένου να βελτιώσουν την ευελιξία τους και να μειώσουν την ευθραυστότητα τους πλαστικοποιούνται με τη βοήθεια σορβιτόλης ή γλυκερόλης. Η γραμμική διαμόρφωση των αλγινικών αλάτων τα καθιστά ιδανικά ως παράγοντες σχηματισμού μεμβρανών που επιβραδύνουν την αφυδάτωση σε τρόφιμα υψηλής υγρασίας. Οι μήτρες με αλγινικά άλατα μπορούν να ενθυλακώσουν βιοδραστικά συστατικά και γενικά να βελτιώσουν την ποιότητα των τροφίμων ως προς τις οργανοληπτικές ιδιότητες, την υφή και την υγρασία (Chhikara & Panghal, 2022).

### **3.2.8 Συμπεράσματα**

Για να αποφευχθεί η περιβαλλοντική ρύπανση και να διατηρηθούν οι λειτουργικές ιδιότητες των λειτουργικών συστατικών τα βιοπολυμερή αποτελούν μία καλή εναλλακτική λύση. Το γεγονός ότι είναι βιοδιασπώμενα αλλά και αρκετά άλλα χαρακτηριστικά τους όπως η φυσική, βιώσιμη και άφθονη διαθεσιμότητά τους, η προσιτή τιμή και η λειτουργία τους ως φορείς ενός ή περισσότερων λειτουργικών συστατικών, τα διαφοροποιούν από τα συμβατικά συνθετικά πολυμερή. Η χρήση βιοπολυμερών για τη συσκευασία λειτουργικών τροφίμων και για διαδικασίες επεξεργασίας τροφίμων είναι χρήσιμη στη βιομηχανία τροφίμων (Chhikara & Panghal, 2022).

## **3.3 Χρήση παραπροϊόντων τροφίμων στη βιομηχανία τροφίμων**

Μεγάλο μέρος των τροφίμων παγκοσμίως δεν αξιοποιείται από τις βιομηχανίες τροφίμων και απορρίπτεται, αν και αποτελεί καλή πηγή θρεπτικών συστατικών με οφέλη για την υγεία

(Ivanonić κ.ά., 2023 , Chew κ.ά., 2019). Η αξιοποίηση αποβλήτων αποτελεί σημαντικό μέρος των βιομηχανιών τροφίμων, προκειμένου να επιτευχθεί βιώσιμη ανάπτυξη. (Ivanonić κ.ά., 2023 , Toxicologyorcid.org/0000-0002-9802-9949, 2016). Υπολείμματα αγροδιατροφής παράγονται σε μεγάλη ποσότητα στις βιομηχανίες τροφίμων όλο το χρόνο παγκοσμίως με την FAOSTAT (Εταιρική Στατιστική Βάση Δεδομένων του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας), να ανακοινώνει ότι χάνεται το ένα τρίτο όλων των τροφίμων που παράγονται παγκοσμίως (Ivanonić κ.ά., 2023). Μόλις το 38 % συμβαίνει κατά την επεξεργασία (Toxicologyorcid.org/0000-0002-9802-9949, 2016). Η πολυπλοκότητα που εμφανίζουν και η υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία που μπορεί να οδηγήσει σε βακτηριακή μόλυνση, καθιστούν δύσκολη την πλήρη αξιοποίηση των αποβλήτων. Αυτά αποτελούν κάποιους από τους λόγους που αξιοποιούνται για παραγωγή ζωοτροφών ή γεωργικών προϊόντων (Toxicologyorcid.org/0000-0002-9802-9949, 2016). Παρόλα αυτά αποτελούν καλή πηγή λειτουργικών συστατικών με οφέλη για την υγεία αν και απορρίπτονται ως οργανικά απόβλητα. Οι πηγές προϊόντων από τις οποίες προέρχονται είναι από τα εκτρεφόμενα ζώα όπως σφάγια, δέρματα, κεφάλια, φτερά, κοπριά, προϊόντα σπλάχνων, κόκκαλα, λίπος. Στα απόβλητα των θαλασσινών περιλαμβάνονται δέρματα, οστά, έλαια, αίμα. Από τη βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων, απορρίπτεται ο ορός του γάλακτος, το τυρόπηγμα και τέλος από τις βιομηχανίες φρούτων-λαχανικών, οι φλούδες, οι μίσχοι, οι σπόροι, τα πίτουρα, το άμυλο, τα σάκχαρα (Toxicologyorcid.org/0000-0002-9802-9949, 2016). Στα λειτουργικά συστατικά που απομονώνονται από τις παραπάνω πηγές αποβλήτων περιλαμβάνονται οι πολυφαινόλες, τα απαραίτητα λιπαρά οξέα, οι ίνες, τα μέταλλα, οι πρωτεΐνες κ.α. (Ivanonić κ.ά., 2023 , Toxicologyorcid.org/0000-0002-9802-9949, 2016). Αυτά τα υπολείμματα ή τα υποπροϊόντα αξιοποιούνται λόγω των λειτουργικών τους συστατικών προς παραγωγή τροφίμων που αποτελούν νέα τάση. Η ανάπτυξη τους είναι όλο και αυξανόμενη καθώς οι καταναλωτές συνειδητοποιούν ότι τα τρόφιμα που καταναλώνουν επηρεάζουν την υγεία τους. Πέρα από την ικανοποίηση της πείνας είναι απαραίτητα και για παροχή θρεπτικών συστατικών (Toxicologyorcid.org/0000-0002-9802-9949, 2016).

Σύμφωνα με τη Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών ως μέρος της Ατζέντας το 2030 προκειμένου να επιτευχθεί η Βιώσιμη Ανάπτυξη, οι ευρωπαϊκές χώρες έχουν σκοπό να επιτύχουν μείωση της απώλειας τροφίμων και των απορριμμάτων. Ένας από τους στόχους του προγράμματος Βιώσιμης Ανάπτυξης είναι να μειωθεί στο μισό η παγκόσμια σπατάλη τροφίμων έως το 2030. Έτσι, το 2016, η ΕΕ δημιούργησε πλατφόρμα για την Απώλεια Τροφίμων και Αποβλήτων Τροφίμων και πρότεινε να «χρησιμοποιηθούν όλες οι σχετικές δραστηριότητες έρευνας και καινοτομίας, αφού χρησιμοποιηθούν χρηματοδοτικά μέσα για την υποστήριξη της

ανάπτυξης και της εφαρμογής καινοτομιών στην αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων για την πρόληψη της απώλειας και της σπατάλης τροφίμων, με περαιτέρω εστίαση στην πρωτογενή παραγωγή με στόχο τη μετατροπή των απορριπτέων υλικών σε νέα προϊόντα προστιθέμενης αξίας». Οι απώλειες έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην περιβαλλοντική ρύπανση, καθώς παράγεται μεγάλο ποσοστό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Όταν τα απόβλητα καταλήγουν στις χωματερές παράγεται μεθάνιο, ένα ισχυρό αέριο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ένας από τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης είναι επομένως να μειωθεί κατά το ήμισυ η παγκόσμια σπατάλη τροφίμων και να μειωθούν οι απώλειες τροφίμων στην παραγωγή και στην παράδοση έως το 2030 (Ivanović κ.ά., 2023).

Τα υπολείμματα ή τα υποπροϊόντα τροφίμων συνήθως αναφέρονται στα βρώσιμα μέρη από τα προϊόντα διατροφής, που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, αλλά έχουν απορριφθεί, χαθεί υποβαθμιστεί ή καταναλωθεί από παράσιτα. Ορισμένες βιομηχανίες τροφίμων μεταποίησαν τα απόβλητά τους και χρησιμοποίησαν τα λειτουργικά συστατικά τροφίμων προκειμένου να βελτιώσουν την οικονομία τους στην αγορά.

### **3.3.1 Πρωτεΐνες**

Η αύξηση του πληθυσμού επιφέρει αύξηση της ανάγκης τροφίμων πλούσιων σε πρωτεΐνες. Αναμένεται έως το 2025 να χρειαστούν μέχρι και 7 εκατομμύρια τόνοι πρωτεϊνικών συστατικών για ανθρώπινη κατανάλωση. Όμως για να επιτευχθούν οι στόχοι για Βιώσιμη Ανάπτυξη μέχρι το 2030 είναι απαραίτητη η μείωση της κατανάλωσης ζωικής πρωτεΐνης και η στροφή προς την κατανάλωση πρωτεΐνης φυτικής προέλευσης. Κάθε ένα κιλό αποβλήτων που προέρχονται από πηγή πρωτεϊνών, παράγονται μεταξύ 15 και 750 kg διοξειδίου του άνθρακα, που συνεισφέρουν στην επιτάχυνση εμφάνισης του φαινομένου του θερμοκηπίου. Μέχρι και τα τελευταία χρόνια αξιοποιούνταν για την παρασκευή ζωοτροφών και οργανικών αποβλήτων επειδή παρουσίαζαν αντιθρεπτικές ουσίες. Καλή λύση ωστόσο με τη βοήθεια διαδικασιών καθαρισμού, προκειμένου να αποφευχθεί η περιβαλλοντική μόλυνση, είναι η αξιοποίησή τους για παραγωγή προϊόντων με λειτουργικές ιδιότητες ή για προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας. Σημαντικό είναι για να χαρακτηρίζονται προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας, να περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, να έχουν πρωτεΐνες υψηλής ποιότητας και να μην περιέχουν τοξικές ή αλλεργιογόνες ουσίες (Ivanović κ.ά., 2023). Προϊόντα που αποτελούνται από θραύσματα πρωτεΐνης και μπορούν να επιδράσουν θετικά στην υγεία και στις λειτουργίες του σώματος καλούνται βιοενεργά πεπτίδια (BP). Οι πρωτεΐνες είναι πολυπεπτίδια με μεγαλύτερο μοριακό βάρος. Ενώ τα BP είναι πεπτίδια από αλληλουχίες αμινοξέων μικρού μεγέθους (2-15 αμινοξέα) ενωμένες με αμιδικούς ή πεπτιδικούς δεσμούς (Sánchez & Vázquez, 2017, Aluko, 2012). Ωστόσο,



το μικρό τους μέγεθος και το χαμηλό μοριακό βάρος διευκολύνουν την απορρόφηση αυτών των μορίων κατά τη διαδικασία της πέψης προκειμένου να ασκήσουν τους βιολογικές επιδράσεις. Όταν βρίσκονται εντός της πρωτεΐνης, είναι στην ανενεργή μορφή τους, αλλά μπορούν να ενεργοποιηθούν όταν απελευθερωθούν κατά τη διάρκεια της πεπτικής διαδικασίας στον οργανισμό (Aluko, 2012). Εμφανίζουν παραπλήσιες δράσεις με φάρμακα και ταξινομούνται ως αντιμικροβιακά, αντιθρομβωτικά, αντιυπερτασικά, ανοσοτροποποιητικά και αντιοξειδωτικά. Τα πεπτίδια μπορούν να ληφθούν από μια ποικιλία πηγών, συμπεριλαμβανομένων των μικροβίων, των φυτών και των ζώων. In vivo, τα πεπτίδια μπορούν να απελευθερωθούν κατά τη γαστρεντερική (GI) πέψη από ένζυμα όπως η θρυψίνη ή από μικροβιακά ένζυμα. In vitro, μπορούν επίσης να απελευθερωθούν κατά την επεξεργασία ή την ωρίμανση των τροφίμων από μικροβιακά ένζυμα (π.χ. *Lactobacillus helveticus*) (Sánchez&Vázquez, 2017).

Από μελέτες από παραπροϊόντα κρέατος (π.χ. οστά, αίμα, κολλαγόνο, ζελατίνη, συκώτι, δέρμα κ.λπ) έχουν αναφερθεί οι δράσεις των βιοδραστικών πεπτιδίων. Όπως αντιοξειδωτική, αντιυπερτασική, αντιθρομβωτική και αντιμικροβιακή δράση. Τα παραπροϊόντα κρέατος αντιστοιχούν περίπου στο 50% του βάρους του ζώου, έτσι είναι πολύ σημαντική η δυνατότητα δημιουργίας βιοενεργών πεπτιδίων ([Toxicologyorcid.org/0000-0002-9802-9949](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4911111/), 2016). Υπάρχουν ενδογενή πεπτίδια με ισχυρή αντιοξειδωτική ικανότητα ευρισκόμενα σε ζωικούς ιστούς και συγκεκριμένα σε μεγαλύτερη ποσότητα στους σκελετικούς μυς και στο νευρικό ιστό όπως πεπτίδια ιμιδαζόλης ή των παραγώγων ιστιδίνης, π.χ. καρνοσίνη (β-αλανυλ-L-ιστιδίνη), ανσερίνη (β-αλανυλ-N-π-μεθυλ-L-ιστιδίνη) και ομοκαρνοσίνη (γ-αμινοβουτυρυλ-L-ιστιδίνη). Από αυτά η καρνοσίνη και η ανσερίνη βρίσκονται σε αφθονία. Το κολλαγόνο χρησιμοποιείται σε καλλυντικά και φαρμακευτικά προϊόντα για την ενυδάτωση και ελαστικότητα του δέρματος (Jafari κ.ά., 2023). Αλλά και σε συμπληρώματα διατροφής για ενίσχυση του κολλαγόνου και για τις αντιγηραντικές του ιδιότητες ([Toxicologyorcid.org/0000-0002-9802-9949](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4911111/), 2016).

Το γάλα είναι σημαντική πηγή θρεπτικών συστατικών και για αυτό θεωρείται «πλήρης τροφή». Είναι πηγή ενέργειας και πρωτεϊνών. Πλούσια πηγή βιοενεργών πεπτιδίων που απελευθερώνονται είτε κατά την πέψη του γαστρεντερικού συστήματος είτε κατά την επεξεργασία των τροφίμων (Sánchez&Vázquez, 2017). Ο ορός του γάλακτος είναι ένα σημαντικό υποπροϊόν της γαλακτοβιομηχανίας. Είναι πλούσια πηγή πρωτεϊνών υψηλής βιολογικής αξίας, για παράδειγμα, β-λακτοσφαιρίνη, α-λακταλβουμίνη, ανοσοσφαιρίνη, αλβουμίνη ορού βοοειδών, λακτοφερίνη και λακτοϋπεροξειδάση. Αξιοποιείται στην παραγωγή σκονών με θρεπτικά συστατικά λόγω της υψηλής συγκέντρωσης απαραίτητων αμινοξέων ([Toxicologyorcid.org/0000-0002-9802-9949](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4911111/), 2016). Για παράδειγμα, οι ανοσοσφαιρίνες έχουν ανοσοπροστατευτική δράση και η λακτοφερίνη (Lf) εμφανίζει αντιβακτηριακή

(Sánchez&Vázquez, 2017). Έτσι, σημαντικός είναι ο εμπλουτισμός τροφίμων για τη δημιουργία λειτουργικών τροφίμων, με ζύμωση των πρωτεϊνών του γάλακτος με τη βοήθεια βακτηρίων του γαλακτικού οξέος (LAB). Τα προϊόντα ζύμωσης γάλακτος, έχουν θετικές επιδράσεις στην υγεία. Παράδειγμα αποτελεί η ζύμωση γάλακτος χρησιμοποιώντας γαλακτικό βακτήριο, *L. helveticus* για μείωση της αρτηριακής πίεσης σε άτομα που εμφάνιζαν υψηλές τιμές (Sánchez & Vázquez, 2017).

Τα απόβλητα από φυτικής προέλευσης πρωτεΐνες χρησιμοποιούνται συνήθως στην παραγωγή ελαίων. Ανάλογα με τον τύπο των φυτικών αποβλήτων, τα έλαια που απομένουν μπορεί να περιέχουν έως και 50% πρωτεΐνη. Παραδείγματα τέτοιων ελαίων ως πλούσια πηγή πρωτεΐνης είναι της κράμβης και του σογιέλαιου, με το σογιέλαιο να περιέχει πρωτεΐνες σε ποσοστό έως και 27% του βάρους του και με παρόμοιο προφίλ με τα αμινοξέα ζωικής προέλευσης (Ivanović κ.ά., 2023). Οι σπόροι δημητριακών που έχουν χρησιμοποιηθεί στη διατροφή του ανθρώπου για μεγάλο χρονικό διάστημα, όπως το σιτάρι, το κριθάρι, το ρύζι, η σίκαλη, η βρώμη, το κεχρί, το σόργο και το καλαμπόκι, αποτελούν πλούσια πηγή πεπτιδίων. Τα δημητριακά ολικής αλέσεως είναι ευεργετικά για την πρόληψη ασθενειών όπως ο διαβήτης, ο καρκίνος και οι καρδιαγγειακές παθήσεις. Ενώ το σιτάρι και η βρώμη περιέχουν ανασταλτικά πεπτιδία MEA και αναστολέα διπεπτιδυλικής πεπτιδάσης, καθώς και πεπτιδία με αντιθρομβωτική, αντιοξειδωτική, υποτασική δράση. Από την άλλη πλευρά, το ρύζι έχει πρωτεΐνες με πεπτιδία που παρουσιάζουν αντικαρκινική δράση. Από τις πρωτεΐνες των δημητριακών αυτές του κριθαριού και του σιταριού είναι πιο άφθονες σε πεπτιδία με βιολογικές δράσεις (Sánchez & Vázquez, 2017).

Οι μυς και τα υποπροϊόντα (όπως κεφαλές, σπλάχνα, δέρμα, κόκαλα, λέπια) θαλασσινών οργανισμών όπως τα ψάρια, τα φύκια και τα οστρακοειδή, περιέχουν σημαντικές ποσότητες πρωτεΐνης υψηλής ποιότητας (10-47%) που οδηγούν στην παραγωγή βιοδραστικών πεπτιδίων. Τα πεπτιδία αυτά περιέχουν περίπου 2-20 αμινοξέα, τα οποία μπορεί να εμφανίζουν σημαντικές βιολογικές δράσεις, όπως αντιυπερτασικές, αντιοξειδωτικές, αντιμικροβιακές, αντιθρομβωτικές και αντικαρκινικές. Επιπλέον χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία ασθενειών, λοιμώξεων λόγω της εξαιρετικής βιοειδικότητας προς τους στόχους και της μικρής αλλεργιογένεσης. Για παράδειγμα, οι Elavarasan και Shamasundar (2022) βρήκαν ότι πεπτιδία από υδρολύματα πρωτεΐνης κυπρίνου (*Catla catla*) σε κιμά σαρδέλας αποτέλεσαν εξαιρετικό αντιοξειδωτικό. Πεπτιδία με μοριακό βάρος μεταξύ 6561 και 383 Da ανέστειλαν το σχηματισμό υπεροξειδίων και μηλοναλδεϋδης. Άρα, τα πεπτιδία κυπρίνου ήταν αποτελεσματικά έναντι της οξειδωσης των λιπιδίων στον κιμά σαρδέλας. Σε άλλη μελέτη, οι Saidiet al. (2018) απέδειξαν ότι τα πεπτιδία YENGG, EGYPWN, YIVYPG και WGDAGGY που απομονώθηκαν από σκούρες μυϊκές πρωτεΐνες

τόνου είναι φυσικά αντιοξειδωτικά για την εξουδετέρωση ελεύθερων ριζών (Jafari κ.ά., 2023).

### 3.3.2 Διαιτητικές ίνες

Διακρίνονται σε διαλυτές (πηκτίνες, κόμμεα, κ.α) και αδιάλυτες ίνες (κυτταρίνη, λιγνίνη, ορισμένα πολυμερή ημικυτταρίνης). Οι διαλυτές ίνες, σχετίζονται με ιδιότητες στην καρδιομεταβολική υγεία (υπογλυκαιμικές και υποχοληστερολαιμικές ιδιότητες), ενώ οι αδιάλυτες ίνες με την υγεία του γαστρεντερικού σωλήνα. Τα απόβλητα πηγών διαιτητικών ινών αφορούν μέρη του φυτού όπως οι φλούδες, τα στελέχη, τα φύλλα και ο πυρήνας. Από μελέτη των Sahni και Shere (2018) επιβεβαιώθηκε ότι η σκόνη μήλου είχε 21,51% διαιτητικές ίνες, το καρότο 17,94%, το παντζάρι 17,94%. Εκτός των δημητριακών που αποτελούν την κυριότερη πηγή διαιτητικών ινών υπάρχουν και στα έλαια φρούτων και λαχανικών. Ο πυρήνας φρούτων είναι πλούσια πηγή ινών υψηλής ποιότητας, με κυριότερα τη μείωση των επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα. Επιπλέον, οι ίνες από πυρήνα των φρούτων ζυμώνονται πιο εύκολα από τις ίνες των δημητριακών. Ο πυρήνας του μήλου ως παραπροϊόν βιομάζας έχει υψηλή περιεκτικότητα σε ολικές διαιτητικές ίνες (74%). Από τη βιομάζα που παράγεται το μεγαλύτερο μέρος (περίπου 95%) είναι ιστοί που αποτελούνται από πολυσακχαρίτες κυτταρικού τοιχώματος (π.χ. πηκτίνη, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη και κόμμεα). Η πιο σημαντική πρώτη ύλη για εκχύλιση πηκτίνης είναι ο πυρήνας μήλου. Ο πυρήνας διαθέτει και φαινολικές ενώσεις, π.χ. διυδροχαλκόνες, φλαβονόλες, φλαβανόλες και φαινολικά οξέα. Η φλοριζίνη, η πιο άφθονη φαινολική ένωση στον πυρήνα μήλου, αποτελεί από του στόματος λύση για μείωση του κινδύνου διαβήτη τύπου 2. Ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2, που θεραπεύεται με την αναστολή του συν-μεταφορέα νατρίου-γλυκόζης-2 (SGLT 2) (Ivanović κ.ά., 2023).

### 3.3.3 Πολυφαινόλες

Ο πολυφαινόλες διακρίνονται στα φλαβονοειδή που περιλαμβάνουν τις φλαβόνες, τις φλαβονόλες, τις φλαβανόλες, τις ανθοκυανίνες, τα ισοφλαβονοειδή κ.λπ και στα φαινολικά οξέα που διακρίνονται σε υδροξυβενζοϊκό και σε υδροξυκιναμικό οξύ. Τα απόβλητα των φυτικών προϊόντων είναι πλούσια πηγή πολυφαινολών. Στον πυρήνα του μήλου βρέθηκαν σε υψηλές ποσότητες ενώσεις με αντιφλεγμονώδη, αντιμικροβιακή και αντικαρκινική δράση. Συγκεκριμένα, φλαβονοειδή όπως η ισοραμεντίνη, η καμπφερόλη, η κερσετίνη, η προκυανιδίνη B2 και η επικατεχίνη. Επίσης, διυδροχαλκόνες με αντιδιαβητικές ιδιότητες και ιδιότητες κατά της παχυσαρκίας. Αλλά και τα φαινολικά οξέα π-κουμαρικό, σιναπτικό, καφεϊκό, χλωρογενικό, π-κουμαροϋλκινικό οξύ και φερούλικό και ανθοκυανίνες όπως η κυανιδιν-3-ο-γαλακτοσίδη. Στο σταφύλι (σπόροι, φλούδες και μίσχοι) περιλαμβάνονται φλαβονόλες, προανθοκυανιδίνες και

ανθοκυανίνες. Αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη, αντιμεταλλαξιογόνα και αντικαρκινογόνα δράση παρατηρήθηκε στα στέμφυλα σταφυλιού, λόγω των προανθοκυανιδινών. Από προϊόντα όπως πατατάκια και άλλα σνακ με βάση την πατάτα, περισσεύει η φλούδα πατάτας. Η φλούδα εμφανίζει πολύ μεγαλύτερη συγκέντρωση πολυφαινολών, κυρίως φαινολικά οξέα από τη σάρκα. Η ποικιλία φρούτων *xoconostle* ως παραπροϊόντα τροφίμων, αποτελεί πλούσια πηγή αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων. Το *xoconostle* (όξινο αχλάδι κάκτου) και τα υποπροϊόντα αυτού έχουν εκτιμηθεί τόσο από τους επαγγελματίες υγείας λόγω των ωφελειών στην υγεία, όπως αντιυπογλυκαιμικές, αντιυπερλιπιδαιμικές, υποχοληστερολαιμικές, αντιφλεγμονώδεις, αντικαρκινικές ιδιότητες. Ο πυρήνας μήλου διαθέτει πέρα των διαιτητικών ινών και φαινολικές ενώσεις, π.χ. διυδροχαλκόνες, φλαβονόλες, φλαβανόλες και φαινολικά οξέα. Η φλοριζίνη (διυδροχαλκόνες), η πιο άφθονη φαινολική ένωση στα εκχυλίσματα του πυρήνα μήλου, και αυτή είναι η βασική δομή μιας νέας κατηγορίας από το στόματος αντιδιαβητικών φαρμάκων. Σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2, που θεραπεύεται με την αναστολή του συν-μεταφορέα νατρίου-γλυκόζης-2 (SGLT 2). (Ivanović κ.ά., 2023). Ένα ακόμα λαχανικό, η αγκινάρα *Globe* είναι εξαιρετική πηγή φαινολικών ενώσεων, αλλά και ινουλίνης, φυτικών ινών και μετάλλων. Τα υποπροϊόντα αγκινάρας, π.χ. φύλλα, μίσχοι που εκχυλίζονται αποτελούν μεγάλο και σημαντικό προϊόν απόρριψης με ευεργετικές δράσεις. Οι βιομηχανίες μπορούν να το αξιοποιήσουν για παραγωγή νέων προϊόντων. Τα εκχυλίσματα της αγκινάρας έχουν χρησιμοποιηθεί ως λύση για την αντιμετώπιση ηπατικών βλαβών. Οι θεραπευτικές ιδιότητες οφείλονται στην εκχυλισμένη ένωση κυναρίνη (1, 3-Οδικαφεοϋλκινικό οξύ). Διάφορες μελέτες έχουν αποδείξει ότι τα φύλλα αγκινάρας δρουν ηπατοπροστατευτικά, αντι-HIV, αντικαρκινογόνα, αντιβακτηριδιακά, αντιοξειδωτικά καθώς και προστατευτικά έναντι οξειδωσης της LDL. Το φρούτο *Averrhoa carambola* L. αποτελεί καλή πηγή πολυφαινολικών. Από το φρούτο μετά την εξαγωγή του χυμού του, το υπόλοιπο μέρος απορρίπτεται. Ύστερα από μελέτες αποδείχθηκε ότι το υπόλειμμα έχει υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση από τον χυμό. Το υπόλειμμα του αστεριού, το οποίο απορρίπτεται τακτικά στην προετοιμασία του ροφήματος χυμού, βρέθηκε ότι περιέχει πολύ υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση από τον εκχυλισμένο χυμό. Έχει και την ικανότητα όταν προστεθεί στο σογιέλαιο να το προστατεύσει από την οξείδωση. Έτσι, λόγω των ιδιοτήτων του τα υπολείμματα είναι καλό να χρησιμοποιούνται για λειτουργικά προϊόντα διατροφής (Toxicologyorcid.org/0000-0002-9802-9949, 2016).

### 3.3.4 Φυτοστερόλες

Οι ξηροί καρποί, τα προϊόντα ολικής αλέσεως και τα όσπρια είναι επίσης καλές πηγές φυτοστερολών. Οι πιο άφθονες φυτοστερόλες είναι η β-σιτοστερόλη, η καμπεστερόλη και η

στιγμαστερόλη. Έχουν την ικανότητα μείωσης της χοληστερόλης χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης (LDL) και αποτρέπουν από τον κίνδυνο εμφάνισης στεφανιαίας νόσου. Η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη είναι μεταξύ 100 και 400 mg/ημέρα. Ωστόσο, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) έκανε λόγο για δόση 1,5-2,4g ημερησίως για χοληστερολαιμική δράση, που ωστόσο δεν είναι δυνατή η κατανάλωση τόσο υψηλής ημερήσιας δόσης και έτσι είναι απαραίτητο να προσλαμβάνονται μέσω λειτουργικών τροφίμων. Όπως είναι η μαργαρίνη και τα γαλακτοκομικά προϊόντα με προστιθέμενη φυτοστερόλη. Υποπροϊόντα όπως το κουνουπίδι και το μπρόκολο και υποπροϊόντα επεξεργασίας φρούτων όπως τα μήλα και τα μούρα αποτελούν πιθανές πηγές φυτικών στερολών. Αυτά θα μπορούσαν να προστίθενται για δημιουργία λειτουργικών τροφίμων χρήσιμα για πρόληψη και θεραπεία καρδιαγγειακών παθήσεων (Ivanović κ.ά., 2023).

### 3.3.5 Καροτενοειδή

Τα καροτενοειδή χωρίζονται σε κυκλικά καροτένια όπως το α-καροτένιο και το β-καροτένιο, αλλά και γραμμικά όπως το λυκοπένιο και οι ξανθοφύλλες δηλαδή η λουτεΐνη, η ζεαξανθίνη και η β-κρυπτοξανθίνη. Επιπλέον, χωρίζονται σε εκείνα με δράση προβιταμίνης Α (β-καροτένιο και β-κρυπτοξανθίνη και σε αυτά χωρίς δράση προβιταμίνης Α (λυκοπένιο και λουτεΐνη). Πέρα της χρήσης τους ως φυσικές χρωστικές έχουν ενδιαφέρον και ως βιοδραστικές ενώσεις. Η πιο σημαντική δράση τους είναι η μείωση του κινδύνου εκφύλισης της ωχράς κηλίδας αλλά έχει και ορισμένες άλλες δράσεις. Υποπροϊόντα τομάτας είναι η κύρια πηγή αποβλήτων καροτενοειδών. Το λυκοπένιο έχει ποσοστό έως και 90% των καροτενοειδών σε φλούδα ντομάτας. Στην φλούδα επίσης σε σχέση με τον πολτό περιέχεται σχεδόν 5 φορές περισσότερο λυκοπένιο (περίπου 377 μg/g), όταν υπολογιστεί σε ξηρό βάρος. Έχει βρεθεί ότι σε τυρί μπορεί να ενθλακωθεί έλαιο από τη φλούδα της ντομάτας διότι είχε αντιοξειδωτική δράση (Ivanović κ.ά., 2023). Όταν από υποπροϊόντα καρότου, έγινε εκχύλιση β-καροτενίου σε τρόφιμα, ο καταναλωτής προσλάμβανε την συνιστώμενη ημερήσια δόση προβιταμίνης Α. Στο υπόλειμμα των θαλασσινών και συγκεκριμένα στο κέλυφος των γαρίδων, περιέχεται ασταξανθίνη, η οποία είναι σημαντικά βιώσιμο αντιοξειδωτικό, με βιωσιμότητα 500 φορές μεγαλύτερη από της βιταμίνης Ε ([Toxicologyorcid.org/0000-0002-9802-9949](https://www.toxicologyorcid.org/0000-0002-9802-9949), 2016).

## 4. Συμπεράσματα

Τα λειτουργικά τρόφιμα έχουν τη δυνατότητα προαγωγής της υγείας ή/και πρόληψης ασθενειών πέρα από την παροχή θρεπτικών συστατικών, όταν αποτελούν μέρος μιας ισορροπημένης διατροφής. Αυτά δεν αποτελούν πανάκεια, δηλαδή θα πρέπει να ακολουθούνται και καλές διατροφικές συνήθειες και καλός τρόπος ζωής. Στον καλό τρόπο ζωής περιλαμβάνονται η τακτική άσκηση, η διατήρηση υγιούς σωματικού βάρους για την αποτροπή της πιθανότητας εμφάνισης παχυσαρκίας, η αποφυγή καπνίσματος, η μείωση του άγχους κ.α. Με όλα τα παραπάνω, τα λειτουργικά τρόφιμα θα αποτελέσουν αρωγό στη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης ασθενειών. Μπορούν να περιλαμβάνονται τόσο συμβατικά μη επεξεργασμένα τρόφιμα όσο και επεξεργασμένα, με εμπλουτισμό με διάφορα λειτουργικά συστατικά, με μεθόδους γενετικής τροποποίησης κ.α. Στα βιοδραστικά που είτε υπάρχουν φυσικά στα τρόφιμα είτε ενσωματώνονται, ανήκουν, τα προβιοτικά-πρεβιοτικά, οι φυτικές ίνες, τα λιπαρά οξέα, οι πολυφαινόλες, οι φυτοστερόλες, τα καροτενοειδή, οι πρωτεΐνες. Η ενζυματική υδρόλυση που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της πέψης ή της ζύμωσης μπορεί να απελευθερώσει τεράστια ποσότητα βιοενεργών πεπτιδίων. Αυτά έχουν ποικίλες ιδιότητες, όπως αντιμικροβιακές, αντιθρομβωτικές, αντιυπερτασικές, ανοσοτροποποιητικές, αντιοξειδωτικές. Για να οριστεί ένα τρόφιμο λειτουργικό, απαιτούνται κατάλληλες κλινικές δοκιμές και πειραματική απόδειξη ασφάλειας και λειτουργικότητας, αλλιώς το τρόφιμο θεωρείται απλά θρεπτικό. Η αποδοχή αυτών από τους καταναλωτές εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως τα χαρακτηριστικά του προϊόντος, τα χαρακτηριστικά συμπεριφοράς, την ψυχολογία του κ.α. Η μετάδοση των ωφελειών για την υγεία από τους ειδικούς της βιομηχανίας παραγωγής, είναι κρίσιμης σημασίας, ώστε να έχουν τη γνώση να κάνουν ενημερωμένες επιλογές. Τα λειτουργικά τρόφιμα είναι σημαντικά για τους αθλητές προκειμένου να έχουν τη μέγιστη απόδοση. Το κρέας με τα βιοενεργά συστατικά του, καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες, είναι υπεύθυνο για την αποκατάσταση των μυών και βελτιώνει την αθλητική απόδοση ύστερα από έντονη άσκηση. Το ρόφημα καφέ συμβάλλει στην εγρήγορση, στη γρήγορη ανάρρωση, στην καλή υγεία του δέρματος και του πεπτικού συστήματος που επιτρέπει να απορροφά τα θρεπτικά συστατικά με σκοπό να προσδώσει ενέργεια στον αθλητή. Σημαντικά είναι τα λειτουργικά τρόφιμα και στην εμφάνιση της παχυσαρκίας, όπως είναι ο καφές, το πράσινο τσάι, η πιπεριά τσίλι και το τζίντζερ, όπου με τις φυσικές βιοδραστικές ενώσεις τους, δηλαδή την καφεΐνη, την επιγαλλοκατεχίνη, την καφαϊκίνη και τις τζιντζερόλες αντίστοιχα, συμβάλλουν στην αντιμετώπιση της αλλά και στις επικείμενες μεταβολικές της συνέπειες. Όσον αφορά τα επεξεργασμένα τρόφιμα, η χρήση υποπροϊόντων των βιομηχανιών ως πρώτη ύλη για τη

δημιουργία τροφίμων, όπως πρωτεϊνών, μετάλλων, λιπαρών οξέων, φυτικών ινών, θα βοηθούσε στη μείωση εμφάνισης διαφόρων προβλημάτων. Συγκεκριμένα θα βοηθούσε στη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, στην επίδειξη βιωσιμότητας στη βιομηχανία τροφίμων με άμεσο αντίκτυπο στην οικονομία της χώρας. Οι βιοδραστικές ουσίες είναι αρκετά ευαίσθητες στις συνθήκες του περιβάλλοντος, και έτσι χρησιμοποιείται η τεχνική της μικροενθυλάκωσης, όπου επιτελείται με διάφορες μεθόδους, με πιο σημαντικές, τη ξήρανση με ψεκασμό, το διαχωρισμό φάσεων. Σκοπός της διαδικασίας να διατηρηθούν σταθερά τα συστατικά και να απελευθερωθούν στο σημείο στόχο του ανθρώπινου σώματος. Μία άλλη κατηγορία λειτουργικών τροφίμων είναι τα τροφοφάρμακα (nutraceuticals), κρίσιμα για την προαγωγή της ανθρώπινης υγείας και την πρόληψη ασθενειών με κατάλληλη κλινικά αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητα, καθώς υπάρχει η αντίληψη ότι «η πρόληψη είναι καλύτερη από τη θεραπεία μιας ασθένειας». Επίσης, τα συμπληρώματα διατροφής, καταναλώνονται επικουρικά στην καθημερινή διατροφή για ελλείψεις θρεπτικών συστατικών, ωστόσο χρειάζεται προσοχή καθώς η υπερβολική πρόσληψη μπορεί να οδηγήσει σε τοξικότητα. Τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα μπορούν να βοηθήσουν στην προστασία και διατήρηση του περιβάλλοντος καθώς δεν γίνεται χρήση φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων, μειώνεται το κόστος παραγωγής. Ωστόσο, είναι δυνατό να προκληθούν ασθένειες από ανοσία στα αντιβιοτικά. Οι καταναλωτές αποφεύγουν την κατανάλωσή τους, γιατί είναι ανακριβείς οι επιπτώσεις που μπορεί να έχουν στο μέλλον. Τέλος, μια νέα τάση αποτελούν οι υπερτροφές καθώς θωρακίζουν την υγεία, με τις πολύ υψηλές συγκεντρώσεις συγκεκριμένων λειτουργικών συστατικών.

## 5. Βιβλιογραφία

### Ξένη βιβλιογραφία

Akter, Mst. S., Oh, S., Eun, J.-B., & Ahmed, M. (2011). Nutritional compositions and health promoting phytochemicals of camu-camu (*myrciaria dubia*) fruit: A review. *Food Research International*, 44(7), 1728–1732. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.045>

Alamri, E., & Biomy, H. (2020). *Therapeutic applications and health promoting properties of chia seeds (Salvia hispanica): Review*. 16, 2020.

Alegbejo, J. O. (2013). Nutritional Value and Utilization of Amaranthus (*Amaranthus* spp.) – A Review. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.4314/bajopas.v6i1.27>

Aluko, R. E. (2012). *Functional Foods and Nutraceuticals*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3480-1>

Aryee, A. N. A., & Boye, J. I. (2014). Current and Emerging Trends in the Formulation and Manufacture of Nutraceuticals and Functional Food Products. Στο *Nutraceutical and Functional Food Processing Technology* (σσ. 1–63). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118504956.ch1>

Baker, M. T., Lu, P., Parrella, J. A., & Leggette, H. R. (2022). Consumer Acceptance toward Functional Foods: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031217>

Ballini, A., Charitos, I. A., Cantore, S., Topi, S., Bottalico, L., & Santacroce, L. (2023). About Functional Foods: The Probiotics and Prebiotics State of Art. *Antibiotics*, 12(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12040635>

Bawa, A. S., & Anilakumar, K. R. (2013). Genetically modified foods: Safety, risks and public concerns—a review. *Journal of Food Science and Technology*, 50(6), 1035–1046. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0899-1>

Belwal, T., Devkota, H. P., Hassan, H. A., Ahluwalia, S., Ramadan, M. F., Mocan, A., & Atanasov, A. G. (2018). Phytopharmacology of Acerola (*Malpighia* spp.) and its potential as functional food. *Trends in Food Science & Technology*, 74, 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.01.014>

Benkeblia, N. (2016). Ganoderma lucidum Polysaccharides and Terpenoids: Profile and Health



Benefits. *Journal of Food, Nutrition and Dietetics*, 01. <https://doi.org/10.19104/jfnd.2015.101>

Bigliardi, B., & Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.006>

Cashman, K. D. (2002). Calcium intake, calcium bioavailability and bone health. *British Journal of Nutrition*, 87(S2), S169–S177. <https://doi.org/10.1079/BJN/2002534>

Chew, S. C., Tan, C.-H., Pui, L. P., Chong, P., Gunasekaran, B., & Nyam, K. (2019). *Encapsulation Technologies: A Tool for Functional Foods Development*.

Chhikara, N., & Panghal, A. (2022). Overview of Functional Foods. *ΣΤΟ Functional Foods* (σσ. 1–20). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119776345.ch1>

Choudhary, M., & Grover, K. (2012). Development of functional food products in relation to obesity. *Functional Foods in Health and Disease*, 2(6), 188–197. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v2i6.90>

Chuwa, C., & Dhiman, A. (2024). Chemical Science Review and Letters. *Chemical Science Review and Letters*, 1247, 162–171. <https://doi.org/10.37273/chesci.cs205406605>

de Aquino Souza Miskinis, R., do Nascimento, L. Á., & Colussi, R. (2023). Bioactive compounds from acerola pomace: A review. *Food Chemistry*, 404, 134613. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134613>

de Falco, B., Amato, M., & Lanzotti, V. (2017). Chia seeds products: An overview. *Phytochemistry Reviews*, 16(4), 745–760. <https://doi.org/10.1007/s11101-017-9511-7>

Devi, L. A., & Bhasin, A. (2023). *Matcha and its potential benefits: A minireview*.

di Corcia, M., Tartaglia, N., Polito, R., Ambrosi, A., Messina, G., Francavilla, V. C., Cincione, R. I., della Malva, A., Ciliberti, M. G., Sevi, A., Messina, G., & Albenzio, M. (2022). Functional Properties of Meat in Athletes' Performance and Recovery. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095145>

Dincă, L., Dincă, M., Pantea, S. D., Timiș -Gansac, V., & Oneț, C. (2018). Amaranthus Plant – Between Myth and Usage. *Natural Resources and Sustainable Development*, 8(1), 9–16. <https://doi.org/10.31924/nrsd.v8i1.0027>

Essa, M. M., Bishir, M., Bhat, A., Chidambaram, S. B., Al-Balushi, B., Hamdan, H., Govindarajan, N., Freidland, R. P., & Qoronfleh, M. W. (2023). Functional foods and their impact on health. *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), 820–834. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05193-3>

Faryadi, D. Q. (2012). *The Magnificent Effect of Magnesium to Human Health: A Critical Review*. 2(3).  
Cashman, K. D. (2002). Calcium intake, calcium bioavailability and bone health. *British Journal of Nutrition*, 87(S2), S169–S177. <https://doi.org/10.1079/BJN/2002534>

Fernández-Ríos, A., Laso, J., Hoehn, D., Amo-Setién, F. J., Abajas-Bustillo, R., Ortego, C., Fullana-i-Palmer, P., Bala, A., Batlle-Bayer, L., Balcells, M., Puig, R., Aldaco, R., & Margallo, M. (2022). A critical review of superfoods from a holistic nutritional and environmental approach. *Journal of Cleaner Production*, 379, 134491. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134491>

Gandhi, P., Samarth, R. M., & Peter, K. (2021). Bioactive Compounds of Amaranth (genus *Amaranthus*). Στο Η. N. Murthy & K. Y. Paek (Επιμ.), *Bioactive Compounds in Underutilized Vegetables and Legumes* (σσ. 1–37). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-44578-2\\_3-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-44578-2_3-1)

Godswill, A. G., Somtochukwu, I. V., Ikechukwu, A. O., & Kate, E. C. (2020). Health Benefits of Micronutrients (Vitamins and Minerals) and their Associated Deficiency Diseases: A Systematic Review. *International Journal of Food Sciences*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.47604/ijf.1024>

Granato, D., Barba, F. J., Kovačević, D. B., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11(Volume 11, 2020), 93–118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708>

Hassan, M. A., Xu, T., Tian, Y., Zhong, Y., Ali, F. A. Z., Yang, X., & Lu, B. (2021). Health benefits and phenolic compounds of *Moringa oleifera* leaves: A comprehensive review. *Phytomedicine*, 93, 153771. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2021.153771>

He, R. (2023). The impact of coffee in athletics: A comprehensive review of its components, sensory attributes and implications for sports health. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 66, 272–282. <https://doi.org/10.54097/hset.v66i.12009>

Helal, N. A., Eassa, H. A., Amer, A. M., Eltokhy, M. A., Edafiogho, I., & Nounou, M. I. (2019). Nutraceuticals' Novel Formulations: The Good, the Bad, the Unknown and Patents Involved. *Recent Patents on Drug Delivery*

& Formulation, 13(2), 105–156. <https://doi.org/10.2174/1872211313666190503112040>

Ibrahim, S. A., Yeboah, P. J., Ayivi, R. D., Eddin, A. S., Wijemanna, N. D., Paidari, S., & Bakhshayesh, R. V. (2023). A review and comparative perspective on health benefits of probiotic and fermented foods. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(10), 4948–4964. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16619>

Islam, Z., Islam, S. M. R., Hossen, F., Mahtab-ul-Islam, K., Hasan, M. R., & Karim, R. (2021). Moringa oleifera is a Prominent Source of Nutrients with Potential Health Benefits. *International Journal of Food Science*, 2021, e6627265. <https://doi.org/10.1155/2021/6627265>

Ivanović, N., Ilić, T., Ćirić, M. Z., Todorović, V., Djuričić, I., & Dabetić, N. (2023). Agri-food by-products as a source of sustainable ingredients for the production of functional foods and nutraceuticals. *Archives of Pharmacy*, 73(Notebook 3), Article Notebook 3. <https://doi.org/10.5937/arhfarm73-44481>

Jafari, S. M., Rashidinejad, A., & Simal-Gandara, J. (2023). *Handbook of Food Bioactive Ingredients: Properties and Applications*. Springer Nature.

Jagdale, Y. D., Mahale, S. V., Zohra, B., Nayik, G. A., Dar, A. H., Khan, K. A., Abdi, G., & Karabagias, I. K. (2021). Nutritional Profile and Potential Health Benefits of Super Foods: A Review. *Sustainability*, 13(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/su13169240>

Kechagia, M., Basoulis, D., Konstantopoulou, S., Dimitriadi, D., Gyftopoulou, K., Skarmoutsou, N., & Fakiri, E. M. (2013). Health Benefits of Probiotics: A Review. *International Scholarly Research Notices*, 2013, e481651. <https://doi.org/10.5402/2013/481651>

Kochman, J., Jakubczyk, K., Antoniewicz, J., Mruk, H., & Janda, K. (2021). Health Benefits and Chemical Composition of Matcha Green Tea: A Review. *Molecules*, 26(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/molecules26010085>

Konstantinidi, M., & Koutelidakis, A. E. (2019). Functional Foods and Bioactive Compounds: A Review of Its Possible Role on Weight Management and Obesity's Metabolic Consequences. *Medicines*, 6(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/medicines6030094>

Maiti, R., & Dhua, R. (2023). 20221103085449pmNQ88085 (1). 20, 650–660. <https://doi.org/10.14704/no.2022.20.13.NQ88085>

Mansy, E., & M, S. (2019). Ganoderma: The mushroom of immortality. *Microbial Biosystems*, 4(1), 45–57. <https://doi.org/10.21608/mb.2019.40239>

Mahajan, M., & Rishi, M. (2016). *Functional Foods and Nutraceuticals: An Overview*. 2321.

Milavec, M., Dobnik, D., Yang, L., Zhang, D., Gruden, K., & Žel, J. (2014). GMO quantification: Valuable experience and insights for the future. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 406(26), 6485–6497. <https://doi.org/10.1007/s00216-014-8077-0>

Nautiyal, M. (2022). SUPERFOODS: ITS VALUE AND NEED FOR FUTURE. *Open Access*, 04(06). [https://www.irjmet.com/uploadedfiles/paper/issue\\_6\\_june\\_2022/26685/final/fin\\_irjmet16569300\\_98.pdf](https://www.irjmet.com/uploadedfiles/paper/issue_6_june_2022/26685/final/fin_irjmet16569300_98.pdf)

Navruz-Varli, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, 69, 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>

Nowak, W., & Jeziorek, M. (2023). The Role of Flaxseed in Improving Human Health. *Healthcare*, 11(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/healthcare11030395>

Ötles, S., & Ozgoz, S. (2014). Health effects of dietary fiber. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 13(2), 191–202. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.2.8>

Pattanayak, S., Das, S., & Biswal, G. (2020). Ganoderma: The wild mushroom with wonderful health benefits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(2S), 313–316. <https://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i2Sf.11695>

Potterat, O., & Hamburger, M. (2008). Goji Juice: A Novel Miraculous Cure for Longevity and Well-Being? A Review of Composition, Pharmacology, Health-related Claims and Benefits.

Prakash, A., & Baskaran, R. (2018). Acerola, an untapped functional superfruit: A review on latest frontiers. *Journal of Food Science and Technology*, 55(9), 3373–3384. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3309-5>

Rivero Meza, S. L., Hirsch Ramos, A., Cañizares, L., Raphaelli, C. de O., Bueno Peres, B., Gaioso, C. A., Egea, I., Estrada, Y., Flores, F. B., & de Oliveira, M. (2023). A review on amaranth protein: Composition, digestibility, health benefits and food industry utilisation. *International Journal of Food*

Science & Technology, 58(3), 1564–1574. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16056>

Ronis, M. J. J., Pedersen, K. B., & Watt, J. (2018). ADVERSE EFFECTS OF NUTRACEUTICALS AND DIETARY SUPPLEMENTS. *Annual review of pharmacology and toxicology*, 58, 583–601. <https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-010617-052844>

RS., A. (2018). Quinoa-supergrain of the future: A Review. Pune, Maharashtra, India.

Sánchez, A., & Vázquez, A. (2017). Bioactive peptides: A review. *Food Quality and Safety*, 1(1), 29–46. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyx006>

Santini, A., Tenore, G. C., & Novellino, E. (2017). Nutraceuticals: A paradigm of proactive medicine. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 96, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2016.09.003>

Satheesh, N., & Fanta, S. W. (2020). Kale: Review on nutritional composition, bio-active compounds, anti-nutritional factors, health beneficial properties and value-added products. *Cogent Food & Agriculture*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23311932.2020.1811048>

Scaldaferri, F., Gerardi, V., Lopetuso, L. R., Del Zompo, F., Mangiola, F., Boškoski, I., Bruno, G., Petito, V., Laterza, L., Cammarota, G., Gaetani, E., Sgambato, A., & Gasbarrini, A. (2013). Gut Microbial Flora, Prebiotics, and Probiotics in IBD: Their Current Usage and Utility. *BioMed Research International*, 2013, e435268. <https://doi.org/10.1155/2013/435268>

Shafi, S., Murtaza, I., Mukherjee, G., & Singh, D. (2022). A Review on Kale as a Substantial Meal. 2168–2172. <https://doi.org/10.14704/nq.2022.20.8.NQ44238>

Sigel, A., Sigel, H., & Sigel, R. K. O. (Επιμ.). (2013). *Interrelations between Essential Metal Ions and Human Diseases* (T. 13). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7500-8>

Sirotkin, A., & Kolesarova, A. (2021). The anti-obesity and health-promoting effects of tea and coffee. *Physiological Research*, 161–168. <https://doi.org/10.33549/physiolres.934674>

Smith, J., & Charter, E. (2011). *Functional Food Product Development*. John Wiley & Sons.

Tang, Y., & Tsao, R. (2017). Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: A review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61, 1600767. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600767>

Tarnopolsky, M. A. (2011). Caffeine and Creatine Use in Sport. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 57(Suppl. 2),

1–8. <https://doi.org/10.1159/000322696>

Tirla, A., Islam, F., Islam, M. R., Ioana Vicas, S., & Cavalu, S. (2022). New Insight and Future Perspectives on Nutraceuticals for Improving Sports Performance of Combat Players: Focus on Natural Supplements, Importance and Advantages over Synthetic Ones. *Applied Sciences*, 12(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/app12178611>

Toxicologyorcid.org/0000-0002-9802-9949, P. Z. A. member in P. F. · M. C. C. (2016). *Parisa ZIARATI | PhD Chemical Toxicology | Medicinal Chemistry | Research profile*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/profile/Parisa-Ziarati>

Vahanvaty, U. S. (2009). Hemp Seed and Hemp Milk: The New Super Foods? *ICAN: Infant, Child, & Adolescent Nutrition*, 1(4), 232–234. <https://doi.org/10.1177/1941406409342121>

Venugopalan, V. K., Gopakumar, L. R., Kumaran, A. K., Chatterjee, N. S., Soman, V., Peeralil, S., Mathew, S., McClements, D. J., & Nagarajarao, R. C. (2021). Encapsulation and Protection of Omega-3-Rich Fish Oils Using Food-Grade Delivery Systems. *Foods*, 10(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/foods10071566>

Wenli, S., Shahrajabian, M. H., & Qi, C. (2019). Therapeutic Roles of Goji Berry and Ginseng in Traditional Chinese. *Journal of Nutrition and Food Security*, 4(4), 293–305. <https://doi.org/10.18502/jnfs.v4i4.1727>

Ye, Q., Georges, N., & Selomulya, C. (2018). Microencapsulation of active ingredients in functional foods: From research stage to commercial food products. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 167–179. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.025>

Zhang, C., Wohlhueter, R., & Zhang, H. (2016). Genetically modified foods: A critical review of their promise and problems. *Food Science and Human Wellness*, 5(3), 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.04.002>

Zheng, J., Zheng, S., Feng, Q., Zhang, Q., & Xiao, X. (2017). Dietary capsaicin and its anti-obesity potency: From mechanism to clinical implications. *Bioscience Reports*, 37(3), BSR20170286. <https://doi.org/10.1042/BSR20170286>



## Ελληνική βιβλιογραφία

Επισήμανση των συμπληρωμάτων διατροφής. (2024, 02 02). κανόνες της ΕΕ. [https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/food-labelling/supplements/index\\_el.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/food-labelling/supplements/index_el.htm)

Καρβέλα, Ε. (2020). *Η στάση των καταναλωτών έναντι των λειτουργικών τροφίμων* [Σχολή Διοίκησης και Επιχειρήσεων]. <https://plemochoe.euc.ac.cy/handle/2000/2115>

ΚΟΡΟΜΠΟΚΗΣ, Κ. (2014). *ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΩΝ*. <https://estia.hua.gr/file/lib/default/data/14863/theFile>

Κουτελιδάκης, Α. (2015). *Λειτουργικά τρόφιμα Ο ρόλος τους στην προαγωγή της υγείας*. ΖΗΤΗ.

Μερμίτογλου, Μ. (2022). *Η σημασία της παραγωγής βραχείας αλυσίδας λιπαρών οξέων από προβιοτικούς μικροοργανισμούς*. <http://dx.doi.org/10.26265/polyno-2610>