ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ:«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΥΔΡΟΒΙΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ»

ΔΕΡΕΚΑ ΑΓΓΕΛΙΚΗ YD2779

ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΜΑΡΟΥΣΩ ΟΛΥΜΠΙΑ YD2765

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΧΡΥΣΑ Κ. ΔΟΞΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΧΡΥΣΑ Κ. ΔΟΞΑ

ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΣ ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ

ΕΙΡΗΝΗ ΣΦΑΚΙΑΝΑΚΗ

ΣΗΤΕΙΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2024

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

THESIS

TITLE: "EFFECT OF CONSUMPTION OF AQUATIC ORGANISMS ON HUMAN HEALTH "

DEREKA ANGELIKI YD2779

THEODOROY MAROYSO OLIMPIA YD2765

SUPERVISOR: CHRYSA K. DOXA

THREE-MEMBER EXAMINATION COMMITTEE:

CHRYSA K. DOXA

CHRISTOFOROS PAPANDREOU

IRINI SFAKIANAKI

SITIA, MARCH 2024

Δήλωση μη λογοκλοπής:

Δηλώνουμε υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μας ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν, κάθε είδους, μορφής και προέλευσης, για την συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

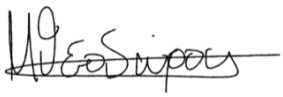
Δερέκα Αγγελική

Υπογραφή



Θεοδώρου Μαρουσώ Ολυμπία

Υπογραφή



Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους βοήθησαν και στήριξαν αυτή την προσπάθεια για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μας εργασίας. Μία μεγάλη πρόκληση για εμάς τελειώνει εδώ, ολοκληρώνεται μια βασική προϋπόθεση για την ολοκλήρωση του κύκλου σπουδών μας στο Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο Κρήτης στο τμήμα Διατροφής και Διαιτολογίας. Αρχικά θερμές ευχαριστίες θα θέλαμε να εκφράσουμε στην επιβλέπουσα καθηγήτρια μας, κυρία Χρύσα Δόξα για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε για την ανάθεση την πτυχιακής μας εργασίας και όλη τη βοήθεια που μας πρόσφερε σε όλη τη διάρκεια της.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο όρος υδρόβιοι οργανισμοί διατροφικού ενδιαφέροντος περιλαμβάνει όλα τα ζώα, φυτά και μικροοργανισμούς που προέρχονται από υδάτινα περιβάλλοντα. Περιλαμβάνουν ψάρια, μαλάκια, καρκινοειδή, εχινόδερμα, υδρόβια φυτά, φύκη κ.λπ. Οι υδρόβιοι οργανισμοί είναι μια πολύ ποικιλόμορφη ομάδα τροφίμων που μπορεί να παρέχει κρίσιμα θρεπτικά συστατικά και, όταν καταναλώνεται, να βελτιώσει τη συνολική υγεία. Εκτός από πηγή πρωτεΐνης, οι υδρόβιοι οργανισμοί είναι πηγή πολύτιμων λιπαρών οξέων, βιταμινών και μετάλλων. Η κατανάλωση ψαριών έχει αποδειχθεί ότι μειώνει την αρτηριακή πίεση, τα επίπεδα χοληστερόλης και κατά συνέπεια τον κίνδυνο θανάτου, βελτιώνοντας την καρδιαγγειακή λειτουργία και συμβάλλοντας στη μείωση του κινδύνου διαβήτη, εγκεφαλικού, καρκίνου του παχέος εντέρου και του καρκίνου του μαστού. Επίσης, η κατανάλωση υδρόβιων τροφών προάγει την υγεία του εγκεφάλου και μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης Αλτσχάιμερ καθώς και συμβάλλει στην υγεία των ματιών και μειώνει τον κίνδυνο εκφύλισης της ωχράς κηλίδας. Η κατανάλωση ψαριών από τη βρεφική ηλικία προάγει θετικά αποτελέσματα στη συμπεριφορά και την ψυχική υγεία και προλαμβάνει ορισμένες αλλεργίες, όπως το άσθμα, το έκζεμα και την αλλεργική ρινίτιδα. Εκτός από τη συμβολή στη μεγαλύτερη διατροφική ποικιλομορφία και την ενίσχυση της πρόσληψης των μικροθρεπτικών συστατικών DHA και EPA στην ανάπτυξη του εμβρύου και σε γυναίκες αναπαραγωγικής ηλικίας, η κατανάλωση υδρόβιων οργανισμών από τη σύλληψη έως το δεύτερο έτος του παιδιού σχετίζεται με θετικά αποτελέσματα γέννησης, πιο θρεπτική σύνθεση και σύνθεση μητρικού γάλακτος, μειωμένη βρεφική καθυστέρηση, μειωμένος επιπολασμός σοβαρού οξέος υποσιτισμού, μεγαλύτερη γνωστική ανάπτυξη και υψηλότερο IQ. Πέρα από τα οφέλη που αναφέρονται παραπάνω η κατανάλωση υδρόβιων οργανισμών μπορεί να κρύβει κινδύνους καθώς κάποιοι από αυτούς μπορεί να περιέχουν τοξίνες, μολυσματικά παράσιτα ή χημικούς ρύπους όπως βαρέα μέταλλα και οργανικές ενώσεις. Τα οφέλη της κατανάλωσης υδρόβιων οργανισμών υπερτερούν των κινδύνων, πάραυτα συνίσταται ο έλεγχος της ποιότητας των οργανισμών που καταναλώνονται.

Λέξεις – κλειδιά: υδρόβιοι οργανισμοί, υδρόβια τρόφιμα, θρεπτικά συστατικά, ανθρώπινη υγεία, καρδιαγγειακά νοσήματα, γνωστική υγεία, εμβρυική ανάπτυξη

ABSTRACT

Aquatic foods encompasses all animals, plants, and microorganisms originating from aquatic environments. This category includes fish, mollusks, crustaceans, echinoderms, aquatic plants, algae, and more. Aquatic organisms represent a highly diverse group of foods that can provide essential nutrients and contribute to overall health when consumed. In addition to being rich sources of protein, aquatic organisms provide valuable fatty acids, vitamins, and minerals. Studies have shown that consuming fish can lead to reductions in blood pressure, cholesterol levels, and the risk of cardiovascular disease, while also potentially lowering the risk of conditions such as diabetes, stroke, colorectal cancer, and breast cancer. Furthermore, incorporating aquatic foods into one's diet can promote brain health, reduce the risk of Alzheimer's disease, support eye health, and decrease the likelihood of developing macular degeneration. Beginning fish consumption in infancy has been associated with positive behavioral outcomes, better mental health, and a decreased risk of certain allergies, such as asthma, eczema, and allergic rhinitis. Moreover, consuming aquatic organisms during pregnancy and lactation can lead to positive birth outcomes, enhance the nutritional composition of breast milk, reduce infant delays, lower the prevalence of severe acute malnutrition, and contribute to greater cognitive development and higher IQ in children. Despite these benefits, it's important to note that the consumption of aquatic organisms may also carry risks, as some species may contain toxins, infectious parasites, or chemical pollutants like heavy metals and organic compounds. However, the benefits of consuming aquatic organisms generally outweigh the risks, provided that the quality of organisms consumed is carefully monitored.

Keywords: aquatic organisms, aquatic foods, nutrients, human health, cardiovascular diseases, cognitive health, embryonic development

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ:

Εισαγωγή 10
Κεφάλαιο 1: Υδρόβιοι οργανισμοί 12
1.1 Υδρόβιοι οργανισμοί στην διατροφή 12
1.1.1 Υδρόβια ζώα 13
1.1.2 Υδρόβια φυτά και φύκη 16
1.2 Διατροφική αξία 18
1.2.1 Πρωτεΐνες 20
1.2.2 Λίπη 22
1.2.3 Υδατάνθρακες 23
1.2.4 Μικροθρεπτικά 24
Κεφάλαιο 2: Επίδραση στην υγεία 28
2.1 Καρδιαγγειακά νοσήματα 32
2.2 Γνωστική υγεία 34
2.3 Εμβρυική ανάπτυξη 37
2.4 Παιδιά και έφηβοι 39
2.5. Κίνδυνοι κατανάλωσης υδρόβιων τροφίμων 40
Κεφάλαιο 3: Υδρόβιοι οργανισμοί και βιώσιμη υγιεινή διατροφή 46
3.1. Θρεπτική Αξία των Υδρόβιων Οργανισμών 46
3.2. Βιωσιμότητα και Περιβαλλοντικά Οφέλη 46
3.3. Υδρόβιοι Οργανισμοί και Παγκόσμια Πείνα 47
3.4. Προτάσεις για Προώθηση της Βιώσιμης Κατανάλωσης Υδρόβιων Οργανισμών 47
Κεφάλαιο 4: Συστάσεις κατανάλωσης υδρόβιων οργανισμών 49
4.1. Διατροφικές Οδηγίες 50
Κεφάλαιο 5: Συζήτηση Συμπεράσματα 52
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 55

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή εργασία αποτελεί την ολοκλήρωση του κύκλου σπουδών μας τμήμα Διατροφής και Διαιτολογίας του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου στο και αφορά την επίδραση της κατανάλωσης των υδρόβιων οργανισμών στην ανθρώπινη υγειά. Ο κυριότερος λόγος που μας οδήγησε στην επιλογή αυτού του θέματος για την πτυχιακή μας εργασία είναι η έλλειψη βιβλιογραφίας πάνω στο συγκεκριμένο θέμα. Δεν υπάρχουν αρκετές βιβλιογραφικές πηγές που να αναφέρονται στο κατά πόσο η κατανάλωση υδρόβιων οργανισμών ωφελεί στη καρδιαγγειακή λειτουργία, στη γνωστική λειτουργία, στα μωρά ή τις γυναίκες στη κύηση, και γενικότερα στην επίδρασή στην υγεία. Επίσης πολλοί άνθρωποι δεν γνωρίζουν την ποικιλία που υπάρχει στα υδρόβια τρόφιμα και τι διατροφική αξία έχουν.

Εισαγωγή

Οι υδρόβιοι οργανισμοί αποτελούν μια ομάδα τροφίμων με μεγάλη ποικιλία, η οποία μπορεί να παρέχει κρίσιμα θρεπτικά συστατικά (Golden et al. 2016; Hicks et al. 2019) και να βελτιώσει τη συνολική υγεία (Rimm et al. 2018). Ο όρος υδρόβιοι οργανισμοί με διατροφικό ενδιαφέρον (aquatic foods) περιλαμβάνει οποιαδήποτε ζώα, φυτά και μικροοργανισμούς που προέρχονται από υδάτινα περιβάλλοντα (WorldFish 2020). Περιλαμβάνουν ψάρια, καρκινοειδή (όπως γαρίδες και καβούρια), κεφαλόποδα (χταπόδια και σουπιές), άλλα μαλάκια (δίθυρα, θαλάσσια σαλιγκάρια), εχινόδερμα (αχινοί, ολοθούρια), υδρόβια φυτά (υδρόβιο σπανάκι; *Ipomoea aquatica*), φύκη κ.α. Οι υδρόβιοι οργανισμοί που εντάσσονται στην διατροφή του ανθρώπου είτε αλιεύονται είτε εκτρέφονται και προέρχονται από εσωτερικά ύδατα, παράκτιες περιοχές και θαλάσσια ύδατα (Golden et al. 2021). Οι υδρόβιοι οργανισμοί αποτελούν ζωτικής σημασίας πηγή θρεπτικών τροφίμων παγκοσμίως (Ahern, Thilsted, and Oenema 2021) και σημαντικό μέρος της ανθρώπινης διατροφής, τόσο που η συνεισφορά τους στους παγκόσμιους πόρους τροφίμων συνήθως αξιολογείται σε όρους πρωτεϊνικής αξίας (Sikorski 1989). Εκτός από πηγή πρωτεΐνης, οι υδρόβιοι οργανισμοί αποτελούν πηγή πολύτιμων λιπαρών οξέων (ω3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, DHA,EPA), βιταμινών (A, D, B6, B12) και ανόργανων συστατικών (ψευδάργυρος, σίδηρος, ιώδιο, μαγνήσιο, σελήνιο κ.α.) (Sikorski, 1989).

Η κατανάλωση υδρόβιων οργανισμών συνεισφέρει στη βελτίωση της ανθρώπινης υγείας μέσω τουλάχιστον τριών οδών (Rimm et al. 2018): α) μειώνοντας τις ελλείψεις σε μικροθρεπτικά συστατικά (για παράδειγμα, βιταμίνη Α, ασβέστιο και σίδηρο) που μπορεί να οδηγήσουν σε επακόλουθη ασθένεια, β) παρέχοντας την κυρίαρχη πηγή των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων μακράς αλυσίδας ωμέγα-3, το δοκοσαεξανοϊκό οξύ (DHA) και το εικοσιπεντανοϊκό οξύ (EPA), τα οποία μπορεί να μειώσουν τον κίνδυνο καρδιακών παθήσεων και να προάγουν την υγεία του εγκεφάλου και των ματιών γ) αντικαθιστώντας την κατανάλωση λιγότερο υγιεινών κόκκινων και επεξεργασμένων κρεάτων που μπορεί να προκαλέσουν δυσμενή αποτελέσματα για την υγεία.

Η κατανάλωση ψαριών έχει αποδειχθεί ότι μειώνει την αρτηριακή πίεση (Bernstein, Oken, & de Ferranti, 2019), τα επίπεδα χοληστερόλης κατά συνέπεια και τον κίνδυνο θανάτου μέσω της βελτίωσης της καρδιαγγειακής λειτουργίας (Ahern, Thilsted, & Oenema, 2021) συμβάλει στην μείωση κινδύνου εμφάνισης διαβήτη, εγκεφαλικού επεισοδίου, καρκίνου του παχέος εντέρου και του καρκίνου του μαστού. Εκτός από τη συμβολή στη μεγαλύτερη διατροφική ποικιλομορφία και την ενίσχυση της πρόσληψης μικροθρεπτικών συστατικών, DHA και EPA (Golden, et al., 2021) στην εμβρυική ανάπτυξη και σε γυναίκες αναπαραγωγικής ηλικίας, η κατανάλωση υδρόβιων οργανισμών από τη σύλληψη έως το δεύτερο έτος ενός παιδιού, σχετίζεται με θετικά αποτελέσματα τοκετού, θρεπτικότερη σύσταση και σύνθεση του μητρικού γάλακτος, μειωμένη καθυστέρηση του βρέφους, μείωση του επιπολασμού σοβαρού οξέος υποσιτισμού, μεγαλύτερη γνωστική ανάπτυξη και υψηλότερο IQ (Ahern, Thilsted, & Oenema, 2021). Κατανάλωση ψαριών από την βρεφική ηλικία προάγει θετικά αποτελέσματα στη συμπεριφορά και την ψυχική υγεία και αποτρέπει ορισμένες αλλεργίες, όπως το άσθμα, το έκζεμα και η αλλεργική ρινίτιδα. (Bernstein, Oken, & de Ferranti, 2019). Ακόμη, η κατανάλωση υδρόβιων τροφών προάγει την υγεία του εγκεφάλου και μειώνει την πιθανότητας εμφάνισης Αλτσχαιμερ καθώς επίσης συμβάλει στην υγεία των ματιών και μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισής εκφύλισης της ωχράς κηλίδας.

Σκοπός

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με την επίδραση της κατανάλωσης υδρόβιων οργανισμών στην υγεία του ανθρώπου και ειδικότερα στην: α) εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων, β) γνωστική υγεία και γ) εμβρυική ανάπτυξη. Εκτός από τα οφέλη της κατανάλωσης υδρόβιων οργανισμών περιγράφονται και οι κίνδυνοι κατανάλωσής τους.

Κεφάλαιο 1: Υδρόβιοι Οργανισμοί

1.1 Υδρόβιοι Οργανισμοί στην διατροφή

Τα υδρόβια ή «μπλε» τρόφιμα περιλαμβάνουν οποιαδήποτε ζώα, φυτά και μικροοργανισμούς που προέρχονται από υδάτινα οικοσυστήματα. Οι υδρόβιοι οργανισμοί είναι μια ομάδα τροφίμων με μεγάλη ποικιλία, η οποία μπορεί να παρέχει σημαντικά θρεπτικά συστατικά στον άνθρωπο (Golden et al., 2016; Hicks et al., 2019) και η κατανάλωση τους σχετίζεται με βελτίωση στη συνολική υγεία του ανθρώπου (Rimm et al., 2018). Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως οι υδρόβιοι οργανισμοί είναι περισσότερο ευαίσθητοι στις μεταβολές του περιβάλλοντός τους. Οι αλλαγές στο περιβάλλον τους μπορεί να αφορούν στη σύνθεση του νερού, τη θερμοκρασία, τη πίεση, τη φύση των ρευμάτων, την περιεκτικότητα σε οξυγόνο και θρεπτικές τροφές κ.λπ.

Μια άλλη βιβλιογραφική πηγή αναφέρει πως ως υδρόβια τρόφιμα ορίζονται τα ζώα, τα φυτά και οι μικροοργανισμοί, καθώς και τα κυτταρικής και φυτικής προέλευσης τρόφιμα υδρόβιας προέλευσης που προκύπτουν από νέες τεχνολογίες (WorldFish, 2020). Τα υδρόβια τρόφιμα μπορούν να εκτρέφονται ή να αλιεύονται άγρια και προέρχονται από εσωτερικά ύδατα όπως λίμνες, ποτάμια και υγροτόπους, παράκτιες περιοχές όπως εκβολές ποταμών, μαγγρόβια ή κοντά στην ακτή και σε θαλάσσια ή ωκεάνια νερά. Η σύνθεση των θρεπτικών συστατικών των διαφόρων υδρόβιων τροφίμων υπερβαίνει κατά πολύ την κοινή περιγραφή τους ως πηγή ποιοτικής πρωτεΐνης. Ωστόσο, η κατανάλωση τους επηρεάζεται έντονα από το τοπικό περιβάλλον, καθώς και από τα τοπικά έθιμα, τα οποία μπορούν να καθορίσουν κατά πόσο μπορούν να καταναλωθούν τα προϊόντα αυτά ή να πάνε για πώληση.

Όταν αναφερόμαστε στο κοτόπουλο ή στο γουρούνι αναφερόμαστε σε ένα ζώο το οποίο έχει ένα γένος (*Gallus* και *Sus* αντίστοιχα), από την άλλη πλευρά τα υδρόβια τρόφιμα και τα θαλασσινά περιλαμβάνουν πολλαπλά είδη βιολογικά αποκλίνοντων ζώων, και συχνά φυτών, από γλυκά νερά και θαλάσσια ενδιαιτήματα. Ως αποτέλεσμα, η σύνθεση των θρεπτικών συστατικών των διαφόρων υδρόβιων τροφίμων ποικίλλει σημαντικά και η θρεπτική τους

αξία υπερβαίνει κατά πολύ την κοινή περιγραφή τους ως πηγής ποιοτικής πρωτεΐνης (Scherf et al., 2000).

Πέρα από το γεγονός ότι τα υδρόβια τρόφιμα θεωρούνται σημαντικά για την υγιεινή διατροφή για δισεκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως, συχνά υποτιμώνται διατροφικά επειδή η ποικιλομορφία τους τείνει να περιορίζεται σε πρωτεΐνες ή ενεργειακή αξία ή να πλαισιώνεται ως μια μονολιθική κατηγορία θαλασσινών ή ψαριών. Ωστόσο, υπάρχει μεγάλη ποικιλία υδρόβιων τροφίμων που παράγονται σε όλο τον κόσμο και είναι διαθέσιμα κατά τη διάρκεια κάθε εποχής. Επί του παρόντος, η άγρια αλιεία συγκομίζει περισσότερα από 2.370 είδη και υδατοκαλλιέργεια περίπου 624 είδη (Golden, et al., 2021)

Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι τα υδρόβια τρόφιμα είναι τόσο πλούσια σε θρεπτικά συστατικά που οι τεχνολόγοι τροφίμων έχουν αναπτύξει μεθόδους για τη δημιουργία επεξεργασμένων προϊόντων ψαριών, συμπεριλαμβανομένων σκόνης ψαριών για βρέφη, γκοφρέτες ψαριών ως σνακ και τσάτνεϊ ψαριών (αναφορά). Τα υδρόβια τρόφιμα είναι πλούσια σε ωμέγα – 3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, πρωτεΐνη, ψευδάργυρο, σίδηρο, μαγνήσιο, σελήνιο, ιώδιο, χαλκό, βιταμίνη A, βιταμίνες B6 και B12 και βιταμίνη D (The Nutrition Source - Aquatic Foods, 2021).

1.1.1 Υδρόβια ζώα

Ο όρος υδρόβια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ζώα που ζουν κυρίως σε διαφορετικές μορφές νερού, όπως θάλασσες, ωκεανοί, ποτάμια, λίμνες, κ.λπ. Υδρόβιο είναι κάθε ζώο, το οποίο μπορεί να είναι είτε ασπόνδυλο είτε σπονδυλωτό, το οποίο ζει στο νερό για το μεγαλύτερο μέρος ή όλη τη διάρκεια της ζωής του. Βρίσκουμε μια μεγάλη ποικιλία ζώων, από τα πολύ απλά διπλοβλαστικά υδρόζωα και σπόγγους έως τα πολύ σύνθετα σπονδυλωτά όπως ψάρια, αμφίβια και θαλάσσια θηλαστικά.

Γενικά, τα υδρόβια ζώα μπορούν να αναπνέουν αέρα ή να εξάγουν οξυγόνο από το νερό μέσω εξειδικευμένων οργάνων που ονομάζονται βράγχια ή απευθείας μέσω του δέρματος. Επίσης, εκτός από τον σημαντικό τους ρόλο στο περιβάλλον, τα υδρόβια ζώα χρησιμοποιούνται καθημερινά από τον άνθρωπο. Τα υδρόβια ζώα αποτελούν πηγή τροφής,

φαρμάκων αλλά και άλλων πρώτων υλών.Πολλά από τα υδρόβια ζώα αποτελούν τροφή για των άνθρωπο. Οι κυριότερες κατηγορίες υδρόβιων οργανισμών που καταναλώνονται ως τροφή είναι τα ψάρια, τα μαλάκια, τα καρκινοειδή και τα εχινόδερμα.

Τα ψάρια είναι υδρόβια σπονδυλωτά ζώα που αναπνέουν με βράγχια, ζουν σε αλμυρά ή γλυκά νερά, το σώμα τους σκεπάζεται με λέπια, στερούνται άκρων και κινούνται στο νερό με πτερύγια. Τα ψάρια ανάλογα με την σύσταση του σκελετού τους διακρίνονται σε χονδριχθύες και οστεϊχθύες. Οι χονδριχθύες περιλαμβάνουν τους καρχαρίες και τα σαλάχια. Έχουν χόνδρινο σκελετό, 5 με 7 βραγχιακές σχισμές και το δέρμα τους είναι σκληρό και καλύπτεται συνήθως από πλακοειδή λέπια. Οι οστεϊχθύες έχουν οστέινο σκελετό και είναι εξελικτικά νεότεροι από τους χονδριχθύες. Τα βράγχιά τους καλύπτονται από το βραγχιακό επικάλυμμα και το δέρμα τους καλύπτεται από λέπια και διαθέτει πολλούς βλενογόνους αδένες.

Τα μαλάκια είναι ζώα αμφίπλευρης συμμετρίας με ή δίχως κεφαλή. Είναι υδρόβια ζώα και φέρουν βράγχια. Το δέρμα τους πτυχώνεται σχηματίζοντας τον μανδυακό σάκο μέσα στον οποίο περικλείονται όλα τα μαλακά τους μέρη και τα σπλάχνα τους. Ο μανδύας εκκρίνει ασβεστιτική ουσία και σχηματίζει όστρακο μέσα στο οποίο περικλείεται για προστασία το ζώο. Τα κυριότερα είδη μαλακίων είναι τα κεφαλόποδα (χταπόδια, καλαμάρια, σουπιές), τα δίθυρα μαλάκια (μύδια, στρείδια, κυδώνια, χτένια) και τα γαστερόποδα (αυτί της θάλασσας). Τα καρκινοειδή ανήκουν στο φύλο των αρθροπόδων. Είναι κυρίως υδρόβια ζώα που ζουν στα γλυκά, στα υφάλμυρα και στα θαλάσσια ύδατα και είναι βενθικής ή πελαγικής διαβίωσης. Το κυριότερο ωστόσο διαγνωστικό χαρακτηριστικό των καρκινοειδών είναι τα μοναδικά στα αρθρόποδα δύο ζεύγη κεραιών, τρία ζεύγη στοματικών μορίων και δισχιδή εξαρτήματα. Η κυριότερη διατροφικά τάξη των καρκινοειδών είναι τα Δεκάποδα, όπου περιλαμβάνουν τα Μακρόουρα Κολυμβητικά (γαρίδες), τα Μακρόουρα Βαδιστικά (καραβίδες, αστακοί) και τα Βραχύουρα (καβούρια).

Στα εχινόδερμα περιλαμβάνονται οι αστερίες, οι αχινοί, οι οφίουροι, τα κρινοειδή και τα ολοθούρια. Όλα τα εχινόδερμα παρουσιάζουν μια δευτερογενή ακτινωτή συμμετρία η οποία συνηθέστερα είναι πενταμερής. Τα περισσότερα είδη εχινόδερμων έχουν ένα ασβαστολιθικό σκελετό που φέρει αγκάθια. Τα πιο κοινά εχινόδερμα που καταναλώνονται είναι οι αχινοί και τα ολοθούρια.

1.1.2 Υδρόβια φυτά και φύκη

Υδρόβια φυτά θεωρούνται τα φυτά που αναπτύσσονται μέσα στο νερό και μάλιστα κάτω από την επιφάνειά του. Ορίζονται ως μακρόφυτα που αναπτύσσονται στο νερό ή σε ένα υπόστρωμα που έχει τουλάχιστον περιοδικά έλλειψη σε οξυγόνο ως αποτέλεσμα υπερβολικής περιεκτικότητας σε νερό και συνήθως απαντώνται σε υγροτόπους και άλλους υδρόβιους οικοτόπους .Τα μακρόφυτα που βρίσκονται στις λίμνες και τα ποτάμια, παρέχουν κάλυψη για τα ψάρια, υπόστρωμα για τα υδρόβια ασπόνδυλα, παράγουν οξυγόνο και λειτουργούν ως τροφή για ορισμένα ψάρια και άγρια ζωή (Thomaz & Ribeiro da Cunha, 2010).

Τα φύκη (algae), αποτελούνται από πολλές ταξινομικές ομάδες φωτοσυνθετικών οργανισμών που δεν ανήκουν στο αυστηρώς ορισμένο βασίλειο των Φυτών αλλά στο βασίλειο των Πρωτίστων. Συχνά γίνεται λανθασμένη συσχέτιση των φυκών, με τα ανώτερα φυτά (Αγγειόσπερμα) όπως η *Posidonia oceanica*, τα οποία ξεβράζονται σε ακτές και παραλίες. Τα φύκη είναι μια πολυφυλετική κατηγορία οργανισμών, δηλαδή αποτελείται από ταξινομικές ομάδες που δεν είναι άμεσα συγγενικές μεταξύ τους αφού ανήκουν σε διαφορετικές συνομοταξίες. Μπορεί να απαντούν σαν μεμονωμένα κύτταρα (π.χ. *Chlorela sp.*), σε αποικίες (π.χ. *Volvox*) ή σε πολυκύτταρους οργανισμούς (π.χ. *Spirogyra*).

Ανάμεσα στο ευρύ φάσμα των υδρόβιων φυτών και φυκών, ορισμένα από αυτά έχουν σημασία λόγω της μακροχρόνιας χρήσης τους από τον άνθρωπο ως τροφή. Αυτά κατηγοριοποιούνται ως βρώσιμα φυτά γλυκού νερού και βρώσιμα θαλάσσια φυτά (όπως μακροφύκη και φύκια), τα οποία καλλιεργούνται για να καλύψουν την ανθρώπινη ζήτηση ή συλλέγονται από την άγρια φύση. Ενώ ένας περιορισμένος αριθμός υδρόβιων φυτών χρησιμοποιείται ως ανθρώπινη τροφή, μια μεγάλη ομάδα υδρόβιων φυτών χρησιμοποιείται για ιατρικές ανάγκες (Abiusi, Fernadez, Canziani, Janssen, Wijffels, & Barbosa, 2022). Από όλες τις υδρόβιες πηγές τροφής, το ρύζι, μια καλλιέργεια δημητριακών που ανήκει στην οικογένεια των Poaceae, κατέχει εξέχουσα θέση ως κύριο αγρονομικό είδος και αποτελεί τη βασική διατροφή του μισού πληθυσμού του πλανήτη. Επιπλέον, μια σειρά από άλλα υδρόβια

φυτά έχουν χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο με διαφορές στον τρόπο χρήσης του φυτού ανάλογα με την τοπική κουζίνα όπως είναι το κάρδαμο, το ρύζι, ο ινδικός λωτός κλπ.

Ως λειτουργικά συστατικά, τα φύκη προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα ευεργετικών για την υγεία ενώσεων όπως πρωτεΐνες, βιοενεργά πεπτίδια, λιπαρά οξέα, πολυσακχαρίτες, στερόλες, μέταλλα και βιταμίνες (Tanna, et al., 2021), (Clelia, Correia, Freitas, Baptista, Neves, & Mouga, 2021), (Terriente-Palacios, Rubino, Hortos, Peteiro, & Castellari, 2022). Σε μια πρόσφατη μελέτη, οι Afonso et al. (2021) έδειξαν ότι τα διατροφικά οφέλη των ειδών φυκιών μπορεί να μεγιστοποιηθούν περαιτέρω μέσω της διαμόρφωσης των περιβάλλοντικών συνθηκών. Επιστημονικά στοιχεία απέδειξαν αρκετές ιδιότητες που προάγουν την υγεία όπως η αντιοξειδωτική, καθαριστική, αναγωγική, και αντιπολλαπλασιαστική δράση φυκών με υψηλή περιεκτικότητα σε φαινολικά και φλαβονοειδή (Tanna et al., 2021). Επιπλέον, με βάση δοκιμές in vivo, ο συνδυασμός του θειικού πολυσακχαρίτη ulvan και του καροτενοειδούς ασταξανθίνη προώθησαν τη σχετική
αφθονία βακτηριδίων, βάκιλλων, βλωστριδίων και βερρουκομικροβίων, τα οποία είναι ευεργετικά για την εντερική υγεία και την ομοιόσταση του εντέρου (Pratap et al., 2021). Έτσι, η χρήση συστατικών φυκιών έχει ανοδική τάση στα εμπορικά τρόφιμα, όπως αναφέρεται από πρόσφατη μελέτη αγοράς (Boukid & Castellari, 2021). Βρέθηκε ότι το κυρίαρχο συστατικό φυκών είναι η καραγενάνη λόγω των παχυντικών, γαλακτωματοποιητικών, σταθεροποιητικών και πηκτωδών χαρακτηριστικών της, ενώ τα κύρια είδη που χρησιμοποιούνται είναι η *Chlorella spp.*, η *Arthrospira sp.*, γνωστή και ως
«σπιρουλίνα» (Boukid & Castellari, 2021).

1.2 Διατροφική αξία

Σε όλο τον κόσμο, δισεκατομμύρια άνθρωποι υποφέρουν από μία ή περισσότερες μορφές υποσιτισμού. Για την αντιμετώπιση αυτών των πολλαπλών μορφών υποσιτισμού, οι σύγχρονες συζητήσεις για τη διατροφική πολιτική επικεντρώνονται στο ρόλο της βιώσιμης και υγιεινής διατροφής στη βελτίωση της ανθρώπινης υγείας (Willett et al, 2019). Τα μπλε τρόφιμα μπορούν να βοηθήσουν στη θρέψη των ευάλωτων πληθυσμών, αλλά συχνά αγνοούνται ως πιθανή λύση στην πολιτική τροφίμων. Οι παγκόσμιες αναλύσεις τείνουν να επικεντρώνονται στα χερσαία τρόφιμα ή να περιορίζουν χιλιάδες βρώσιμα υδρόβια είδη σε υπερβολικά απλουστευμένες κατηγορίες όπως "θαλασσινά" ή "ψάρια".

Επαναπροσδιορίζεται ο ρόλος των υδρόβιων τροφίμων στα παγκόσμια συστήματα διατροφής ως μια εξαιρετικά ποικιλόμορφη ομάδα τροφίμων, η οποία μπορεί να παρέχει κρίσιμα θρεπτικά συστατικά και να βελτιώσει τη συνολική υγεία (Byrdet al, 2021). Επιπλέον, υπολογίζουν μόνο την πρωτεΐνη και τη θερμιδική αξία των μπλε τροφίμων, παραβλέποντας κρίσιμα θρεπτικά συστατικά όπως βιταμίνες, μέταλλα και λιπαρά οξέα (Εικ. 1). Από τα οστρακοειδή μέχρι τα φύκια και τον σολομό, τα βιώσιμα μπλε τρόφιμα μπορούν δυνητικά να διαδραματίσουν πολύ μεγαλύτερο ρόλο στην αντιμετώπιση του υποσιτισμού.

Η Βάση Δεδομένων Σύνθεσης Υδρόβιων Τροφίμων (AFCD) δείχνει τα επίπεδα εκατοντάδων θρεπτικών συστατικών σε περισσότερα από 3.750 υδρόβια είδη για να παρέχει μια πιο διαφοροποιημένη κατανόηση της ποικιλίας των μπλε τροφών και της εξαιρετικά υψηλής διατροφικής τους αξίας.

Σε μία αναφορά στα βρώσιμα φύκια φαίνεται πώς είναι μια πλούσια και βιώσιμη πηγή μακροθρεπτικών συστατικών (ιδίως διαιτητικών ινών) και μικροθρεπτικών συστατικών, αλλά εάν τα φύκια πρόκειται να συμβάλουν στη μελλοντική παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια, απαιτούνται νομοθετικά μέτρα για τη διασφάλιση της παρακολούθησης και της επισήμανσης των προϊόντων διατροφής για προστασία από την υπερβολική πρόσληψη αλατιού, ιώδιο και βαρέων μετάλλων (Allsopp et al, 2016).

Σε σχέση με την περιορισμένη ποικιλία των οικόσιτων χερσαίων τροφίμων ζωικής προέλευσης (π.χ. βοδινό κρέας, πουλερικά, χοιρινό κρέας), τα ΑΑΣΠ παρουσιάζουν αμέτρητες επιλογές για την παροχή θρεπτικών συστατικών. Επί του παρόντος, η άγρια αλιεία αλιεύει περισσότερα από 2.370 taxa και οι καλλιεργητές υδατοκαλλιέργειας εκτρέφουν περίπου 624 είδη. Για να παρουσιαστούν στοιχεία σχετικά με τη μεταβλητότητα της σύνθεσης των θρεπτικών συστατικών σε αυτή την ποικιλόμορφη σειρά υδρόβιων τροφίμων, δημιουργήθηκε τη βάση δεδομένων για τη σύνθεση των υδρόβιων τροφίμων (AFCD), η οποία είναι μια ολοκληρωμένη παγκόσμια βάση δεδομένων που περιλαμβάνει εκατοντάδες θρεπτικά συστατικά, συμπεριλαμβανομένων των ανόργανων συστατικών (π.χ. ασβέστιο, σίδηρος και ψευδάργυρος), των βιταμινών και των λιπαρών οξέων από 3.753 taxa υδρόβιων τροφίμων. Η ανάλυσή μας υποδεικνύει ότι οι 7 κορυφαίες κατηγορίες τροφίμων ζωικής προέλευσης που είναι πλούσιες σε θρεπτικά συστατικά είναι όλες υδρόβιες τροφές, συμπεριλαμβανομένων των πελαγικών ψαριών, των δίθυρων και των σολομοειδών.

Η χλωροφύλλη είναι μια πανταχού παρούσα χρωστική ουσία (λιποδιαλυτή) ζωτικής σημασίας για τη φωτοσύνθεση και γενικά βρίσκεται σε όλα τα φυτά, τα φύκια και τα κυανοβακτήρια. Τα πράσινα μικροφύκη *Chlorella* sp. ονομάζονται ευρέως ως «Emeraldfood» λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε χλωροφύλλη (Barros., etal, 2021). Η χλωροφύλλη απέκτησε σημασία ως χρωστικός παράγοντας στα τρόφιμα και λόγω της χημειοθεραπευτικής δυνατότητας λόγω των παραγώγων της στον τομέα της ιατρικής (Novotny et al, 1999). Χρησιμοποιείται ευρέως ως συστατικό σε προϊόντα υγείας και υγιεινής όπως αντιδρωτικά, αποσμητικά χώρου, παστίλιες και σε σκευάσματα κατά των δυσάρεστων μυρωδιών.

Τα καροτενοειδή είναι υδρόφοβες βοηθητικές χρωστικές ουσίες, οι οποίες δρουν ως αντιοξειδωτικά και παίζουν σημαντικό ρόλο στην εξουδετέρωση των ελεύθερων ριζών και στην αναστολή του οξειδωτικού στρες σε κύτταρα, ιστούς και μεμβράνες (Singh., etal, 2000). Η ασταξανθίνη επιδεικνύει μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση, 100 φορές υψηλότερη από την άλφα-τοκοφερόλη, παρουσιάζει υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση από το β- καροτένιο στην άμβλυνση της οξειδωτικής βλάβης και στην πρόληψη της βλάβης στις διπλές στοιβάδες λιπιδίων (Mustafa et al, 2021).

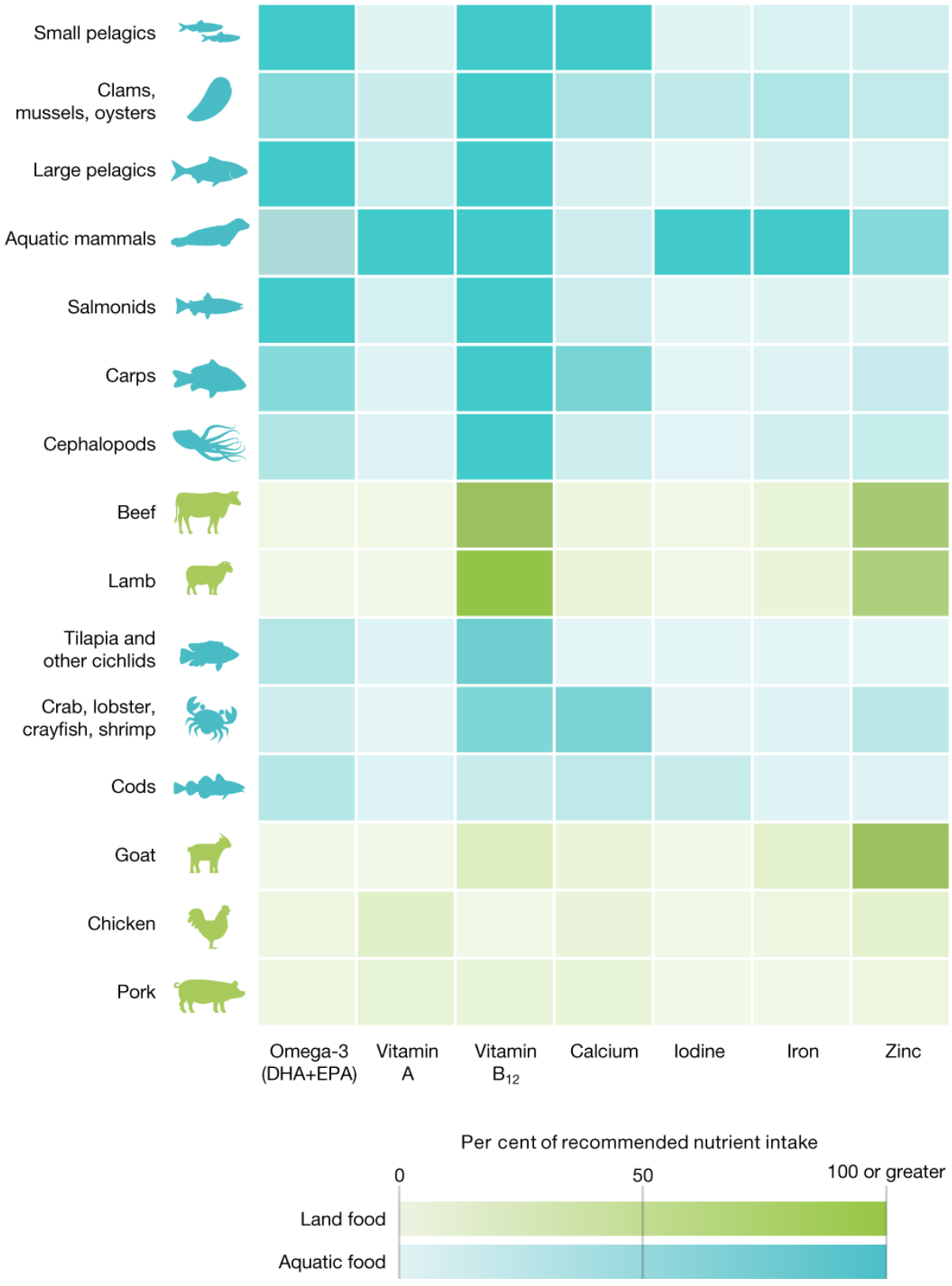
Οι 7 κορυφαίες κατηγορίες τροφών ζωικής προέλευσης πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά ήταν όλες υδρόβιες, με μεγάλα και μικρά πελαγικά ψάρια, οστρακοειδή, σολομούς, κυπρίνους και άλλα υδρόβια θηλαστικά να κατατάσσονται υψηλότερα από τα τρόφιμα που προέρχονται από την ξηρά, όπως βοδινό, αρνί, μοσχάρι, κατσίκι, κοτόπουλο και χοιρινό. Παρόλο που τα υδρόβια θηλαστικά δεν καταναλώνονται στις ΗΠΑ, μπορούν να είναι μια πολιτιστικά και διατροφικά σημαντική τροφή για επιβίωση και για αυτόχθονες πληθυσμούς (Εικ. 1, Golden et al, 2021).

Εικ. 1 Θρεπτική ποικιλομορφία των υδρόβιων τροφίμων ζωικής προέλευσης σε σχέση με τα χερσαία τρόφιμα ζωικής προέλευσης (Golden et al, 2021).

1.2.1 Πρωτεΐνες

Τα υδρόβια τρόφιμα είναι μια σημαντική πηγή ποιοτικής πρωτεΐνης. Οι πρωτεΐνες είναι δομικά στοιχεία και βασικά μακροθρεπτικά συστατικά υπεύθυνα για τη συνολική ανάπτυξη του ανθρώπινου σώματος. Σε σύγκριση με τις ζωικές πρωτεΐνες (42–52 m^2 για το κοτόπουλο, 47–64 m^2 για το χοιρινό και 144–258 m^2 για την παραγωγή βοείου κρέατος), οι πρωτεΐνες μικροφυκών (2,5 m^2 ανά kg πρωτεΐνης) απαιτούν ελάχιστη γη για καλλιέργεια (Greger et al, 1999). Οι πρωτεΐνες φυκών χρησιμοποιούνται ως συμπλήρωμα διατροφής (δισκία, σκόνη και πάστα) και η σύνθεση αμινοξέων είναι ισοδύναμη με υψηλής ποιότητας πρωτεϊνικές τροφές όπως η β-λακτοσφαιρίνη, το τόφου, τα μανιτάρια, η σόγια και το ασπράδι αυγού (Gallego et al., 1996). Τα μικροφύκη *Chlorella sp., Dunaliella sp.*, και *Arthrospira sp.* παράγουν κορυφαίες πρωτεΐνες και προφίλ αμινοξέων σύμφωνα με τις οδηγίες του FAO/WHO και διατίθενται νόμιμα στην αγορά ως διατροφικά προϊόντα ή εμπλουτισμένα τρόφιμα για την πρόληψη διαταραχών υγείας και ανωμαλιών στα κύτταρα (Chen., etal, 2011).

Τα μικροφύκη είναι μια πολύ διαφορετική ομάδα μικροοργανισμών και υπολογίζεται ότι περιλαμβάνουν περίπου 200.000 είδη (Norton et al., 1996). Οι πιο γνωστές και αναμφισβήτητα πιο σημαντικές οικολογικά τάξεις/διαιρέσεις μικροφυκών είναι τα



Cyanophyceae (γαλαζοπράσινα φύκια), Chlorophyceae (πράσινα φύκια), Bacillariophyceae (συμπεριλαμβανομένων των διατόμων) και Chrysophyceae (συμπεριλαμβανομένων των

χρυσών φυκιών). Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη μπορεί να είναι πολύδιαφορετική μεταξύ των ειδών και των στελεχών μικροφυκών και επηρεάζεται ουσιαστικά από το περιβάλλον στο οποίο καλλιεργούνται. Υπό καλλιέργεια, πολλά είδη μπορεί να περιέχουν υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης, συνήθως 40-60% ξηρής μάζας, ενώ ορισμένα είδη έχουν σχετικά χαμηλά επίπεδα πρωτεΐνης, ειδικά εκείνα που επιλέγονται για παραγωγή λαδιού και βιοντίζελ (Becker et al., 2006) παρόμοια με τις τιμές πολλών ειδών που εξετάστηκαν από άλλους (Acquah et al., 2020). Φαίνεται ότι η *Chlorella vulgaris* και η *Arthrospira sp.* είναι τα πιο συχνά εκμεταλλευόμενα βιομηχανικά είδη λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε πρωτεΐνες (51-58% της ξηρής μάζας) και των ευνοϊκών προφίλ βασικών αμινοξέων (Ismail et al., 2020).

1.2.2 Λίπη

Τα λιπίδια είναι απαραίτητα μακρομόρια και κρίσιμα συστατικά ενεργειακών αποθεμάτων και σηματοδότησης, μόρια καθοριστικής σημασίας για την ακεραιότητα και τη λειτουργικότητα των κυτταρικών μεμβρανών. Τα φύκια περιέχουν τα περισσότερα από τα φυτικά λιπίδια όπως τα γλυκοσυγλυκερίδια και τα φωσφογλυκερίδια (Sharma etal., 2021). Η περιεκτικότητα σε λιπίδια των μικροφυκών κυμαίνεται από 1 έως 40% και μπορεί να αυξηθεί στο 85% του συνολικού ξηρού βάρους ανάλογα με τη σύνθεση των θρεπτικών συστατικών, τη θερμοκρασία, τη ροή φωτός και τη συγκέντρωση CO_2 (Göthberg et al., 2002). Τα αποθηκευτικά λιπίδια (τριακυλογλυκερόλες) παράγονται μέσω της φωτοσύνθεσης και αποθηκεύονται στα κύτταρα, ενώ τα λίπη που εμπλέκονται στη δομή και το μεταβολισμό των κυττάρων είναι γνωστά ως δομικά λιπίδια (μονοακόρεστα λιπαρά οξέα - MUFA) και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) (Luo et al, 2017). Τα PUFA μειώνουν τον επιπολασμό αρκετών χρόνιων ασθενειών και έχει αποδειχθεί ότι έχει πολλά οφέλη για την υγεία (Duman et al., 2009).

Το ανθρώπινο σώμα μπορεί να παράγει τα περισσότερα από τα είδη λιπιδίων που χρειάζεται από άλλα λίπη ή υδατάνθρακες. Αυτό δεν ισχύει για τα ωμέγα-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα.

Αυτά είναι απαραίτητα λιπαρά οξέα τα οποία το σώμα δεν μπορεί να τα συνθέσει αλλά πρέπει να τα προσλάβει από την τροφή. Τα τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε ωμέγα-3 περιλαμβάνουν ορισμένα ψάρια και θαλασσινά, μερικά φυτικά έλαια, ξηρούς καρπούς (ειδικά καρύδια), σπόρους λιναριού και φυλλώδη λαχανικά (NIH Office of Dietary Supplements, 2018).

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ωμέγα-3 λιπαρών που έχουν ουσιαστικό ρόλο στην ανθρώπινη υγεία, το εικοσαπεντανοϊκό οξύ (EPA) και το εικοσιδυαεξανοϊκό οξύ (DHA). Το EPA και το DHA προέρχονται κυρίως από θαλάσσια ψάρια, επομένως μερικές φορές ονομάζονται και θαλάσσια ωμέγα-3. Ο σολομός, το σκουμπρί, ο τόνος, η ρέγκα και οι σαρδέλες περιέχουν υψηλές ποσότητες EPA/DHA. Το EPA και το DHA μπορούν να συντεθούν από ένα άλλο ωμέγα-3 λιπίδιο που ονομάζεται άλφα-λινελαϊκό οξύ (ALA), επομένως ονομάζονται ακριβέστερα «απαραίτητα υπό όρους» λίπη. Επειδή όμως η μετατροπή από ALA σε EPA/ DHA μπορεί να μην είναι επαρκώς αποτελεσματική, το EPA/DHA λαμβάνεται καλύτερα απευθείας από πηγές τροφίμων. Το άλφα-λινολενικό οξύ (ALA), το πιο κοινό ωμέγα-3 λιπαρό οξύ στις περισσότερες δυτικές δίαιτες, βρίσκεται σε φυτικά έλαια (ειδικά canola, σόγια, λινάρι), ξηρούς καρπούς (ειδικά καρύδια), σπόρους chia και λιναριού, φυλλώδη λαχανικά και ορισμένα ζωικά λίπη, ειδικά από ζώα που τρέφονται με χόρτο. Το ALA είναι ένα πραγματικό απαραίτητο λίπος επειδή δεν μπορεί να συντεθεί από το σώμα και είναι απαραίτητο για τη φυσιολογική ανάπτυξη του ανθρώπου. Μπορεί να μετατραπεί σε EPA και DHA, αλλά ο ρυθμός μετατροπής είναι περιορισμένος, επομένως δεν είμαστε ακόμα βέβαιοι εάν το ALA από μόνο του μπορεί να παρέχει τη βέλτιστη πρόσληψη ωμέγα-3 λιπαρών οξέων (NIH Office of Dietary Supplements, 2018).

1.2.3 Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες είναι κύρια ενδοκυτταρικά συστατικά που λαμβάνονται συντίθενται από τη φωτοσύνθεση και μπορούν να φτάσουν έως και το 50% του ξηρού βάρους των μικροφυκών (Xing et al., 2013). Οι υδατάνθρακες συντίθενται με τη μορφή αναγωγικών σακχάρων όπως η γλυκόζη, η λακτόζη, η σακχαρόζη, η φρουκτόζη και οι πολυσακχαρίτες. Οι πολυσακχαρίτες

έχουν προσελκύσει ευρεία προσοχή από τις βιομηχανικές και τις φαρμακευτικές εταιρείες καθώς είναι φυσικοί, βιοδιασπώμενοι, μη τοξικοί και βιοσυμβατοί. Αυτά παρέχουν οφέλη για την υγεία ενισχύοντας το ανοσοποιητικό σύστημα, μπλοκάροντας την ογκογένεση και χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά για τη ρεολογική τους ιδιότητα ως παράγοντες πάχυνσης ή πηκτωματοποίησης (Kiran & Mohan, 2021).

Οι πολυσακχαρίτες, συγκεκριμένα imulina και immurella που απομονώθηκαν από τα φύκη *Spirulina platensis* και *Chlorella pyrenoidosa*, παρουσίασαν υψηλή αντικαρκινική δράση σε σύγκριση με μυκητιακούς πολυσακχαρίτες όπως η σχιζοπλυλάνη, η λεντινάνη και η κρεστίνη (De Morais et al., 2015). Τα ζώα που τρέφονταν με φύκη πλούσια σε πολυσακχαρίτες εμφάνισαν χαμηλότερα επίπεδα χοληστερόλης στον ορό με την επακόλουθη μείωση της ινσουλίνης και της γλυκόζης (Gardeva et al., 2009). Οι πολυσακχαρίτες φυκών που περιέχουν θειικούς εστέρες ταξινομούνται ως θειωμένοι πολυσακχαρίτες και παράγονται κυρίως από τα *Chlorella vulgaris* και *Scenedesmus quadricauda*. Αυτοί οι πολυσακχαρίτες αποτελούνται από 3-συνδεδεμένη β-D-γαλακτόζη και 4-συνδεδεμένη α-D-γαλακτόζη ως εναλλακτικά υπολείμματα στη ραχοκοκαλιά τους (Raskin et al., 1997). Οι θειωμένοι πολυσακχαρίτες που παράγονται από το *Porphyridium aerugineum* δρουν ως υλικό επικάλυψης στην επιφάνεια των ειδών υγιεινής για την πρόληψη μολύνσεων από επιδημικές ασθένειες όπως η COVID-19 (Gaikwad et al., 2020).

1.2.4 Μικροθρεπτικά

Τα μπλε τρόφιμα σε αντίθεση με τα βασικά τρόφιμα όπως το ρύζι ή άλλα δημητριακά, μπορούν να αντιμετωπίσουν πολλαπλές διαστάσεις της τροφής και της διατροφικής ασφάλειας ταυτόχρονα παρέχοντας βασικά μικροθρεπτικά συστατικά, όπως βιταμίνες και μέταλλα κρίσιμα για την ανθρώπινη υγεία. Αρκετές μελέτες δείχνουν ότι η κατανάλωση φυκών συμβάλλει στη διαιτητική πρόσληψη μετάλλων και η υψηλότερη πρόσληψη τροφών που περιέχουν φύκη έχει συσχετιστεί με επαρκή πρόσληψη ασβεστίου για την πρόληψη της οστεοπόρωσης σε γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση (Leape, et al., 2023).

Όσον αφορά τις βιταμίνες, τα μικροφύκη είναι το λίκνο των βιταμινών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά ή συμπληρώματα διατροφής για τη θρέψη του ανθρώπινου οργανισμού, την αναζωογόνηση των κυττάρων, την αποτοξίνωση, καθώς και την ενεργοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος (Laskowski et al., 1991). Η σπιρουλίνα είναι ένα μικροφύκος πλούσιο σε βιταμίνη B12 και προβιταμίνη A (β-καροτίνη), και η κατανάλωσή της βελτιώνει τον γαλακτοβάκιλλο στο έντερο και καθιστά δυνατή την πιο αποτελεσματική πέψη της βιταμίνης B1 και άλλων βιταμινών από τα τρόφιμα (Neeratanaphan et al., 2017). Η λουτεΐνη και η ζεαξανθίνη που συντέθηκαν από την *Spirulina maxima* δρουν ως προστατευτικοί παράγοντες απέναντι σε επιβλαβείς πηγές φωτός και της ηλικιακής εκφύλισης της ωχράς κηλίδας (AMD) (Graber et al., 2009).. Κάποια μικροφύκη περιέχουν βιταμίνη D2 και D3 μαζί με προβιταμίνη D3 που δρουν ως χημειοπροληπτικοί παράγοντες και ασκούν αντιπολλαπλασιαστική και ανοσοτροποποιητική δράση στα κύτταρα που αναπτύσσουν όγκους (Edelstein et al., 2018). Η βιταμίνη E που συντίθεται σε είδη μικροφυκών όπως τα *Chaetoceros calcitrans, Nannochloropsis sp., Porphyridium sp., Dunaliella tertiolecta* και *Tetraselmis suecica* βελτιώνουν τη λειτουργία του ενδοθηλίου, την υγεία των αγγείων και αναστέλλουν την ανάπτυξη των καρκινικών κυττάρων του προστάτη (Masindi et al., 2018). Τα κεφαλόποδα (10,2μg/100g), τα δίθυρα και τα γαστερόποδα (9.4μg/ 100g) και τα μικρά πελαγίσια ψάρια (8,3μg/100g) είναι πολύ πλούσια σε βιταμίνη B12, σε σύγκριση με άλλες ομάδες, για παράδειγμα, τον τόνο (1,1μg/100 g) και τις γαρίδες (1,5μg/ 100g). Τα μικρά πελαγίσια ψάρια (καταναλώνονται ολόκληρα) παρέχουν επίσης περισσότερη βιταμίνη A (106 μg RAE/100 g) από όλες τις άλλες υδρόβιες ομάδες που εξετάστηκαν. Όλες οι ομάδες που εξετάστηκαν, εκτός από τον αχινό και τα φύκια, περιείχαν σημαντική συμβολή στις ημερήσιες ανάγκες ανά μερίδες 100 g, σημαντικές για τη γνωστική λειτουργία και την ανάπτυξη. Οι βασικότερες βιταμίνες που περιέχονται στα ψάρια είναι η βιταμίνη A, απαραίτητη για την ανάπτυξη και την ενίσχυση της φυσικής μας άμυνας, η βιταμίνη D, η οποία συμβάλλει στην καλύτερη απορρόφηση του ασβεστίου από τον οργανισμό, καθώς και οι βιταμίνες του συμπλέγματος B, με εξέχουσα τη βιταμίνη B6, απαραίτητη για τη σύνθεση αμινοξέων και την παραγωγή ενέργειας (Lock, Waagbo, Bonga, & Flik, 2010).

Αναφορικά με τα μικρά πελαγίσια είναι εξαιρετική πηγή ασβεστίου περιέχοντας 725mg/ 100g ασβεστίου, 5-7 φορές περισσότερο από τα καβούρια και οι καραβίδες (143mg/100g), οι

γαρίδες (89mg/100g), τα δίθυρα (77,5mg/100g), τα μεγάλα πελαγικά ψάρια (14mg/100g), τα κεφαλόποδα (14,5mg/100g), τα εχινοειδή (50mg/100g), οι χελώνες (100mg/100g), οι τόνοι (5,5mg/100g), το αγγούρι θαλάσσης (87mg/100g), τα φύκια (56mg/100g) και τα κονσερβοποιημένα ψάρια (154mg/100g). Επίσης, τα μικρά ψάρια που μπορούν να καταναλωθούν ολόκληρα, συμπεριλαμβανομένων των οστών, όπως οι σαρδέλες, και αυτά που μαλακώνουν σε κονσέρβες ψαριών, είναι ιδιαίτερα πλούσια σε ασβέστιο. Ορισμένες υδρόβιες ομάδες που εξετάστηκαν έδειξαν σημαντική διακύμανση στην περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά μεταξύ των διαφορετικών ειδών (Farmery, et al., 2020).

Ένα άλλο σημαντικό μικροθρεπτικό συστατικό είναι ο σίδηρος, ο οποίος υπάρχει στα δίθυρα και στα γαστερόποδα, στα φύκια και στα μικρά πελαγίσια ψάρια. Τα μικρά πελαγίσια ψάρια, τα δίθυρα και τα γαστερόποδα περιέχουν παρόμοιες ποσότητες σιδήρου (4 mg/100 g), είναι σχεδόν επτά φορές υψηλότερη από την ποσότητα που περιέχεται στα βενθοπελαγικά και τα ψάρια των υφάλων (Farmery, et al., 2020).

Επιπλέον, τα υδρόβια τρόφιμα μπορούν επίσης να περιέχουν υψηλά επίπεδα νατρίου, ιδιαίτερα τα επεξεργασμένα και κονσερβοποιημένα ψάρια. Η υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο και η ποικιλία των συνταγών των επεξεργασμένων προϊόντων, πρέπει να ληφθούν υπόψη στις συστάσεις για την αύξηση της πρόσληψης υδρόβιων τροφίμων από επεξεργασμένες μορφές.

Σημαντικά είναι τα επίπεδα υδραργύρου τα οποία είναι συνήθως χαμηλά στα ταχέως αναπτυσσόμενα είδη, αλλά είναι πολύ υψηλότερα σε μεγαλύτερα ψάρια, όπως ορισμένοι τόνοι (Houssard et al, 2019). Τα ψάρια είναι πλούσια σε φώσφορο αλλά και σε ασβέστιο και μαγνήσιο, τρία μεταλλικά στοιχεία σημαντικά για τη μεταλλοποίηση των οστών. Περιέχουν επιπλέον ψευδάργυρο, ο οποίος παίζει σημαντικό ρόλο στη νευρολογική λειτουργία, ενώ είναι απαραίτητος και για την καλή υγεία του αναπαραγωγικού συστήματος (Farmery, et al., 2020). Ο ψευδάργυρος είναι ένα ιχνοστοιχείο, που σημαίνει ότι το σώμα χρειάζεται μόνο μικρές ποσότητες, και ωστόσο είναι απαραίτητο για σχεδόν 100 ένζυμα να πραγματοποιήσουν ζωτικές χημικές αντιδράσεις. Είναι σημαντικός παράγοντας στην αντιγραφή του DNA, στην ανάπτυξη των κυττάρων, στην σύνθεση πρωτεϊνών, στην επούλωση κατεστραμμένων ιστών και στην υποστήριξη ενός υγιούς ανοσοποιητικού

συστήματος. Επειδή βοηθά τα κύτταρα να αναπτυχθούν και να πολλαπλασιαστούν, απαιτείται επαρκής ψευδάργυρος σε περιόδους ταχείας ανάπτυξης, όπως η παιδική ηλικία, η εφηβεία και η εγκυμοσύνη. Ο ψευδάργυρος εμπλέκεται επίσης με τις αισθήσεις της γεύσης και της όσφρησης. Τα θαλασσινά είναι πλούσια σε ψευδάργυρο κυρίως τα οστρακόδερμα: στρείδια, καβούρι, αστακός (Institute of Medicine, 2001).

Κεφάλαιο 2: Επίδραση στην υγεία

Η ανθρωπότητα εξαρτάται από τη βιοποικιλότητα για την υγεία, την ευημερία και ένα σταθερό περιβάλλον (Golden et al, 2016). Καθώς η μείωση της βιοποικιλότητας επιταχύνεται, εξακολουθούμε να ανακαλύπτουμε όλο το φάσμα των συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία και ευημερία. Συγκεκριμένα, οι διατροφικές μετρήσεις που καταγράφουν πολλαπλά μικροθρεπτικά συστατικά και λιπαρά οξέα που είναι απαραίτητα για την ανθρώπινη ευημερία εξαρτώνται περισσότερο από την βιοποικιλότητα από ότι οι κοινές οικολογικές μονάδες μέτρησης, όπως η παραγωγικότητα (Belton., etal, 2014). Τα μικροθρεπτικά συστατικά και τα λιπαρά οξέα που προέρχονται από θαλασσινά είναι σημαντικά για την ανθρώπινη υγεία και αποτελούν πυλώνα της παγκόσμιας ασφάλειας τροφίμων και διατροφής (Kawarazuka., et al, 2010).

Οι ελλείψεις σε βασικά μικροθρεπτικά συστατικά, όπως ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος, το ασβέστιο, το ιώδιο, το φυλλικό οξύ, οι βιταμίνες A, B12 και D, έχουν οδηγήσει σε 1 εκατομμύριο πρόωρους θανάτους ετησίως (Global Nutrition Report., 2020). Επιπλέον, εκτιμάται ότι το 30% του παγκόσμιου πληθυσμού (περίπου 2,3 δισεκατομμύρια άνθρωποι) έχει δίαιτες που είναι ανεπαρκείς σε τουλάχιστον ένα μικροθρεπτικό συστατικό. Η ανεπαρκής πρόσληψη θρεπτικών συστατικών μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα και η προσβασιμότητα των τροφίμων, οικολογικές ή περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η απώλεια θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, η ξηρασία ή η μείωση της αλιείας, η μειωμένη πρόσβαση σε αγορές και φυσικούς πόρους λόγω δασμών, διακυβέρνησης της αλιείας ή άλλων οικονομικών κινήτρων και οι γευστικές προτιμήσεις και η συμπεριφορά του καταναλωτή ή άλλοι εξατομικευμένοι παράγοντες (Vermeulen, S. J.,etal, 2020). Τα μπλε τρόφιμα έχουν την ικανότητα να μειώνουν ή να καλύψουν αυτό το θρεπτικό κενό με βιοδιαθέσιμες μορφές μικροθρεπτικών συστατικών, ιδιαίτερα σε γεωγραφικά μήκη και πλάτη όπου η εξάρτηση από τα μπλε τρόφιμα και οι διατροφικές ελλείψεις είναι υψηλές, όπως οι περιοχές του ισημερινού (Golden et al., 2016). Οι AASF βελτιώνουν την ανθρώπινη υγεία μέσω τουλάχιστον τριών τρόπων: Παρέχοντας την κυρίαρχη πηγή των ωμέγα-3

πολυακόρεστων λιπαρών οξέων μακράς αλυσίδας δοκοσαεξαενοϊκό οξύ (DHA) και εικοσιπενταενοϊκό οξύ (EPA) (εφεξής αναφερόμενα από κοινού ως DHA+EPA), τα οποία μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο καρδιακών παθήσεων και να προάγουν την υγεία του εγκεφάλου και των ματιών, και αντικαθιστώντας την κατανάλωση λιγότερο υγιεινών κόκκινων και επεξεργασμένων κρεάτων που μπορεί να προκαλέσουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία.

Πολλά από τα συστατικά που περιέχονται στα μπλε τρόφιμα έχουν αντιοξειδωτική δράση. Τα μικροφύκη παράγουν διάφορες θεραπευτικά δραστικές βιοενώσεις τις οποίες είτε αποθηκεύουν μέσα στο κύτταρο είτε τις εκκρίνουν ενδοκυττάρια είτε τις εκκρίνουν στο περιβάλλον (Hummel et al., 2004). Τα φλαβονοειδή είναι ευρέως διαδεδομένα στα φύκη και η συγκέντρωση τους μπορεί να αυξηθεί περαιτέρω μέσω διαφορετικών τεχνικών χειρισμού (Singh et al., 2014). Η αμμωνιακή λυάση της φαινυλαλανίνης είναι ένα ένζυμο ενεργό στη βιοσύνθεση ενώσεων πολυφαινόλης (φαινυλοπροπανοειδή, φλαβονοειδή και λιγνίνη) που χαρακτηρίστηκε με κρυσταλλογραφία ακτίνων Χ σε κυανοβακτήρια *Anabaena variabilis* και *Nostoc punctiforme* (Paudel et al., 2015). Έχει αναφερθεί αυξημένη ποσότητα κατεχίνης και επικατεχίνης σε μικροφύκη με αυξημένη ποσότητα χαλκού και πιστεύεται ότι αυτά τα φλαβονοειδή δρουν ως προστατευτικά των κυττάρων των μικροφυκών έναντι στην τοξικότητα μετάλλων. Τα εκχυλίσματα που περιέχουν αυτά τα φλαβονοειδή έδειξαν επίσης αντιοξειδωτική δράση (López et al., 2015).

Τα φλαβονοειδή είναι μια κατηγορία βιοενεργών ενώσεων που μπορούν να αξιοποιηθούν για τη θεραπεία διαφόρων ιατρικών καταστάσεων, όπως για παράδειγμα του διαβήτη, καρδιαγγειακών δυσλειτουργιών, οφθαλμικών παθήσεων, προβλήματων γήρανσης και νευρολογικών επιπλοκών. Ορισμένες κλινικές δοκιμές απέδειξαν επίσης την αποτελεσματικότητα της χρήσης φλαβονοειδών σε διάφορα είδη προβλημάτων που σχετίζονται με την υγεία (Amawi et al., 2017).

Οι ιοί είναι οι μικρότεροι μολυσματικοί παράγοντες με τα μεγαλύτερα ποσοστά θνησιμότητας παγκοσμίως. Η πρόληψη της εισβολής ή της σύνθεσης ικών συστατικών είναι διφορούμενη καθώς έχουν επιβλαβή επίδραση στο σύστημα του ξενιστή. Αν και αρκετά αντιικά φάρμακα προέρχονται από δευτερογενείς μεταβολίτες φυτών, θηλαστικών και

συνθετικές χημικές ουσίες, συνέχεια προκύπτουν μεταλλαγμένα ικά στελέχη ανθεκτικά στα υπάρχοντα φάρμακα. Τα μικροφύκη αποτελούν πιθανές πηγές αντιικών παραγόντων σε συνδυασμό με την προώθηση της μπλε βιοτεχνολογίας (Yasuhara-Bell et al., 2010). Τα μικροφύκη και τα κυανοβακτήρια αποτελούν πιθανή πηγή αντιικών παραγόντων σε βιομηχανική κλίμακα (Vijayakumar et al., 2015). Ο ιός του απλού έρπητα (HSV1/HSV2) είναι μια επικρατούσα μεταδοτική ασθένεια και περίπου το 30% του παγκόσμιου πληθυσμού προσβάλλεται από έρπητα των γεννητικών οργάνων και του στόματος. Αρκετές μελέτες τεκμηρίωσαν ότι οι θαλάσσιοι πολυσακχαρίτες παρουσιάζουν ένα ευρύ αντιϊκό φάσμα έναντι των ιών με περίβλημα. Η σπιρουλάνη, ένας θειικός πολυσακχαρίτης που απομονώθηκε από το *Spirulina platensis* , έδειξε καλή αντιική δράση έναντι του ιού της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας (HIV1) και του ιού του απλού έρπητα (HSV1) (Hayashi et al., 1996).

Αναφορικά με τον καρκίνο, αρκετά ενζυματικά και μη ενζυματικά αντιοξειδωτικά από φυσικές πηγές καταστέλλουν την ογκογένεση αναστέλλοντας τη δραστηριότητα πρωτεάσης των καρκινικών κυττάρων, ενισχύοντας την κυτταρική διαίρεση, πυροδοτώντας κυτταρικό θάνατο και ανοσοτροποποιήσεις (Kim et al., 2011). Οι Chinery et al. (1997) ανέφεραν ότι η συνδυασμένη δράση των αντινεοπλασματικών παραγόντων και των αντιοξειδωτικών βοηθά στην ύφεση του καρκίνου του παχέος εντέρου (Chinery, Brockman, Peeler, Shyr, Beauchamp, & Coffey, 1997). Τα κυανοβακτήρια είναι μια άφθονη πηγή φυσικών μικροοργανισμών και η φαρμακευτική τους αξία αναγνωρίστηκε στις αρχές του 15ουαιώνα, όταν τα στελέχη του γένους *Nostoc* χρησιμοποιήθηκαν για τη θεραπεία κακοήθων όγκων, αρθρίτιδας και συριγγίου. Τα γένη *Anabaena* και *Nostoc* είναι σημαντικά κυανοβακτήρια που παράγουν πάνω από 120 φυσικά προϊόντα με ισχυρή δράση ενάντια σε διάφορους καρκινογόνους παράγοντες (Burja et al., 2001). Η χλωροφυλλίνη, ένα παράγωγο της χλωροφύλλης, δρα κατά των ανθρώπινων καρκινικών κυττάρων του παχέος εντέρου HCT1 16 λόγω της υψηλής αποτελεσματικότητάς της ως χημειοπροληπτικός παράγοντας (Koller et al., 2014).Οι θειωμένοι πολυσακχαρίτες που απομονώθηκαν από το *P. cruentum* εμφάνισαν έντονη αντινεοπλασματική δράση στο περιτόναιο τρωκτικού παρεμποδίζοντας την εξέλιξη των καρκινικών κυττάρων και αυξάνοντας τους δείκτες του σπλήνα και θύμου αδένα καθώς και ενισχύοντας το ανοσοποιητικό σύστημα (Sun et al., 2012).

Η υπέρταση, συμπεριλαμβανομένου του διαβήτη, της νεφρικής ανεπάρκειας, τουεγκεφαλικού επεισοδίου και των στεφανιαίων παθήσεων, είναι ένας από τους κύριουςπαράγοντες κινδύνου για πολλές χρόνιες ασθένειες. Η αρτηριακή πίεση στο ανθρώπινοσώμα ρυθμίζεται από το ένζυμο μετατροπής της αγγειοτενσίνης I (ACE) που βρίσκεταιστο σύστημα ρενίνης-αγγειοτενσίνης-αλδοστερόνης (Muñoz-Durango N., et al, 2016). Η καπτοπρίλη, ηλισινοπρίλη και η εναλαπρίλη είναι εμπορικά διαθέσιμοι συνθετικοί αναστολείς ΜΕΑπου χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία της υπέρτασης. Αυτό έδειξε πολυάριθμεςπαρενέργειες όπως βήχα, ζάλη, κόπωση, πονοκεφάλους και αγγειοοίδημα(Solomon S.D.,et al, 2005). Τα ευρέως χρησιμοποιούμενα μικροφύκη για την παραγωγή πεπτιδίων που αναστέλλουντο ΜΕΑ είναιτα *Chlorellavulgaris* , *Nannochloropsisoculata* , *C.ellipsiodea* και *Arthrospiraplatensis*. Το Dermochlorella DG, έναπροϊόν που προέρχεται από τις πρωτεΐνες *Chlorellavulgaris* και *Arthrospira* , ενεργοποιεί τη σύνθεση κολλαγόνου, μειώνει τις ραβδώσεις, τις αγγειακές βλάβες και επίσης δρα ωςπαράγοντας αναδόμησης του δέρματος (Levasseur W., et al, 2020).

2.1 Καρδιαγγειακά νοσήματα

Η διατροφή παίζει σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της καλής λειτουργίας της καρδιάς και της πρόληψης από καρδιαγγειακά νοσήματα. Η δίαιτα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση καρδιαγγειακών παθήσεων αφού επηρεάζει άλλους παράγοντες κινδύνου, όπως τα λιπίδια, την αρτηριακή πίεση και το σωματικό βάρος (Benjamin et al., 2017). Η διατροφή αποτελεί βασικό τροποποιήσιμο παράγοντα κινδύνου για την πρόληψη της καρδιαγγειακής νόσου. Εκ των επιστημονικών δεδομένων προκύπτει πλέον το συμπέρασμα ότι μεγαλύτερη σημασία έχει η εστίαση κυρίως στην ποιότητα των λιπαρών της διατροφής, παρά στην ποσότητα. Τα υδρόβια τρόφιμα μπορούν να βοηθήσουν στη βελτίωση της υγείας μειώνοντας τόσο τα ζητήματα ανεπάρκειας θρεπτικών συστατικών όσο και τα ποσοστά καρδιαγγειακής νόσου (Casas, et al., 2018).

Τα ωμέγα-3 είναι επίσης καλά ερευνημένα ως προς την ικανότητά τους να αποτρέπουν τις αρρυθμίες, στις οποίες η καρδιά χτυπά ασυνήθιστα και ακανόνιστα. Πολλές, αλλά όχι όλες, οι επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν συσχέτιση μεταξύ της υψηλής πρόσληψης ψαριών με το χαμηλότερο κίνδυνο καρδιακής ανεπάρκειας και θανάτων από καρδιακές παθήσεις. (J DiNicolantonio & OKeefe, 2020). Η παλαιότερη επιδημιολογική έρευνα βρήκε χαμηλή συχνότητα καρδιαγγειακής νόσου στους ανθρώπους Inuit στη Γροιλανδία, που αποδίδεται στην παραδοσιακή διατροφή τους με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά που αποτελείται κυρίως από φώκια, ψάρια και άλλα θαλάσσια ζώα (Fodor, Helis, Yazdekhasti, & Branislav, 2014). Άλλες μελέτες των παράκτιων πληθυσμών στην Ιαπωνία και την Αλάσκα έδειξαν επίσης μια αντίστροφη σχέση υψηλότερων διατροφικών ωμέγα-3 και χαμηλότερων ποσοστών καρδιακών παθήσεων (Iso, et al., 2006).

Η έρευνα που δείχνει όφελος για την καρδιά με τα συμπληρώματα ωμέγα-3 είναι λιγότερο πειστική, αν και μερικές φορές πολύ υψηλές δόσεις συμπληρωμάτων ιχθυελαίου συνταγογραφούνται από γιατρό για τη θεραπεία υψηλών τριγλυκεριδίων ή θρομβώσεων (θρόμβοι αίματος). Η American Heart Association συνιστά τη συμπερίληψη 1-2 μερίδων θαλασσινών την εβδομάδα στη διατροφή. Συμπληρώματα 1.000 mg ημερησίως που περιέχουν DHA/EPA συνιστώνται μόνο για άτομα με υπάρχουσα καρδιακή νόσο, με βάση το

πιθανό όφελος της μείωσης των τριγλυκεριδίων και του κινδύνου αρρυθμιών και αθηροσκλήρωσης. Δεν συνιστούν συμπληρώματα ωμέγα-3 για άτομα χωρίς καρδιαγγειακή νόσο ή παράγοντες κινδύνου για καρδιαγγειακή νόσο.

Η πρόσληψη θαλασσινών σχετίζεται με μειωμένη φλεγμονή και αρτηριακή πίεση και προστατεύει από το εγκεφαλικό και άλλες καρδιαγγειακές παθήσεις (CVD). Η κατανάλωση μόνο 1-2 μερίδων ψαριού την εβδομάδα μειώνει τον κίνδυνο θανάτου από καρδιακές παθήσεις κατά 36%. Αυτό δεν οφείλεται αποκλειστικά στα ωμέγα-3 λιπαρά οξέα, EPA και DHA, αλλά σε άλλα συστατικά των θαλασσινών, όπως οι βιταμίνες B6 και B12 που διατηρούν φυσιολογικά επίπεδα ομοκυστεΐνης. Αναφορικά με τα τρόφιμα, η πιο ισχυρή προστατευτική συσχέτιση έχει δειχθεί για τα φρούτα, τα λαχανικά, τα ψάρια και τα δημητριακά ολικής αλέσεως, εμείς θα εστιάσουμε στην κατανάλωση ψαριών (Benjamin, et al., 2017).

Έρευνες έχουν δείξει ότι η εναλλαγή κόκκινου και επεξεργασμένου κρέατος με ψάρι και θαλασσινά μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο ασθενειών και πρόωρου θανάτου. Αρχικά ένας από τους λόγους μπορεί να είναι οι διαφορές στους τύπους λίπους: κυρίως κορεσμένα λιπαρά στο κόκκινο κρέας έναντι ακόρεστων λιπαρών στα θαλασσινά. Δεδομένα από έξι μελέτες κοόρτης στις ΗΠΑ διαπίστωσαν ότι η υψηλότερηπρόσληψη κόκκινου κρέατος και επεξεργασμένου κρέατος συσχετίστηκε με αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων και πρόωρου θανάτου, ενώ τα ψάρια όχι (Freeman., et al, 2018).

Σύμφωνα με τις διατροφικές συστάσεις της Επιτροπής Διατροφής της Αμερικανικής Καρδιολογικής Εταιρείας (AHANC), προτείνεται η κατανάλωση ψαριών τουλάχιστον δύο φορές την εβδομάδα ή LC ω 3-PUFA 500 mg/ημέρα για την πρόληψη και τη μείωση του κινδύνου καρδιακών παθήσεων.

Αρκετές μετα-αναλύσεις έχουν δείξει δυνητική μείωση της συνολικής καρδιαγγειακής θνησιμότητας από την κατανάλωση ψαριών (Benjamin., et al, 2017). Οι Ευρωπαϊκές οδηγίες αναφέρουν τη σημασία της κατανάλωσης ψαριών, τόσο για την πρωτογενή, όσο και για τη δευτερογενή πρόληψη των καρδιαγγειακών παθήσεων. Οι προτεινόμενοι μηχανισμοί σχετίζονται με τη δράση των ω-3 στη βελτίωση του λιπιδαιμικού προφίλ, τη μείωση της

πίεσης, την αναστολή της φλεγμονής, την επίσχεση των οξειδωτικών διαδικασιών και την αντιθρομβωτική δράση (Benjamin, et al., 2017).

2.2 Γνωστική υγεία

Η γνωστική υγεία είναι σημαντικό να αναφερθεί γιατί, ο εγκέφαλος είναι το κέντρο ελέγχου του σώματος για τις περισσότερες καθημερινές δραστηριότητες που πραγματοποιεί. Δουλειά του είναι να ενσωματώνει και να συντονίζει τις πληροφορίες από τα περιφερειακά όργανα αίσθησης και να ανταποκρίνεται με κεντρικά επεξεργασμένες οδηγίες που μεταφέρονται κατάλληλα πίσω στην περιφέρεια ώστε να διανεμηθούν σε κάθε περιοχή του ανθρώπινου σώματος (Frackowiak, 2004).

Τα μπλε παρέχουν άμεσα DHA καιEPA, τα οποία μπορεί να βελτιώσουν τη λειτουργία του εγκεφάλου (Manson, et al., 2019). Η συνδυασμένη διατροφική επίδραση της αύξησης κατανάλωσης υδρόβιων οργανισμών και της μείωσης των κόκκινων και επεξεργασμένων κρεάτων μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένο κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου (Raji, et al., 2014).

Οι μελέτες διαπίστωσαν ότι οι συμμετέχοντες που κατανάλωναν τα περισσότερα συστατικά της μεσογειακής διατροφής είχαν χαμηλότερο κίνδυνο γνωστικής εξασθένησης. Η κατανάλωση αρκετών ψαριών και λαχανικών, φαίνεται να έχει το μεγαλύτερο προστατευτικό αποτέλεσμα. Στα 10 χρόνια, οι συμμετέχοντες της AREDS2 που κατανάλωναν αρκετές ποσότητες ψαριών, είχαν το χαμηλότερο ποσοστό γνωστικής μείωσης. Οι ερευνητές τονίζουν ότι σε επίπεδο γενικού πληθυσμού, τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η γνωστική και νευρική υγεία εξαρτάται κατά πολύ από την διατροφή (Scarmeas, et al., 2009).

Τέλος, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι οι συμμετέχοντες που είχαν έναν πολυμορφισμό στο γονίδιο ApoE ο οποίος τους καθιστά πιο επιρρεπείς στο να αναπτύξουν Alzheimer, είχαν

κατά μέσο όρο χαμηλότερες βαθμολογίες γνωστικής λειτουργίας και μεγαλύτερη γνωστική μείωση, σε σύγκριση με εκείνους που δεν είχαν το γονίδιο. Ωστόσο, τα οφέλη της μεσογειακής διατροφής ήταν παρόμοια και στις δύο περιπτώσεις, πράγμα που σημαίνει ότι οι επιπτώσεις της διατροφής στη γνωστική λειτουργία είναι ανεξάρτητες από το αν υπάρχει ή όχι ο εν λόγω γενετικός παράγοντας που σχετίζεται με τη νόσο του Alzheimer.

Τα μπλε τρόφιμα και κυρίως το ψάρι είναι πλούσια σε ω-3 λιπαρά οξέα, τα μακράς αλύσου ω-3 λιπαρά οξέα (EPA & DHA) που έχουν συσχετιστεί με μειωμένο κίνδυνο εξασθένησης των γνωστικών λειτουργιών. Η συγκέντρωση λιπαρών οξέων στις μεμβράνες των κυττάρων του εγκεφάλου σχετίζεται άμεσα με τη διατροφική πρόσληψη. Πιστεύεται ότι η πρόσληψη λιπαρών οξέων μπορεί να αυξήσει τη μετάβαση πληροφοριών από ένα νευρώνα σε άλλο (νευροδιαβίβαση) με θετικές επιδράσεις στην εκμάθηση και τη μνήμη (Beydoun et al., 2014).

Η κατανάλωση ψαριού 2-3 φορές την εβδομάδα μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης άνοιας κατά το ήμισυ σε άτομα που δεν είναι φορείς του αλληλόμορφου APOE-4.Η καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής κατανάλωση ψαριού έχει συσχετιστεί με τη συγκέντρωση ω-3 λιπαρών στις μεμβράνες των ερυθρών αιμοσφαιρίων και με τη επίδοση σε τέστ γνωστικής λειτουργίας σε μεγάλη ηλικία (Danthiir, et al., 2014). Οι περισσότερες επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι η πρόσληψη ψαριών μεγαλύτερη από μία μερίδα την εβδομάδα σχετίζεται με χαμηλότερο ποσοστό γνωσιακής έκπτωσης και παθολογίας της νόσου του Αλτσχάιμερ, ιδιαίτερα σε ενήλικες ηλικίας 65 ετών και άνω. Η υψηλότερη πρόσληψη ψαριών έχει επίσης συσχετιστεί με μεγαλύτερο όγκο φαιάς ουσίας στον εγκέφαλο και βραδύτερη μείωση των βαθμολογιών μνήμης (η άνοια συνδέεται με μειωμένη φαιά ουσία) (Raji, et al., 2014). Ωστόσο, δεν υπάρχουν στοιχεία που να υποστηρίζουν τη χρήση συμπληρωμάτων ωμέγα-3 για την πρόληψη ή τη θεραπεία της γνωστικής έκπτωσης σε μεταγενέστερες ηλικίες.

Επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι η χαμηλότερη πρόσληψη ωμέγα-3 σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο γνωστικής έκπτωσης και άνοιας (Cole, Ma, & Frautschy, 2009). Οι μεμβράνες λιπιδίων των κυττάρων του εγκεφάλου είναι πλούσιες σε DHA, το οποίο σχετίζεται με τη βέλτιστη λειτουργία του εγκεφάλου. Ορισμένες μελέτες δείχνουν 30-50% χαμηλότερα επίπεδα DHA στην περιοχή του ιππόκαμπου (η «τράπεζα μνήμης» του εγκεφάλου) σε ασθενείς με νόσο Αλτσχάιμερ (Raji, et al., 2014). Τα χαμηλότερα επίπεδα

DHA σχετίζονται με την αμυλοείδωση, μια συσσώρευση πρωτεϊνικών εναποθέσεων που ονομάζονται αμυλοειδή, η οποία πιστεύεται ότι προάγει τη νόσο του Αλτσχάιμερ. Τόσο το DHA όσο και το EPA μπορούν επίσης να βοηθήσουν στη ρύθμιση της φλεγμονής και των αυξημένων τριγλυκεριδίων, τα οποία σχετίζονται με αυξημένο κίνδυνο γνωστικής έκπτωσης και άνοιας.

Στην ήπια γνωστική δυσλειτουργία, η κατανάλωση ω-3 λιπαρών οξέων βελτίωσε την προσοχή και την ταχύτητα επεξεργασίας πληροφοριών (Mazereeuw, et al., 2012). Όμως τα συμπληρώματα δεν είχαν όφελος σε άτομα με νόσο Αλτσχάιμερ ή άτομα που δεν είχαν κανένα πρόβλημα γνωστικής λειτουργίας (Mazereeuw, et al., 2012). Η Cochrane Collaboration, ένα διεθνές δίκτυο ερευνητών και επαγγελματιών στον τομέα της υγείας που παράγουν συστηματικές ανασκοπήσεις των επεμβάσεων στην υγεία. μέσω 3 τυχαιοποιημένων μελετών με σύνολο 4000 ατόμων που πήραν συμπληρώματα για 3 χρόνια, συμπέρανε ότι τα συμπληρώματα ω-3 λιπαρών δεν εμποδίζουν ή προλαβαίνουν την εμφάνιση νόσου Αλτσχάιμερ σε υγιή άτομα (Sydenham, et al., 2012).

Για τη διατήρηση της γνωστικής λειτουργίας, συστήνεται η κατανάλωση λιγότερου κρέατος και περισσότερων ξηρών καρπών, οσπρίων, προϊόντων ολικής αλέσεως και μονοακόρεστων λιπαρών οξέων όπως ελαιολάδου (IOM, 2015). Σε σχέση με το ψάρι, να ακολουθούνται οι υφιστάμενες γενικές οδηγίες για κατανάλωση 2-3 μερίδων ψαριού την εβδομάδα (1 φορά λιπαρό ψάρι) (Cederholm, et al.,2013).

2.3 Εμβρυική ανάπτυξη

Τα υδρόβια τρόφιμα μπορεί να περιέχουν τοξίνες, μολυσματικά παράσιτα ή χημικούς ρύπους όπως βαρέα μέταλλα και οργανικές ενώσεις. Τα δίθυρα μαλάκια τρέφονται φιλτράροντας μεγάλες ποσότητες θαλασσινού νερού, το οποίο μπορεί να συλλέξει επιβλαβή παθογόνα που προκαλούν γαστρεντερικά προβλήματα σε ευαίσθητα άτομα. Η σιγουατοξίνη είναι ένα παράδειγμα μιας φυσικής τοξικής ουσίας που βρίσκεται σε ορισμένα τροπικά ψάρια. Ορισμένα είδη μπορούν να φέρουν μικρές ποσότητες νευροτοξικών ενώσεων όπως μεθυλυδράργυρος, διοξίνες και πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB). Πιστεύεται ότι αυτές οι χημικές ουσίες μπορούν να καθυστερήσουν την ανάπτυξη του εγκεφάλου στα βρέφη και να αυξήσουν μέτρια τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων. Εκείνοι που κινδυνεύουν περισσότερο από αυτές τις εκθέσεις είναι οι έγκυες και οι θηλάζουσες γυναίκες, τα βρέφη που θηλάζουν και τα μικρά παιδιά.

Μια έκθεση από την Επιτροπή Εμπειρογνωμόνων του FAO και του ΠΟΥ, που περιγράφει τους κινδύνους και τα οφέλη από την κατανάλωση ψαριών, διαπίστωσε ότι τα οφέλη των διατροφικών ωμέγα-3 υπερτερούν των κινδύνων από την έκθεση στον υδράργυρο στις έγκυες γυναίκες. Η κατανάλωση ψαριών κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης μείωσε τον κίνδυνο καθυστερημένης ανάπτυξης του εγκεφάλου του εμβρύου σε σύγκριση με τις έγκυες γυναίκες που δεν έτρωγαν ψάρια (The Nutrition Source - Aquatic Foods, 2021). Μελέτες έχουν βρει ότι τα επίπεδα διοξινών και PCB στα ψάρια είναι συνήθως πολύ χαμηλά και η μικρή έκθεση σε αυτές τις ενώσεις σε έγκυες γυναίκες δεν θα βλάψει το έμβρυο. Η υπερβολική κατανάλωση ψαριών με υψηλά επίπεδα υδραργύρου, ιδιαίτερα από έγκυες γυναίκες και παιδιά, είναι επιβλαβής (Houssard et al., 2019).

Αναφορικά με τις γυναίκες που κυοφορούν ή θηλάζουν αξίζει να σημειωθεί η αυξημένη ανάγκη που έχουν σε ιώδιο. Η σοβαρή ανεπάρκεια σε ιώδιο μπορεί να οδηγήσει σε δυσμενείς συνέπειες για τη μητέρα και το έμβρυο (Toloza, Motahari, & Maraka, 2020). Ακόμη και η ήπια έως μέτρια έλλειψη ιωδίου κατά την εγκυμοσύνη έχει δυσμενείς επιπτώσεις στη μαιευτική και νεογνική πορεία. Σύμφωνα με πρόσφατα δεδομένα σχετικά με τις νεογνικές νευρογνωστικές επιπτώσεις της πρώιμης συμπληρωματικής χορήγησης ιωδίου δείχνουν ότι η

επαρκής πρόσληψη ιωδίου θα πρέπει να αρχίζει μόλις η γυναίκα γνωρίζει ότι είναι έγκυος ή, ακόμη καλύτερα, θα πρέπει να ενσωματώνεται στο πλαίσιο του προγενέστερου σχεδιασμού της σύλληψης. Απαιτείται έρευνα σχετικά με τις επιπτώσεις της συμπλήρωσης ιωδίου στις θηλάζουσες γυναίκες και τα βρέφη τους. Οι γιατροί που παρακολουθούν έγκυες γυναίκες ενθαρρύνονται να έχουν επίγνωση αυτού του βασικού μικροθρεπτικού συστατικού και να συμβουλεύουν την επαρκή πρόσληψη ιωδίου καθ' όλη τη διάρκεια της προσύλληψης, της εγκυμοσύνης και της γαλουχίας (WHO., 2007).

Τα διατροφικά ωμέγα-3 παίζουν ρόλο στην ανάπτυξη του εγκεφάλου και στην ανάπτυξη του εμβρύου κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης και στη βρεφική ηλικία (Nevins, et al., 2021). Το DHA βρίσκεται επίσης σε υψηλές ποσότητες στον αμφιβληστροειδή, ο οποίος αναπτύσσεται γρήγορα στο έμβρυο κατά το τελευταίο τρίμηνο. Μελέτες κοόρτης δείχνουν ότι η υψηλότερη πρόσληψη θαλασσινών που περιέχουν DHA (περίπου 225g εβδομαδιαίως) σχετίζεται με πιο υγιή βρέφη (Braarud, et al., 2018). Έρευνα που ακολούθησε μια ομάδα μητέρων και βρεφών διαπίστωσε ότι η υψηλότερη κατανάλωση ψαριού κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης (2+ μερίδες ψαριού εβδομαδιαίως) σε σύγκριση με τη μη πρόσληψη ψαριού συσχετίστηκε με υψηλότερα γνωστικά σκορ σε βρέφη και μικρά παιδιά 3-5 ετών, αν και η υψηλότερη πρόσληψη υδραργύρου συνδέθηκε με χαμηλότερες βαθμολογίες (Oken, et al., 2016). Ωστόσο αυτές οι επιπτώσεις μειώθηκαν στα μεγαλύτερα παιδιά. Οι ερευνητές διαπίστωσαν στην ίδια κοόρτη ότι δεν υπήρχε κανένα όφελος ή βλάβη στη γνωστική λειτουργία σε παιδιά ηλικίας 6-10 ετών από μια μέση μητρική πρόσληψη ψαριών περίπου 1,5 μερίδας εβδομαδιαία ή έκθεση σε υδράργυρο κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης. Μια άλλη ανασκόπηση διαπίστωσε ότι τα οφέλη από την κατανάλωση μέτριων ποσοτήτων θαλασσινών κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης υπερτερούσαν των πιθανών κινδύνων από την έκθεση στον μεθυλυδράργυρο (Oken, et al., 2016). Οι Διατροφικές Κατευθυντήριες Γραμμές για τους Αμερικανούς του 2020 συνιστούν στην έγκυο γυναίκα να καταναλώνει 225g θαλασσινά με χαμηλή περιεκτικότητα σε υδράργυρο την εβδομάδα και στα παιδιά περίπου 85g θαλασσινά με χαμηλή περιεκτικότητα σε υδράργυρο την εβδομάδα.

2.4 Παιδιά και έφηβοι

Τα περισσότερα βαρέα μέταλλα είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο λόγω της μη βιοαποικοδομήσιμης φύσης τους και της ικανότητάς τους να συσσωρεύονται στους ανθρώπινους ιστούς. Συχνά, ακόμη και πολύ χαμηλές ποσότητες μετάλλων μπορεί να προκαλέσουν διαταραχή ή βλάβη σε ζωτικές λειτουργίες του σώματος λόγω της έλλειψης κατάλληλων μηχανισμών για την αποβολή τέτοιων μετάλλων από το σώμα (Engwa et al., 2019). Η δηλητηρίαση από βαρέα μέταλλα έχει δει ότι έχει δυσμενείς επιπτώσεις σε βρέφη, παιδιά και εφήβους, οι οποίες μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα αναπτυξιακές προκλήσεις και μείωση των ποσοστών νοημοσύνης (Dapul et al., 2014).

Οι περισσότερες χώρες έχουν επιβάλει κανονισμούς για τα μέγιστα επίπεδα (MLs) τοξικών στοιχείων που επιτρέπονται στα ανθρώπινα τρόφιμα για να αποτρέψουν την κατανάλωση τροφών που έχουν δηλητηριαστεί από βαρέα μέταλλα. Οι συνεχείς έρευνες και μελέτες σε διάφορα μέρη του κόσμου έχουν αποκαλύψει τη σχέση που έχουν τα βαρέα μέταλλα που προσλαμβάνονται μέσω των τροφίμων με διάφορες ασθένειες άγνωστης αιτιολογίας. Η αιτιολογική σημασία των γεωργικών παραγόντων σε σχέση με τη νόσο του Πάρκινσον αποκάλυψε ότι οι περιβαλλοντικές ουσίες, όπως τα βαρέα μέταλλα που μπορούν να προκαλέσουν οξειδωτικές βλάβες, θα μπορούσαν να παίξουν ρόλο στην αιτιολογία της νόσου (Seidler et al., 1996).

Τα μπλε τρόφιμα είναι σημαντικά και για τα δύο φύλα και για όλες τις ηλικίες, αλλά ιδιαίτερα για τα μικρά παιδιά, τις έγκυες γυναίκες και τις γυναίκες σε αναπαραγωγική ηλικία, λόγω του κρίσιμου ρόλου των μικροθρεπτικών συστατικών και των DHA και EPA στην ανάπτυξη του εμβρύου και του παιδιού (Bernstein et al., 2019).

Επειδή τα υδρόβια τρόφιμα είναι τόσο πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, οι τεχνολόγοι τροφίμων έχουν αναπτύξει μεθόδους για τη δημιουργία επεξεργασμένων προϊόντων ψαριών, συμπεριλαμβανομένων σκόνης ψαριών για βρέφη, γκοφρέτες ψαριών ως σνακ και τσάτνεϊ ψαριών. Οι υδρόβιοι οργανισμοί μπορούν να παρέχουν ζωτικά θρεπτικά συστατικά και βιοενεργούς παράγοντες που είναι απαραίτητα για την ανθρώπινη υγεία, ωστόσο οι διαφορές στα πρότυπα κατανάλωσης που επικρατούν παγκοσμίως επηρεάζουν την κατανάλωσή τους.

2.5. Κίνδυνοι κατανάλωσης υδρόβιων τροφίμων

Τα υδρόβια μακρόφυτα διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στην ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών και στις αερόβιες ή αναερόβιες συνθήκες των υδάτινων σωμάτων στα οποία υπάρχουν (Thomaz & Ribeiro da Cunha, 2010). Έχουν την αξιοσημείωτη ικανότητα να απορροφούν θρεπτικά συστατικά και ρύπους, να τους συσσωρεύουν στους ιστούς τους και να αναπτύσσονται σε δυσμενείς συνθήκες. Τα βαρέα μέταλλα είναι ένας από τους σοβαρότερους ρυπαντές των υδάτινων συστημάτων, κυρίως λόγω της τοξικότητάς τους, της ανθεκτικότητάς τους στο περιβάλλον και της ενσωμάτωσής τους στις τροφικές αλυσίδες (Bargo et al., 2021). Η άμεση χρήση των φυτών για την απομάκρυνση των ρύπων μέσω της πρόσληψης/απορρόφησης και της αποκατάστασης αναφέρεται ως *φυτοεξυγίανση*. Αυτό μπορεί να εκτελεστεί από υδρόβια φυτά με τη μορφή *φυτοσυσσώρευσης* (συσσώρευση ρύπων σε ρίζες ή βλαστούς) ή *ριζοδιήθησης* (πρόσληψη ρύπων από τις ρίζες στο νερό) (Sahu et al., 2021). Ορισμένες υδάτινες πηγές τροφίμων έχουν αποδειχθεί αξιόπιστες πηγές επεξεργασίας μολυσμένων εδαφών. Παρά τα πλεονεκτήματα της δυνατότητας χρήσης υδρόβιων φυτών για την απομάκρυνση των βαρέων μετάλλων, το μειονέκτημα έγκειται στη μεγάλη πιθανότητα να είναι επιβλαβές για τον άνθρωπο με την είσοδο στις τροφικές αλυσίδες ή την άμεση κατανάλωση.

Ως η πιο διαδεδομένη υδρόβια πηγή τροφής, η συσσώρευση βαρέων μετάλλων στα φυτά του ρυζιού μπορεί να έχει εκτεταμένες επιπτώσεις. Λόγω της ικανότητάς τους να προσαρμόζονται σε συνθήκες υγρασίας ή βύθισης, σχηματίζοντας ειδικά κανάλια αέρα που ονομάζονται αερέγχυμα τα οποία επιτρέπουν τη μεταφορά O_2 σε βυθισμένους ιστούς, η μόλυνση του νερού άρδευσης μπορεί να οδηγήσει σε συσσώρευση βαρέων μετάλλων στα φυτά ρυζιού (Sharma et al., 2021). Στα περισσότερα έθνη, η ταχεία οικονομική ανάπτυξη και αστικοποίηση μπορεί να οδηγήσει σε προσπάθειες των ανθρώπων να συνδυάσουν παραδοσιακές μεθόδους καλλιέργειας με αστικοποιημένες πρακτικές, χρησιμοποιώντας συχνά ακατάλληλα αστικά περιβάλλοντα για την καλλιέργεια των καλλιεργειών.

Η καλλιέργεια υδρόβιων φυτών για ανθρώπινη κατανάλωση σε υδάτινα σώματα που είναι μολυσμένα με ρύπους και βαρέα μέταλλα μπορεί να οδηγήσει σε συσσώρευση μετάλλων σε διάφορους βαθμούς μέσα στα φυτά. Επιπλέον, η μόλυνση από βαρέα μέταλλα σε μη διαχειριζόμενα υδάτινα σώματα που βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές και η επακόλουθη βιοσυσσώρευση σε σχετικές πηγές υδρόβιων τροφίμων, μπορεί να μην είναι πλήρως γνωστά εκτός εάν πραγματοποιηθεί αξιολόγηση. Ορισμένα υδρόβια φυτά τείνουν να βιοσυσσωρεύουν μέταλλα ανάλογα με την αρχική τους συγκέντρωση σε νερό. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι τύποι των μετάλλων που συσσωρεύονται μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με το φυτικό είδος, όπως για παράδειγμα το *Nasturtium officinale* (νεροκάρδαμο) που τείνει να συσσωρεύει κάδμιο (Cd), χρώμιο (Cr) και κοβάλτιο (Co) σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (Duman et al., 2009). Σε ορισμένες περιπτώσεις, η συσσώρευση βαρέων μετάλλων στα φυτά μπορεί επίσης να επηρεάσει τα ενυδρειοπονικά συστήματα - ένα ολοκληρωμένο σύστημα όπου τα ψάρια και τα φυτά ζουν σε ένα συμβιωτικό περιβάλλον μέσω της σύζευξης της υδατοκαλλιέργειας και της υδροπονίας (Graber et al., 2008).

Ένα σύστημα καλλιέργειας ρυζιού και εκτροφής ψαριών έδειξε ότι η συσσώρευση Cd στο ρύζι αυξήθηκε σε 5,86 $mg*kg^{-1}$, η οποία είναι πολύ υψηλότερη από την μέση τιμή της ποσότητας Cd στο νερό (Luo et al., 2020). Ορισμένα βαρέα μέταλλα όπως ο σίδηρος (Fe), ο ψευδάργυρος (Zn), ο χαλκός (Cu) και το μαγγάνιο (Mn) γίνονται τοξικά για τον άνθρωπο σε υψηλότερες συγκεντρώσεις, μέταλλα όπως ο υδράργυρος (Hg), το κάδμιο (Cd), το αρσενικό (As) και ο μόλυβδος (Pb) είναι τοξικά ακόμη και σε ίχνη (Llobet et al., 2003). Οι άμεσες και έμμεσες επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία είναι πολλαπλές. Ο μηχανισμός πρόσληψης βαρέων μετάλλων από τα υδρόβια φυτά μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του φυτού και το επίπεδο του μολυσμένου με μέταλλα νερού.. Η πρόσληψη μετάλλων στα υδρόβια φυτά επηρεάζεται επίσης από μια σειρά βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων που περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία, το pH και την ιοντική σύνθεση των υδατικών συστημάτων (Nyquist et al., 2006).

Έχουν βρεθεί αρκετές ανθρώπινες ασθένειες και καταστάσεις υγείας που προκαλούνται από την έκθεση σε τοξικά βαρέα μέταλλα που βρίσκονται σε υδρόβια φυτά που χρησιμοποιούνται ως ανθρώπινη τροφή. Το αρσενικό μπορεί να προσβάλει το νευρικό

σύστημα, το δέρμα, το αναπνευτικό και το γαστρεντερικό σύστημα (Ötleş., etal, 2010). Μπορεί να προκαλέσει ναυτία, έμετο, σύνδρομο πολυοργανικής δυσλειτουργίας, σύνδρομο μακρού QT, διάρροια «ρυζόνερο», διάτρηση ρινικού διαφράγματος, περιφερική νευροπάθεια, εγκεφαλοπάθεια, καρκίνο του αναπνευστικού, καρκίνο του δέρματος, καρκίνο του προστάτη και υπομελάγχρωση (Jomova et al., 2011). Επίσης το κάδμιο μπορεί να προσβάλει το σκελετικό, το νεφρικό και το αναπνευστικό σύστημα (Rahimzadeh et al., 2017). Μπορεί να παρουσιαστεί οοστεομαλάκυνση, πρωτεϊνουρία, γλυκοζουρία, εμφύσημα, πνευμονία, αναστολή της προγεστερόνης και της οιστραδιόλης, αλλοιώσεις στη μήτρα, τις ωοθήκες και τον ωοθηκικό πόρο, σύνθεση προγεστερόνης των ωοθηκών, ενδοκρινική διαταραχή, δράση ως οιστρογόνο στον καρκίνο του μαστού, υψηλός κίνδυνος καρδιοπάθειας (Himeno et al., 2019). Ένα άλλο μέταλλο είναι το χρώμιο, το όποιο προσβάλει το αναπνευστικό και γαστρεντερικό σύστημα (Dattilo et al., 2003). Μπορεί να παρουσιαστεί διάτρηση ρινικού διαφράγματος, καρκίνος του αναπνευστικού, έλκη, γαστρεντερική αιμορραγία, αιμόλυση, οξεία νεφρική ανεπάρκεια και πνευμονική ίνωση (Onakpa et al., 2018). Ο μόλυβδος είναι μέταλλο το οποίο μπορεί να προσβάλει το νευρικό σύστημα, το νεφρικό σύστημα, το αιμοποιητικό σύστημα και το γαστρεντερικό (Papanikolaou et al., 2005). Μπορεί να επιφέρει εγκεφαλοπάθεια, αναιμία, διαταραχές του κεντρικού νευρικού συστήματος, περιφερική νευροπάθεια, ναυτία, έμετο, κοιλιακό άλγος, νεφροπάθεια βλάβες του κυκλοφορικού και του καρδιαγγειακού συστήματος (Wani et al., 2015). Άξιος αναφοράς είναι και ο υδράργυρος, το μέταλλο αυτό προσβάλλει το νευρικό σύστημα, το νεφρικό σύστημα και το γαστρεντερικό (Zahir et al., 2005). Μπορεί να προκαλέσει πρωτεϊνουρία, πυρετό, έμετο, διάρροια, οξεία βλάβη των πνευμόνων, ναυτία, μεταλλική γεύση, ουλίτιδα, τρόμο, νευρασθένεια, νεφρωσικό σύνδρομο. υπερευαισθησία, βήχα, πυρετό, κακουχία, κινητική νευροπάθεια,παραισθήσεις και ψευδαισθήσεις (Mousavi et al., 2011).

Δύο κύριες πτυχές που σχετίζονται άμεσα με τα βαρέα μέταλλα στα υδρόβια τρόφιμα είναι αρχικά η χρήση φυτοφαρμάκων και κατά δεύτερο η χρήση λιπασμάτων. Λόγω της ραγδαίας προόδου της τεχνολογίας και της μείωσης της χρήσης παραδοσιακών μεθόδων καλλιέργειας, τα γεωργικά οικοσυστήματα επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό (Liu et al., 2016). Αυτό οφείλεται κυρίως στην υπερβολική χρήση φυτοφαρμάκων και πολλών επικίνδυνων χημικών

ουσιών που περιέχουν βαρέα μέταλλα (Gimeno-García et al., 1996). Εκτός από τις καρκινογόνες επιδράσεις, τα φυτοφάρμακα με βαρέα μέταλλα μπορούν να συμβάλουν σε ένα ευρύ φάσμα ασθενειών, όπως το άσθμα, οι ορμονικές διαταραχές, η υπερευαισθησία, οι συγγενείς αναπηρίες, η μείωση του βάρους κατά τη γέννηση, ακόμη και ο θάνατος. Τα λιπάσματα που αποτελούνται από οργανικά και ανόργανα υλικά είναι οι κύριες πηγές συσσώρευσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος, τις υδάτινες οδούς και τα φυτά μέσω διαδικασιών πρόσληψης θρεπτικών ουσιών (Chen et al., 2000).

Τα υδρόβια τρόφιμα μπορεί να περιέχουν τοξίνες, μολυσματικά παράσιτα ή χημικούς ρύπους όπως βαρέα μέταλλα και οργανικές ενώσεις. Τα δίθυρα μαλάκια τρέφονται φιλτράροντας μεγάλες ποσότητες θαλασσινού νερού, το οποίο μπορεί να συλλέξει επιβλαβή παθογόνα που προκαλούν γαστρεντερικά προβλήματα σε ευαίσθητα άτομα. Η σιγουατοξίνη είναι ένα παράδειγμα μιας φυσικής τοξικής ουσίας που βρίσκεται σε ορισμένα τροπικά ψάρια.

Ορισμένα είδη μπορούν να φέρουν μικρές ποσότητες νευροτοξικών ενώσεων όπως μεθυλυδράργυρος, διοξίνες και πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB). Πιστεύεται ότι αυτές οι χημικές ουσίες μπορούν να καθυστερήσουν την ανάπτυξη του εγκεφάλου στα βρέφη και να αυξήσουν μέτρια τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων. Εκείνοι που κινδυνεύουν περισσότερο από αυτές τις εκθέσεις είναι οι έγκυες και οι θηλάζουσες γυναίκες, τα βρέφη που θηλάζουν και τα μικρά παιδιά.

Όσο ανησυχητικό κι αν ακούγεται αυτό, είναι σημαντικό να σταθμίσετε τον κίνδυνο έναντι του οφέλους. Μια έκθεση από την Επιτροπή Εμπειρογνωμόνων του FAO και του ΠΟΥ, που περιγράφει τους κινδύνους και τα οφέλη από την κατανάλωση ψαριών, διαπίστωσε ότι τα οφέλη των διατροφικών ωμέγα-3 υπερτερούν των κινδύνων από την έκθεση στον υδράργυρο στις αναπαραγωγικές γυναίκες (Gil A et al, 2015). Η κατανάλωση ψαριών κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης μείωσε τον κίνδυνο καθυστερημένης ανάπτυξης του εγκεφάλου του εμβρύου σε σύγκριση με τις έγκυες γυναίκες που δεν έτρωγαν ψάρια. Μελέτες έχουν βρει ότι τα επίπεδα διοξινών και PCB στα ψάρια είναι συνήθως πολύ χαμηλά και η μικρή έκθεση σε αυτές τις ενώσεις σε έγκυες γυναίκες δεν θα βλάψει το έμβρυο. Σκεφτείτε ότι περισσότερο

από το 90% των PCB και των διοξινών στην προμήθεια τροφίμων των ΗΠΑ δεν προέρχονται από υδρόβια τρόφιμα αλλά από κρέατα, γαλακτοκομικά, αυγά και λαχανικά της ξηράς. Υπάρχουν επίσης περιορισμένα στοιχεία από επιδημιολογικές μελέτες που δείχνουν συσχέτιση με υψηλότερη πρόσληψη υδραργύρου (που λαμβάνεται κυρίως από υδρόβια τρόφιμα) και αυξημένες καρδιαγγειακές παθήσεις. Οι μικρές εκθέσεις στον υδράργυρο μπορεί να αντισταθμιστούν από τα διάφορα θρεπτικά συστατικά που προστατεύουν την καρδιά που βρίσκονται στα ψάρια και σε άλλα υδρόβια είδη (Yassine et al., 2016).

Όσοι τρώνε πολύ συχνά υδρόβια τρόφιμα (5 ή περισσότερες μερίδες την εβδομάδα) και οι ευάλωτοι πληθυσμοί (έγκυες/θηλάζουσες γυναίκες, βρέφη και νήπια) μπορεί να περιορίσουν την πρόσληψη ειδών με υψηλότερη περιεκτικότητα σε υδράργυρο (ξιφία, καρχαρίας, ερυθρός τόνος, κιτρινόπτερος ή τόνος αχί, κονσερβοποιημένος λευκός τόνος albacore, βασιλικό σκουμπρί, μάρλιν, χρυσό λαβράκι) (Gil et al., 2015). Καλές επιλογές είναι ο μπακαλιάρος, το γατόψαρο, τα οστρακοειδή, τα στρείδια, τα μύδια, οι γαρίδες, οι σαρδέλες και τα χτένια. Ανατρέξτε στον οδηγό του Οργανισμού Τροφίμων και Φαρμάκων για άλλα θαλασσινά χαμηλής περιεκτικότητας σε υδράργυρο. Ελέγξτε επίσης τις τοπικές συμβουλές σχετικά με τα επίπεδα ρύπων σε ψάρια γλυκού νερού από λίμνες και δεξαμενές, καθώς αυτοί οι τύποι τείνουν να είναι υψηλότεροι σε υδράργυρο και PCB. Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμες συγκεκριμένες οδηγίες, καταναλώστε έως και 170g την εβδομάδα ψάρια από τοπικά ύδατα, αλλά περιορίστε την κατανάλωση άλλων υδρόβιων τροφών κατά τη διάρκεια αυτής της εβδομάδας (Nielsen et al., 2021).

Για να ελαχιστοποιήσετε τον κίνδυνο επιβλαβών παθογόνων και παρασίτων, μαγειρέψτε και αποθηκεύστε τα υδρόβια τρόφιμα στις κατάλληλες θερμοκρασίες. Δείτε τις οδηγίες της Υπηρεσίας Τροφίμων και Φαρμάκων σχετικά με την ασφαλή επιλογή, αποθήκευση και σερβίρισμα θαλασσινών. Ένας άλλος πιθανός κίνδυνος είναι οι επιβλαβείς ανθοφορίες φυκιών, ή κόκκινες παλίρροιες, που μπορεί να δημιουργήσουν τοξικές ουσίες στα θαλασσινά οδηγώντας σε συμπτώματα όπως διάρροια, δύσπνοια, κρίσεις άσθματος και δερματικά εξανθήματα. Ο καλύτερος τρόπος για να αποφύγετε αυτές τις τοξίνες είναι να αγοράσετε θαλασσινά από αξιόπιστους προμηθευτές που έχουν υψηλά πρότυπα ποιότητας και ασφάλειας (Oken et al., 2005).

Κεφάλαιο 3: Υδρόβιοι Οργανισμοί και βιώσιμη υγιεινή διατροφή

Η συμβολή των υδρόβιων οργανισμών στη βιώσιμη υγιεινή διατροφή και στην αντιμετώπιση της παγκόσμιας πείνας είναι πολυδιάστατη και εξαιρετικά σημαντική. Αυτοί οι οργανισμοί, που περιλαμβάνουν ψάρια, οστρακοειδή, φύκη και άλλους θαλάσσιους οργανισμούς, προσφέρουν μοναδικές θρεπτικές ιδιότητες και περιβαλλοντικά οφέλη, που μπορούν να βοηθήσουν στην εξάλειψη της πείνας και στη βελτίωση της παγκόσμιας διατροφής.

3.1. Θρεπτική Αξία των Υδρόβιων Οργανισμών

Οι υδρόβιοι οργανισμοί είναι πλούσιοι σε θρεπτικά συστατικά που είναι ζωτικής σημασίας για την ανθρώπινη υγεία. Τα ψάρια και τα οστρακοειδή αποτελούν εξαιρετική πηγή πρωτεΐνης υψηλής βιολογικής αξίας, παρέχοντας όλα τα απαραίτητα αμινοξέα που χρειάζεται το ανθρώπινο σώμα. Επιπλέον, είναι πλούσια σε ωμέγα-3 λιπαρά οξέα, τα οποία συμβάλλουν στην καλή λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος και στην ανάπτυξη του εγκεφάλου.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό υγεία (World Health Organazition, 2020), η κατανάλωση ψαριών μπορεί να συμβάλει στη μείωση των κινδύνων για καρδιαγγειακές παθήσεις, εγκεφαλικά επεισόδια και ορισμένους τύπους καρκίνου . Τα θαλάσσια φύκη, από την άλλη πλευρά, είναι πλούσια σε βιταμίνες, μέταλλα και αντιοξειδωτικά, καθιστώντας τα μια εξαιρετική προσθήκη σε μια υγιεινή διατροφή.

3.2. Βιωσιμότητα και Περιβαλλοντικά Οφέλη

Η αλιεία και η υδατοκαλλιέργεια μπορούν να είναι βιώσιμες πρακτικές εφόσον εφαρμοστούν κατάλληλα μέτρα διαχείρισης και προστασίας των φυσικών πόρων. Η βιώσιμη αλιεία εξασφαλίζει τη διατήρηση των ιχθυαποθεμάτων και την προστασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων μέσω της ρύθμισης των αλιευτικών δραστηριοτήτων και της εφαρμογής κατάλληλων τεχνολογιών.

Η υδατοκαλλιέργεια, όταν ασκείται με υπεύθυνο τρόπο, μπορεί να μειώσει την πίεση στους φυσικούς πληθυσμούς ψαριών και να προσφέρει μια σταθερή και ασφαλή πηγή υδρόβιων οργανισμών. Σύμφωνα με τον (FAO, 2020), η υδατοκαλλιέργεια αναμένεται να αυξήσει την παραγωγή της κατά 32% έως το 2030, καλύπτοντας τις ανάγκες της αυξανόμενης παγκόσμιας ζήτησης για υδρόβιους οργανισμούς .

3.3. Υδρόβιοι Οργανισμοί και Παγκόσμια Πείνα

Η παγκόσμια πείνα αποτελεί μια από τις πιο σοβαρές προκλήσεις του 21ου αιώνα. Σύμφωνα με τον FAO (FAO, 2020), πάνω από 820 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως υποφέρουν από χρόνια υποσιτισμό . Οι υδρόβιοι οργανισμοί μπορούν να παίξουν κρίσιμο ρόλο στην αντιμετώπιση αυτής της κρίσης.

Πρώτον, οι υδρόβιοι οργανισμοί μπορούν να προσφέρουν μια οικονομικά αποδοτική πηγή πρωτεΐνης και άλλων θρεπτικών συστατικών για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Η ανάπτυξη μικρής κλίμακας υδατοκαλλιέργειας μπορεί να βελτιώσει την τοπική διατροφή και να προσφέρει ευκαιρίες απασχόλησης και εισοδήματος στις κοινότητες. Αυτή η πρακτική μπορεί να ενισχύσει την επισιτιστική ασφάλεια και να συμβάλει στην καταπολέμηση της φτώχειας .

Δεύτερον, η κατανάλωση υδρόβιων οργανισμών μπορεί να βελτιώσει την ποικιλία και την ποιότητα της διατροφής σε περιοχές που εξαρτώνται κυρίως από φυτικές τροφές χαμηλής θρεπτικής αξίας. Τα ψάρια και τα θαλάσσια προϊόντα μπορούν να συμπληρώσουν τη διατροφή με βασικά θρεπτικά συστατικά, βελτιώνοντας την υγεία και την ευημερία των πληθυσμών.

3.4. Προτάσεις για Προώθηση της Βιώσιμης Κατανάλωσης Υδρόβιων Οργανισμών

Για να προωθηθεί η βιώσιμη κατανάλωση υδρόβιων οργανισμών και να ενισχυθεί η συμβολή τους στην αντιμετώπιση της παγκόσμιας πείνας, είναι απαραίτητες ορισμένες στρατηγικές. Οι κυβερνήσεις και οι διεθνείς οργανισμοί πρέπει να ενισχύσουν τις πολιτικές και τα ρυθμιστικά πλαίσια που προωθούν την υπεύθυνη αλιεία και υδατοκαλλιέργεια. Η θέσπιση

και η εφαρμογή αυστηρών κανονισμών για την αλιεία, καθώς και η προώθηση της πιστοποίησης βιώσιμων αλιευμάτων, είναι ζωτικής σημασίας.

Επιπλέον, η έρευνα και η καινοτομία στην υδατοκαλλιέργεια πρέπει να ενθαρρύνονται για τη βελτίωση των πρακτικών παραγωγής και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η εκπαίδευση των καταναλωτών για τα οφέλη της κατανάλωσης υδρόβιων οργανισμών και η ευαισθητοποίηση σχετικά με τη βιωσιμότητα μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε αυξημένη ζήτηση για υπεύθυνα προϊόντα.

Συμπερασματικά, οι υδρόβιοι οργανισμοί προσφέρουν σημαντικά οφέλη για τη βιώσιμη υγιεινή διατροφή και την αντιμετώπιση της παγκόσμιας πείνας. Με τη σωστή διαχείριση και την υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών, οι υδρόβιοι οργανισμοί μπορούν να αποτελέσουν μια σταθερή και θρεπτική πηγή τροφής για τις παρούσες και μελλοντικές γενιές. Η διεθνής συνεργασία και η στήριξη από κυβερνήσεις και οργανισμούς είναι απαραίτητες για την προώθηση της βιωσιμότητας και την εξασφάλιση της επισιτιστικής ασφάλειας σε παγκόσμιο επίπεδο .

Κεφάλαιο 4: Συστάσεις κατανάλωσης υδρόβιων οργανισμών

Το υπουργείο γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών (USDA) συστήνει την κατανάλωση τουλάχιστον 2 μερίδων υδρόβιων οργανισμών σε μια διατροφή 2.000 θερμίδων. Στις έγκυες ή θηλάζουσες 2-3 μερίδες εβδομαδιαίως από τα ψάρια χαμηλά σε υδράργυρο. Στα παιδιά 1-2 μερίδες εβδομαδιαίως (Scheeman, et al., 2020).

Το Εθνικό σύστημα υγείας του Ηνωμένου Βασιλείου (NHS) συστήνει την κατανάλωση 2 μερίδων ψαριών εβδομαδιαίως εκ των οποίων η 1 μερίδα (140 γρ.) να προέρχεται από λιπαρά ψάρια (NHS, 2022). Στην Ελλάδα συστήνεται η κατανάλωση 2-3 μερίδων ψαριών εβδομαδιαίως ανάλογα με την ηλικία και το αναπαραγωγικό στάδιο (Πίνακας Ι).

Πίνακας Ι: Συνιστώμενες ποσότητες κατανάλωσης ψαριών σύμφωνα με τον Ελληνικό Διατροφικό Οδηγό (Μπενέτου, et al., 2014).

Ηλικία	**Μερίδα/εβδομάδα**	**Μερίδα σε γραμμάρια**
1-2 ετών	2	60
2-3 ετών	2	60-90
4-8 ετών	2-3	90-120
9-13 ετών	2-3	120-150
14-18 ετών	2-3	150
Ενήλικες	2-3	150
Γυναίκες αναπαραγωγικής ηλικίας	2-3	150
Εγκυμοσύνη	2-3	150
Θηλασμός	2-3	150
Εμμηνόπαυση	2	140
65+	2-3	150

Στα άτομα με καρδιαγγειακά συστήνεται η κατανάλωση 2 μερίδων ψαριών εβδομαδιαίως και η αποφυγή κατανάλωσης παναρισμένων ψαριών και οστρακοειδών (Herbold & Edelstein, 2010). Ενώ το εγχειρίδιο διατροφής της Βρετανίας συστήνει κατανάλωση τουλάχιστον 3 μερίδων εβδομαδιαίως (η μια μερίδα να προέρχεται από λιπαρό ψάρι) για τα άτομα με μέτριο ή υψηλό κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων (Joan & B., 2014).

Τέλος, όλοι οι οργανισμοί πλην του Ηνωμένου Βασιλείου συστήνουν την αύξηση της πρόσληψης ιωδίου κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης (25 εώς 70 mg/ημέρα) (HARVARD T.H. CHAN, 2023).

4.1. Διατροφικές Οδηγίες

1. Προτιμάται την κατανάλωση φρέσκων ιχθύων, όταν αυτό δεν είναι εφικτό καταναλώστε κατεψυγμένα.
2. Συστήνεται η κατανάλωση ψαριών και θαλασσινών εποχής και της περιοχής σας.
3. Ενδείκνυται το μαγείρεμα σε κατσαρόλα ή ψήσιμο στο φούρνο. Το τηγάνισμα καλό θα είναι να αποφεύγεται και να μην αποτελεί συνήθη τρόπο μαγειρέματος.
4. Να αποφεύγεται η κατανάλωση αλίπαστων (υψηλά σε νάτριο), καπνιστών, παναρισμένων και ιχθυρά σε ξύδι ή λάδι από παιδιά.
5. Μαγειρέψτε παραδοσιακές ελληνικές συνταγές όπου τα ψάρια συνδυάζονται με λαχανικά π.χ. ψαρόσουπα, σουπιές με σπανάκι.
6. Κατανάλωση τουλάχιστον μία μερίδα λιπαρού ψαριού εβδομαδιαίως (σημαντική πηγή ω3 λιπαρών οξέων).
7. Κατανάλωση μικρών πελαγικών ψαριών με το κόκκαλο, τα οποία αποτελούν εξαιρετική πηγή ασβεστίου και είναι χαμηλά σε υδράργυρο.
8. Κατά την εγκυμοσύνη συστήνετε η αποφυγή καπνιστών, ωμών ζωικών τροφών όπως τα οστρακοειδή, μεγάλων ψαριών με υψηλή συγκέντρωση υδραργύρου, θαλασσινά αποφλοιωμένα (π.χ. γαρίδες, μύδια) και έτοιμα προς κατανάλωση.
9. Για να διασφαλιστεί ότι τα τρόφιμα είναι ασφαλή η θερμοκρασία στο κέντρο μάζας τους θα πρέπει να υπερβαίνει τους 63°C και να καταναλωθούν όσο παραμένουν ζεστά. Τα υπολείμματα τους θα πρέπει άμεσα να αποθηκεύονται στο ψυγείο και να καταναλώνονται εντός 24 ωρών (Μπενέτου, et al., 2014) (Department of Health and Human Services Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition, 2022)

Κεφάλαιο 5: Συζήτηση Συμπεράσματα

Τα υδρόβια τρόφιμα είναι μια ποικιλόμορφη κατηγορία τροφίμων πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, πλούσια σε πρωτεΐνες που μπορούν επίσης να αποτελέσουν μια υγιεινή εναλλακτική λύση με βάση τα ζώα, όταν θέλετε να περιορίσετε το κόκκινο κρέας ή άλλες ζωικές τροφές που προέρχονται από την ξηρά. Υπάρχουν λανθασμένες αντιλήψεις, όπως η έντονη δυσάρεστη μυρωδιά (το φρέσκο ψάρι δεν πρέπει να μυρίζει!) ή το υψηλότερο κόστος από άλλες τροφές ζωικής πρωτεΐνης, που μπορεί να αποτρέψουν τους ανθρώπους από την επιλογή υδρόβιων τροφίμων. Ωστόσο, πολλά υδρόβια τρόφιμα είναι μια σημαντική πηγή ωμέγα-3 λιπαρών οξέων και διαφόρων θρεπτικών συστατικών που είναι χρήσιμα στην πρόληψη και τη θεραπεία καρδιαγγειακών παθήσεων και είναι ζωτικής σημασίας για την κανονική ανάπτυξη του εμβρύου.

Παρά το γεγονός ότι σήμερα έχουν σημαντική συνεισφορά στην υγιεινή διατροφή για δισεκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως, τα υδρόβια τρόφιμα συχνά υποτιμώνται διατροφικά επειδή η ποικιλομορφία τους τείνει να περιορίζεται σε πρωτεΐνες ή ενεργειακή αξία ή να πλαισιώνεται ως μια μονολιθική κατηγορία «θαλασσινών ή ψαριών». Ωστόσο,υπάρχει μεγάλη ποικιλία υδρόβιων τροφίμων που παράγονται σε όλο τον κόσμο και είναι διαθέσιμα κατά τη διάρκεια κάθε εποχής. Επί του παρόντος, η άγρια αλιεία συγκομίζει περισσότερα από 2.370 είδη και οι υδατοκαλλιέργειες εκτρέφουν περίπου 624 είδη.

Όσοι τρώνε πολύ συχνά υδρόβιες τροφές (5 ή περισσότερες μερίδες την εβδομάδα) και οι ευάλωτοι πληθυσμοί (έγκυες/θηλάζουσες γυναίκες, βρέφη και νήπια) μπορεί να περιορίσουν την πρόσληψη ειδών με υψηλότερη περιεκτικότητα σε υδράργυρο (ξιφία, καρχαρίας, ερυθρός τόνος, κιτρινόπτερος ή τόνος αχί, κονσερβοποιημένος λευκός τόνος albacore, βασιλικό σκουμπρί, μάρλιν, χρυσό λαβράκι). Καλές επιλογές είναι ο μπακαλιάρος, το γατόψαρο, τα οστρακοειδή, τα στρείδια, τα μύδια, οι γαρίδες, οι σαρδέλες και τα χτένια. ανατρέξτε στον οδηγό της Υπηρεσίας Τροφίμων και Φαρμάκων για άλλα θαλασσινά χαμηλής περιεκτικότητας σε υδράργυρο. Ελέγξτε επίσης τις τοπικές συμβουλές σχετικά με τα επίπεδα ρύπων σε ψάρια γλυκού νερού από λίμνες και δεξαμενές, καθώς αυτοί οι τύποι τείνουν να είναι υψηλότεροι σε υδράργυρο και PCB. Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμες συγκεκριμένες οδηγίες, καταναλώστε έως και 6 ουγκιές την εβδομάδα ψάρια από τα τοπικά

ύδατα, αλλά περιορίστε την κατανάλωση οποιωνδήποτε άλλων υδρόβιων τροφών κατά τη διάρκεια αυτής της εβδομάδας.

Για να ελαχιστοποιήσετε τον κίνδυνο επιβλαβών παθογόνων και παρασίτων, μαγειρέψτε και αποθηκεύστε τα υδρόβια τρόφιμα στις κατάλληλες θερμοκρασίες. Δείτε τις οδηγίες της Υπηρεσίας Τροφίμων και Φαρμάκων σχετικά με την ασφαλή επιλογή, αποθήκευση και σερβίρισμα θαλασσινών.

Έχει παρατηρηθεί πως σε ότι αφορά το μέλλον, απαιτούνται περισσότερες μελέτες ανθρώπινης παρέμβασης με καθορισμένα σημεία σχετικά με την υγεία για να διαπιστωθεί ο τρόπος με τον οποίο η χρόνια κατανάλωση ολόκληρων φυκών και των βιοδραστικών συστατικών τους επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία και σε ποιο βαθμό. Πρέπει επίσης να διευκρινιστούν οι μηχανισμοί δράσης για την τεκμηρίωση τυχόν μελλοντικών ισχυρισμών υγείας που σχετίζονται με την κατανάλωση φυκών και για την υποστήριξη εφαρμογών στις βιομηχανίες τροφίμων και τροφών.

Διαπιστώθηκε ότι η ποικιλότητα των ειδών θαλασσινών όχι μόνο ενίσχυσε τη θρεπτική αξία για τους καταναλωτές που επιλέγουν θαλασσινά, αλλά ήταν απαραίτητη για την επίτευξη των διατροφικών στόχων για δίαιτες με θαλασσινά με περιορισμένη κατανάλωση βιομάζας. Οι πρωτοβουλίες και οι επενδύσεις πολιτικής για τα υδρόβια τρόφιμα θα μπορούσαν να βελτιώσουν τη διατροφή και τη δημόσια υγεία μέσω της αύξησης της πρόσβασης στην ποικιλία των υδρόβιων τροφίμων και στα θρεπτικά συστατικά που παρέχουν.

Έρευνες έχουν δείξει ότι η κατανάλωση εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα και την ποσότητα και τον τύπο της υδρόβιας τροφής που καταναλώνεται, και η συμβολή του στη διατροφική ασφάλεια ποικίλλει σε διαφορετικά γεωγραφικά και κοινωνικοδημογραφικά πλαίσια. Απαιτούνται περισσότερα δεδομένα για τα τοπικά είδη και τα πρότυπα κατανάλωσης, για την καλύτερη ενημέρωση των διατροφικών κατευθυντήριων γραμμών και τη βελτίωση της δημόσιας υγείας τόσο στο παρόν όσο και στο μέλλον. Οι συμβουλές για την κατανάλωση υδρόβιων τροφίμων πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τη θρεπτική σύνθεση και την ποσότητα των προϊόντων που καταναλώνονται, καθώς και την προσβασιμότητα μέσω τοπικών συστημάτων τροφίμων, ώστε να διασφαλίζεται ότι συμβάλλουν σε ποικίλες και υγιεινές δίαιτες.

Όπως διαπιστώνουμε με βάση τα δεδομένα που έχουν βρεθεί στην εν λόγω έρευνα, τα υδρόβια τρόφιμα παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη υγεία. Υπάρχουν σε μεγάλη ποικιλία που οι περισσότεροι άνθρωποι δεν γνωρίζουν. Περιέχουν πολλά σημαντικά συστατικά για τον άνθρωπο σε κάθε φάση της ζωής του και λειτουργούν ευεργετικά σε πολλά στάδια. Η κατανάλωση τους είναι πολύ σημαντική τόσο για την κάλυψη των αναγκών του ανθρώπινου οργανισμού όσο και για την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού (γνωστική, κυκλοφορική κλπ.).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

AasimM., BakhshA., SameeullahM., Karataş M., KhawarK.M. Aquaticplantsashumanfood. In: Ozturk M., Hakeem K., Ashraf M., Ahmad M., editors. *Global Perspectives on Underutilized Crops.* Springer; Cham, Switzerland: 2018. pp. 165–187.

Abiusi, F., Fernadez, P. M., Canziani, S., Janssen, M., Wijffels, R. H., & Barbosa, M. (2022). Mixotrophic cultivation of Galdieria sulphuraria for C-phycocyanin and protein production. In *Algal Research* (Vol. 61, p. 102603). Elsevier.

Acquah C., Tibbetts S.M., Pan S., Udenigwe C. Chapter 19—Nutritional quality and bioactive properties of proteins and peptides from microalgae. In: Jacob-Lopes E., Maroneze M.M., Queiroz M.I., Zepka L.Q., editors. Handbook of Microalgae-Based Processes and Products. Academic Press; Cambridge, MA, USA: 2020. pp. 493–531.

Akwee P., Netondo G., Kataka J., Palapala V.A. A critical review of the role of taro *Colocasia esculenta* L. (Schott) to food security: A comparative analysis of Kenya and Pacific Island taro germplasm. *Sci. Agric.* 2015;9:101–108.

Afshin, A. et al. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. Lancet 393, 1958–1972 (2019).

Alengebawy A., Abdelkhalek S.T., Qureshi S.R., Wang M.-Q. Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications. *Toxics.* 2021;9:42. doi: 10.3390/toxics9030042.

Allsopp P, Crowe W, Bahar B, et al. . The effect of consuming Palmariapalmata-enriched bread on inflammatory markers, antioxidant status, lipid profile and thyroid function in a randomised placebo-controlled intervention trial in healthy adults. Eur J Nutr. 2016;55:1951–1962.

Atabaki N., Shaharuddin N.A., Ahmad S.A., Nulit R., Abiri R. Assessment of Water Mimosa (*Neptunia oleracea* Lour.) Morphological, Physiological, and Removal Efficiency for

Phytoremediationof Arsenic-Polluted Water. *Plants.* 2020;9:1500.doi: 10.3390/ plants9111500.

Ali S., Abbas Z., Rizwan M., Zaheer I.E., Yavaş İ., Ünay A., Abdel-Daim M.M., Bin-Jumah M., Hasanuzzaman M., Kalderis D. Application of floating aquatic plants in phytoremediation of heavy metals polluted water: A review. *Sustainability.* 2020;12:1927. doi: 10.3390/su12051927.

Ali H., Khan E. Trophic transfer, bioaccumulation, and biomagnification of non-essential hazardous heavy metals and metalloids in food chains/webs—Concepts and implications for wildlife and human health. *Hum. Ecol. Risk Assess. Int. J.* 2019;25:1353–1376. doi: 10.1080/10807039.2018.1469398.

Annex I. *Report of the Tenth Meeting of the OIE Animal Production Food Safety Working Group.* World Organisation for Animal Health; Paris, France: 2010.

Arunakumara K., Walpola B.C., Yoon M.-H. Current status of heavy metal contamination in Asia's rice lands. *Rev. Environ. Sci. Bio/Technol.* 2013;12:355–377. doi: 10.1007/ s11157-013-9323-1.

Baskin C.C., Baskin J.M. *Seeds: Ecology, Biogeography, and, Evolution of Dormancy and Germination.* Elsevier; Amsterdam, The Netherlands: 1998.

Barros de Medeiros V.P., da Costa W.K.A., da Silva R.T., Pimentel T.C., Magnani M. Microalgae as source of functional ingredients in new-generation foods: Challenges, technological effects, biological activity, and regulatory issues. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2021;61:1–22. doi: 10.1080/10408398.2021.1879729.

Barko J.W., James W.F. Effects of submerged aquatic macrophytes on nutrient dynamics, sedimentation, and resuspension. In: Jeppesen E., Søndergaard M., Søndergaard M., Christoffersen K., editors. *The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes.* Volume 131. Springer; New York, NY, USA: 1998. pp. 197–214. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)

Bell J.D., Kronen M., Vunisea A., Nash W.J., Keeble G., Demmke A., Pontifex S., Andréfouët S. Planning the use of fish for food security in the Pacific. *Mar. Policy*. 2009;33:64–76. doi: 10.1016/j.marpol.2008.04.002.

Belton B., Thilsted S. H., Fisheries in transition: Food and nutrition security implications for the global South. Glob. Food Secur. 3, 59–66 (2014).

Becker E. Micro-algae as a source of protein. Biotechnol. Adv. 2007;25:207–210. doi: 10.1016/j.biotechadv.2006.11.002.

Bernhardt, J. R., & O'Connor, M. I. Aquatic biodiversity enhances multiple nutritional benefits to humans. Proc. Natl Acad. Sci. 118, e1917487118 (2021).

Bhunia P. Environmental Toxicants and Hazardous Contaminants: Recent Advances in Technologies for Sustainable Development. *J. Hazard. Toxic Radioact. Waste*. 2017;21:02017001. doi: 10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000366.

Boukid, F., & Castellari, M. (2021, Jan 16). Food and Beverages Containing Algae and Derived Ingredients Launched in the Market from 2015 to 2019: A Front-of-Pack Labeling Perspective with a Special Focus on Spain. *foods , 10* (1), p. 173.

Braarud, H. C., Markhus, M. W., Skotheim, S., Stormark, K. M., Froyland, L., Graff, I. E., et al. (2018, May). Maternal DHA Status during Pregnancy Has a Positive Impact on Infant Problem Solving: A Norwegian Prospective Observation Study. *nutrients , 10* (5), p. 529.

Brewer T.D., Andrew N.L., Sharp M.K., Thow A., Kottage H., Jones S. *A Method for Cleaning Trade Data for Regional Analysis: The Pacific Food Trade Database (Version 2, 1995–2018)* Pacific Community Working Paper; SPC; Noumea, New Caledonia: 2020.

Byrd, K. A., Thilsted, S. H. & Fiorella, K. J. Fish nutrient composition: a review of global data from poorly assessed inland and marine species. Public Health Nutr. 24, 476–486 (2021).

Chen W.-C., Huang H.-C., Wang Y.-S., Yen J.-H. Effect of benzyl butyl phthalate on physiology and proteome characterization of water celery (*Ipomoea aquatica* Forsk.) *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2011;74:1325–1330. doi: 10.1016/ j.ecoenv.2011.03.009.

Carolin C.F., Kumar P.S., Saravanan A., Joshiba G.J., Naushad M. Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. *J. Environ. Chem. Eng.* 2017;5:2782–2799. doi: 10.1016/j.jece.2017.05.029.

Chary N.S., Kamala C., Raj D.S.S. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2008;69:513–524. doi: 10.1016/j.ecoenv.2007.04.013.

Chin N.P. Environmental toxins: Physical, social, and emotional. *Breastfeed. Med.* 2010;5:223–224. doi: 10.1089/bfm.2010.0050.

Chinery, R., Brockman, J. A., Peeler, M. O., Shyr, Y., Beauchamp, R. D., & Coffey, R. J. (1997, Nov 01). Antioxidants enhance the cytotoxicity of chemotherapeutic agents in colorectal cancer: A p53-independent induction of p21WAF1/CIP1 via C/EBPβ. *Nature Medicine* , pp. 1233-1241.

Chen H., Zheng C., Tu C., Shen Z. Chemical methods and phytoremediation of soil contaminated with heavy metals. *Chemosphere.* 2000;41:229–234. doi: 10.1016/ S0045-6535(99)00415-4.

Chacón-Lee T., González-Mariño G. Microalgae for “Healthy” Foods-Possibilities and Challenges. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2010;9:655–675. doi: 10.1111/ j.1541-4337.2010.00132.x.

Chaturvedi A.D., Pal D., Penta S., Kumar A. Ecotoxic heavy metals transformation by bacteria and fungi in aquatic ecosystem. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2015;31:1595–1603. doi: 10.1007/s11274-015-1911-5.

Charlton K.E., Russell J., Gorman E., Hanich Q., Delisle A., Campbell B., Bell J. Fish, food security and health in Pacific Island countries and territories: A systematic literature review. *BMC Public Health.* 2016;16:285. doi: 10.1186/s12889-016-2953-9.

Clelia, A., Correia, A. P., Freitas, M. V., Baptista, T., Neves, M., & Mouga, T. (2021, May). Seasonal Changes in the Nutritional Composition of Agarophyton vermiculophyllum (Rhodophyta, Gracilariales) from the Center of Portugal. *foods , 10* (5), p. 1145.

Cole, G. M., Ma, Q.-L., & Frautschy, S. A. (2009, Jun 12). Omega-3 fatty acids and dementia. *Author Manuscript , 81* (0), pp. 213-221.

Drew M., Lynch J.M. Soil anaerobiosis, microorganisms, and root function. *Annu. Rev. Phytopathol.* 1980;18:37–66. doi: 10.1146/annurev.py.18.090180.000345.

Dua T.K., Dewanjee S., Gangopadhyay M., Khanra R., Zia-Ul-Haq M., De Feo V. Ameliorative effect of water spinach, *Ipomea aquatica* (*Convolvulaceae*), against experimentally induced arsenic toxicity. *J. Transl. Med.* 2015;13:1–17. doi: 10.1186/s12967-015-0430-3.

Duman F., Leblebici Z., Aksoy A. Growth and bioaccumulation characteristics of watercress (*Nasturtium officinale* R. BR.) exposed to cadmium, cobalt and chromium. *Chem. Speciat. Bioavailab.* 2009;21:257–265. doi: 10.3184/095422909X12578511366924.

Dapul H., Laraque D. Lead poisoning in children. *Adv. Pediatr.* 2014;61:313–333. doi: 10.1016/j.yapd.2014.04.004.

Dattilo A.M., Miguel S.G. Chromium in health and disease. *Nut. Today.* 2003;38:121–133. doi: 10.1097/00017285-200307000-00006.

Duxbury J.M., Panaullah G., Zavala Y.J., Loeppert R.H., Ahmed Z.U. Impact of use of As-contaminated groundwater on soil as content and paddy rice production in Bangladesh. *Food Fertil. Technol. Cent. Tech Bull.* 2009;180:1–11.

Dermont G., Bergeron M., Richer-Laflèche M., Mercier G. Remediation of metal-contaminated urban soil using flotation technique. *Sci. Total Environ.* 2010;408:1199–1211. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.11.036.

Department of Health and Human Services Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition. (2022). Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance.

Edwards C.A. The importance of integration in sustainable agricultural systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 1989;27:25–35. doi: 10.1016/0167-8809(89)90069-8.

Edelstein M., Ben-Hur M. Heavy metals and metalloids: Sources, risks and strategies to reduce their accumulation in horticultural crops. *Sci. Hortic.* 2018;234:431–444. doi: 10.1016/j.scienta.2017.12.039.

Engwa G.A., Ferdinand P.U., Nwalo F.N., Unachukwu M.N. *Poisoning in the Modern World-New Tricks for an Old Dog.* Volume 10 BoD–Books on Demand; Norderstedt, Germany: 2019. Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans.

Farmery, A. K., Scott, J. M., Brewer, T. D., Eriksson, H., Steendergen, D. J., Albert, J., et al. (2020, Nov). Aquatic Foods and Nutrition in the Pacific. *nutrients , 12* (12), p. 3705.

Farnsworth E. The ecology and physiology of viviparous and recalcitrant seeds. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 2000;31:107–138. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.31.1.107.

Fish and shellfish. (n.d.). Retrieved from NHS: https://www.nhs.uk/live-well/eat-well/food-types/fish-and-shellfish-nutrition/

Fruet A.C., Seito L.N., Rall V.L.M., Di Stasi L.C. Dietary intervention with narrow-leaved cattail rhizome flour (*Typha angustifolia* L.) prevents intestinal inflammation in the trinitrobenzenesulphonic acid model of rat colitis. *BMC Complementary Altern. Med.* 2012;12:62. doi: 10.1186/1472-6882-12-62.

Fan Y., Li Y., Li H., Cheng F. Evaluating heavy metal accumulation and potential risks in soil-plant systems applied with magnesium slag-based fertilizer. *Chemosphere.* 2018;197:382–388. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.01.055.

Fodor, J. G., Helis, E., Yazdekhasti, N., & Branislav, V. (2014, August). “Fishing” for the Origins of the “Eskimos and Heart Disease” Story: Facts or Wishful Thinking? *CJC , 30* (8), pp. 864-868.

Fu Z., Xi S. The effects of heavy metals on human metabolism. *Toxicol. Mech. Methods.* 2020;30:167–176. doi: 10.1080/15376516.2019.1701594.

Fatima F., Hashim A., Anees S. Efficacy of nanoparticles as nanofertilizer production: A review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021;28:1292–1303. doi: 10.1007/s11356-020-11218-9.

FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the Sustainable Development Goals (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018).

FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome.

Gnanamanickam S.S. *Biological Control of Rice Diseases, Progress in Biological Control.* Springer; Dordrecht, The Netherlands: 2009. Rice and its importance to human life; pp. 1–11.

Göthberg A., Greger M., Bengtsson B.E. Accumulation of heavy metals in water spinach (*Ipomoea aquatica*) cultivated in the Bangkok region, Thailand. *Environ. Toxicol. Chem. Int. J.* 2002;21:1934–1939. doi: 10.1002/etc.5620210922.

Global Production by Production Source 1950–2019. FishStatJ (FAO, 2021).

Graber A., Junge R. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetableproduction. *Desalination.* 2009;246:147–156. doi: 10.1016/j.desal.2008.03.048.

Greger M. *Heavy Metal Stress in Plants.* Springer; Berlin/Heidelberg, Gremany: 1999. Metal availability and bioconcentration in plants; pp. 1–27.

Gallego S.M., Benavides M.P., Tomaro M.L. Effect of heavy metal ion excess on sunflower leaves: Evidence for involvement of oxidative stress. *Plant Sci.* 1996;121:151–159. doi: 10.1016/S0168-9452(96)04528-1.

Global Nutrition Report: Action on Equity to End Malnutrition (Development Initiatives Poverty Research, 2020).

Gladyshev M., Gribovskaya I., Ivanova E., Moskvichova A., Muchkina E.Y., Chuprov S. Metal concentrations in the ecosystem and around recreational and fish-breeding pond Bugach. *Water Resour.* 2001;28:288–296. doi: 10.1023/A:1010400807660.

Gichner T., Žnidar I., Száková J. Evaluation of DNA damage and mutagenicity induced by lead in tobacco plants. *Mut. Res. Gen. Toxicol. Environ. Mutagen.* 2008;652:186–190. doi: 10.1016/j.mrgentox.2008.02.009.

Gimeno-García E., Andreu V., Boluda R. Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. *Environ. Pollut.* 1996;92:19–25. doi: 10.1016/0269-7491(95)00090-9.

Gu H.-H., Qiu H., Tian T., Zhan S.-S., Chaney R.L., Wang S.-Z., Tang Y.-T., Morel J.-L., Qiu R.-L. Mitigation effects of silicon rich amendments on heavy metal accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) planted on multi-metal contaminated acidic soil. *Chemosphere.* 2011;83:1234–1240. doi: 10.1016/j.chemosphere.2011.03.014.

Geebelen W., Sappin-Didier V., Ruttens A., Carleer R., Yperman J., Bongué-Boma K., Mench M., Van der Lelie N., Vangronsveld J. Evaluation of cyclonic ash, commercial Na-silicates, lime and phosphoric acid for metal immobilisation purposes in contaminated soils in Flanders (Belgium) *Environ. Pollut.* 2006;144:32–39. doi: 10.1016/j.envpol.2006.01.013.

Government of Vanuatu . *Vanuatu National Plan of Action on Food and Nutrition Security.* National Advosry Board on Climate Change and Disaster Risk Reduction; Port Vila, Vanuatu: 2013.

Golden C. D., et al.., Nutrition: Fall in fish catch threatens human health. Nature 534, 317–320 (2016).

Golden, C. D., Koehn, J. Z., Shepon, A., Passarelli, S., Christopher, M. F., Viana, D. F., και συν. (2021, Oct 19). Aquatic foods to nourish nations. *Nature* , σσ. 315-320.

Hummel M., Kiviat E. Review of world literature on water chestnut with implications for management in North America. *J. Aquat. Plant Manag.* 2004;42:17–27.

Huang Y., Wang L., Wang W., Li T., He Z., Yang X. Current status of agricultural soil pollution by heavy metals in China: A meta-analysis. *Sci. Total Environ.* 2019;651:3034–3042. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.185.

Himeno S., Aoshima K. *Cadmium Toxicity: New Aspects in Human Disease, Rice Contamination, and Cytotoxicity.* Springer; Singapore: 2019.

Hejna M., Gottardo D., Baldi A., Dell'Orto V., Cheli F., Zaninelli M., Rossi L. Nutritional ecology of heavy metals. *Animal.* 2018;12:2156–2170. doi: 10.1017/S175173111700355X.

Herbold, N. H., & Edelstein, S. (2010). DIETITIAN' S POCKET GUIDE TO NUTRITION.

HLPE. *Nutrition and Food Systems.* High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security; Rome, Italy: 2017.

Houssard P., Point D., Tremblay-Boyer L., Allain V., Pethybridge H., Masbou J., Ferriss B.E., Baya P.A., Lagane C., Menkes C.E. A model of mercury distribution in tuna from the western and central Pacific Ocean: Influence of physiology, ecology and environmental factors. *Environ. Sci. Technol.* 2019;53:1422–1431. doi: 10.1021/acs.est.8b06058.

Hicks, C. C. et al. Harnessing global fisheries to tackle micronutrient deficiencies. Nature 574, 95–98 (2019).

Ismail I., Hwang Y.-H., Joo S.-T. Meat analog as future food: A review. J. Anim. Sci. Technol. 2020;62:111–120. doi: 10.5187/jast.2020.62.2.111.

Iso, H., Kobayashi, M., Ishihara, J., Sakaki, S., Okada, K., Kita, Y., et al. (2006, Jan 17). Intake of Fish and n3 Fatty Acids and Risk of Coronary Heart Disease Among Japanese. *Circulation , 113* (2), pp. 195-202.

Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc: a Report of the Panel on Micronutrients. Washington, DC: National Academy Press; 2001. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK222317/ Accessed 10/17/2019.

Izah S.C., Chakrabarty N., Srivastav A.L. A review on heavy metal concentration in potable water sources in Nigeria: Human health effects and mitigating measures. *Expos. Health.* 2016;8:285–304. doi: 10.1007/s12403-016-0195-9.

J DiNicolantonio, J., & OKeefe, J. (2020, Feb 4). The benefits of marine omega-3s for preventing arrhythmias. *openheart , 7* (1).

Joan, G., & B., T. (2014). Manual of Dietetic Practice.

Jomova K., Jenisova Z., Feszterova M., Baros S., Liska J., Hudecova D., Rhodes C., Valko M. Arsenic: Toxicity, oxidative stress and human disease. *J. Appl. Toxicol.* 2011;31:95–107. doi: 10.1002/jat.1649.

Kasiulienė A., Paulauskas V., Marozas V., Waara S. Accumulation of heavy metals in forest dwarf shrubs and dominant mosses as bioindicators of atmospheric pollution. *J. Elem. Olszt. Pol. Tow. Magnezol.* 2019;24:1079–1090. doi: 10.5601/jelem.2019.24.1.1744.

Karagas M.R., Punshon T., Davis M., Bulka C.M., Slaughter F., Karalis D., Argos M., Ahsan H. Rice intake and emerging concerns on arsenic in rice: A review of the human evidence and methodologic challenges. *Curr. Environ. Health Rep.* 2019;6:361–372. doi: 10.1007/s40572-019-00249-1.

Kumar A., Prasad M., Achary V.M.M., Panda B.B. Elucidation of lead-induced oxidative stress in Talinum triangulare roots by analysis of antioxidant responses and DNA damage at cellular level. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2013;20:4551–4561. doi: 10.1007/s11356-012-1354-6.

Kawarazuka N., Béné C., Linking small-scale fisheries and aquaculture to household nutritional security: An overview. Food Secur. 2, 343–357 (2010).

Kiran, R. R., & Mohan, V. S. (2021, May). Microalgal Cell Biofactory—Therapeutic, Nutraceutical and Functional Food Applications. *plants , 10* (5), p. 836.

Luo Y., Zhao X., Xu T., Liu H., Li X., Johnson D., Huang Y. Bioaccumulation of heavy metals in the lotus root of rural ponds in the middle reaches of the Yangtze River. *J. Soils Sediments.* 2017;17:2557–2565. doi: 10.1007/s11368-017-1692-6.

Luo W., Wang D., Xu Z., Liao G., Chen D., Huang X., Wang Y., Yang S., Zhao L., Huang H. Effects of cadmium pollution on the safety of rice and fish in a rice-fish coculture system. *Environ. Int.* 2020;143:105898. doi: 10.1016/j.envint.2020.105898.

Llobet J., Falco G., Casas C., Teixido A., Domingo J. Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents,

adults, and seniors of Catalonia, Spain. *J. Agric. Food Chem.* 2003;51:838–842. doi: 10.1021/jf020734q.

Lee S., Kang D.-W., Yoo J.-H., Park S.-W., Oh K.-S., Lee J.-H., Cho I.K., Moon B.-C., Kim W.-I. Determination of bioconcentration factor of heavy metal (loid)s in rice grown on soils vulnerable to heavy metal (loid)s contamination. *Korean J. Soil. Sci. Fert.* 2017;50:106–114. doi: 10.7745/KJSSF.2017.50.2.106.

Laskowski R. Are the top carnivores endangered by heavy metal biomagnification? *Oikos.* 1991;60:387–390. doi: 10.2307/3545083.

Leape, J., Micheli, F., Tigchelaar, M., Allison, E. H., Basurto, X., Bennett, A., et al. (2023). The Vital Roles of Blue Foods in the Global Food System. In *Science and Innovations for Food Systems Transformation* (pp. 401-419). Springer.

Leitenmaier B., Küpper H. Compartmentation and complexation of metals in hyperaccumulator plants. *Front. Plant Sci.* 2013;4:374. doi: 10.3389/fpls.2013.00374.

Liu Y., Li S., Ni Z., Qu M., Zhong D., Ye C., Tang F. Pesticides in persimmons, jujubes and soil from China: Residue levels, risk assessment and relationship between fruits and soils. *Sci. Total Environ.* 2016;542:620–628. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.10.148.

Lock, E.-J., Waagbo, R., Bonga, S. W., & Flik, G. (2010). The significance of vitamin D for fish: a review. In A. Nutrition.

Mishra P., Mishra M. Risk Assessment of heavy metal contamination in paddy soil, plants, and grains (*Oryza sativa* L.) In: Hashmi M., Varma A., editors. *Environmental Pollution of Paddy Soils.* Volume 53. Springer; Cham, Switzerland: 2018. pp. 165–178.

Meat, Fish and Dairy Products and the Risk of Cancer. Continuous Update Project Expert Report 2018 (World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research, 2018).

Manson, J. E. et al. Marine n−3 fatty acids and prevention of cardiovascular disease and cancer. N. Engl. J. Med. 380, 23–32 (2019).

Mishra S., Bharagava R.N., More N., Yadav A., Zainith S., Mani S., Chowdhary P. Heavy metal contamination: An alarming threat to environment and human health. In: Sobti R.,

Arora N., Kothari R., editors. *Environmental Biotechnology: For Sustainable Future.* Springer; Singapore: 2019. pp. 103–125.

Mensah, G. A., Roth, G. A. & Fuster, V. The global burden of cardiovascular diseases and risk factors: 2020 and beyond. J. Am. Coll. Cardiol. 74, 2529–2532 (2019).

Martin J.H., Leonard W.H. *Principles of Field Crop Production.* Macmillan; New York, NY, USA: 1949.

Magneschi L., Perata P. Rice germination and seedling growth in the absence of oxygen. *Ann. Bot.* 2009;103:181–196. doi: 10.1093/aob/mcn121.

Mustafa H.M., Hayder G. Recent studies on applications of aquatic weed plants in phytoremediation of wastewater: A review article. *Ain Shams Eng. J.* 2021;12:355–365. doi: 10.1016/j.asej.2020.05.009.

Maurya P.K., Malik D., Yadav K.K., Kumar A., Kumar S., Kamyab H. Bioaccumulation and potential sources of heavy metal contamination in fish species in River Ganga basin: Possible human health risks evaluation. *Toxicol. Rep.* 2019;6:472–481. doi: 10.1016/j.toxrep.2019.05.012.

Mulligan C., Yong R., Gibbs B. Remediation technologies for metal-contaminated soils and groundwater: An evaluation. *Eng. Geol.* 2001;60:193–207. doi: 10.1016/S0013-7952(00)00101-0.

Novotny V. Diffuse pollution from agriculture—A worldwide outlook. *Water Sci. Technol.* 1999;39:1–13. doi: 10.2166/wst.1999.0124.

Neeratanaphan L., Khamma S., Benchawattananon R., Ruchuwararak P., Appamaraka S., Intamat S. Heavy metal accumulation in rice (*Oryza sativa*) near electronic waste dumps and related human health risk assessment. *Hum. Ecol. Risk Assess. Int. J.* 2017;23:1086–1098. doi: 10.1080/10807039.2017.1300856.

Mao C., Song Y., Chen L., Ji J., Li J., Yuan X., Yang Z., Ayoko G.A., Frost R.L., Theiss F. Human health risks of heavy metals in paddy rice based on transfer characteristics of heavy metals from soil to rice. *Catena.* 2019;175:339–348. doi: 10.1016/j.catena.2018.12.029.

Nazir R., Khan M., Masab M., Rehman H.U., Rauf N.U., Shahab S., Ameer N., Sajed M., Ullah M., Rafeeq M. Accumulation of heavy metals (Ni, Cu, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe) in the soil, water and plants and analysis of physico-chemical parameters of soil and water collected from Tanda Dam Kohat. *J. Pharm. Sci. Res.* 2015;7:89.

Nevins, J. E., Donovan, S. M., Snetseral, L., Dewey, K. G., Novotny, R., Stang, J., et al. (2021, Nov). Omega-3 Fatty Acid Dietary Supplements Consumed During Pregnancy and Lactation and Child Neurodevelopment: A Systematic Review. *The Journal of Nutrition , 151* (11), pp. 3483-3494.

NIH Office of Dietary Supplements. Omega-3 Fatty Acids. https://ods.od.nih.gov/factsheets/Omega3FattyAcids-HealthProfessional/ Accessed May 17, 2018.

Norton T.A., Melkonian M., Andersen R.A. Algal biodiversity. Phycologia. 1996;35:308–326. doi: 10.2216/i0031-8884-35-4-308.1.

Overall R.A., Parry D.L. The uptake of uranium by *Eleocharis dulcis* (Chinese water chestnut) in the Ranger Uranium Mine constructed wetland filter. *Environ. Pollut.* 2004;132:307–320. doi: 10.1016/j.envpol.2004.04.005.

Oken, E., Rifas-Shiman, S. L., Amarasiriwaedena, C., Jayawardene, I., Bellinger, D. C., Hibbeln, J. R., et al. (2016, Sept-Oct). Maternal prenatal fish consumption and cognition in mid childhood: Mercury, fatty acids, and selenium. *Neurotoxicology and Teratology , 57*, pp. 71-78.

Oberoi S., Barchowsky A., Wu F. The global burden of disease for skin, lung, and bladder cancer caused by arsenic in food. *Cancer Epidemiol. Prev. Biomark.* 2014;23:1187–1194. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-13-1317.

Proshad R., Kormoker T., Mursheed N., Islam M.M., Bhuyan M.I., Islam M.S., Mithu T.N. Heavy metal toxicity in agricultural soil due to rapid industrialization in Bangladesh: A review. *Int. J. Adv. Geosci.* 2018;6:83–88. doi: 10.14419/ijag.v6i1.9174.

Papanikolaou N.C., Hatzidaki E.G., Belivanis S., Tzanakakis G.N., Tsatsakis A.M. Lead toxicity update. A brief review. *Med. Sci. Monit.* 2005;11:RA329.

Popkin, B. M. & Gordon-Larsen, P. The nutrition transition: worldwide obesity dynamics and their determinants. Int. J. Obes. 28, S2–S9 (2004).

Raji, C. A., Erickson, K. I., Lopez, O., Kuller, L. H., Gach, H. M., Thomposon, P. M., et al. (2014, Jul 19). Regular Fish Consumption and Age-Related Brain Gray Matter Loss. *Author Manuscript , 47* (4), pp. 444-451.

Raskin I., Smith R.D., Salt D.E. Phytoremediation of metals: Using plants to remove pollutants from the environment. *Curr. Opin. Biotechnol.* 1997;8:221–226. doi: 10.1016/S0958-1669(97)80106-1.

Rahman Z., Singh V.P. The relative impact of toxic heavy metals (THMs) (arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr)(VI), mercury (Hg), and lead (Pb)) on the total environment: An overview. *Environ. Monit. Assess.* 2019;191:1–21. doi: 10.1007/s10661-019-7528-7.

Rahman M.M., Owens G., Naidu R. Arsenic levels in rice grain and assessment of daily dietary intake of arsenic from rice in arsenic-contaminated regions of Bangladesh—Implications to groundwater irrigation. *Environ. Geochem. Health.* 2009;31:179–187. doi: 10.1007/s10653-008-9238-x.

Rahimzadeh M.R., Rahimzadeh M.R., Kazemi S., Moghadamnia A.A. Cadmium toxicity and treatment: An update. *Casp. J. Intern. Med.* 2017;8:135

Scheeman, B., Kleinman, R., Ard, J., Bailey, R., Bazzano, L., Boushey, C., και συν. (2020). Dietory Guidelines for Americans.

Stoop W.A., Uphoff N., Kassam A. A review of agricultural research issues raised by the system of rice intensification (SRI) from Madagascar: Opportunities for improving farming systems for resource-poor farmers. *Agric. Syst.* 2002;71:249–274. doi: 10.1016/S0308-521X(01)00070-1.

Roba C., Roşu C., Pişţea I., Ozunu A., Baciu C. Heavy metal content in vegetables and fruits cultivated in Baia Mare mining area (Romania) and health risk assessment. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2016;23:6062–6073. doi: 10.1007/s11356-015-4799-6.

Sharma R.K., Agrawal M. Biological effects of heavy metals: An overview. *J. Environ. Biol.* 2005;26:301–313.

Scherf B.D. *World Watch List for Domestic Animal Diversity.* Food and Agriculture Organization (FAO); Rome, Italy: 2000.

Proshad R., Kormoker T., Mursheed N., Islam M.M., Bhuyan M.I., Islam M.S., Mithu T.N. Heavy metal toxicity in agricultural soil due to rapid industrialization in Bangladesh: A review. *Int. J. Adv. Geosci.* 2018;6:83–88. doi: 10.14419/ijag.v6i1.9174.

Sharma S., Kaur I., Nagpal A.K. Contamination of rice crop with potentially toxic elements and associated human health risks—A review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021;28:1–18. doi: 10.1007/s11356-020-11696-x.

Sundaram L., Rajendran S., Subramanian N. Metal stress impacting plant growth in contaminated soil is alleviated by microbial siderophores. In: Seneviratne G., Zavahir J.S., editors. *Role of Microbial Communities for Sustainability. Microorganisms for Sustainability.* Volume 29. Springer; Singapore: 2021. pp. 317–332.

Schmidhuber, J. et al. The Global Nutrient Database: availability of macronutrients and micronutrients in 195 countries from 1980 to 2013. Lancet Planet. Health 2, e353–e368 (2018).

Rai P.K., Lee S.S., Zhang M., Tsang Y.F., Kim K.-H. Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environ. Int.* 2019;125:365–385. doi: 10.1016/j.envint.2019.01.067.

Seidler A., Hellenbrand W., Robra B.-P., Vieregge P., Nischan P., Joerg J., Oertel W., Ulm G., Schneider E. Possible environmental, occupational, and other etiologic factors for Parkinson's disease: A case-control study in Germany. *Neurology.* 1996;46:1275. doi: 10.1212/WNL.46.5.1275.

Sharma A., Sidhu G.P.S., Araniti F., Bali A.S., Shahzad B., Tripathi D.K., Brestic M., Skalicky M., Landi M. The role of salicylic acid in plants exposed to heavy metals. *Molecules.* 2020;25:540. doi: 10.3390/molecules25030540.

Saha G.C., Ali M.A. Dynamics of arsenic in agricultural soils irrigated with arsenic contaminated groundwater in Bangladesh. *Sci. Total Environ.* 2007;379:180–189. doi: 10.1016/j.scitotenv.2006.08.050.

Tanna, B., Choudhary, B., Mishra, A., Chauhan, O. P., Patel, M. K., Shokralla, S., et al. (2021, Oct). Antioxidant, Scavenging, Reducing, and Anti-Proliferative Activities of Selected Tropical Brown Seaweeds Confirm the Nutraceutical Potential of Spatoglossum asperum. foods , 10 (10), p. 2482.

Tang L., Luo W.J., He Z.L., Gurajala H.K., Hamid Y., Khan K.Y., Yang X.E. Variations in cadmium and nitrate co-accumulation among water spinach genotypes and implications for screening safe genotypes for human consumption. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.* 2018;19:147–158. doi: 10.1631/jzus.B1700017.

Tangahu B.V., Sheikh Abdullah S.R., Basri H., Idris M., Anuar N., Mukhlisin M. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation. *Int. J. Chem. Eng.* 2011;2011:939161. doi: 10.1155/2011/939161.

The Nutrition Source - Aquatic Foods. (2021, September). Retrieved from HARVARD T.H. CHAN: https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/aquatic-foods/

The Nutrition Source - Iodine. (2023). Ανάκτηση από HARVARD T.H. CHAN: https://nutritionsource.hsph.harvard.edu/iodine/

Terriente-Palacios, C., Rubino, S., Hortos, M., Peteiro, C., & Castellari, M. (2022, Dec 02). Taurine, homotaurine, GABA and hydrophobic amino acids content influences “in vitro” antioxidant and SIRT1 modulation activities of enzymatic protein hydrolysates from algae. *Scientific Reports* .

Thilsted S.H., Thorne-Lyman A., Webb P., Bogard J.R., Subasinghe R., Phillips M.J., Allison E.H. Sustaining healthy diets: The role of capture fisheries and aquaculture for improving nutrition in the post-2015 era. *Food Policy.* 2016;61:126–131. doi: 10.1016/j.foodpol.2016.02.005.

Thomaz, M. S., & Ribeiro da Cunha, E. (2010). The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems:. *Acta Limnologica Brasiliensia , 22* (2), σσ. 218-236.

Toloza, F. J., Motahari, H., & Maraka, S. (2020). Consequences of Severe Iodine Deficiency in Pregnancy: Evidence in Humans. *frontiers in Endocrinology , 11*, p. 409.

UNICEF, WHO & The World Bank Group. Levels and Trends in Child Malnutrition. (WHO, 2021).

Vardhan K.H., Kumar P.S., Panda R.C. A review on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives. *J. Mol. Liq.* 2019;290:111197. doi: 10.1016/j.molliq.2019.111197.

Vigneri R., Malandrino P., Gianì F., Russo M., Vigneri P. Heavy metals in the volcanic environment and thyroid cancer. *Mol. Cell. Endocrinol.* 2017;457:73–80. doi: 10.1016/ j.mce.2016.10.027.

Victora, C. G. et al. Revisiting maternal and child undernutrition in low-income and middle-income countries: variable progress towards an unfinished agenda. Lancet 397, 1388–1399 (2021).

Wani A., Ara A., Usmani J. Lead toxicity: A review. Interdiscipl. Toxicol. 2015;8:55–64. doi: 10.1515/intox-2015-0009.

Willett, W. et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. Lancet 393, 447–492 (2019).

WHO. *Global Status Report on Noncommunicable Diseases 2014.* World Health Organization; Geneva, Switzerland: 2014.

WHO Secretariat on behalf of the participants to the Consultation, Andersson M, de Benoist B, et al. Prevention and control of iodine deficiency in pregnant and lactating women and in children less than 2-years-old: conclusions and recommendations of the technical consultation. *Public Health Nutrition.* 2007;10(12):1606–1611.

Wuana R.A., Okieimen F.E. Heavy metals in contaminated soils: A review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *Int. Sch. Res. Not.* 2011;2011:402647. doi: 10.5402/2011/402647.

WorldFish. 2030 Research and Innovation Strategy: Aquatic Foods for Healthy People and Planet (eds Lala-Pritchard, T. & Johnstone, G) (WorldFish, 2020).

World Health Organazition. (2020). Healthy diet. Geneva.

Xiao L., Chen J., Wang X., Bai R., Chen D., Liu J. Structural and physicochemical properties of chemically modified Chinese water chestnut [*Eleocharis dulcis* (Burm. f.) Trin. ex Hensch] starches. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018;120:547–556. doi: 10.1016/ j.ijbiomac.2018.08.161.

Xing W., Wu H., Hao B., Huang W., Liu G. Bioaccumulation of heavy metals by submerged macrophytes: Looking for hyperaccumulators in eutrophic lakes. *Environ. Sci. Technol.* 2013;47:4695–4703. doi: 10.1021/es303923w.

Yu X., Chu M., Chu C., Du Y., Shi J., Liu X., Liu Y., Zhang H., Zhang Z., Yan N. Wild rice (*Zizania* spp.): A review of its nutritional constituents, phytochemicals, antioxidant activities, and health-promoting effects. *Food Chem.* 2020;331:127293. doi: 10.1016/ j.foodchem.2020.127293.

Youn, S. J. et al. Inland capture fishery contributions to global food security and threats to their future. Glob. Food Sec. 3, 142–148 (2014).

Yu Z., Gunn L., Wall P., Fanning S. Antimicrobial resistance and its association with tolerance to heavy metals in agriculture production. *Food Microbiol.* 2017;64:23–32. doi: 10.1016/j.fm.2016.12.009.

Zahir F., Rizwi S.J., Haq S.K., Khan R.H. Low dose mercury toxicity and human health. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2005;20:351–360. doi: 10.1016/j.etap.2005.03.007.

Zwolak A., Sarzyńska M., Szpyrka E., Stawarczyk K. Sources of soil pollution by heavy metals and their accumulation in vegetables: A review. *Water Air Soil Pollut.* 2019;230:1–9. doi: 10.1007/s11270-019-4221-y.

Zhao X.-l., Saigusa M. Fractionation and solubility of cadmium in paddy soils amended with porous hydrated calcium silicate. *J. Environ. Sci.* 2007;19:343–347. doi: 10.1016/ S1001-0742(07)60056-4.

Μπενέτου, Β., Ζώτα, Κ., Κανδαράκη, Ά., Καστορίνη, Χ.-Μ., Κωστή, Ρ., Μπελογιάνη, Κ., et al. (2014). Εθνικός Διατροφικός Οδηγός.