



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΙΓΑΙΟΥ**

ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ανασκόπηση της επίδρασης των βιοδραστικών συστατικών των  
λειτουργικών τροφίμων στη φυσική δραστηριότητα**

**Γιαβάση Καλλιόπη**

**Μπαρζού Διονυσία**

**Επιβλέπων καθηγητής: Κουτελιδάκης Αντώνης**

**Μύρινα , Λήμνος**

**Μάιος 2023**

## Μέλη Τριμελούς Επιτροπής

1. Αντώνης Κουτελιδάκης
2. Χαράλαμπος Καραντώνης
3. Κωνσταντίνος Γιαγκίνης

## Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων .....	5
Περίληψη.....	6
Abstract .....	7
Εισαγωγή.....	8
Κεφάλαιο 1 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....	11
1.1 Βιοδραστικά συστατικά των λειτουργικών τροφίμων .....	11
1.1.1 Προϊόντα από ζωικές πηγές.....	13
1.1.2 Γαλακτοκομικά προϊόντα .....	13
1.1.3 Φυτικά προϊόντα (πολυφαινόλες, κερκετίνη, κατεχίνες, καφεϊκό και ταννουϊκό οξύ)..	14
1.1.4 Φρούτα και λαχανικά .....	14
1.2 Βιοδραστικές ενώσεις από υποπροϊόντα λαχανικών και φρούτων .....	15
1.3 Βιοδραστικές ενώσεις από διάφορες φυτικές, μικροβιακές και θαλάσσιες πηγές .....	15
1.4 Πρόσφατες εξελίξεις στην παραγωγή βιοδραστικών ενώσεων .....	16
1.5 Η τεχνολογία τροφίμων και ο αντίκτυπός της στην ανάπτυξη λειτουργικών τροφίμων.....	18
1.6 Φυσική κατάσταση και λειτουργικά τρόφιμα .....	19
1.6.1 Αναπλήρωση Νερού.....	20
1.6.2 Βελτίωση Αντοχής .....	21
1.6.3 Ενίσχυση της Μυϊκής Ενδυνάμωσης .....	22
1.6.4 Πρόληψη τραυματισμών και κόπωσης.....	22
Κεφάλαιο 2 Μεθοδολογία .....	24
2.1 Σκοπός της έρευνας .....	24
2.2 Αναγνώριση ερευνητικού προβλήματος.....	24
2.3 Μεθοδολογία .....	25
Κεφάλαιο 3 Αποτελέσματα-Συζήτηση .....	27

3.1 Καφεΐνη.....	36
3.2 Πολυφαινόλες στο τσάι.....	38
3.3 Πολυφαινόλες στα φρούτα του δάσους.....	41
3.4 Βιοδραστικά συστατικά από ξηρούς καρπούς και σπόρους.....	43
3.5 Βιοδραστικά συστατικά από ελαιόλαδο.....	46
3.6 Βιοδραστικά συστατικά από εκχυλίσματα φρούτων και λαχανικών (αβοκάντο, παντζάρι) .....	47
3.7 Βιοδραστικά συστατικά από εκχυλίσματα κρέατος.....	49
Συμπεράσματα.....	51
Βιβλιογραφία.....	52

## **Κατάλογος Πινάκων**

<b>Πίνακας 1</b> .....	<b>27</b>
------------------------	-----------

## Περίληψη

Η βελτίωση της φυσικής κατάστασης ενός ατόμου είναι βασικός στόχος των οργανισμών υγείας προκειμένου να μειωθεί ο επιπολασμός διαφόρων μεταβολικών διαταραχών. Στόχος της παρούσας εργασίας βιβλιογραφικής ανασκόπησης ήταν η αξιολόγηση του πιθανού ρόλου των λειτουργικών τροφίμων και των βιοδραστικών τους ενώσεων ως εναλλακτικού τρόπου προώθησης της διαχείρισης της φυσικής κατάστασης και των μεταβολικών συνεπειών της. Επιλέχθηκαν περίπου 20 άρθρα από το Scopus, το PubMed, το Google Scholar και το Science Direct, χρησιμοποιώντας σχετικές λέξεις-κλειδιά και βασίζονται κυρίως σε πρόσφατες μελέτες σε κλινικές ή τυχαιοποιημένες διασταυρούμενες μελέτες. Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας τόνισε την πιθανή επίδραση συγκεκριμένων λειτουργικών τροφίμων όπως ο καφές, το πράσινο τσάι, τα μούρα, οι ξηροί καρποί, το ελαιόλαδο, το αβοκάντο, το τζίντζερ, το παντζάρι, το κοτόπουλο. Συγκεκριμένες βιοδραστικές ενώσεις αυτών των τροφίμων -όπως η καφεΐνη, οι κατεχίνες, το γαλλικό οξύ, οι ανθοκυανίνες, το ασκορβικό οξύ, οι πολυφαινόλες, η ελευρωπαΐνη, η καψαΐκίνη και η κερκετίνη- μπορεί να συμβάλλουν στη διαχείριση της σωματικής καταπόνησης και στις μεταβολικές συνέπειές της κατά τη σωματική άσκηση για τη διαχείριση της φυσικής κατάστασης του ατόμου. Επομένως, τα λειτουργικά τρόφιμα ως μέρος μιας ισορροπημένης διατροφής, θα μπορούσαν να είναι χρήσιμα στην κατεύθυνση της διαχείρισης της σωματικής και της μείωσης των μεταβολικών συνεπειών της ως απόκριση στην προπόνηση για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης. Ωστόσο, απαιτούνται περισσότερες κλινικές και επιδημιολογικές μελέτες προκειμένου να διερευνηθούν περαιτέρω οι μηχανισμοί της πιθανής επίδρασής τους στη βελτίωση της φυσικής κατάστασης του ατόμου.

**Λέξεις-κλειδιά:** βιοδραστικά συστατικά, λειτουργικά τρόφιμα, μεταβολικές συνέπειες, φυσική δραστηριότητα

## **Abstract**

Improving an individual's physical condition is a key goal of health organizations in order to reduce the prevalence of various metabolic disorders. The aim of this literature review work was to evaluate the potential role of functional foods and their bioactive compounds as an alternative way to promote the management of physical condition and its metabolic consequences. About 20 articles were selected from Scopus, PubMed, Google Scholar and Science Direct, using relevant keywords and based mainly on recent clinical or randomized cross-over studies. The literature review highlighted the potential effect of specific functional foods such as coffee, green tea, berries, nuts, olive oil, avocado, ginger, spinach, chicken. Specific bioactive compounds in these foods—such as caffeine, catechins, gallic acid, anthocyanins, ascorbic acid, polyphenols, aleuropein, capsaicin, and quercetin—may contribute to the management of physical stress and its metabolic consequences. during physical exercise to manage the individual's physical condition. Therefore, functional foods as part of a balanced diet could be useful in the direction of managing the physical and reducing its metabolic consequences in response to training to improve physical condition. However, more clinical and epidemiological studies are needed in order to further investigate the mechanisms of their potential effect on improving the individual's physical condition.

**Keywords:** bioactive ingredients, functional foods, metabolic consequences, physical activity

## Εισαγωγή

Οι διατροφικές και καθημερινές συμπεριφορές, όπως η ανθυγιεινή διατροφή και η καθιστική ζωή λόγω σωματικής αδράνειας, αυξάνουν τον κίνδυνο πρόωρου θανάτου από μη μεταδοτικές ασθένειες, οι οποίες ετησίως συμβάλλουν στο 71% όλων των θανάτων παγκοσμίως (Schwingshackl et al., 2018). Οι υγιεινές διατροφικές πρακτικές, η διατήρηση φυσιολογικού βάρους και η τακτική σωματική δραστηριότητα θα μπορούσαν να αποτρέψουν έως και το 80% της στεφανιαίας νόσου, το 90% του διαβήτη τύπου 2 και το ένα τρίτο όλων των καρκίνων (Perez-Gregorio & Simal-Gandara, 2017). Οι διατροφικές συστάσεις για μια υγιεινή διατροφή περιλαμβάνουν γενικά την εξατομίκευση της πρόσληψης για την προώθηση της κατανάλωσης τροφών με υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, όπως λαχανικά και φρούτα, δημητριακά ολικής αλέσεως, άπαχες πρωτεΐνες και υγιή λιπαρά, και περιορισμό της πρόσληψης πρόσθετων σακχάρων, νατρίου, κορεσμένων λιπαρών και αλκοόλ καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής. Οι συστάσεις σωματικής δραστηριότητας για ενήλικες περιλαμβάνουν γενικά την εκτέλεση 150 λεπτών έως 300 λεπτών την εβδομάδα μέτριας έντασης αερόβιας δραστηριότητας ή 75 λεπτών έως 150 λεπτών την εβδομάδα έντονης αερόβιας δραστηριότητας ή συνδυασμό αυτών των δραστηριοτήτων. Επιπλέον, οι σωματικές ασκήσεις που εστιάζουν σε όλες τις κύριες μυϊκές ομάδες συνιστώνται για ενήλικες τουλάχιστον δύο ημέρες την εβδομάδα (Nitschke et al., 2022). Η διατροφή και η σωματική δραστηριότητα επηρεάζουν σημαντικά την πρόληψη ασθενειών. Ωστόσο, οι περισσότεροι ενήλικες αποτυγχάνουν να ικανοποιήσουν τις συστάσεις για το γενικό πληθυσμό. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) περιγράφει την ανθυγιεινή διατροφή και την καθιστική ζωή λόγω της σωματικής αδράνειας ως κορυφαίους παγκόσμιους κινδύνους για την υγεία (World Health Organization, 2021).

Μια πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση από την Ειδική Ομάδα Προληπτικών Υπηρεσιών των Ηνωμένων Πολιτειών (USPSTF) έδειξε ότι οι συμπεριφορικές παρεμβάσεις που περιλαμβάνουν τόσο υγιεινή διατροφή όσο και παρεμβάσεις σωματικής δραστηριότητας συλλογικά είχαν ως αποτέλεσμα μειωμένο κίνδυνο συμβάντων καρδιαγγειακής νόσου και σχετικούς παράγοντες κινδύνου μετά από 1-2 χρόνια σε ενήλικες με καρδιαγγειακή νόσο κινδύνου και μπορεί να βελτιώσει τις συμπεριφορές του τρόπου ζωής και τα ενδιάμεσα καρδιομεταβολικά αποτελέσματα σε ενήλικες χωρίς παράγοντες κινδύνου καρδιαγγειακής νόσου (O'Connor et al., 2020). Οι ενήλικες χωρίς διαγνωσμένη νόσο μπορεί να έχουν πολλαπλούς παράγοντες κινδύνου όπως



παχυσαρκία, μειωμένη ανοχή στη γλυκόζη, προ-υπέρταση, ανθυγιεινή διατροφή ή καθιστική ζωή (Biddle et al., 2017; Leite et al., 2021). Αυτοί οι ενήλικες μπορεί να προτιμούν να έχουν πρόσβαση σε επαγγελματίες υγείας που είναι διαθέσιμοι στο γενικό πληθυσμό αντί να αναζητούν ιατρική φροντίδα. Με εξατομικευμένες, έγκαιρες και στρατηγικές παρεμβάσεις, οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να βελτιώσουν τις συμπεριφορές σε ενήλικες που είναι υγιείς ή έχουν καρδιομεταβολικούς παράγοντες κινδύνου για την πρόληψη της ανάπτυξης ασθένειας.

Στο ευρύτερο πλαίσιο της προληπτικής ιατρικής, ειδικοί επαγγελματίες υγείας, όπως εγγεγραμμένοι διαιτολόγοι, επαγγελματίες άσκησης και προπονητές υγείας λαμβάνουν μοναδική εκπαίδευση που τους δίνει τη δυνατότητα να επιτρέψουν ουσιαστικές αλλαγές στον τρόπο ζωής για βελτίωση υγείας και ευημερία στους πελάτες. Αν και κάθε μία από αυτές τις επαγγελματικές ομάδες έχει ένα ξεχωριστό πεδίο πρακτικής, μοιράζονται τον κοινό στόχο της διευκόλυνσης των αλλαγών στον τρόπο ζωής μέσω της διατροφής και της φυσικής δραστηριότητας για την πρόληψη της ανάπτυξης καρδιομεταβολικών ασθενειών (Daigle et al., 2021). Οι διαιτολόγοι είναι διαπιστευμένοι διατροφολόγοι που εργάζονται σε διάφορα περιβάλλοντα για να παρέχουν ποιοτικές υπηρεσίες διατροφής με στόχο τη βελτίωση της υγείας και της ευεξίας.

Από την άλλη πλευρά, τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η βιομηχανία τροφίμων έχει επενδύσει μεγάλη προσπάθεια στην έρευνα και την ανάπτυξη πιο υγιεινών, πιο θρεπτικών τροφίμων. Αυτά τα τρόφιμα συχνά χαρακτηρίζονται «λειτουργικά» όταν περιέχουν θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται για την υγιεινή ζωή ή όταν προορίζονται για τη θεραπεία ή την πρόληψη ασθενειών ή διαταραχών μέσω μιας ποικιλίας βιοδραστικών (π.χ. αντιοξειδωτικών, αντιμικροβιακών, ανοσοτροποποιητικών, υποχοληστερολαιμικών) λειτουργιών που εκτελούνται από λειτουργικά ένζυμα, προβιοτικά, πρεβιοτικά, ίνες, φυτοστερόλες, πεπτίδια, πρωτεΐνες, ισοφλαβόνες, σαπωνίνες ή φυτικό οξύ, μεταξύ άλλων ουσιών (Perez-Gregorio & Simal-Gandara, 2017).

Τα θρεπτικά συστατικά ταξινομούνται σε δύο μεγάλες ομάδες, συμπεριλαμβανομένων των βασικών και των μη βασικών θρεπτικών συστατικών. Τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά μπορούν να συντεθούν από το ανθρώπινο σώμα, ενώ τα μη απαραίτητα θρεπτικά συστατικά δεν μπορούν να παραχθούν στο σώμα. Το σώμα μας δεν είναι σε θέση να συνθέσει μη απαραίτητα θρεπτικά συστατικά. Επομένως, η κατανάλωση των μη απαραίτητων θρεπτικών συστατικών με τη μορφή συμπληρωμάτων διατροφής είναι πολύ σημαντική. Από αυτή την άποψη, τα τρόφιμα που περιέχουν αυτές τις ευεργετικές ουσίες που θεωρούνται βιοδραστικά συστατικά (BΣ), ονομάζονται λειτουργικά τρόφιμα. Τα λειτουργικά τρόφιμα προσδίδουν ένα ευρύ φάσμα

φυσιολογικών οφελών, συμπεριλαμβανομένης της πρόληψης καρδιαγγειακών διαταραχών, παχυσαρκίας, διαβήτη, καρκίνου, στρες, ασθένειες Πάρκινσον και Αλτσχάιμερ, νευρολογικές παθήσεις και πνευμονικές και αναπνευστικές διαταραχές (Keservani et al., 2017).

Γενικά, τα λειτουργικά τρόφιμα μπορούν να είναι διαθέσιμα σε δύο μορφές. Μία από τις μορφές είναι εκείνες που έχουν εγγενή ΒΣ (όπως φρούτα και λαχανικά) και οι άλλες μορφές είναι αυτές που είναι ενισχυμένες/εμπλουτισμένες με ΒΣ που εκχυλίζονται από διαθέσιμες πηγές (όπως χυμοί εμπλουτισμένοι με καροτενοειδή) (Hosseini et al., 2022). Καθώς η περιεκτικότητα των εγγενών ΒΣ σε διάφορες πηγές μπορεί να μην είναι αρκετή για να παρέχει οφέλη για την υγεία, τα ΒΣ απομονώνονται από τις πηγές και ενσωματώνονται σε τρόφιμα για να αυξήσουν τη θρεπτική τους αξία. Τα ΒΣ μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τη χημική δομή ή τις ιδιότητές τους σε: φλαβονοειδή, καροτενοειδή, πολυφαινόλες, κουρκουμίνη, φυτοστερόλες, προβιοτικά βακτήρια, πρεβιοτικά συστατικά, βιταμίνες κα. (Leitzmann, 2016). Επομένως τα ΒΣ των λειτουργικών τροφίμων επηρεάζουν τη φυσική κατάσταση του ανθρώπινου οργανισμού και κατ' επέκταση την υγεία.

Ο στόχος αυτής της εργασίας είναι η ανασκόπηση των αποτελεσμάτων της επίδρασης της εφαρμογής παρεμβάσεων διατροφής που σχετίζονται με την κατανάλωση ΒΣ από λειτουργικά τρόφιμα στη φυσική κατάσταση και τη σωματική δραστηριότητα των ανθρώπων. Ο στόχος αυτής της ανασκόπησης ήταν να εξετάσει τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποια είναι η επίδραση των παρεμβάσεων διατροφής που σχετίζονται με την κατανάλωση ΒΣ από λειτουργικά τρόφιμα στη φυσική κατάσταση των ανθρώπων σε σύγκριση με συνθήκες ελέγχου ;
- Πως οι διατροφικές αυτές συμπεριφορές επηρεάζουν την ποιότητα ζωής τους ;

## **Κεφάλαιο 1 Διατροφή, Λειτουργικά Τρόφιμα και Φυσική Δραστηριότητα**

### **Βιβλιογραφική Ανασκόπηση**

#### **1.1 Βιοδραστικά συστατικά των λειτουργικών τροφίμων**

Πολλοί ορισμοί για τα λειτουργικά τρόφιμα έχουν δοθεί από διαφορετικούς οργανισμούς. Αυτό που είναι πανομοιότυπο σε όλους είναι ότι τα λειτουργικά τρόφιμα είναι βιοδραστικές ουσίες τροφίμων που έχουν τροποποιηθεί κατά τρόπο ώστε να έχουν οφέλη σχετικά με την υγεία και μπορεί να μειώνουν τον κίνδυνο ορισμένων ασθενειών. Μπορεί να προέρχονται από διάφορες πηγές: φυτά, φρούτα και λαχανικά, ζώα, προβιοτικά, πρεβιοτικά κ.λπ. Τα λειτουργικά συστατικά των τροφίμων μπορούν να ταξινομηθούν με βάση το προϊόν και τα συστατικά που περιέχουν.

Τα λειτουργικά τρόφιμα (FFs) ορίστηκαν για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1980, όταν το Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας της Ιαπωνίας καθιέρωσε ένα ρυθμιστικό σύστημα για τα τρόφιμα που έχουν πιθανά οφέλη για την υγεία. Ένα τρόφιμο μπορεί να θεωρηθεί ως «λειτουργικό» εάν έχει εποικοδομητικές επιδράσεις στις λειτουργίες-στόχους στον ανθρώπινο οργανισμό, πέρα από τις θρεπτικές επιδράσεις, με στόχο την προαγωγή της υγείας και ευεξίας ή/και τη μείωση των χρόνιων ασθενειών. Τα λειτουργικά τρόφιμα αποκτούν εξέχουσα θέση παγκοσμίως και αποτελούν μέρος της καθημερινής διατροφής των καταναλωτών. Μέχρι το 2020, η παγκόσμια αγορά των λειτουργικών τροφίμων και ποτών έχει προβλεφθεί να ανέρχεται σε 192 δισεκατομμύρια δολάρια. Τα λειτουργικά τρόφιμα συχνά αναφέρονται ως «φυσικά προϊόντα υγείας» ή «υγιεινά τρόφιμα». Αν και δεν υπάρχει μοναδικός ορισμός παγκοσμίως, τα τρόφιμα μπορούν να θεωρηθούν λειτουργικά μόνο εάν, μαζί με τις βασικές διατροφικές επιπτώσεις, παρουσιάζουν πιθανές ευεργετικές επιδράσεις σε συγκεκριμένες λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού με αποτέλεσμα τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης ή/και τη μείωση του κινδύνου εμφάνιση χρόνιας νόσου. Ωστόσο, ισχυρισμοί για τη διατροφή και την υγεία σχετικά με την πιθανή επίδραση των λειτουργικών τροφίμων στην πρόληψη ασθενειών έχουν τεκμηριωθεί μόνο σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, όταν επαρκή επιστημονικά δεδομένα διασφαλίζουν τις ιδιότητές τους. Επιπλέον, η επιστημονική έρευνα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα λειτουργικά τρόφιμα μπορεί να έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία μόνο εάν αποτελούν μέρος μιας ισορροπημένης διατροφής, όπως η μεσογειακή διατροφή (E. Betoret et al., 2011).

Οι βιοδραστικές ενώσεις υπάρχουν σε μικρές ποσότητες στα τρόφιμα και η επίδρασή τους στην ανθρώπινη υγεία διερευνάται συνεχώς. Επιδημιολογικά δεδομένα υποστηρίζουν ότι η υψηλή πρόσληψη φυσικών λειτουργικών τροφίμων, όπως συγκεκριμένα φρούτα και λαχανικά, που είναι

πλούσια σε βιοδραστικές ενώσεις, σχετίζεται με μειωμένο κίνδυνο χρόνιων ασθενειών, όπως καρδιαγγειακά νοσήματα, καρκίνος, μεταβολικό σύνδρομο, διαβήτης τύπου II και παχυσαρκία. Φυσικές βιοδραστικές ενώσεις -όπως η ρεσβερατρόλη, η επιγαλλοκατεχίνη, η κουρκουμίνη, η ελευρωπαΐνη, η σουλφοραφάνη, η κερκετίνη, το ελλαγικό οξύ, οι ανθοκυανίνες, οι β-γλυκάνες και άλλα βιομόρια- έχουν μελετηθεί ως παράγοντες με πιθανή άμεση ή έμμεση επίδραση σε συγκεκριμένες μοριακές οδούς, παθοφυσιολογία των καρδιαγγειακών παθήσεων, του διαβήτη, του μεταβολικού συνδρόμου και του καρκίνου. Ωστόσο, περισσότερες κλινικές και επιδημιολογικές μελέτες είναι απαραίτητες για να διασφαλιστεί η πιθανή επίδρασή τους (E. Betoret et al., 2011), δεδομένου του γεγονότος ότι οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν έχουν διαφορετικούς πειραματικούς σχεδιασμούς και τα αποτελέσματά τους είναι, σε πολλές περιπτώσεις, αμφιλεγόμενα. Η ρεσβερατρόλη (3,5,4-τριυδροξυστυλβένιο) (RSV) έχει ανιχνευθεί κυρίως στα σταφύλια, το κόκκινο κρασί και τα ρόδια και είναι το κύριο στυλβένιο που υπάρχει στη διατροφή του ανθρώπου. Η επιγαλλοκατεχίνη-3-γαλλική (EGCG) είναι η κύρια πολυφαινόλη από το πράσινο τσάι με υψηλές αντιοξειδωτικές και καθαριστικές ιδιότητες. Είναι ο εστέρας του γαλλικού οξέος με επιγαλλοκατεχίνη και χαρακτηρίζεται από δύο τριφαινολικές ομάδες. Η κουρκουμίνη (CUR) εμφανίζει πιθανές αντιφλεγμονώδεις, αντιοξειδωτικές και χημειοπροληπτικές δράσεις και είναι μια πολυφαινόλη από το *Curcuma longa Linnaeus* (*Zingiberaceae*). Η κερσετίνη (QR) είναι μια φλαβονόλη που βρίσκεται σε διάφορα τρόφιμα, όπως τα μούρα και το τσάι. Η αντιοξειδωτική του δράση είναι το αποτέλεσμα τριών σημαντικών ομάδων: της 4-οξο ομάδας σε συνδυασμό με τις 2,3-αλκενικές, 3- και 5-υδροξυλομάδες και των υδροξυλομάδων του δακτυλίου B. Το ελλαγικό οξύ (EA) εφαρμόζει υψηλή αντιοξειδωτική και ριζική δράση σάρωσης και είναι μια πολυφαινόλη που προέρχεται από ελλαγιταννίνες που βρίσκονται κυρίως σε ξηρούς καρπούς και μούρα. Οι ανθοκυανίνες (ACs) είναι υδατοδιαλυτές χρωστικές ουσίες με μωβ, κόκκινο και μπλε χρώματα και υπάρχουν στα φρούτα, ειδικά στο ρόδι, τα μούρα και τα κόκκινα σταφύλια. Οι ανθοκυανίνες έχουν μελετηθεί ως βίο-λειτουργικά μόρια με πιθανά υψηλά αντιφλεγμονώδη, αντιοξειδωτικά και χημειοπροστατευτικά αποτελέσματα (Hosseini-Zare et al., 2021).

### **1.1.1 Προϊόντα από ζωικές πηγές**

Το κρέας αποτελεί βασική πηγή αμινοξέων, (π.χ. κυστεΐνη, μεθειονίνη, γλυκίνη κ.λπ.) και βιταμινών όπως το λινολικό οξύ, η ταυρίνη και η κρεατίνη. Με την άσκηση ορισμένων τροποποιήσεων στα προϊόντα κρέατος, όπως η μείωση της περιεκτικότητας σε χλωριούχο νάτριο και η προσθήκη θρεπτικών συστατικών όπως ιχθυέλαιο, φυσικά εκχυλίσματα και φυτικές ίνες από ξηρούς καρπούς, τα προϊόντα κρέατος μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμη πηγή λειτουργικών τροφίμων. Επιπλέον, η θειική χονδροϊτίνη και η γλυκοζαμίνη είναι συστατικά που μπορούν να εξαχθούν από το δέρμα βοοειδών και να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία παρασκευής λειτουργικών ποτών που προάγουν την υγεία των αρθρώσεων.

Το αυγό είναι επίσης ένα από τα προϊόντα που χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό στην αγορά και η τροποποίησή του μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο ισχαιμικών καρδιακών παθήσεων. Μία από τις στρατηγικές που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή λειτουργικών αυγών είναι ο εμπλουτισμός τους με ωμέγα-3. Για να επιτευχθεί αυτό, υπάρχουν δύο προσεγγίσεις, στην πρώτη, ο λιναρόσπορος ή ο λιναρόσπορος που περιέχει μεγάλες ποσότητες λινολικού οξέος θα προστεθεί στη διατροφή της κότας, με αποτέλεσμα το λινολικό οξύ να ενσωματώνεται στο αυγό. Ωστόσο, οι επιδράσεις του n-3 που προάγουν την υγεία συνδέονται κυρίως με το DHA (εικοσιδυεξανοϊκό οξύ) και η μετατροπή του λινολικού οξέος σε DHA δεν συμβαίνει επαρκώς στο ανθρώπινο σώμα. Σε αυτή την περίπτωση, ο δεύτερος τρόπος ενίσχυσης του επιπέδου n-3 παίζει σημαντικό ρόλο. Πραγματοποιείται μέσω της ενίσχυσης της τροφής της κότας με ιχθυέλαιο. Ωστόσο, αυτή η στρατηγική μπορεί να οδηγήσει σε μια ανεπιθύμητη γεύση ψαριού στον κρόκο του αυγού, η οποία θεωρείται ανεπιθύμητος χαρακτηρισμός (Hosseini et al., 2022).

### **1.1.2 Γαλακτοκομικά προϊόντα**

Οι πρωτεΐνες, οι βιταμίνες και τα μέταλλα είναι τα κύρια λειτουργικά συστατικά των γαλακτοκομικών προϊόντων μαζί με τις ορμόνες, τις κυτοκίνες και τις ανοσοσφαιρίνες. Οι αλληλουχίες αμινοξέων των πεπτιδίων και των πρωτεϊνών στα γαλακτοκομικά προϊόντα μπορούν να προάγουν οφέλη για την υγεία μειώνοντας τις καρδιαγγειακές παθήσεις. Υπάρχουν ορισμένα προϊόντα που έχουν τροποποιηθεί με την προσθήκη ενός αριθμού λειτουργικών πεπτιδίων με τις

αλληλουχίες VPP (βαλίνη-προλίνη-προλίνη) και IPP (ισολευκίνη-προλίνη-προλίνη) (Hosseini-Zare et al., 2021).

### **1.1.3 Φυτικά προϊόντα**

Εδώ και χρόνια, τα βότανα έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες μορφές για τη θεραπεία πολλών παθολογικών καταστάσεων, μερικά παραδείγματα είναι οι πολυφαινόλες (κερκετίνη, κατεχίνες, καφεϊκό και ταννουϊκό οξύ), που μπορούν να μετριάσουν νευροεκφυλιστικές ασθένειες όπως η νόσος του Αλτσχάιμερ. Η συσσώρευση είναι μία από τις αιτίες νευρωτικής βλάβης. Μια μελέτη που διεξήχθη από τους Chopra et al. (1995) έδειξε ότι η πρόπολη μπορεί να έχει προστατευτικά αποτελέσματα έναντι των τραυματισμών του μυοκαρδίου λόγω της δράσης της για τον καθαρισμό των ελεύθερων ριζών. Η κουρκουμίνη έχει δείξει νευροπροστατευτικές ιδιότητες τροποποιώντας την έκφραση των φλεγμονωδών κυτοκινών, μειώνοντας την οξειδωμένη πρωτεΐνη και αυξάνοντας την ιντερλευκίνη-1β. Η κουρκουμίνη αλληλεπιδρά επίσης με ιόντα σιδήρου και χαλκού και καταστέλλει την οξειδωτική βλάβη, τη φλεγμονή στους νευρώνες. Έτσι, η χρήση εκχυλισμάτων βοτάνων σε διαφορετικά προϊόντα διατροφής μπορεί να έχει πλεονεκτήματα πρόληψης ασθενειών και προαγωγής της υγείας Chopra et al. (1995).

### **1.1.4 Φρούτα και λαχανικά**

Τα φρούτα και τα λαχανικά περιέχουν ένα ευρύ φάσμα ουσιών, οι οποίες έχουν ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία και μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο διαφόρων ασθενειών με τις αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις και καρδιοπροστατευτικές τους ιδιότητες. Μια ποικιλία πολυφαινολών, στις οποίες οι ανθοκυανίνες, οι φλαβανόλες και οι κατεχίνες, τα φαινολικά οξέα όπως τα υδροξυκιναμωμικά οξέα και οι τανίνες όπως οι προανθοκυανίνες και οι ελλαγιτανίνες είναι μεταξύ των σημαντικότερων λόγω της προληπτικής δράσης τους στην ασθένεια, είναι ουσίες που υπάρχουν κυρίως στα φρούτα του μούρου (Kaur & Das, 2011). Η ρεσβερατρόλη, η οποία είναι η φυτοχημική ουσία που υπάρχει στα κόκκινα σταφύλια, έχει επιδείξει λιπιδοτροποποιητική και αντιοξειδωτική δράση. Το λυκοπένιο είναι ένα καροτενοειδές που είναι κυρίως γνωστό ότι υπάρχει στις ντομάτες και είναι πολύτιμο ως λειτουργικό συστατικό τροφής επειδή αναστέλλει το οξειδωτικό στρες, την υπέρταση και την αθηροσκλήρωση (Kong et al., 2010).

## **1.2 Βιοδραστικές ενώσεις από υποπροϊόντα λαχανικών και φρούτων**

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), μια υγιεινή διατροφή αποτελείται από 5 μερίδες διαφορετικών φρούτων και λαχανικών ή 400 γραμμάρια από αυτά σε καθημερινή βάση. Η διατροφή των ανθρώπων ποικίλλει σε διάφορες χώρες, αλλά τα τελευταία χρόνια πολλά άτομα καταναλώνουν περισσότερα συσκευασμένα τρόφιμα παρά φρέσκα λαχανικά, γεγονός που υποδηλώνει την ανάγκη για παραγωγή πιο υγιεινών προϊόντων διατροφής. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την παραγωγή βιοδραστικών ενώσεων από υποπροϊόντα λαχανικών και φρούτων και την προσθήκη τους σε συμβατικά τρόφιμα (Rodríguez et al., 2021).

Οι βιοδραστικές ενώσεις είναι μόρια που παράγονται με φυσικές διαδικασίες, πολλά από αυτά είναι φυτικής προέλευσης και μπορούν να απεικονίσουν ευεργετικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία. Συνήθως, τα φρέσκα μέρη των φρούτων και των λαχανικών καταναλώνονται, ωστόσο, ένα τεράστιο μέρος φυτοχημικών υπάρχει στους σπόρους, τις φλούδες, το πίτουρο, τα οποία αποτελούν τα υποπροϊόντα των φρούτων και των λαχανικών. Τα υποπροϊόντα τομάτας (απόβλητα πάστας, φλούδες και σπόροι) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή καρροτενοειδών, τα οποία θεωρούνται πηγή λυκοπενίου. Ο πυρήνας μήλου περιέχει φαιολικές ενώσεις όπως η ναριγγίνη και η φλοριζίνη. Η φλοριζίνη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στη σύνθεση μιας νέας γενιάς αντιδιαβητικών φαρμάκων με τον μηχανισμό αναστολής του συν-μεταφορέα νατρίου-γλυκόζης 2. Οι φλούδες των σταφυλιών και άλλα υποπροϊόντα, όπως σπόροι, στέλεχος, φλούδα, είναι επίσης πλούσια σε πολυφαινόλες, συγκεκριμένα ρεσβερατρόλη. Οι λευκοί σπόροι σταφυλιού θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή γαλλικού οξέος, κατεχίνης και επικατεχίνης (Martins et al., 2017). Οι σπόροι και η φλούδα του αβοκάντο είναι πλούσιες πηγές υδατανθράκων, περιέχουν επίσης λιπίδια, πρωτεΐνες, φυτικές ίνες και μέταλλα. Αυτά τα υποπροϊόντα περιέχουν τερπενοειδή, αλκαλοειδή, σαπωνίνες και ακετογενίνες (Salazar-López et al., 2020).

## **1.3 Βιοδραστικές ενώσεις από διάφορες φυτικές, μικροβιακές και θαλάσσιες πηγές**

Οι φυτικές βιοδραστικές ενώσεις είναι οι δευτερογενείς μεταβολίτες του φυτού που συνήθως παράγονται για την προστασία του φυτού από τα έντομα και τα ζώα. Στον ανθρώπινο οργανισμό, ωστόσο, μπορούν να προλάβουν και να μειώσουν τον κίνδυνο ορισμένων τύπων καρκίνου ή χρόνιων ασθενειών όπως ο διαβήτης. Οι ευνοϊκές ιδιότητες των φυτοχημικών έφεραν το ενδιαφέρον των ερευνητών προς το μέρος τους και είχαν ως αποτέλεσμα την απομόνωση και τον

εντοπισμό χιλιάδων βιοδραστικών ενώσεων με βάση τα φυτά. Η βιταμίνη C, το φυλλικό οξύ, η προβιταμίνη A, το κάλιο, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, τα φλαβονοειδή, τα φαινολικά οξέα, τα αλκαλοειδή, τα καροτενοειδή και οι ίνες είναι μεταξύ των εξαιρετικών που θα μπορούσαν να αναφερθούν (Rivero-Montejo et al., 2021). Εδώ, αναφέρονται μερικά από τα φυτά που είναι πηγές φυτοχημικών. Το *Origanum* Spp. έχει διαφορετικά παράγωγα τερπενίου και φαινολικές ενώσεις. Αυτές οι ενώσεις υπάρχουν στο αιθέριο έλαιο που εξάγεται από το φυτό και έχουν δείξει αντιβακτηριακή, αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση. Το *Thymus* spp., ειδικά τα άνθη του είναι πλούσια σε τερπένια, τερπενικές αλκοόλες, φαινολικά παράγωγα, κετόνες, αλδεΐδες, αιθέρες και εστέρες. Αν και η χημική σύνθεση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος. Το *Salvia* Spp. έχει δομές τερπενικού, φλαβονοειδούς, φαινολικού οξέος και στεροειδών και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή αντιμικροβιακών και αντιοξειδωτικών φυτοσυστατικών (Fierascu et al., 2021).

Υπάρχουν διάφορα μικρόβια όπως βακτήρια, μύκητες και κυανοβακτήρια που παράγουν βιοδραστικές ενώσεις μέσω των μεταβολικών τους οδών. Τα κυανοβακτήρια είναι μικροοργανισμοί με χαρακτηριστικά παρόμοια με τα βακτήρια και τους μύκητες, έχουν 2000 είδη και αποτελούν σπουδαία πηγή χρωστικών. Κατά τη διάρκεια προγραμμαμάτων διαλογής για αναζήτηση βιοδραστικών ενώσεων, έχουν βρεθεί κυανοβακτηριδιακοί μεταβολίτες με πιθανή χρήση σε ανιχνευτές φθορισμού.

Τα προβιοτικά είναι μια τεράστια πηγή ωφέλιμων βιοδραστικών υλικών, μεταξύ των οποίων τα *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Clostridium* spp. και *Enterobacteriaceae* είναι γνωστά για την παραγωγή μεταβολιτών με οφέλη για την υγεία, όπως αμινοξέα, βιταμίνες και φολικά οξέα (Indira et al., 2019).

Υπάρχουν δύο μεγάλες ομάδες θαλάσσιων φυκών: (Α) Μικροφύκη που χωρίζεται σε 4 τύπους *Chlorophyta* (πράσινα φύκια), *Chrysophyta* (χρυσοκαφέ, κίτρινα φύκια), *Pyrrhophyta*, *Euglenophyta*. (Β) Τα μακροφύκη που αποτελούνται από φύκια και θαλάσσια λαχανικά, αποτελούν πηγή υδροκολλοειδών και φυκοκολλοειδών, αυτά τα δύο χρησιμοποιούνται ως πηκτωματοποιητικές ουσίες και γαλακτωματοποιητές (Kiuru et al., 2014).

#### **1.4 Πρόσφατες εξελίξεις στην παραγωγή βιοδραστικών ενώσεων**

Η ζύμωση από προβιοτικά βακτήρια είναι μια προσέγγιση που χρησιμοποιείται για τη διατήρηση των τροφίμων για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το προϊόν που έχει υποστεί ζύμωση περιέχει



βιοδραστικές ενώσεις λόγω της δράσης των προβιοτικών στα τρόφιμα. Οι βιοδραστικές ουσίες που παράγονται από τα προβιοτικά σε λειτουργικά τρόφιμα προκαλούν ευεργετικά αποτελέσματα για τους καταναλωτές. Από αυτή την άποψη, τα *Enterococcus* sps, *Streptococcus* sps, *Bacillus* sps έχουν την ικανότητα να συνθέτουν αμινοξέα, όπως η τρυπτοφάνη και η τυροσίνη, τα οποία υποστηρίζεται ότι είναι πλεονεκτικά για τη λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος του ανθρώπου. Όχι μόνο αυτό, ορισμένα προβιοτικά είναι ικανά να παράγουν ομάδες βιταμινών B. Για παράδειγμα, οι *Lactococcus lactis*, *Bifidobacterium* sps., *Lactococcus fermentum* CECT 5716, *Lactobacillus reuteri* JCM1112 θα μπορούσαν να συμμετάσχουν στην παραγωγή της βιταμίνης B2 (υπεύθυνη για τον ενεργειακό μεταβολισμό), B6 (υπεύθυνη για τον μεταβολισμό των αμινοξέων), B9 (υπεύθυνη για τον ενεργειακό μεταβολισμό), και B12 (υπεύθυνη για τη βοήθεια του σχηματισμού ερυθρών αιμοσφαιρίων και του DNA), αντίστοιχα. Για την παραγωγή βιοδραστικών σε τρόφιμα με βάση τις πρωτεΐνες (όπως προϊόντα κρέατος, γαλακτοκομικά προϊόντα, γάλα σόγιας κ.λπ.), τα βακτήρια γαλακτικού οξέος θεωρούνται μη διαδεδομένα. Επιπλέον, η μυκητιακή ζύμωση των τροφίμων χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοενεργών πεπτιδίων τόσο σε φυτικές όσο και σε ζωικές πηγές. Από αυτή την άποψη, η δραστηριότητα πρωτεόλυσης των *Aspergillus oryzae* και *Aspergillus flavipes* στο κατσικίσιο γάλα επέφερε τη δημιουργία πεπτιδίων με αντιμικροβιακή/αντιοξειδωτική φύση (Ulug et al., 2021). Μια άλλη συμβατική μέθοδος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοδραστικών πεπτιδίων είναι η ενζυματική υδρόλυση πρωτεΐνης, με την οποία μία ή περισσότερες πεπτιδάσες προστίθενται σε έναν αντιδραστήρα που περιέχει απιονισμένο νερό και συμπυκνωμένη πρωτεΐνη και ελέγχοντας τη θερμοκρασία και το pH σε όλη τη διαδικασία. Εκτός από αυτές τις συμβατικές τεχνικές, υπάρχουν επίσης καινοτόμες τεχνολογίες, όπως η υποβοηθούμενη με υπερήχους και η εκχύλιση με υποκρίσιμο νερό, οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοδραστικών πεπτιδίων. Η εκχύλιση με τη βοήθεια υπερήχων είναι μια μη θερμική και πράσινη τεχνολογία που λειτουργεί με βάση μηχανικά κύματα με συχνότητες υψηλότερες από 20 kHz, που διασχίζουν ένα μέσο. Τα κύματα υπερήχων προκαλούν ισχυρές δυνάμεις σε μικροσκοπική κλίμακα με τη μορφή δονήσεων με μεγάλα πλάτη στο μέσο, οι οποίες στη συνέχεια προκαλούν φυσικές ή χημικές αλλαγές στα τρόφιμα. Αυτή η τεχνική μπορεί να πραγματοποιηθεί μαζί με ενζυματική υδρόλυση προκειμένου να επιταχυνθεί η διαδικασία. Οι Liang et al. (2017) χρησιμοποίησαν υπερήχους χαμηλής συχνότητας με ισχύ μεταξύ 45 και 65 W/L για την ενζυμόλυση της πρωτεΐνης καλαμποκιού, η οποία είχε ως αποτέλεσμα την παραγωγή πεπτιδίων βραχείας αλυσίδας με μοριακό βάρος 200–

1000 Da (11,84%) και 1000– 3000 Da (21,29%) σε βέλτιστη κατάσταση. Σε μια άλλη μελέτη με παρόμοια προσέγγιση, οι Guerra-Almonacid et al. (2019) χρησιμοποίησαν προκατεργασία με υπερήχους με συχνότητα 80 kHz και πλάτος 100% για 10 λεπτά πριν από την ενζυματική υδρόλυση της φυτικής πρωτεΐνης. Ανέφεραν ότι αυτή η διαδικασία παρήγαγε προϊόντα υδρόλυσης που είχαν μοριακό βάρος που κυμαίνεται από 8 έως 20 kDa. Το υποκρίσιμο νερό είναι υγρό νερό σε θερμοκρασίες από 100 έως 374°C υπό πίεση μικρότερη από 22 MPa (κάτω από το κρίσιμο σημείο του νερού). Μόλις η σταθερά διάστασης (Kw) του υποκρίσιμου νερού κλιμακωθεί ως συνάρτηση της θερμοκρασίας, το υποκρίσιμο νερό συμπεριφέρεται ως καταλύτης οξέος ή βάσης. Οι Espinoza et al. (2012) δήλωσαν ότι η βέλτιστη συνθήκη σχετικά με την υδρόλυση της απομόνωσης πρωτεΐνης ορού γάλακτος με χρήση υποκρίσιμου νερού ήταν στους 300°C για 40 λεπτά, στην οποία η παραγωγή ελεύθερων αμινοξέων, ιδιαίτερα της λυσίνης, ήταν η υψηλότερη.

## **1.5 Η τεχνολογία τροφίμων και ο αντίκτυπός της στην ανάπτυξη λειτουργικών τροφίμων**

Έχουν υιοθετηθεί αρκετές στρατηγικές και τεχνολογίες για τον εμπλουτισμό των τροφίμων και την αύξηση της θρεπτικής τους αξίας. Πρόσφατα, ο εμπλουτισμός υπό κενό ως αναδυόμενη τεχνολογία έχει προσελκύσει μεγάλη προσοχή στην επιστήμη και την τεχνολογία των τροφίμων. Αυτή η τεχνική είναι μια λειτουργία κατά την οποία ένα υγρό μέσο που περιέχει βιοδραστικές ενώσεις εισέρχεται στη στερεά πορώδη τροφή προς όφελος του εσωτερικού αερίου μέσω τριχοειδούς πίεσης. Από την άποψη αυτή, πραγματοποιήθηκαν πολυάριθμες μελέτες για τη βελτίωση της διατροφικής ποιότητας των τροφίμων μέσω αυτής της μεθόδου, όπως ο εμπλουτισμός έτοιμων προς κατανάλωση γλυκοπατάτας με πολυφαινόλες, ο εμπλουτισμός της πατάτας με ασκορβικό οξύ, ο εμπλουτισμός των σνακ πατάτας με ασβέστιο, βιταμίνη C και E, και ενσωμάτωση *Lactobacillus casei* σε κύβους μήλου (N. Betoret et al., 2003).

Η επεξεργασία υψηλής πίεσης είναι μια ευρέως εφαρμοσμένη τεχνολογία με την οποία ασκούνται 10–1000 MP σε τρόφιμα σε ήπιες θερμοκρασίες. Αυτή η τεχνική επηρεάζει τους μη ομοιοπολικούς δεσμούς, συμπεριλαμβανομένων των δεσμών υδρογόνου, ιοντικών, υδρόφοβων. Καθώς αυτή η προσέγγιση αποκλείει τη θερμική επεξεργασία, είναι προσαρμοσμένη για την αποστείρωση τροφίμων. Οι Aguayo et al. (2017) αξιολόγησαν τη βιοδραστική σταθερότητα σε δύο διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένων των επεξεργασιών υψηλής πίεσης (HPH) (80 και 120

MPa) έναντι θερμικής επεξεργασίας (80 °C, ατμοσφαιρική πίεση). Ανέφεραν ότι η διαδικασία υψηλής πίεσης ήταν μια καλύτερη εναλλακτική λύση για τη διατήρηση ευαίσθητων στη θερμότητα ενώσεων όπως η βιταμίνη C, η βιταμίνη A και τα ακόρεστα λιπαρά οξέα (10-υδροξυ-2-δεκενοϊκό οξύ). Οι Saricaoglu et al. (2019) ισχυρίστηκαν ότι τα ομογενοποιημένα νέκταρ τριανταφυλλιάς με υψηλή πίεση έδειξαν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα μετά τη θεραπεία λόγω της αύξησης της συνολικής περιεκτικότητας σε καροτενοειδή.

Τα βιοενεργά συστατικά είναι συνήθως ευαίσθητα σε επιζήμιες συνθήκες όπως χαμηλό pH και γαστρεντερικές καταστάσεις. Ως εκ τούτου, η ενθυλάκωση είναι μια πρακτική προσέγγιση όπου οι βιοδραστικές ενώσεις προστατεύονται από διάφορες συνθήκες αποθήκευσης ενθυλακώνοντάς τες σε διάφορα μη τοξικά αδρανή υλικά. Τα πιο κοινά υλικά που χρησιμοποιούνται για την ενθυλάκωση στην επιστήμη των τροφίμων είναι οι πρωτεΐνες, οι πολυσακχαρίτες, τα λιπίδια, οι υδρογέλες ή ένα κατάλληλο μείγμα αυτών για ελεγχόμενη απελευθέρωση (Katouzian et al., 2017). Ένα ευρύ φάσμα νέων τεχνολογιών έχει χρησιμοποιηθεί για την ενθυλάκωση βιοδραστικών, μερικές από τις πρόσφατες και ενδιαφέρουσες είναι η ξήρανση με ψεκασμό, η ηλεκτροϊνοποίηση, το υπερκρίσιμο υγρό κα. Το μέγεθος των φορέων χωρίζεται κυρίως σε νανο- ή μικροφορείς. Το πρώτο έχει χρησιμοποιηθεί για τις περισσότερες από τις βιοδραστικές ενώσεις, και το δεύτερο είναι κατάλληλο τόσο για βιοδραστικές όσο και για προβιοτικά (Martín et al., 2015).

## **1.6 Φυσική κατάσταση και λειτουργικά τρόφιμα**

Η κατάλληλη διατροφή είναι κρίσιμης σημασίας για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης του οργανισμού μέσω της αθλητικής απόδοσης, την προετοιμασία, την αποκατάσταση από την κόπωση μετά την άσκηση και την αποφυγή τραυματισμών. Η κατανάλωση μιας καλά ισορροπημένης βασικής διατροφής είναι ιδιαίτερη σημαντική και πολλές φορές απαιτείται η κατανάλωση περισσότερων θρεπτικών συστατικών από τις συνιστώμενες ημερήσιες δόσεις όταν συνδυάζεται με καθημερινή άσκηση για τη διατήρηση της φυσικής κατάστασης του οργανισμού. Έτσι, τα συμπληρώματα διατροφής μέσω της κατανάλωσης λειτουργικών τροφίμων που περιέχουν υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, βιταμίνες και μέταλλα έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως. Αρκετά φυσικά συστατικά τροφίμων έχει επίσης αποδειχθεί ότι ασκούν φυσιολογικές επιδράσεις, και μερικά από αυτά θεωρούνται χρήσιμα (όταν προσλαμβάνεται σε υψηλές δόσεις ή συνεχώς) για τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης ή για την αποφυγή της διαταραχής της ομοιόστασης από την έντονη άσκηση. Πρόσφατα, τα συστατικά των τροφίμων με φυσιολογικές δράσεις

ονομάστηκαν «λειτουργικά τρόφιμα» και οι επιπτώσεις τέτοιων τροφίμων έχουν διερευνηθεί επιστημονικά (Aguayo E. Et al, 2017)

### **1.6.1 Αναπλήρωση Νερού**

Το νερό είναι το κύριο συστατικό του ανθρώπινου σώματος και παίζει ουσιαστικό ρόλο στη λειτουργία του κυκλοφορικού, στις χημικές αντιδράσεις που εμπλέκονται στον ενεργειακό μεταβολισμό, στην αποβολή των άχρηστων προϊόντων και στη διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος και του όγκου του πλάσματος. Όταν η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται λόγω έντονης σωματικής άσκησης ή της υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος, εμφανίζεται εφίδρωση για να εκπέμπει θερμότητα, οδηγώντας σε απώλεια μεγάλης ποσότητας νερού και ηλεκτρολυτών όπως το νάτριο. Αυτή η απώλεια σωματικών υγρών βλάπτει τη θερμορύθμιση και το κυκλοφορικό σύστημα, οδηγώντας σε μείωση της αθλητικής απόδοσης (Buono et al., 2010). Επομένως, για τη διατήρηση της ομοιόστασης και της αθλητικής απόδοσης, η αναπλήρωση νερού και ηλεκτρολυτών είναι απαραίτητη πριν και κατά τη διάρκεια ή μετά την άσκηση. Η αναπλήρωση μόνο με νερό είναι απίθανο να διατηρήσει την ομοιόσταση των σωματικών υγρών σε παρατεταμένη άσκηση που παράγει υψηλούς ρυθμούς ιδρώτα. Η λήψη μόνο νερού κατά την παρατεταμένη άσκηση οδηγεί σε υπονατρίαμια και μείωση της ωσμωτικής πίεσης των σωματικών υγρών και αναστέλλει την απελευθέρωση της αντιδιουρητικής ορμόνης με αποτέλεσμα να καταστέλλεται η πρόσληψη νερού και να αυξάνεται η παραγωγή ούρων (αυθόρμητη αφυδάτωση) (Baker et al., 2019). Οι Latzka & Montain (1999) πρότειναν ότι κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης που διαρκεί περισσότερο από 90 λεπτά, ένα λειτουργικό ποτό εμπλουτισμένο ηλεκτρολύτες και υδατάνθρακες, όχι μόνο νερό, θα πρέπει να θεωρείται ότι παρέχει στη διατήρηση της οξείδωσης των υδατανθράκων και της απόδοσης αντοχής. Επιπλέον, αρκετές μελέτες έχουν προτείνει ότι ο εμπλουτισμός των λειτουργικών ποτών με γλυκερόλη έχει υποστηριχθεί ως μία από τις μεθόδους που αποτρέπουν την υψηλή θερμοκρασία και την αφυδάτωση κατά την άσκηση (Robergs & Griffin, 1998). Η γλυκερόλη δρα ως ωσμολύτης στο σωματικό υγρό, γεγονός που θα οδηγούσε σε αύξηση της ωσμωτικότητας του πλάσματος (Buono, M. J et al, 2010).

### 1.6.2 Βελτίωση Αντοχής

Η ενέργεια που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της φυσικής άσκησης παρέχεται κυρίως από υδατάνθρακες και λιπίδια, επομένως είναι σημαντικό για τη βελτίωση της αντοχής να ρυθμίζεται ο μεταβολισμός αυτών των δύο υποστρωμάτων. Κατά τη διάρκεια της άσκησης αντοχής, το γλυκογόνο (ένα ενεργειακό υπόστρωμα για τη σύσπαση των μυών) εξαντλείται σταδιακά, καθιστώντας δύσκολη τη συνέχιση της άσκησης. Ένας αποτελεσματικός τρόπος βελτίωσης της αντοχής είναι η αύξηση των αποθεμάτων γλυκογόνου στους σκελετικούς μύες και στο ήπαρ πριν από την έναρξη της άσκησης. Για παράδειγμα, έχει αναφερθεί ότι τα αποθέματα γλυκογόνου μπορούν να αυξηθούν με την κατανάλωση μιας δίαιτας χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες για 3 ημέρες από 6 ημέρες πριν από τον αγώνα, ακολουθούμενη από δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες για τις επόμενες 3 ημέρες, με αποτέλεσμα την αποθήκευση 1,5 φορές περισσότερο γλυκογόνο από το κανονικό. Για την ταχεία αναπλήρωση των αποθεμάτων γλυκογόνου, μια δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες μπορεί να είναι αποτελεσματική. Η πρόσληψη λειτουργικών τροφίμων πρωτεΐνης μαζί με υδατάνθρακες μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική για την ταχεία αναπλήρωση του μυϊκού γλυκογόνου μετά την άσκηση σε σύγκριση με τα συμπληρώματα υδατανθράκων μόνο (Ferguson-Stegall et al., 2011). Έχει προταθεί ότι τα λειτουργικά τρόφιμα που περιέχουν φρουκτόζη, τα οποία προκαλούν λιγότερη διέγερση της έκκρισης ινσουλίνης και είναι απίθανο να αναστέλλουν τη λιπόλυση, αντί για κοινούς υδατάνθρακες όπως η γλυκόζη και η σακχαρόζη, μπορεί να είναι καλύτερα για τη βελτίωση της αντοχής. Ένα αμινοξύ, η αργινίνη, έχει αναφερθεί ότι ρυθμίζει τις ορμόνες που ελέγχουν το επίπεδο γλυκόζης στο αίμα χωρίς να αναστέλλουν τον μεταβολισμό των λιπιδίων και ότι καθυστερεί την εξάντληση του γλυκογόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης (Krause et al., 2011). Επομένως, η πρόσληψη ενός λειτουργικού τροφίμου που περιέχει κιτρικό οξύ και αργινίνη μαζί με υδατάνθρακες που προκαλούν μικρή διέγερση της έκκρισης ινσουλίνης πριν ή κατά τη διάρκεια της άσκησης μπορεί να είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για τη βελτίωση του ενεργειακού μεταβολισμού και την παροχή των βέλτιστων πηγών ενέργειας για παρατεταμένη άσκηση.

Η επίδραση της καφεΐνης στην αντοχή έχει επίσης μελετηθεί. Η καφεΐνη αναστέλλει τη φωσφοτιδιεστεράση προάγοντας την απελευθέρωση κατεχολαμινών και αυξάνει τη δραστηριότητα της ορμονοευαίσθητης λιπάσης (HSL), η οποία οδηγεί σε αύξηση των κυκλοφορούντων ελεύθερων λιπαρών οξέων και περαιτέρω βελτίωση της αντοχής. Η καψαΐκίνη,

που λαμβάνεται από καυτερές κόκκινες πιπεριές, είναι πιθανό να ενισχύσει το μεταβολισμό του λίπους αλλάζοντας την ισορροπία των λιπολυτικών ορμονών και προάγοντας την οξειδωση του λίπους στους σκελετικούς μύες (Smeets et al., 2013).

### **1.6.3 Ενίσχυση της Μυϊκής Ενδυνάμωσης**

Είναι γνωστό ότι η δύναμη ενός μυός είναι γενικά ανάλογη με το εμβαδόν της διατομής του και είναι απαραίτητο να αυξηθεί ο όγκος των μυών για να ενισχυθεί η δύναμη. Ο μυϊκός ιστός αποτελείται κυρίως από πρωτεΐνες (όπως η ακτίνη και η μυοσίνη) και νερό και είναι σημαντικό να αυξηθεί η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ρυθμίζοντας τον μεταβολισμό των πρωτεϊνών όταν αυξάνεται ο όγκος των μυών. Με άλλα λόγια, ο όγκος και η δύναμη των μυών μπορούν να αυξηθούν με την προώθηση της πρωτεϊνικής σύνθεσης ή με την αναστολή της αποικοδόμησης των πρωτεϊνών. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι οι πρωτεϊνικές απαιτήσεις των ατόμων που αθλούνται για να διατηρήσουν τη φυσική τους κατάσταση είναι υψηλότερες από εκείνες των ατόμων που κάνουν καθιστική ζωή (Mccall et al., 1999). Η ημερήσια συνιστώμενη πρόσληψη πρωτεΐνης εκτιμάται ότι είναι 1,4 – 1,8 g/kg για φυσική άσκηση με αντίσταση. Μπορεί να είναι δύσκολο να διατηρηθεί μια τόσο υψηλή διατροφική πρόσληψη πρωτεϊνών, αλλά η κατανάλωση λειτουργικών τροφίμων με συμπληρώματα πρωτεΐνης μπορεί να είναι αποτελεσματική. Μια μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών χρησιμοποιείται για την παραγωγή συμπληρωμάτων πρωτεΐνης σε σκόνη και προϊόντα που προέρχονται από κόκκους σόγιας, αυγά ή ορό γάλακτος (πρωτεΐνη γάλακτος) διατίθενται στο εμπόριο. Επίσης, η πρόσληψη λειτουργικών τροφίμων υδατανθράκων με πρωτεΐνη μπορεί να επιταχύνει τη σύνθεση της μυϊκής πρωτεΐνης μέσω των δράσεων της ινσουλίνης, η οποία αυξάνει την πρωτεϊνοσύνθεση και αναστέλλει τον καταβολισμό της (Børshheim et al., 2004). Επιπλέον, έχει αναφερθεί ότι η πρόσληψη αμινοξέων και πεπτιδίων είναι ευεργετική. Τα ελεύθερα αμινοξέα και τα πεπτιδία δεν χρειάζονται πέψη, επομένως μπορεί να αναμένεται ταχεία απορρόφηση. Τα αμινοξέα δεν χρησιμοποιούνται μόνο για τη σύνθεση μυϊκής πρωτεΐνης, και ορισμένα από αυτά τα μόρια ασκούν επίσης μια ποικιλία φυσιολογικών επιδράσεων.

### **1.6.4 Πρόληψη τραυματισμών και κόπωσης**

Η έντονη σωματική δραστηριότητα ή η ασυνήθιστη άσκηση προκαλεί τραυματισμό στους μύες, απελευθέρωση μυϊκής πρωτεΐνης και μυϊκό πόνο. Ο μηχανισμός που καθυστέρησε τη μυϊκή βλάβη

μετά από έντονη σωματική δραστηριότητα δεν είναι πλήρως κατανοητός, αλλά έχει προταθεί ότι αυτός ο καθυστερημένος τραυματισμός οφείλεται σε μια φλεγμονώδη αντίδραση που προκαλείται από διήθηση φαγοκυττάρων που προκαλείται από υπερβολική μηχανική καταπόνηση, μια αυξημένη ενδοκυτταρική συγκέντρωση  $Ca^{2+}$  και οξειδωτικό στρες (Gissel & Clausen, 2001). Υπάρχουν αρκετές αναφορές που εξέτασαν εάν η πρόσληψη βιοδραστικών ουσιών με αντιοξειδωτική δράση εξασθενούν τη μυϊκή βλάβη αφού σημειώνεται σημαντική αύξηση των οξειδωτικών προϊόντων στους μύες και στο αίμα μετά την άσκηση. Ο οξειδωτικός τραυματισμός μετά από οξεία άσκηση μπορεί να προληφθεί με την πρόσληψη λειτουργικών τροφίμων εμπλουτισμένων με αντιοξειδωτικά βιοδραστικά συστατικά, όπως οι βιταμίνες C και E, τα καροτενοειδή ή οι πολυφαινόλες, όχι μόνο κατά τη διάρκεια της φυσικής άσκησης, αλλά και σε καθημερινή βάση (Aoi et al., 2004). Τα αντιδραστικά είδη οξυγόνου (ROS) θα μπορούσαν να σχετίζονται με την έναρξη της μυϊκής βλάβης. Επιπλέον, θα ήταν καλύτερη η λήψη πολλών αντιοξειδωτικών ταυτόχρονα, επειδή διαφορετικά οργανίδια επηρεάζονται από κάθε είδος αντιοξειδωτικού, όπως υδατοδιαλυτές ή λιποδιαλυτές ενώσεις, και μπορούν να παρέχουν ηλεκτρόνια το ένα στο άλλο για να αποτρέψουν μια αλλαγή σε προ-οξειδωτική κατάσταση.

## **Κεφάλαιο 2 Μεθοδολογία**

### **2.1 Σκοπός της έρευνας**

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης των βιοδραστικών συστατικών των λειτουργικών τροφίμων στη φυσική δραστηριότητα. Για τη διεξαγωγή των συμπερασμάτων θα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης σχετικά με τον πιθανό ρόλο και την επίδραση συγκεκριμένων βιοδραστικών ενώσεων και λειτουργικών τροφίμων στη φυσική δραστηριότητα.

Η παρούσα εργασία στοχεύει σε μια προσπάθεια να συνοψιστούν κριτικά τα βασικά ευρήματα πρόσφατων μελετών σχετικά με την πιθανή επίδραση συγκεκριμένων λειτουργικών τροφίμων και βιοδραστικών ενώσεων στη διαχείριση της φυσικής κατάστασης. Αυτή η εργασία μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση της υπάρχουσας έρευνας σε αυτόν τον τομέα και να οδηγήσει για περαιτέρω επιστημονική έρευνα.

### **2.2 Αναγνώριση ερευνητικού προβλήματος**

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναμένεται να διερευνήσει την επίδραση των βιοδραστικών συστατικών των λειτουργικών τροφίμων στη φυσική δραστηριότητα. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας στοχεύουν να ενημερώσουν και να κατευθύνουν τους ερευνητές σχετικά με τον πιθανό ρόλο και την επίδραση συγκεκριμένων βιοδραστικών ενώσεων και λειτουργικών τροφίμων στη φυσική δραστηριότητα.

Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει την επίδραση συγκεκριμένων βιοδραστικών ενώσεων και λειτουργικών τροφίμων στη διαχείριση βάρους και τις συνέπειες της παχυσαρκίας, αλλά ελάχιστοι έχουν μελετήσει την επίδρασή τους στη φυσική δραστηριότητα.

Επομένως τα ερευνητικά ερωτήματα της μελέτης είναι:

1. Ποιος είναι ο ρόλος των βιοδραστικών ενώσεων και λειτουργικών τροφίμων στη φυσική δραστηριότητα;
2. Είναι διατεθειμένοι οι άνθρωποι να ενσωματώσουν τις βιοδραστικές ενώσεις και τα λειτουργικά τρόφιμα για τη διαχείριση της φυσικής δραστηριότητάς τους;



## 2.3 Μεθοδολογία

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση θεωρείται ως μια επιστημονική και συστηματική ανάλυση όλων των διαθέσιμων μελετών μίας εξειδικευμένης θεματολογίας (Bigby & Williams, 2003).

Για την συγκεκριμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση, η αναζήτηση των άρθρων πραγματοποιήθηκε στις βάσεις δεδομένων ScienceDirect, PubMed και Google scholar. Η ημερομηνία έκδοσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν από το 2010 έως και σήμερα και οι λέξεις κλειδιά που θα χρησιμοποιηθούν ήταν: physical activity, bioactive compounds, functional foods, effect.

Τα άρθρα χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση αυτής της βιβλιογραφικής ανασκόπησης ήταν σύμφωνα από τα παρακάτω κριτήρια εισαγωγής:

- 1) Να είναι στην αγγλική γλώσσα
- 2) Η χρονολογία των άρθρων να είναι από το 2010-σημερα
- 3) Τα επιστημονικά άρθρα θα είναι δημοσιευμένα σε έγκυρα επιστημονικά περιοδικά
- 4) Κλινικές δοκιμές και τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές

Αξιολόγηση χαρακτηριστικών των εργασιών

### 1η Φάση

Στην 1η Φάση, αναζητήθηκαν μελέτες στην επιλεγμένη περιοχή. Στη συνέχεια αποκλείστηκαν διπλές μελέτες και πραγματοποιήθηκε η προκαταρκτική ανάλυση που βασίστηκε στους τίτλους και τις περιλήψεις. Έπειτα αποκλείστηκαν οι έρευνες που ήταν καταχωρήσεις σε συνέδρια ή κεφάλαια βιβλίων, μετά-αναλύσεις, ανασκοπήσεις και τίτλοι που δεν σχετίζονται με το θέμα.

### 2η Φάση

Στη 2η Φάση έγινε αναζήτηση των ολόκληρων κειμένων των άρθρων και τα άρθρα που δε σχετίζονται με τη διαχείριση της φυσικής κατάστασης εξαιρέθηκαν.

### 3η Φάση

Στην 3η Φάση, οι έρευνες ελέγχθηκαν σύμφωνα με τα εκτιμώμενα αποτελέσματα για την επίδραση των βιοδραστικών ενώσεων και λειτουργικών τροφίμων στη φυσική δραστηριότητα. Μετά τον έλεγχο, συμπεριλήφθηκαν μόνο μελέτες που περιείχαν δεδομένα για τα αποτελέσματα που εξετάστηκαν.

Ο αριθμός των μελετών που ανευρέθηκαν ήταν 65 και αξιολογήθηκαν με βάση τα κριτήρια εισαγωγής σε κάθε στάδιο, έτσι προέκυψε ο τελικός αριθμός μελετών που θεωρήθηκαν καταλληλότερες για τη χρήση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Επομένως από τις 65 μελέτες αποκλείστηκαν 45 έπειτα από ανάγνωση της περίληψης και ολόκληρου του άρθρου και παρέμειναν 20 εργασίες προς μελέτη.

### Κεφάλαιο 3 Αποτελέσματα-Συζήτηση

Κλινικές μελέτες και τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές έχουν πραγματοποιηθεί προκειμένου να διερευνηθεί η πιθανή επίδραση λειτουργικών τροφίμων και βιοδραστικών ενώσεων στον έλεγχο της φυσικής κατάστασης των ανθρώπων. Οι μελέτες παρουσιάζουν ποικίλα συμπεράσματα λόγω διαφορετικών πειραματικών σχεδιασμών και ομάδων-στόχων και τα αποτελέσματα, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι αμφιλεγόμενα.

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει επιλεγμένες μελέτες σχετικά με την πιθανή επίδραση των λειτουργικών τροφίμων στον έλεγχο της φυσικής κατάστασης.

**Πίνακας 1** Επιλεγμένες μελέτες σχετικά με την πιθανή επίδραση των λειτουργικών τροφίμων στον έλεγχο της φυσικής κατάστασης.

<b>Είδος/Διάρκεια Μελέτης</b>	<b>Συμμετέχοντες/ Παρέμβαση</b>	<b>Βιοδραστική ένωση/ λειτουργικό τρόφιμο</b>	<b>Αποτελέσματα</b>	<b>Αναφορά</b>
<b>Κλινική μελέτη</b>	Γυναίκες (n = 7580) από την Australian Longitudinal Study on Women's Health	Οι συμμετέχοντες ανέφεραν μέση πρόσληψη τσαγιού και καφέ κατά τους τελευταίους 12 μήνες και τη συνήθη φυσική δραστηριότητα που ακολουθούσαν.	Οι μεσήλικες γυναίκες που πίνουν 1-2 φλιτζάνια καφέ ή >1 φλιτζάνι τσάι/ημέρα είναι πιο πιθανό να τηρούν τις οδηγίες μέτριας έως έντονης φυσικής κατάστασης από εκείνες που πίνουν <1 φλιτζάνι/ημέρα.	(Torquati et al., 2018)
<b>Τυχαιοποιημένο, διπλό σχέδιο διασταύρωσης μελέτης. Κάθε παιδί έλαβε τυχαία δύο φορές το καθένα</b>	Είκοσι έξι υγιή αγόρια 7 έως 9 ετών και 26 υγιή κορίτσια 7 έως 9 ετών	Εικονικό φάρμακο (PL) όσο και το ποτό με καφεΐνη (5 mg x kg <sup>-1</sup> )) (CAF)	Δόση καφεΐνης (5 mg/kg) δεν επηρεάζει το μεταβολισμό (VO <sub>2</sub> ) σε μικρά παιδιά σε χαμηλή-μέτρια ένταση άσκησης. Ωστόσο, η CAF προκαλεί	(Turley & Gerst, 2006)

σε τέσσερις ξεχωριστές ημέρες.				σημαντικά χαμηλότερο HR (bpm) και υψηλότερη BP (mm Hg) τόσο στα νεαρά αγόρια όσο και στα κορίτσια.
<b>Τυχαιοποιημένο, διπλό σχέδιο διασταύρωσης μελέτης.</b>	Πενήντα συμμετέχοντες αγόρια και 26 άνδρες)	δύο (26)	Κάθε συμμετέχων έλαβε το ρόφημα με καφεΐνη (5 mg/kg) (CAF) και το εικονικό φάρμακο (PL) δύο φορές το καθένα σε 4 ξεχωριστές ημέρες.	ο μεταβολισμός δεν επηρεάζεται από μια μέτρια δόση καφεΐνης σε παιδιά ή ενήλικες. Η ίδια δόση έχει παρόμοια επίδραση στην BP και στις δύο ομάδες. (Turley et al., 2007)
<b>Τυχαιοποιημένη, διπλή διασταυρούμενη μελέτη.</b>	Είκοσι τέσσερα αγόρια 8-10 ετών	υγιά	Κάθε άτομο έλαβε το ρόφημα με καφεΐνη (CAF-5 mg kg <sup>-1</sup> ) ή το εικονικό φάρμακο (PL) δύο φορές το καθένα σε τέσσερις ξεχωριστές επισκέψεις	Σε αυτή τη μελέτη μια μέτρια δόση CAF αύξησε σημαντικά τη μέση ισχύ κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής Wingate. (Turley et al., 2012)
<b>Τυχαιοποιημένη τριπλή τυφλή μελέτη ελέγχου με χρήση εικονικού φαρμάκου.</b>	Είκοσι εκπαιδευμένοι άνδρες	μη	Συνεδρίες άσκησης για να προκαλέσουν καθυστερημένη έναρξη μυϊκού πόνου στην ομάδα μυών του τρικέφαλου πριν και μετά από 15 ημέρες συμπλήρωσης (500 mg/ημέρα) με	το συμπλήρωμα εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού έχει θετικά αποτελέσματα στην αποκατάσταση των μυών μετά από έντονη άσκηση για τη διατήρηση της φυσικής κατάστασης. (da Silva et al., 2018)

			εκχύλισμα πράσινου τσαγιού (n=10) ή εικονικό φάρμακο (n=10).		
<b>Τριπλό τυφλό πείραμα ελέγχου μέσω εικονικού φαρμάκου</b>	Δεκαέξι εκπαιδευμένοι άντρες αθλητές	Οι αθλητές χωρίστηκαν τυχαία σε μια ομάδα συμπληρωμάτων εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού (500 mg/ημέρα) ή εικονικό φάρμακο για 15 ημέρες.	Η συμπλήρωση εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού έδειξε θετικά αποτελέσματα στη νευρομυϊκή λειτουργία ως απάντηση σε μια κατάσταση αθροιστικής κόπωσης.	(Machado et al., 2018)	
<b>Διπλά τυφλή, τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο (PL) μελέτη διασταύρωσης</b>	16 σπρίντερ αθλητές	δύο περίοδοι 4 εβδομάδων με PL και εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού (980 mg πολυφαινόλες ημερησίως).	Επομένως, η συμπλήρωση εκχύλισμα πράσινου τσαγιού αποτρέπει το οξειδωτικό στρες που προκαλείται από το RST σε σπρίντερ κατά τον έλεγχο της φυσικής κατάστασης.	(Jówko et al., 2015)	
<b>Κλινική μελέτη</b>	24 υπέρβαροι/παχύσαρκοι άνδρες	Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν τυχαία στην ομάδα κατανάλωσης εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού (150 mg/δισκίο, δύο φορές/ημέρα) ή στην ομάδα εικονικού	Το γρήγορο περπάτημα συνδυασμό με κατανάλωση εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού έχει θετικά αποτελέσματα στην αερόβια ικανότητα σε	(Zhang et al., 2020)	

		φαρμάκου. Πρόγραμμα παρέμβασης εβδομάδων και παρακολούθηση για 4 εβδομάδες μετά την παρέμβαση.	υπέρβαρους και παχύσαρκους άνδρες για τον έλεγχο της φυσικής κατάστασης
<b>τυχαιοποιημένη διασταυρούμενη δοκιμή</b>	15 υγιείς άνδρες και 17 γυναίκες, 27,6 ± 6,5 ετών	4 εβδομάδες άσκησης με τρέξιμο/τζόκινγκ 5 km πέντε φορές/εβδομάδα και 4 εβδομάδες ελάχιστης φυσικής δραστηριότητας. Οι συμμετέχοντες τυχαιοποιήθηκαν επίσης για να καταναλώσουν 150 γραμμάρια βατόμουρα, ή όχι, τις ημέρες άσκησης.	η κατανάλωση (Nyberg et al., 2013) βατόμουρων προκάλεσε διαφορικές επιδράσεις στους καρδιομεταβολικούς παράγοντες κινδύνου, συμπεριλαμβανομένων των αυξημένων επιπέδων τόσο της γλυκόζης νηστείας όσο και της HDL- χοληστερόλης κατά τη διάρκεια ελέγχου της φυσικής κατάστασης.
<b>Κλινική μελέτη</b>	19 μέλη της πολωνικής ομάδας κωπηλασίας	Οι εθελοντές. χωρίστηκαν τυχαία στην ομάδα με συμπλήρωμα (n = 10), που έλαβαν 150 mL χυμού αρώνιας για 8 εβδομάδες ή στην ομάδα εικονικού φαρμάκου (n = 9). Δοκιμή 2000 μέτρων	Η συμπλήρωση με (Skarpańska- Stejnborn et al., 2014) χυμό αρώνιας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της αντιοξειδωτικής δράσης του πλάσματος και συμβάλλει σημαντικά στη μείωση των επιπέδων TNF- άλφα ενισχύοντας τη

		σε εργόμετρο φυσική κατάσταση των κωπηλασίας στην αθλητών. αρχή και στο τέλος της προπαρασκευαστικής περιόδου
<b>τυχαιοποιημένη διασταυρούμενη δοκιμή</b>	96 άνδρες ποδηλάτες ή αθλητές τρίαθλου	Κατανάλωση μέσω Βελτίωση της (D'Unienville είτε ενός μείγματος απόδοσης της άσκησης et al., 2019) αμυγδάλων, αντοχής, της αποξηραμένων αποκατάστασης και σταφυλιών και της ψυχοκινητικής κράνμπερι είτε ενός ταχύτητας και συγκριτικού σνακ ενίσχυση της φυσικής (μπάρα βρόμης) για 4 κατάστασης εβδομάδες κατά τη διάρκεια ενός πρωτοκόλλου προπόνησης αντοχής
<b>διασταυρούμενη, ελεγχόμενη μελέτη διάρκειας 10 εβδομάδων</b>	Οκτώ εκπαιδευμένοι άνδρες ποδηλάτες και δύο αθλητές τρίαθλου	κατανάλωση 75 Τα αμύγδαλα μπορεί (Yi et al., g/ημέρα από να είναι χρήσιμα για τη 2014) ολόκληρα αμύγδαλα ή βελτίωση της ισοθερμιδικά απόδοσης στην μπισκότα για 4 άσκηση και τη φυσική εβδομάδες και στη τους κατάσταση. συνέχεια την εναλλακτική τροφή για άλλες 4 εβδομάδες. Ακολούθησε πρωτόκολλο προπόνησης.

<b>Τυχαιοποιημένη διασταυρούμενη μελέτη</b>	27 άνδρες αθλητές	Οι αθλητές έλαβαν 3,0 oz/d φιστικιών (Rayo et al., 2022) μόνο νερό, και οι υπόλοιποι μπορεί να μειώσουν την καθυστερημένη χωρίστηκαν σε δύο έναρξη του μυϊκού ομάδες που έλαβαν πόνου και να χαμηλή δόση (1,5 διατηρήσει τη μυϊκή oz/d, PL) και υψηλή δύναμη, προάγοντας δόση (3,0 oz/d, PH) ενδεχομένως την και κατανάλωναν ανοχή στην άσκηση φιστίκια για 2 και τις προσαρμογές εβδομάδες με διακοπή στην προπόνηση για τη 3-4 εβδομάδων βελτίωση της φυσικής μεταξύ των δοκιμών. κατάστασης.
<b>Τυχαιοποιημένη διασταυρούμενη μελέτη</b>	7 συμμετέχοντες	προοδευτικό και Η ανάλυση του (Esquiús et al., 2019) μέγιστο τεστ βάρδισης, καρδιαγγειακού αλλά κάτω από συντονισμού διαφορετικά εμφανίζεται ως ένα συμπληρώματα ευαίσθητο εργαλείο διατροφής με για τη διερεύνηση των τυχαιοποιημένη φυσιολογικών σειρά: (1) ελαιόλαδο, επιδράσεων και των (2) φοινικέλαιο και (3) επιδόσεων των εικονικό φάρμακο. συμπληρωμάτων Ανάλυση διατροφής και την επιλεγμένων επίδρασή τους στην καρδιαγγειακών και ενίσχυση της φυσικής καρδιοαναπνευστικών κατάστασης. μεταβλητών για την αξιολόγηση του καρδιαγγειακού συντονισμού.



<b>Τυχαιοποιημένη διασταυρούμενη μελέτη</b>	3 υγιή άτομα	δοκιμές ασκήσεων για δύο ημέρες που χωρίζονταν με μία εβδομάδα μεταξύ τους: τη μία ημέρα μετά τη λήψη ενεργού συμπληρώματος ελαιόλαδου και την άλλη ημέρα μετά τη λήψη συμπληρωμάτων εικονικού φαρμάκου.	ένα συμπλήρωμα από έξι ελαιόλαδο θα μπορούσε να μειώσει τη φλεγμονώδη επίδραση της έντονης αερόβιας προσπάθειας και να βελτιώσει την ανάρρωση στις 24 ώρες και επομένως να μπορεί να ενισχύεται η φυσική κατάσταση του ατόμου χωρίς φλεγμονώδεις διαδικασίες.	(Esquiús et al., 2021)
<b>Τυχαιοποιημένη διασταυρούμενη μελέτη</b>	Εξήντα υγιείς εκπαιδευμένες γυναίκες, ηλικίας 13-25 ετών	τρεις ομάδες (κανέλα, τζίντζερ ή εικονικό φάρμακο) και έλαβαν τρία γραμμάρια τζίντζερ, κανέλα ή σκόνη εικονικού φαρμάκου κάθε μέρα ανάλογα με την ομάδα ανήκαν.	έξι εβδομάδες χορήγηση τζίντζερ και κανέλας σε αθλήτριες οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα βιοδραστικά συστατικά των μπαχαρικών αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν θετικά κατά την προπόνηση για την ενίσχυση της φυσικής κατάστασης ενός ατόμου	(Mashhadi et al., 2013)

<p><b>διασταυρούμενο, τυχαιοποιημένο, διπλά τυφλό και σχέδιο δοκιμής ελεγχόμενο με εικονικό φάρμακο</b></p>	<p>16 υγιείς ενήλικες γυναίκες</p>	<p>δύο πρωτόκολλα:</p>	<p>Τα τρέχοντα (Sousa et al., 2020) αποτελέσματα υποστηρίζουν τα ευεργετικά αποτελέσματα της κατανάλωσης αβοκάντο πριν από το τρέξιμο σε διάδρομο ακολουθούμενη από επιβεβαιώνοντας τα θετικά αποτελέσματα της φυσικής κατάστασης ενός ατόμου. καθισμένα για 60 λεπτά κατά την ανάκαμψη από την άσκηση.</p>	<p>Τα τρέχοντα (Sousa et al., 2020) αποτελέσματα υποστηρίζουν τα ευεργετικά αποτελέσματα της κατανάλωσης αβοκάντο πριν από το τρέξιμο σε διάδρομο ακολουθούμενη από επιβεβαιώνοντας τα θετικά αποτελέσματα της φυσικής κατάστασης ενός ατόμου.</p>	<p>(Sousa et al., 2020)</p>
<p><b>διασταυρούμενη, τυχαιοποιημένη, και ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο δοκιμή</b></p>	<p>12 υγιείς ενήλικες άντρες</p>	<p>δύο πρωτόκολλα σε το εκχύλισμα (Benjamim et al., 2021)</p>	<p>δύο τυχαιοποιημένες ημέρες: εκχύλισμα έντονα την παντζαριού (600 mg καρδιαγγειακή αποκατάσταση μετά την άσκηση (600 mg αμύλου σε επιβεβαιώνοντας την θετική επίδραση του στην ενίσχυση της φυσικής κατάστασης. ακολουθούμενη από άσκηση ενδυνάμωσης 75% 1RM και στη συνέχεια παρέμειναν</p>	<p>το εκχύλισμα (Benjamim et al., 2021) βελτίωσε την έντονα την καρδιαγγειακή αποκατάσταση μετά την άσκηση επιβεβαιώνοντας την θετική επίδραση του στην ενίσχυση της φυσικής κατάστασης.</p>	<p>(Benjamim et al., 2021)</p>

		καθισμένα για 60 λεπτά σε ηρεμία.	
<b>Τυχαιοποιημένη διασταυρούμενη μελέτη</b>	Έντεκα άντρες	Επίδραση της συμπλήρωσης με χυμό παντζαριού σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο στην αρτηριακή πίεση (BP), τον καρδιακό ρυθμό (HR), τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (HRV) και το εσωτερικό φορτίο κατά την προπόνηση.	Η συμπλήρωση με χυμό παντζαριού φαίνεται να είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για τη μείωση του εσωτερικού φορτίου της άσκησης κατά τη διάρκεια της προπόνησης ενώ ενισχύει τη φυσική κατάσταση του ατόμου. (Jurado-Castro et al., 2022)
<b>διασταυρούμενη, τυχαιοποιημένη, και ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο δοκιμή</b>	Δεκατέσσερις άνδρες	κατανάλωσης πριν από την άσκηση ενός σπιτικού ζωμού κοτόπουλου (CB) έναντι μιας σούπας εικονικού φαρμάκου σε μια ποδηλατική άσκηση μικρής διάρκειας, υψηλής έντασης. Μέτρηση ιστιδίνης στο αίμα.	η κατανάλωση συμπληρώματος CB βελτίωσε την απόδοση TT 8 λεπτών, αν και δεν επηρέασε την οξεοβασική ισορροπία ή τις παραμέτρους της οξειδωτικής κατάστασης αλλά γενικά ενίσχυσε την αντοχή για την βελτίωση της φυσικής κατάστασης του ατόμου. (Barbaresi et al., 2021)

### 3.1 Καφεΐνη

Η φυσική κατάσταση είναι ένας ανεξάρτητος προγνωστικός παράγοντας αδυναμίας σε μεσήλικες, αλλά η κόπωση παραμένει ένα σημαντικό εμπόδιο σε αυτήν την ομάδα. Ενώ η πρόσληψη καφεΐνης έχει συσχετιστεί με μειωμένη προσπάθεια και αντιληπτή κόπωση, δεν είναι καλά κατανοητό εάν η κατανάλωση ροφημάτων με φυσική καφεΐνη σχετίζεται με τη φυσική δραστηριότητα. Ο στόχος της μελέτης των Torquati et al. (2018) ήταν να προσδιοριστεί εάν η συνήθης κατανάλωση καφέ και τσαγιού σχετίζεται με τη διαχείριση της φυσικής κατάστασης. Γυναίκες (n = 7580) από την Australian Longitudinal Study on Women's Health συμπεριλήφθηκαν σε αυτήν την έρευνα. Οι συμμετέχοντες ανέφεραν μέση πρόσληψη τσαγιού και καφέ κατά τους τελευταίους 12 μήνες και τη συνήθη φυσική δραστηριότητα που ακολουθούσαν. Τα μοντέλα παλινδρόμησης προσαρμόστηκαν για τους σχετικούς δείκτες της υγείας και του τρόπου ζωής. Οι συμμετέχουσες που κατανάλωναν 1-2 φλιτζάνια καφέ/ημέρα είχαν 17% περισσότερες πιθανότητες να πληρούν το συνιστώμενο μεταβολικό ισοδύναμο (MET).min/εβδομάδα που ήταν ίσο με 500 σε σχέση με τις γυναίκες που κατανάλωναν <1 φλιτζάνι καφέ/ημέρα. Οι συμμετέχοντες που ανέφεραν ότι έπιναν είτε 1-2 φλιτζάνια είτε >3 φλιτζάνια/ημέρα είχαν 13-26% περισσότερες πιθανότητες να λάβουν 500 MET.min/εβδομάδα από εκείνους που έπιναν <1 φλιτζάνι/ημέρα. Η κούραση και η ενέργεια συσχετίζονται μεταξύ της πρόσληψης καφέ και της φυσικής κατάστασης. Οι μεσήλικες γυναίκες που πίνουν 1-2 φλιτζάνια καφέ ή >1 φλιτζάνι τσάι/ημέρα είναι πιο πιθανό να τηρούν τις οδηγίες μέτριας έως έντονης φυσικής κατάστασης από εκείνες που πίνουν <1 φλιτζάνι/ημέρα.

Οι Turley & Gerst (2006) εξέτασαν την επίδραση της καφεΐνης στις φυσιολογικές αποκρίσεις στην άσκηση σε μικρά παιδιά προσδιόρισαν εάν υπάρχουν διαφορές φύλου σε αυτές τις αποκρίσεις. Είκοσι έξι υγιή αγόρια 7 έως 9 ετών και 26 υγιή κορίτσια 7 έως 9 ετών προσφέρθηκαν εθελοντικά να συμμετάσχουν σε ένα τυχαίο διπλό σχέδιο διασταύρωσης μελέτης. Κάθε παιδί έλαβε τυχαία τόσο το εικονικό φάρμακο (PL) όσο και το ποτό με καφεΐνη (5 mg x kg<sup>-1</sup>) (CAF) δύο φορές το καθένα σε τέσσερις ξεχωριστές ημέρες. Μετά από μια περίοδο 1, κάθε παιδί οδήγησε ένα εργόμετρο κύκλου στα 25 W και στη συνέχεια 50 W για 8 λεπτά το καθένα, ενώ μετρήθηκαν οι καρδιακοί παλμοί (HR) η αρτηριακή πίεση (BP) και η κατανάλωση οξυγόνου (VO<sub>2</sub>). Οι HR ήταν σημαντικά (P <0,05) χαμηλότεροι σε ηρεμία και στα 25 και 50 W στο CAF έναντι του PL τόσο στα αγόρια όσο και στα κορίτσια. Η διαστολική ΑΠ (mm Hg) ήταν σημαντικά (P <= 0,05) υψηλότερη σε ηρεμία, 25 W τόσο στα αγόρια όσο και στα κορίτσια και στα 50 W στα αγόρια, σε

CAF έναντι PL. Η συστολική BP (mm Hg) ήταν σημαντικά ( $P < 0,05$ ) υψηλότερη σε ηρεμία τόσο στα αγόρια όσο και στα κορίτσια, στα 25 W στα αγόρια και στα 50 W στα κορίτσια. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, το  $VO_2$  ( $L \times \min^{-1}$  ή  $mL \times kg^{-1} \times \min^{-1}$ ) δεν ήταν διαφορετικό στο CAF έναντι του PL είτε στα αγόρια είτε στα κορίτσια. Επομένως, μια μέτρια δόση καφεΐνης (5 mg/kg) δεν επηρεάζει το μεταβολισμό ( $VO_2$ ) σε μικρά παιδιά σε χαμηλή-μέτρια ένταση άσκησης. Ωστόσο, η CAF προκαλεί σημαντικά χαμηλότερο HR (bpm) και υψηλότερη BP (mm Hg) τόσο στα νεαρά αγόρια όσο και στα κορίτσια.

Σε μία άλλη μελέτη οι Turley et al. (2007) σύγκριναν την επίδραση της καφεΐνης στη φυσική κατάσταση μεταξύ αγοριών και ανδρών. Πενήντα δύο συμμετέχοντες (26 αγόρια και 26 άνδρες) συμμετείχαν σε μια τυχαιοποιημένη, διπλή διασταυρούμενη μελέτη. Κάθε συμμετέχων έλαβε το ρόφημα με καφεΐνη (5 mg/kg) (CAF) και το εικονικό φάρμακο (PL) δύο φορές το καθένα σε 4 ξεχωριστές ημέρες. Μία ώρα μετά την κατανάλωση ποτού μετρήθηκαν οι καρδιακοί παλμοί (HR) και η αρτηριακή πίεση (BP). Στη συνέχεια, ενώ οι συμμετέχοντες οδηγούσαν εργόμετρα σταθερού κύκλου σε δύο διαφορετικές εντάσεις άσκησης, μετρήθηκαν οι HR, η BP και η κατανάλωση οξυγόνου ( $VO_2$ ). Η αρτηριακή πίεση δεν επηρεάστηκε σημαντικά από το CAF, αν και κατά μέσο όρο ήταν πάντα υψηλότερη στα αγόρια για τη διαστολική BP (3 mmHg) και τη συστολική BP (3-4 mmHg) και στους άνδρες για τη διαστολική BP (2-3 mmHg) και τη συστολική BP (1-6 mmHg) τόσο σε ηρεμία όσο και κατά την άσκηση. Το HR ήταν σημαντικά ( $p < 0,05$ ) χαμηλότερο σε ηρεμία, 25W και 50W στο CAF έναντι του PL στα αγόρια, χωρίς αλλαγή στους ενήλικες. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, το  $VO_2$  δεν ήταν διαφορετικό στο CAF έναντι του PL σε καμία από τις ομάδες. Συμπερασματικά, ο μεταβολισμός δεν επηρεάζεται από μια μέτρια δόση καφεΐνης σε παιδιά ή ενήλικες. Η ίδια δόση έχει παρόμοια επίδραση στην BP και στις δύο ομάδες. Η επίδραση στο HR ήταν διαφορετική, ωστόσο, με σημαντική ( $p < 0,05$ ) μείωση στα παιδιά σε CAF έναντι PL, χωρίς επιπτώσεις στους ενήλικες.

Οι Turley et al. (2012) διερεύνησαν την επίδραση της καφεΐνης στην αναερόβια άσκηση σε νεαρά αγόρια. Είκοσι τέσσερα υγιή αγόρια 8-10 ετών συμμετείχαν σε μια τυχαιοποιημένη, διπλή διασταυρούμενη μελέτη. Κάθε άτομο έλαβε το ρόφημα με καφεΐνη (CAF-5 mg  $kg^{-1}$ ) ή το εικονικό φάρμακο (PL) δύο φορές το καθένα σε τέσσερις ξεχωριστές επισκέψεις. Εξήντα λεπτά μετά την κατάποση είτε του CAF είτε του PL, τα αγόρια πραγματοποίησαν μια στατική δοκιμή και στη συνέχεια μια δοκιμή Wingate. Η αξιοπιστία ήταν μέτρια υψηλή για τη δοκιμή Wingate ( $R = 0,70-0,95$ ). Η αξιοπιστία της στατικής δοκιμής ήταν υψηλότερη για το CAF ( $R = 0,88$ ) από το

PL ( $R = 0,52$ ). Η μέση ισχύς ( $180 \pm 36$  έναντι  $173 \pm 28$  W) ήταν σημαντικά υψηλότερη ( $p < 0,05$ ) στο CAF έναντι του PL, αντίστοιχα. Περαιτέρω, η μέγιστη αρτηριακοί παλμοί ( $190 \pm 10$  έναντι  $185 \pm 10$  παλμοί  $\text{min}^{-1}$ ) ήταν σημαντικά υψηλότερη σε CAF έναντι PL, αντίστοιχα. Έτσι, σε αυτή τη μελέτη μια μέτρια δόση CAF αύξησε σημαντικά τη μέση ισχύ κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής Wingate. Συνοψίζοντας ο καφές είναι ένα από τα ροφήματα που υπάρχουν κάποιες ενδείξεις για το ρόλο του στη διαχείριση της φυσικής κατάστασης μέσω της βιοδραστικής ουσίας της καφεΐνης. Αν και η κατανάλωση καφεΐνης οδήγησε σε έλεγχο και βελτίωση της φυσικής κατάστασης στους συμμετέχοντες των μελετών, απαιτούνται περαιτέρω μελέτες προκειμένου να διερευνηθούν πλήρως οι πιθανές επιπτώσεις στη φυσική κατάσταση και στην ανθρώπινη υγεία.

### 3.2 Πολυφαινόλες στο τσάι

Πολλές μελέτες υποστηρίζουν ότι οι πολυφαινόλες στο τσάι μπορεί να ενισχύσουν την ανθρώπινη υγεία μέσω της μείωσης των καρδιαγγειακών παθήσεων και του σακχαρώδη διαβήτη τύπου II, της μείωσης του κινδύνου παχυσαρκίας, της μείωση της χοληστερόλης και της λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας (LDL). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, το τσάι είναι το λειτουργικό ρόφημα με τις περισσότερες μελέτες που έχουν διεξαχθεί και με ορισμένες σαφείς ενδείξεις σχετικά με την πιθανή επίδρασή του στη διαχείριση της φυσικής κατάστασης. Ωστόσο, απαιτούνται περισσότερες μελέτες για ασφαλέστερα αποτελέσματα.

Το πράσινο τσάι αποτελεί ένα ρόφημα πλούσιο σε πολυφαινολικές ενώσεις, ιδιαίτερα σε γαλλική επιγαλλοκατεχίνη (EGCG), κατεχίνη (C), γαλακτατεχίνη (GC), επιγαλλοκατεχίνη (EGC), επικατεχίνη (EC) και γαλλική γαλακτοατεχίνη (GCG). Ο αντιοξειδωτικός μηχανισμός των πολυφαινολών του τσαγιού έχει προσδιοριστεί με αναλύσεις *in vitro* και *in vivo*.

Προηγούμενες μελέτες ασχολήθηκαν με τον αντιοξειδωτικό και αντιφλεγμονώδη ρόλο των ενώσεων από το πράσινο τσάι σε διαφορετικούς ανθρώπινους ιστούς. Περιεγράφηκαν θετικά αντιοξειδωτικά και αντιφλεγμονώδη αποτελέσματα για τους εγκεφαλικούς ιστούς. Οι da Silva et al. (2018) υπέθεσαν ότι εάν παρατηρούνται παρόμοια αποτελέσματα στους σκελετικούς μύες κατά τη διάρκεια διαχείρισης της φυσικής κατάστασης, η συμπλήρωση της διατροφής μέσω πράσινου τσαγιού θα μπορούσε να είναι μια στρατηγική για τη μείωση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου που προκύπτει από την άσκηση. Οι συγγραφείς προσδιόρισαν την επίδραση της συμπλήρωσης εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού στον μυϊκό πόνο που προκαλείται από την άσκηση, τη μυϊκή βλάβη και το οξειδωτικό στρες. Πραγματοποίησαν μια τυχαιοποιημένη τριπλή τυφλή μελέτη

ελέγχου με χρήση εικονικού φαρμάκου. Είκοσι μη εκπαιδευμένοι άνδρες πραγματοποίησαν συνεδρίες άσκησης για να προκαλέσουν καθυστερημένη έναρξη μυϊκού πόνου στην ομάδα μυών του τρικέφαλου πριν και μετά από 15 ημέρες συμπλήρωσης (500 mg/ημέρα) με εκχυλίσμα πράσινου τσαγιού (n=10) ή εικονικό φάρμακο (n=10). Ο μυϊκός πόνος αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας μια οπτική κλίμακα. Λήφθηκαν δείγματα αίματος σε διαφορετικές στιγμές για να προσδιοριστούν οι δείκτες αίματος στον ορό της μυϊκής βλάβης, του οξειδωτικού στρες και της αντιοξειδωτικής κατάστασης. Βρέθηκε ότι η άσκηση προκάλεσε καθυστερημένη έναρξη μυϊκού πόνου. Το συμπλήρωμα μείωσε τη μυϊκή βλάβη αλλά ο μυϊκός πόνος δεν άλλαξε. Ο δείκτης οξειδωτικής βλάβης στο πλάσμα και η αντιοξειδωτική κατάσταση δεν έδειξαν επίδραση συμπληρωμάτων. Συμπερασματικά, η συμπλήρωση με εκχυλίσμα πράσινου τσαγιού δεν μείωσε την αίσθηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου, αλλά μειώνει τον δείκτη μυϊκής βλάβης μετά την άσκηση. Υποδηλώνει ότι το συμπλήρωμα εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού έχει θετικά αποτελέσματα στην αποκατάσταση των μυών μετά από έντονη άσκηση για τη διατήρηση της φυσικής κατάστασης.

Οι Machado et al. (2018) πραγματοποίησαν ένα τριπλό τυφλό πείραμα ελέγχου μέσω εικονικού φαρμάκου για να προσδιορίσουν την επίδραση του εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού στη μυϊκή βλάβη, το οξειδωτικό στρες και τη νευρομυϊκή δραστηριότητα σε αθλητές που υποβλήθηκαν σε διαδοχικές συνεδρίες άσκησης και κόπωσης στα πλαίσια ελέγχου της φυσικής τους κατάστασης. Δεκαέξι εκπαιδευμένοι άντρες αθλητές χωρίστηκαν τυχαία σε μια ομάδα συμπληρωμάτων εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού (500 mg/ημέρα) ή εικονικό φάρμακο για 15 ημέρες. Τα αποτελέσματα της συμπλήρωσης δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων δοκιμών ποδηλασίας στο 60% της μέγιστης ισχύος που πραγματοποιήθηκαν μετά από ένα πρωτόκολλο για την αθροιστική κόπωση των εκτατών του γόνατος. Η μυϊκή βλάβη και το οξειδωτικό στρες έδειξαν χαμηλότερα μεγέθη ως απόκριση στην κόπωση μετά από συμπλήρωμα εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού. Η ομάδα εικονικού φαρμάκου έδειξε μειωμένη νευρομυϊκή δραστηριότητα και υψηλότερη μυϊκή βλάβη και οξειδωτικό στρες σε σύγκριση με την ομάδα του εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού κατά τη διάρκεια των δοκιμών ποδηλασίας υπό κόπωση. Συνοπτικά, η συμπλήρωση εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού έδειξε θετικά αποτελέσματα στη νευρομυϊκή λειτουργία ως απάντηση σε μια κατάσταση αθροιστικής κόπωσης.

Επιπρόσθετα, σκοπός της μελέτης των Jówko et al. (2015) ήταν η αξιολόγηση των επιδράσεων της συμπλήρωσης εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού (GTE) σε επιλεγμένους δείκτες αίματος

οξειδωτικού στρες και μυϊκής βλάβης σε σπρίντερ κατά τη διάρκεια της προπαρασκευαστικής φάσης του κύκλου προπόνησής τους για τον έλεγχο της φυσικής τους κατάστασης. Δεκαέξι σπρίντερ συμμετείχαν σε μια διπλά τυφλή, τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο (PL) μελέτη διασταύρωσης, συμπεριλαμβανομένων δύο περιόδων θεραπείας 4 εβδομάδων με PL και εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού (980 mg πολυφαινόλες ημερησίως). Οι σπρίντερ πραγματοποίησαν δύο επαναλαμβανόμενες δοκιμές σπριντ κύκλου (RST, 4 × 15 δευτερόλεπτα, με διαστήματα ανάπαυσης 1 λεπτού), μετά από συμπλήρωση PL και εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν (σε ηρεμία), 5 λεπτά μετά την RST και μετά την ανάκτηση 24 ωρών. Οι δραστηριότητες της υπεροξειδικής δισμουτάσης (SOD) και της υπεροξειδάσης της γλουταθειόνης μετρήθηκαν στα ερυθροκύτταρα και μετρήθηκαν οι ολικές πολυφαινόλες, η συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα (TAC), το ουρικό οξύ (UA), η αλβουμίνη (AL), η μηλονοδιαλδεΰδη (MDA) και η κινάση της κρεατίνης (CK) προσδιορίζεται στο πλάσμα του αίματος. Η δοκιμή επαναλαμβανόμενου κύκλου σπριντ πραγματοποιήθηκε αφού η PL προκάλεσε αύξηση στο MDA, TAC και SOD. Επιπλέον, μια αύξηση στα UA, AL και CK παρατηρήθηκε μετά από RST ανεξάρτητα από τις πειραματικές συνθήκες (PL, εκχύλισμα πράσινου τσαγιού). Η συμπλήρωση με εκχύλισμα πράσινου τσαγιού προκάλεσε αύξηση των συνολικών πολυφαινολών και TAC σε ηρεμία και μείωση του MDA και του SOD μετά από RST. Δεν σημειώθηκαν σημαντικές αλλαγές στην απόδοση του σπριντ μετά το εκχύλισμα πράσινου τσαγιού, σε σύγκριση με το PL. Επομένως, η συμπλήρωση με εκχύλισμα πράσινου τσαγιού αποτρέπει το οξειδωτικό στρες που προκαλείται από το RST σε σπρίντερ. Επιπλέον, η συμπλήρωση με εκχύλισμα πράσινου τσαγιού δεν φαίνεται να εμποδίζει την προσαρμογή της προπόνησης στο αντιοξειδωτικό ενζυμικό σύστημα.

Στη μελέτη των Zhang et al. (2020) διερευνήθηκαν οι επιπτώσεις του γρήγορου περπατήματος σε συνδυασμό με την κατανάλωση εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού στη λειτουργία φυσικής κατάστασης και στην αερόβια ικανότητα ανενεργών υπέρβαρων και παχύσαρκων ανδρών. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν τυχαία στην ομάδα κατανάλωσης εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού (150 mg εκχύλισμα πράσινου τσαγιού/δισκίο, δύο φορές/ημέρα) ή στην ομάδα εικονικού φαρμάκου. Όλα τα άτομα στην ομάδα κατανάλωσης εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού (n = 12) ή στην ομάδα εικονικού φαρμάκου (n = 12) έλαβαν μέρος στο πρόγραμμα παρέμβασης 12 εβδομάδων και παρακολούθηθηκαν για 4 εβδομάδες μετά την παρέμβαση. Όλες οι μεταβλητές μετρήθηκαν την εβδομάδα 0, την εβδομάδα 12 και την εβδομάδα 16. Βρέθηκε μια σημαντική



αύξηση στην αερόβια ικανότητα και στις δύο ομάδες ( $P < 0,05$ ) και μια σημαντική αλλαγή στη δύναμη χειρολαβής (HS) της ομάδας κατανάλωσης εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού ( $P < 0,05$ ). Μετά από 12 εβδομάδες, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα 8 πόδια up-and-go (8FUG), και τα αποτελέσματα του τεστ sit and access (SR) και στις δύο ομάδες ( $P < 0,05$ ), ενώ δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στα αποτελέσματα της όρθιας στάσης με το ένα πόδι με κλειστά μάτια και των δύο ομάδων. Το γρήγορο περπάτημα σε συνδυασμό με την κατανάλωση εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού προτάθηκε ότι έχει θετικά αποτελέσματα στην αερόβια ικανότητα, το SR και το 8FUG σε υπέρβαρους και παχύσαρκους άνδρες και ήταν πιο αποτελεσματικό στη βελτίωση του HS από το γρήγορο περπάτημα μόνο.

Επομένως από τις μελέτες της βιβλιογραφικής ανασκόπησης φαίνεται ότι η συμπλήρωση εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού μπορεί να έχει τη δυνατότητα να χρησιμεύσει ως στρατηγική για τη βελτίωση της απόδοσης και την αποκατάσταση της φυσικής κατάστασης σε ανθρώπους.

### **3.3 Πολυφαινόλες στα φρούτα του δάσους**

Τα φρούτα του δάσους είναι πλούσια σε φαινολικές ενώσεις, όπως ανθοκυανίνες, φλαβονόλες, προανθοκυανιδίνες, ελλαγιταννίνες και φαινολικά οξέα, με τις ανθοκυανίνες να είναι οι ισχυρότερες χρωστικές, υπεύθυνες για το κόκκινο, μπλε ή μοβ χρώμα στα μούρα, που δρουν ως ισχυρά αντιοξειδωτικά. Ένα είδος μούρων, η αρώνια, περιέχει πολυφαινόλες με αντιφλεγμονώδη δράση. Επιστημονικά στοιχεία υποστηρίζουν ότι η κατανάλωση εκχυλίσματος αρώνιας μπορεί να ρυθμίζει την εντερική ανοσοποιητική λειτουργία και τα T-κύτταρα.

Τα φρούτα του δάσους —όπως το βατόμουρο, το μύρτιλο, η φράουλα κ.λπ.—είναι μία από τις καλύτερες διατροφικές πηγές βιοδραστικών συστατικών, τα οποία μπορεί να έχουν συνεργική επίδραση στην προαγωγή της ανθρώπινης υγείας και πιθανή πρόληψη χρόνιων ασθενειών όπως η παχυσαρκία, η υπέρταση, ο τύπος II σακχαρώδη διαβήτης, η δυσλιπιδαιμία και η μη αλκοολική λιπώδη νόσο του ήπατος. Η κατανάλωση μούρων μπορεί να θεωρηθεί ως ένας αποτελεσματικός εναλλακτικός τρόπος τροποποίησης του διατροφικού προτύπου που επικεντρώνεται στη μείωση της ανάπτυξης του μεταβολικού συνδρόμου. Κλινικές μελέτες έχουν δείξει ότι η μακροχρόνια κατανάλωση μούρων μπορεί να προσφέρει ευεργετικά αποτελέσματα στην υγεία των ανθρώπων και στην προαγωγή της φυσικής τους κατάστασης.

Η βελτίωση της ευαισθησίας στην ινσουλίνη με την άσκηση έχει αποδειχθεί ότι αναστέλλεται από τη συμπλήρωση με εκχυλίσματα από κόκκινα φρούτα του δάσους που δρουν ως αντιοξειδωτικά.

Οι Nyberg et al. (2013) εξέτασαν τις επιδράσεις της άσκησης με ή χωρίς την κατανάλωση κόκκινων φρούτων του δάσους που περιέχουν φυσικά αντιοξειδωτικά, στους καρδιομεταβολικούς παράγοντες κινδύνου. Επιλέχθηκαν 15 υγιείς άνδρες και 17 γυναίκες,  $27,6 \pm 6,5$  ετών και 26 ολοκλήρωσαν μια τυχαιοποιημένη διασταυρούμενη δοκιμή με 4 εβδομάδες άσκησης με τρέξιμο/τζόκινγκ 5 km πέντε φορές/εβδομάδα και 4 εβδομάδες ελάχιστης φυσικής δραστηριότητας. Οι συμμετέχοντες τυχαιοποιήθηκαν επίσης για να καταναλώσουν 150 γραμμάρια βατόμουρα, ή όχι, τις ημέρες άσκησης. Οι εργαστηριακές μεταβλητές μετρήθηκαν πριν και μετά από έναν αγώνα τρεξίματος 5 km με μέγιστη ταχύτητα στην αρχή και στο τέλος κάθε περιόδου, δηλαδή υπήρχαν τέσσερις μέγιστοι αγώνες τρεξίματος και οκτώ δειγματοληψίες συνολικά για κάθε συμμετέχοντα. Τα επίπεδα ινσουλίνης και τριγλυκεριδίων μειώθηκαν ενώ η HDL-χοληστερόλη αυξήθηκε με την άσκηση σε σύγκριση με την ελάχιστη φυσική δραστηριότητα. Οι συμμετέχοντες που τυχαιοποιήθηκαν για να καταναλώσουν βατόμουρα εμφάνισαν αύξηση στα επίπεδα γλυκόζης νηστείας σε σύγκριση με τους μάρτυρες, κατά τη διάρκεια της περιόδου άσκησης (βατόμουρα: από  $5,12 \pm 0,49$  mmol/l σε  $5,32 \pm 0,29$  mmol/l, έλεγχοι: από  $5,24 \pm 0,27$  mmol/l σε  $0,23$  mmol/l). Τα επίπεδα των τριγλυκεριδίων μειώθηκαν στην ομάδα ελέγχου (από  $1,1 \pm 0,49$  mmol/l σε  $0,93 \pm 0,31$  mmol/l), ενώ η HDL-χοληστερόλη αυξήθηκε στην ομάδα των βατόμουρων (από  $1,51 \pm 0,29$  mmol/l σε  $1,033$  mmol  $\pm 1,64$  mmol /l). Επομένως η κατανάλωση βατόμουρων προκάλεσε διαφορετικές επιδράσεις στους καρδιομεταβολικούς παράγοντες κινδύνου, συμπεριλαμβανομένων των αυξημένων επιπέδων τόσο της γλυκόζης νηστείας όσο και της HDL-χοληστερόλης κατά τη διάρκεια ελέγχου της φυσικής κατάστασης.

Ο στόχος της μελέτης των Skarpańska-Stejnborn et al. (2014) ήταν να αναλυθεί η επίδραση της συμπλήρωσης με χυμό αρώνιας (*Aronia melanocarpa*) στα επίπεδα των προφλεγμονωδών κυτοκινών, της επιδίνης και επιλεγμένων δεικτών του μεταβολισμού του σιδήρου σε κωπηλάτες που υποβλήθηκαν σε εξαντλητική άσκηση στα πλαίσια ελέγχου της φυσικής τους κατάστασης. Αυτή η μελέτη περιλάμβανε 19 μέλη της πολωνικής ομάδας κωπηλασίας. Οι αθλητές χωρίστηκαν τυχαία στην ομάδα με συμπλήρωμα ( $n = 10$ ), που έλαβαν 150 mL χυμού αρώνιας για 8 εβδομάδες ή στην ομάδα εικονικού φαρμάκου ( $n = 9$ ). Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν δοκιμή 2000 μέτρων σε εργόμετρο κωπηλασίας στην αρχή και στο τέλος της προπαρασκευαστικής κατασκηνώσης. Λήφθηκαν δείγματα αίματος πριν από κάθε δοκιμασία άσκησης, ένα λεπτό μετά την ολοκλήρωση του τεστ και μετά από μια περίοδο ανάρρωσης 24 ωρών. Προσδιορίστηκαν τα

επίπεδα της επιδίνης, της ιντερλευκίνης 6 (IL-6), του παράγοντα νέκρωσης όγκου άλφα (TNF-alpha), της φερίτινης, του σιδήρου, του ουρικού οξέος και της μυοσφαιρίνης, καθώς και η συνολική ικανότητα δέσμευσης σιδήρου, αδέσμευτη ικανότητα σιδήρου και συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα (TAC). Μετά την άσκηση, υπήρξε σημαντική αύξηση στην IL-6 και σημαντική μείωση στο TAC και στις δύο ομάδες, πριν και μετά τη λήψη συμπληρωμάτων με χυμό αρώνιας. Στο τέλος του πειράματος, οι αθλητές που έλαβαν συμπλήρωμα έδειξαν σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα TNF-άλφα μετά την άσκηση και σημαντικά υψηλότερα επίπεδα TAC και σιδήρου από τους ελέγχους. Η συμπλήρωση με χυμό αρώνιας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της αντιοξειδωτικής δράσης του πλάσματος και συμβάλλει σημαντικά στη μείωση των επιπέδων TNF-άλφα ενισχύοντας τη φυσική κατάσταση των αθλητών.

### **3.4 Βιοδραστικά συστατικά από ξηρούς καρπούς και σπόρους**

Τροφές πλούσιες σε θρεπτικά συστατικά, όπως νιτρικά, νιτρώδη, L-αργινίνη και πολυφαινόλες, μπορούν να προάγουν τη σύνθεση του μονοξειδίου του αζώτου (NO), το οποίο μπορεί να προκαλέσει εργογονικές επιδράσεις στην απόδοση της αντοχής κατά την άσκηση και κατά επέκταση στη βελτίωση της φυσικής κατάστασης. Έτσι, η κατανάλωση τροφών πλούσιων σε αυτά τα συστατικά, όπως ξηρούς καρπούς (αμύγδαλα, φιστίκια), αποξηραμένα σταφύλια και κράνμπερι, μπορεί να βελτιώσει τη φυσική κατάσταση. Επιπλέον, οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες αυτών των τροφών μπορεί να μειώσουν την οξειδωτική βλάβη που προκαλείται από την έντονη άσκηση, βελτιώνοντας έτσι την αποκατάσταση και μειώνοντας την κόπωση από την έντονη σωματική προπόνηση. Οι βελτιώσεις στη σύνθεση του NO μπορεί επίσης να προάγουν την εγκεφαλική ροή αίματος, η οποία μπορεί να βελτιώσει τη γνωστική λειτουργία. Οι D'Univille et al. (2019) διερεύνησαν σε μία τυχαίοποιημένη μελέτη ενενήντα έξι άνδρες ποδηλάτες ή αθλητές τρίαθλου την επίδραση της κατανάλωσης ~2550 kJ μέσω είτε ενός μείγματος αμυγδάλων, αποξηραμένων σταφυλιών και κράνμπερι είτε ενός συγκριτικού σνακ (μπάρα βρώμης) για 4 εβδομάδες κατά τη διάρκεια ενός πρωτοκόλλου προπόνησης αντοχής που θα περιλαμβάνει 2 εβδομάδες φάση βαριάς προπόνησης, ακολουθούμενη από μία αποχή 2 εβδομάδων. Εξέτασαν τους δείκτες σύνθεσης NO (νιτρώδη και νιτρικά άλατα πλάσματος και ούρων), μυϊκής βλάβης (κινάση κρεατίνης ορού και γαλακτική αφυδρογονάση), οξειδωτικού στρες (F2-ισοπροστάνες), τη λειτουργία άσκησης αντοχής (αποτελεσματικότητα άσκησης, υπομέγιστη κατανάλωση οξυγόνου και χρήση υποστρώματος), τους δείκτες εσωτερικού προπονητικού φορτίου

(υποκειμενική ευεξία, βαθμολογία αντιληπτής προσπάθειας, μέγιστος ρυθμός αύξησης καρδιακού παλμού και μέγιστος καρδιακός ρυθμός) και την ψυχοκινητική ταχύτητα (χρόνος αντίδρασης επιλογής). Οι ερευνητές κατέληξαν ότι η κατανάλωση αμυγδάλων και αποξηραμένων φρούτων βελτιώνει την απόδοση της άσκησης αντοχής, την αποκατάσταση και την ψυχοκινητική ταχύτητα σε ένα πρόγραμμα προπόνησης αντοχής και επομένως ενισχύει τη φυσική κατάσταση των ανθρώπων.

Τα αμύγδαλα είναι μια υγιεινή τροφή πλούσια σε βιοδραστικά συστατικά και έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει το οξειδωτικό στρες, τη φλεγμονή κ.λπ. Ο στόχος της μελέτης των Yi et al. (2014) ήταν να εξετάσει την επίδραση των αμυγδάλων σε στοιχεία της απόδοσης της άσκησης αντοχής σε αθλητές και στην βελτίωση της φυσικής τους κατάστασης. Διεξήχθη διασταυρούμενη, ελεγχόμενη μελέτη διάρκειας 10 εβδομάδων. Οκτώ εκπαιδευμένοι άνδρες ποδηλάτες και δύο αθλητές τρίαθλου ανατέθηκαν τυχαία να καταναλώσουν 75 g/ημέρα ολόκληρα αμύγδαλα ή ισοθερμιδικά μπισκότα. Κατανάλωναν την ανατεθείσα τροφή για 4 εβδομάδες και στη συνέχεια την εναλλακτική τροφή για άλλες 4 εβδομάδες. Ένα πρόγραμμα άσκησης αποτελείται από 60–200 km ποδηλασίας αντοχής δρόμου και 4–24 km ποδηλασίας σπριντ. Τα άτομα ασχολήθηκαν με την προπόνηση 5-6 ημέρες την εβδομάδα με σταδιακή αύξηση σε ένταση και ποσότητα. Αν και ο ρυθμός της αντιληπτής προσπάθειας δεν ήταν διαφορετικός μεταξύ των ομάδων, η κατανάλωση αμυγδαλού αύξησε την απόσταση ποδηλασίας κατά τη διάρκεια της χρονομέτρησης κατά 1,7 km, ενώ η ισοθερμιδική κατανάλωση μπισκότων την αύξησε μόνο κατά 0,6 km. Η κατανάλωση αμυγδαλού είχε επίσης ως αποτέλεσμα υψηλότερη οξείδωση υδατανθράκων, υψηλότερα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, χαμηλότερη οξείδωση λίπους, χαμηλότερα επίπεδα ελεύθερων λιπαρών οξέων και χαμηλότερη κατανάλωση οξυγόνου σε σύγκριση με τις βασικές μετρήσεις, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα αμύγδαλα βοήθησαν τους αθλητές να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά τους υδατάνθρακες ως πηγή ενέργειας. Επιπλέον, τα επίπεδα αιμοσφαιρίνης και η συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα ήταν υψηλότερα κατά τη φάση του αμυγδαλού από εκείνα στη φάση των ισοθερμιδικών μπισκότων. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα αμύγδαλα μπορεί να είναι χρήσιμα για τη βελτίωση της απόδοσης στην άσκηση και τη φυσική τους κατάσταση.

Αν και προηγούμενες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στον ρόλο των φιστικιών στη μεταβολική υγεία, οι εργογονικές επιδράσεις του ξηρού καρπού πρέπει να διευκρινιστούν. Η μελέτη των Rayo et al., (2022) αξιολόγησε τον αντίκτυπο της κατανάλωσης ωμών, χωρίς κέλυφος, ανάλατων φιστικιών

στην υποκειμενική βαθμολογία καταπόνησης, την παραγωγή δύναμης, το κατακόρυφο άλμα και τους βιοχημικούς δείκτες κατόπιν άσκησης για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης. Χρησιμοποιώντας μία διασταυρούμενη μελέτη, 27 άνδρες αθλητές ολοκλήρωσαν 3 δοκιμές με τυχαιοποιημένο και αντισταθμισμένο τρόπο. Οι αθλητές στην ομάδα ελέγχου έλαβαν μόνο νερό, και οι υπόλοιποι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες που έλαβαν χαμηλή δόση (1,5 oz/d, PL) και υψηλή δόση (3,0 oz/d, PH) και κατανάλωναν φιστίκια για 2 εβδομάδες με διακοπή 3-4 εβδομάδων μεταξύ των δοκιμών. Το PH είχε χαμηλότερα ποσοστά καταπόνησης στους περισσότερους μύες μετά από 72 ώρες αποκατάστασης ( $p < 0,05$ ). Το PH εμπόδισε τη μείωση της παραγωγής δύναμης στις 120°/s κάμψης του γόνατος ( $p > 0,05$ ), ενώ η δύναμη μειώθηκε στις άλλες δοκιμές. Η κίνηση της κρεατίνης, η μυοσφαιρίνη και η C-αντιδρώσα πρωτεΐνη αυξήθηκαν με την πάροδο του χρόνου μετά την άσκηση ( $p < 0,05$ ). Αυτή η μελέτη δείχνει ότι 3,0 oz/d φιστικιών μπορεί να μειώσει την καθυστερημένη έναρξη του μυϊκού πόνου και να διατηρήσει τη μυϊκή δύναμη, προάγοντας ενδεχομένως την ανοχή στην άσκηση και τις προσαρμογές στην προπόνηση για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης.

Η πιπερόριζα-τζίντζερ (πλούσια σε τζιντζερόλη και σογκαόλη) έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως ως μπαχαρικά και για τη θεραπεία διαφόρων ασθενειών στην Ασία. Η κανέλα (που περιέχει κινναμυλοαλδεΐδη και κινναμυλαλδεΐδη) χρησιμοποιείται ως μπαχαρικό και ως φαρμακολογικός παράγοντας στην αρχαία ιατρική. Η έντονη άσκηση για την ενίσχυση της φυσικής κατάστασης ενός ατόμου μπορεί να οδηγήσει σε οξειδωτική βλάβη των κυτταρικών ενώσεων και επίσης μυϊκό πόνο. Η αποτελεσματικότητα της πιπερόριζας ως αντιοξειδωτικοί παράγοντες και η αποτελεσματικότητά τους στην απόδοση άσκησης και στη μείωση του μυϊκού πόνου έχουν διερευνηθεί σε περιορισμένες μελέτες σε ανθρώπους. Οι Mashhadi et al. (2013) μελέτησαν τις επιδράσεις της πιπερόριζας και της κανέλας στο οξειδωτικό στρες και την απόδοση άσκησης και τη σύσταση του σώματος σε Ιρανές αθλήτριες τάε κβον ντό για την ενίσχυση της φυσικής τους κατάστασης. Εξήντα υγιείς εκπαιδευμένες γυναίκες, ηλικίας 13-25 ετών, εγγράφηκαν στην έρευνα 6 εβδομάδων και κατηγοριοποιήθηκαν τυχαία σε τρεις ομάδες (κανέλα, τζίντζερ ή εικονικό φάρμακο) και έλαβαν τρία γραμμάρια τζίντζερ, κανέλα ή σκόνη εικονικού φαρμάκου κάθε μέρα ανάλογα με την ομάδα ανήκαν. Το επίπεδο ανθρώπινης μηλονοδιαλδεΐδης (MDA), η απόδοση της άσκησης και η σύσταση του σώματος αξιολογήθηκαν στην αρχή και στο τέλος της μελέτης και συγκρίθηκαν μεταξύ των ομάδων. Σαράντα εννέα από τους συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν την παρέμβαση των 6 εβδομάδων. Υπήρξε μικρή μείωση του MDA στην ομάδα της κανέλας και του

τζίντζερ σε σύγκριση με την ομάδα εικονικού φαρμάκου και σημαντική αύξηση στην απόδοση άσκησης στην ομάδα τζίντζερ ( $P < 0,01$ ), ενώ υπήρχαν σημαντικές αύξηση του ΔΜΣ για την ομάδα τζίντζερ ( $P < 0,1$ ) και την ομάδα κανέλας ( $P < 0,05$ ). Επομένως, έξι εβδομάδες χορήγηση τζίντζερ και κανέλας σε αθλήτριες έδειξαν σημαντική αλλαγή στο επίπεδο MDA, στη σύσταση του σώματος και στην απόδοση άσκησης σε σύγκριση με την ομάδα του εικονικού φαρμάκου οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι τα βιοδραστικά συστατικά των μπαχαρικών αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν θετικά κατά την προπόνηση για την ενίσχυση της φυσικής κατάστασης ενός ατόμου.

### **3.5 Βιοδραστικά συστατικά από ελαιόλαδο**

Η κατανάλωση ελαιολάδου σχετίζεται με μειωμένο κίνδυνο καρδιαγγειακών διαταραχών και θνησιμότητας, αλλά ο αντίκτυπος των συμπληρωμάτων ελαιολάδου στην απόδοση αντοχής είναι ακόμα ασαφής. Δεδομένου ότι τα ευεργετικά αποτελέσματα του ελαιολάδου παρατηρούνται σε συστημικό επίπεδο, η αποτελεσματικότητά του μπορεί να μην μετρηθεί επακριβώς μέσω των κοινώς καταχωρημένων μέγιστων και κατωφλίων τιμών ορισμένων φυσιολογικών παραμέτρων και παραμέτρων απόδοσης. Αντίθετα, προτείνεται η αξιολόγησή του μέσω μεταβλητών ικανών να αποτυπώσουν τη συντονισμένη συμπεριφορά των φυσιολογικών συστημάτων. Έτσι, ο στόχος της έρευνας των Esquius et al. (2019) ήταν να αξιολογήσει την επίδραση μιας οξείας συμπλήρωσης της διατροφής με έξτρα παρθένο ελαιόλαδο στον καρδιοαναπνευστικό συντονισμό (CRC) και στην απόδοση, σε σύγκριση με το φοινικέλαιο για την ενίσχυση της φυσικής κατάστασης. Πραγματοποιήθηκαν τρεις ξεχωριστές συνεδρίες δοκιμής χωρισμένες με διάστημα 7 ημερών. Κατά τη διάρκεια κάθε συνεδρίας, οι συμμετέχοντες ( $n = 7$ ) επαναλάμβαναν το ίδιο προοδευτικό και μέγιστο τεστ βάρδισης, αλλά κάτω από διαφορετικά συμπληρώματα διατροφής με τυχαιοποιημένη σειρά: (1) ελαιόλαδο, (2) φοινικέλαιο και (3) εικονικό φάρμακο. Πραγματοποιήθηκε μια ανάλυση επιλεγμένων καρδιαγγειακών και καρδιοαναπνευστικών μεταβλητών για την αξιολόγηση του CRC. Για την ακριβέστερη αξιολόγηση του CRC, όλα τα τεστ χωρίστηκαν σε 3 ίσες ενότητες, που αντιστοιχούν σε χαμηλή, μέτρια και υψηλή ένταση άσκησης και η προαναφερθείσα διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε τμήμα σε όλα τα τεστ. Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σχετικά με τις τιμές των καρδιαγγειακών και καρδιοαναπνευστικών μεταβλητών μεταξύ των συμπληρωμάτων διατροφής, μόνο σε μέτριας έντασης άσκηση. Η συμπλήρωση με εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο αύξησε το CRC κατά τη

διάρκεια μιας προοδευτικής δοκιμασίας βάρδισης σε μέτρια ένταση, αν και δεν άλλαξε την απόδοση και άλλους φυσιολογικούς δείκτες. Η ανάλυση του CRC εμφανίζεται ως ένα ευαίσθητο εργαλείο για τη διερεύνηση των φυσιολογικών επιδράσεων και των επιδόσεων των συμπληρωμάτων διατροφής και την επίδρασή τους στην ενίσχυση της φυσικής κατάστασης.

Η σωματική άσκηση για τη διατήρηση της φυσικής κατάστασης ενός ατόμου είναι γνωστό ότι έχει δοσοεξαρτώμενη επίδραση στο ανοσοποιητικό σύστημα και μπορεί να οδηγήσει σε φλεγμονώδη διαδικασία στα άτομα που είναι ανάλογη με την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης. Αυτή η φλεγμονώδης διαδικασία μπορεί να μετρηθεί με δείκτες κυττάρων όπως τα δενδριτικά κύτταρα (DCs), τα οποία, στους ανθρώπους, αποτελούνται από τους υποπληθυσμούς μυελοειδούς DC (mDCs) και πλασματοκυτταροειδούς DC (pDCs). Ο στόχος της μελέτης των Esquiús et al., (2021) ήταν η μέτρηση της διαφοροποίησης των δενδριτικών κυττάρων (DC) για τον προσδιορισμό των πιθανών αντιφλεγμονωδών επιδράσεων, μετά από έντονη αερόβια προσπάθεια, μετά τη λήψη ενός συμπληρώματος έξτρα παρθένου ελαιολάδου 25 mL. Τρία υγιή άτομα που προπονήθηκαν πραγματοποίησαν δοκιμές ασκήσεων για δύο ημέρες που χωρίζονταν με μία εβδομάδα μεταξύ τους: τη μία ημέρα μετά τη λήψη ενεργού συμπληρώματος και την άλλη ημέρα μετά τη λήψη συμπληρωμάτων εικονικού φαρμάκου. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η μεγαλύτερη αύξηση (77%) στο ποσοστό των mDCs ως ποσοστό των pDCs ήταν αμέσως μετά τη δοκιμή. Ανεξάρτητα από το συμπλήρωμα που ελήφθη, τα ώριμα mDCs παρουσίασαν πτωτική τάση μεταξύ της δοκιμής μία ώρα μετά και 24 ώρες μετά το τέλος της δοκιμής. Ωστόσο, μετρούμενη ως προς τον συντελεστή διακύμανσης, μόνο η μείωση (46%) μετά τη συμπλήρωση έξτρα παρθένου ελαιολάδου ήταν στατιστικά σημαντική (95% CI: 30-62%.  $p = 0,05$ ). Συμπερασματικά, ένα έξτρα παρθένο συμπλήρωμα ελαιολάδου θα μπορούσε να μειώσει τη φλεγμονώδη επίδραση της έντονης αερόβιας προσπάθειας και να βελτιώσει την ανάρρωση στις 24 ώρες και επομένως να μπορεί να ενισχύεται η φυσική κατάσταση του ατόμου χωρίς φλεγμονώδεις διαδικασίες.

### **3.6 Βιοδραστικά συστατικά από εκχυλίσματα φρούτων και λαχανικών (αβοκάντο, παντζάρι)**

Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι η τακτική κατανάλωση αβοκάντο έχει ευεργετικά αποτελέσματα στο καρδιαγγειακό σύστημα και κατά επέκταση κατά τη σωματική άσκηση για την ενίσχυση και διατήρηση της φυσικής κατάστασης ενός ατόμου. Ωστόσο, ελάχιστη προσοχή έχει

δοθεί στη χρήση του αβοκάντο ως συμπλήρωμα διατροφής, ιδιαίτερα για άτομα που ασχολούνται με την προπόνηση σωματικής άσκησης. Ως εκ τούτου, η μελέτη των Sousa et al. (2020) στοχεύει να αξιολογήσει την επίδραση της οξείας πρόσληψης πολλού αβοκάντο στην καρδιαγγειακή αποκατάσταση μετά από μέτρια άσκηση. Χρησιμοποιώντας ένα διασταυρούμενο, τυχαιοποιημένο, διπλά τυφλό και σχέδιο δοκιμής ελεγχόμενο με εικονικό φάρμακο, 16 υγιείς ενήλικες γυναίκες υποβλήθηκαν σε δύο πρωτόκολλα: πολλός αβοκάντο (600 mg σε κάψουλα) και εικονικό φάρμακο (600 mg αμύλου σε κάψουλα). Μετά την κατάποση πολλού αβοκάντο ή εικονικού φαρμάκου, τα άτομα κάθονταν για 60 λεπτά σε ηρεμία, ακολουθούμενη από τρέξιμο σε διάδρομο σε ένα υπομέγιστο επίπεδο και στη συνέχεια παρέμειναν καθισμένα για 60 λεπτά κατά την ανάκαμψη από την άσκηση. Ο καρδιακός ρυθμός (HR), η μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (HRV) και η αγωγιμότητα του δέρματος αξιολογήθηκαν πριν και κατά τη διάρκεια της άσκησης, καθώς και κατά την αποκατάσταση. Το HR, η συστολική αρτηριακή πίεση, η HRV και η αγωγιμότητα του δέρματος ανέκαμψαν ταχύτερα όταν στα άτομα δόθηκε πολλός αβοκάντο πριν από την άσκηση. Συμπερασματικά, ο πολλός αβοκάντο βελτίωσε την καρδιαγγειακή και την αυτόνομη αποκατάσταση μετά την άσκηση, υποδηλώνοντας μειωμένο κίνδυνο καρδιαγγειακών επεισοδίων μετά την άσκηση. Τα τρέχοντα αποτελέσματα υποστηρίζουν τα ευεργετικά αποτελέσματα της κατανάλωσης αβοκάντο πριν από το τρέξιμο σε διάδρομο επιβεβαιώνοντας τα θετικά αποτελέσματα της στη φυσική κατάσταση ενός ατόμου.

Οι Benjamim et al. (2021) αξιολόγησαν την επίδραση της πρόσληψης εκχυλίσματος παντζαριού στην καρδιαγγειακή αποκατάσταση μετά από άσκηση ενδυνάμωσης για την ενίσχυση της φυσικής κατάστασης ενός ατόμου. Διεξήγαγαν μια διασταυρούμενη, τυχαιοποιημένη, και ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο δοκιμή. Αξιολογήθηκαν 16 άτομα αλλά μόνο 12 υγιείς ενήλικες άντρες ολοκλήρωσαν τα δύο πρωτόκολλα σε δύο τυχαιοποιημένες ημέρες: εκχύλισμα παντζαριού (600 mg σε κάψουλα) και εικονικό φάρμακο (600 mg αμύλου σε κάψουλα). Μετά την κατανάλωση εκχυλίσματος παντζαριού ή εικονικού φαρμάκου, τα άτομα υπέμειναν 120 λεπτά καθισμένοι σε ηρεμία, ακολουθούμενη από άσκηση ενδυνάμωσης 75% 1RM και στη συνέχεια παρέμειναν καθισμένα για 60 λεπτά σε ηρεμία. Οι καρδιοαναπνευστικές παράμετροι, η μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (HR) (HRV) εκτιμήθηκαν πριν, κατά τη διάρκεια της άσκησης και κατά την ανάκαμψη από την άσκηση. Η κατανάλωση εκχυλίσματος παντζαριού πριν από την άσκηση επιταχύνει την αποκατάσταση μετά από σωματική προσπάθεια και βελτιώνει την ανάκτηση του ανθρώπινου δυναμικού στα αρχικά επίπεδα ηρεμίας μετά την άσκηση. Επομένως το εκχύλισμα



παντζαριού βελτίωσε έντονα την καρδιαγγειακή αποκατάσταση μετά την άσκηση επιβεβαιώνοντας την θετική επίδραση του στην ενίσχυση της φυσικής κατάστασης.

Ο χυμός παντζαριού έχει χρησιμοποιηθεί ως αθλητικό συμπλήρωμα, βελτιώνοντας την απόδοση στην προπόνηση για την ενίσχυση της φυσικής κατάστασης. Ωστόσο, η επίδρασή του στη ρύθμιση του αυτόνομου νευρικού συστήματος δεν έχει ακόμη μελετηθεί ευρέως. Επομένως, ο στόχος της τυχαιοποιημένης διασταυρούμενης μελέτης των Jurado-Castro et al. (2022) ήταν να αξιολογήσει την επίδραση της οξείας συμπλήρωσης με χυμό παντζαριού σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο στην αρτηριακή πίεση (BP), τον καρδιακό ρυθμό (HR), τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (HRV) και το εσωτερικό φορτίο κατά την προπόνηση. Έντεκα άντρες πραγματοποίησαν μια σταδιακή δοκιμή προπόνησης (τρία σετ στο 60%, 70% και 80% του μέγιστου επανάληψης τους). Τα HR και HRV μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια και μετά την άσκηση. Η συμπλήρωση με χυμό παντζαριού φαίνεται να είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για τη μείωση του εσωτερικού φορτίου της άσκησης κατά τη διάρκεια της προπόνησης ενώ ενισχύει τη φυσική κατάσταση του ατόμου.

### **3.7 Βιοδραστικά συστατικά από εκχυλίσματα κρέατος**

Το εκχύλισμα κρέατος κοτόπουλου είναι ένα δημοφιλές λειτουργικό φαγητό στην Ασία. Είναι πλούσιο στις βιοδραστικές ενώσεις καρνοσίνη και ανσερίνη, δύο διπεπτίδια που περιέχουν ιστιδίνη (HCD). Μελέτες υποδεικνύουν ότι η οξεία κατανάλωση εκχυλισμάτων κοτόπουλου πριν από την άσκηση έχει σημαντικές εφαρμογές για την απόδοση της άσκησης και τον έλεγχο της κόπωσης και την ενίσχυση της φυσικής κατάστασης. Η μελέτη των Barbaresi et al. (2021) είχε στόχο να αξιολογήσει το εργογονικό δυναμικό της κατανάλωσης πριν από την άσκηση ενός σπιτικού ζωμού κοτόπουλου (CB) έναντι μιας σούπας εικονικού φαρμάκου σε μια ποδηλατική άσκηση μικρής διάρκειας, υψηλής έντασης. Δεκατέσσερις άνδρες συμμετείχαν σε αυτή τη τυφλή, διασταυρούμενη ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο μελέτη παρέμβασης. Τα υποκείμενα έλαβαν είτε CB, λαμβάνοντας έτσι 46,4 mg/kg σωματικού βάρους, είτε μια σούπα εικονικού φαρμάκου (παρόμοια σε γεύση) 40 λεπτά πριν από τη διεξαγωγή μιας δοκιμής χρονομέτρησης 8 λεπτών (TT). Συλλέχθηκαν δείγματα φλεβικού αίματος κατά την άφιξη (νηστεία), πριν από την άσκηση και σε 5 λεπτά ανάκαμψης. Η HCD πλάσματος μετρήθηκε με UPLC-MS/MS και η γλουταθειόνη (στα ερυθρά αιμοσφαίρια) μετρήθηκε μέσω HPLC. Παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση της μέσης ισχύος TT των 8 λεπτών μετά τη λήψη συμπληρωμάτων CB σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο. Η καρνοσίνη πλάσματος μετά την άσκηση ( $p < 0,05$ ) και η ανσερίνη ( $p < 0,001$ ) αυξήθηκαν

σημαντικά μετά τη λήψη συμπληρωμάτων CB και όχι μετά από εικονικό φάρμακο. Επομένως, η κατανάλωση συμπληρώματος CB βελτίωσε την απόδοση TT 8 λεπτών, αν και δεν επηρέασε την οξεοβασική ισορροπία ή τις παραμέτρους της οξειδωτικής κατάστασης αλλά γενικά ενίσχυσε την αντοχή για την βελτίωση της φυσικής κατάστασης του ατόμου.

## **Συμπεράσματα**

Η κατανάλωση λειτουργικών τροφίμων και των βιοδραστικών τους συστατικών αποτελεί μία εναλλακτική μέθοδο διαχείρισης της σωματικής άσκησης και βελτίωσης των μεταβολικών συνεπειών της για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης του ατόμου. Τα τελευταία χρόνια, πολλές μελέτες σε ζώα, καθώς και κλινικές δοκιμές σε ανθρώπους και επιδημιολογικές μελέτες, έχουν πραγματοποιηθεί για να διερευνηθούν την πιθανή επίδραση συγκεκριμένων λειτουργικών τροφίμων και των βιοδραστικών ενώσεων τους στον έλεγχο των μεταβολικών συνεπειών της σωματικής καταπόνησης κατά τη διάρκεια μίας προπόνησης για την ενίσχυση της φυσικής κατάστασης ενός ατόμου.

Οι πιθανοί μηχανισμοί της θετικής επίδρασης της κατανάλωσης λειτουργικών τροφίμων και των βιοδραστικών τους συστατικών και της φυσικής κατάστασης εξακολουθούν να χρειάζονται περαιτέρω διευκρίνιση και ενδέχεται να έχουν προοπτική ως νέα στρατηγική για ενίσχυση της φυσικής δραστηριότητας.

Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση είναι μια προσπάθεια να συνοψιστούν τα βασικά ευρήματα πρόσφατων μελετών σχετικά με την πιθανή επίδραση συγκεκριμένων λειτουργικών τροφίμων και βιοδραστικών ενώσεων στη διαχείριση της φυσικής δραστηριότητας του ατόμου. Η εργασία μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση της υπάρχουσας έρευνας σε αυτόν τον τομέα και να οδηγήσει για περαιτέρω επιστημονική έρευνα. Πέρα από τα παρουσιαζόμενα λειτουργικά τρόφιμα, ορισμένα επιστημονικά δεδομένα υποδεικνύουν πιθανές επιδράσεις στη φυσική δραστηριότητα και για άλλα τρόφιμα, όπως εκχυλίσματα καυτελής πιπεριάς, γκρέιπφρουτ, ροδιού κ.λπ. Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη, επιλέχθηκαν να εξεταστούν τα επιστημονικά στοιχεία για συγκεκριμένα λειτουργικά τρόφιμα που έχουν αναφερθεί σε μεγαλύτερο αριθμό άρθρων.

Όπως έδειξε η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση, τα περισσότερα από τα επιστημονικά δεδομένα υποδηλώνουν ότι συγκεκριμένα λειτουργικά τρόφιμα, ως μέρος μιας ισορροπημένης διατροφής, θα μπορούσαν να είναι χρήσιμα στη διαχείριση της σωματικής δραστηριότητας και στη μείωση των μεταβολικών συνεπειών της για τον έλεγχο της φυσικής κατάστασης. Ωστόσο, ο ρόλος τους παραμένει ασαφής στις περισσότερες περιπτώσεις. Επομένως, απαιτούνται περισσότερες κλινικές και επιδημιολογικές μελέτες προκειμένου να εξαχθούν ασφαλέστερα αποτελέσματα και συμπεράσματα και να διερευνηθούν περαιτέρω οι μηχανισμοί δράσης τους στον οργανισμό.

## Βιβλιογραφία

- Aguayo, E., Tarazona-Díaz, M. P., Martínez-Sánchez, A., & García-González, A. (2017). Influence of Moderate High-Pressure Homogenization on Quality of Bioactive Compounds of Functional Food Supplements. *Journal of Food Quality*, 2017, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2017/2856125>
- Aoi, W., Naito, Y., Takanami, Y., Kawai, Y., Sakuma, K., Ichikawa, H., Yoshida, N., & Yoshikawa, T. (2004). Oxidative stress and delayed-onset muscle damage after exercise. *Free Radical Biology and Medicine*, 37(4), 480–487. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2004.05.008>
- Baker, L. B., De Chavez, P. J. D., Ungaro, C. T., Sopena, B. C., Nuccio, R. P., Reimel, A. J., & Barnes, K. A. (2019). Exercise intensity effects on total sweat electrolyte losses and regional vs. whole-body sweat [Na<sup>+</sup>], [Cl<sup>-</sup>], and [K<sup>+</sup>]. *European Journal of Applied Physiology*, 119(2), 361–375. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-4048-z>
- Barbaresi, S., Blancquaert, L., Nikolovski, Z., de Jager, S., Wilson, M., Everaert, I., De Baere, S., Croubels, S., De Smet, S., Cable, N. T., & Derave, W. (2021). Ergogenic effect of pre-exercise chicken broth ingestion on a high-intensity cycling time-trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00408-6>
- Benjamim, C. J. R., S. Júnior, F. W., de Figueirêdo, M. Í. L. S., Benjamim, C. J. R., Cavalcante, T. C. F., da Silva, A. A. M., Monteiro, L. R. L., Santana, M. D. R., Garner, D. M., & Valenti, V. E. (2021). Beetroot ( *Beta Vulgaris* L. ) Extract Acutely Improves Heart Rate Variability Recovery Following Strength Exercise: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Crossover Trial-Pilot Study. *Journal of the American College of Nutrition*, 40(4), 307–316. <https://doi.org/10.1080/07315724.2020.1774441>
- Betoret, E., Betoret, N., Vidal, D., & Fito, P. (2011). Functional foods development: Trends and technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 22(9), 498–508. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.05.004>
- Betoret, N., Puente, L., Díaz, M. ., Pagán, M. ., García, M. ., Gras, M. ., Martínez-Monzó, J., & Fito, P. (2003). Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation. *Journal of Food Engineering*, 56(2–3), 273–277. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00268-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00268-6)

- Biddle, S. J. H., Bengoechea García, E., Pedisic, Z., Bennie, J., Vergeer, I., & Wiesner, G. (2017). Screen Time, Other Sedentary Behaviours, and Obesity Risk in Adults: A Review of Reviews. *Current Obesity Reports*, 6(2), 134–147. <https://doi.org/10.1007/s13679-017-0256-9>
- Børsheim, E., Aarland, A., & Wolfe, R. R. (2004). Effect of an Amino Acid, Protein, and Carbohydrate Mixture on Net Muscle Protein Balance after Resistance Exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(3), 255–271. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.14.3.255>
- Buono, M. J., Lee, N. V. L., & Miller, P. W. (2010). The relationship between exercise intensity and the sweat lactate excretion rate. *The Journal of Physiological Sciences*, 60(2), 103–107. <https://doi.org/10.1007/s12576-009-0073-3>
- Chopra, S., Pillai, K. K., Husain, S. Z., & Giri, D. K. (1995). Propolis Protects against Doxorubicin-Induced Myocardiopathy in Rats. *Experimental and Molecular Pathology*, 62(3), 190–198. <https://doi.org/10.1006/exmp.1995.1021>
- D’Unienville, N. M., Hill, A. M., Coates, A. M., Yandell, C., Nelson, M. J., & Buckley, J. D. (2019). Effects of almond, dried grape and dried cranberry consumption on endurance exercise performance, recovery and psychomotor speed: protocol of a randomised controlled trial. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 5(1), e000560corr1. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000560corr1>
- da Silva, W., Machado, Á. S., Souza, M. A., Mello-Carpes, P. B., & Carpes, F. P. (2018). Effect of green tea extract supplementation on exercise-induced delayed onset muscle soreness and muscular damage. *Physiology & Behavior*, 194, 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.05.006>
- Daigle, K., Subach, R., & Valliant, M. (2021). Academy of Nutrition and Dietetics: Revised 2021 Standards of Practice and Standards of Professional Performance for Registered Dietitian Nutritionists (Competent, Proficient, and Expert) in Sports and Human Performance Nutrition. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 121(9), 1813-1830.e55. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2021.04.018>
- Espinoza, A. D., Morawicki, R. O., & Hager, T. (2012). Hydrolysis of Whey Protein Isolate Using Subcritical Water. *Journal of Food Science*, 77(1), C20–C26. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02462.x>

- Esquiús, L., García-Retortillo, S., Balagué, N., Hristovski, R., & Javierre, C. (2019). Physiological- and performance-related effects of acute olive oil supplementation at moderate exercise intensity. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0279-6>
- Esquiús, L., Javierre, C., Llaudó, I., Rama, I., Oviedo, G. R., Massip-Salcedo, M., Aguilar-Martínez, A., Niño, O., & Lloberas, N. (2021). Impact of Olive Oil Supplement Intake on Dendritic Cell Maturation after Strenuous Physical Exercise: A Preliminary Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4128. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084128>
- Ferguson-Stegall, L., McCleave, E. L., Ding, Z., Doerner, P. G., Wang, B., Liao, Y.-H., Kammer, L., Liu, Y., Hwang, J., Dessard, B. M., & Ivy, J. L. (2011). Postexercise Carbohydrate–Protein Supplementation Improves Subsequent Exercise Performance and Intracellular Signaling for Protein Synthesis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1210–1224. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318212db21>
- Fierascu, R. C., Fierascu, I., Baroi, A. M., & Ortan, A. (2021). Selected Aspects Related to Medicinal and Aromatic Plants as Alternative Sources of Bioactive Compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(4), 1521. <https://doi.org/10.3390/ijms22041521>
- Gissel, H., & Clausen, T. (2001). Excitation-induced Ca<sup>2+</sup> influx and skeletal muscle cell damage. *Acta Physiologica Scandinavica*, 171(3), 327–334. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.2001.00835.x>
- Guerra-Almonacid, C. M., Torruco-Uco, J. G., Jonh Jairo Méndez-Arteaga, W. M.-A., & Rodríguez-Miranda, J. (2019). Effect of ultrasound pretreatment on the antioxidant capacity and antihypertensive activity of bioactive peptides obtained from the protein hydrolysates of *Erythrina edulis*. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 288. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i4.1938>
- Hosseini-Zare, M. S., Sarhadi, M., Zarei, M., Thilagavathi, R., & Selvam, C. (2021). Synergistic effects of curcumin and its analogs with other bioactive compounds: A comprehensive review. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 210, 113072. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2020.113072>
- Hosseini, F., Reza Sanjabi, M., Kazemi, M., & Ghaemian, N. (2022). Bioactive Ingredients in

- Functional Foods: Current Status and Future Trends. In *Current Topics in Functional Food*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.104416>
- Indira, M., Venkateswarulu, T. C., Abraham Peele, K., Nazneen Bobby, M., & Krupanidhi, S. (2019). Bioactive molecules of probiotic bacteria and their mechanism of action: a review. *3 Biotech*, *9*(8), 306. <https://doi.org/10.1007/s13205-019-1841-2>
- Jówko, E., Długołęcka, B., Makaruk, B., & Cieśliński, I. (2015). The effect of green tea extract supplementation on exercise-induced oxidative stress parameters in male sprinters. *European Journal of Nutrition*, *54*(5), 783–791. <https://doi.org/10.1007/s00394-014-0757-1>
- Jurado-Castro, J. M., Casanova-Rodriguez, D., Campos-Perez, J., Llorente-Cantarero, F. J., De La Florida-Villagran, C. A., Diaz-Bernier, V. M., & Ranchal-Sanchez, A. (2022). Beetroot Juice Produces Changes in Heart Rate Variability and Reduces Internal Load during Resistance Training in Men: A Randomized Double-Blind Crossover. *Nutrients*, *14*(23), 5119. <https://doi.org/10.3390/nu14235119>
- Katouzian, I., Faridi Esfanjani, A., Jafari, S. M., & Akhavan, S. (2017). Formulation and application of a new generation of lipid nano-carriers for the food bioactive ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, *68*, 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.017>
- Kaur, S., & Das, M. (2011). Functional foods: An overview. *Food Science and Biotechnology*, *20*(4), 861–875. <https://doi.org/10.1007/s10068-011-0121-7>
- Keservani, R., Kesharwani, R., Sharma, A., Gautam, S., & Verma, S. (2017). Nutraceutical formulations and challenges. In *Developing New Functional Food and Nutraceutical Products* (pp. 161–177). Elsevier Inc.
- Kiuru, P., D’Auria, M., Muller, C., Tammela, P., Vuorela, H., & Yli-Kauhaluoma, J. (2014). Exploring Marine Resources for Bioactive Compounds. *Planta Medica*, *80*(14), 1234–1246. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1383001>
- Kong, K.-W., Khoo, H.-E., Prasad, K. N., Ismail, A., Tan, C.-P., & Rajab, N. F. (2010). Revealing the Power of the Natural Red Pigment Lycopene. *Molecules*, *15*(2), 959–987. <https://doi.org/10.3390/molecules15020959>
- Krause, M. S., McClenaghan, N. H., Flatt, P. R., Homem de Bittencourt, P. I., Murphy, C., & Newsholme, P. (2011). l-Arginine is essential for pancreatic  $\beta$ -cell functional integrity, metabolism and defense from inflammatory challenge. *Journal of Endocrinology*, *211*(1), 87–97. <https://doi.org/10.1530/JOE-11-0236>

- Latzka, W. A., & Montain, S. J. (1999). WATER AND ELECTROLYTE REQUIREMENTS FOR EXERCISE. *Clinics in Sports Medicine*, 18(3), 513–524. [https://doi.org/10.1016/S0278-5919\(05\)70165-4](https://doi.org/10.1016/S0278-5919(05)70165-4)
- Leite, N. N., Cota, B. C., Gotine, A. R. E. M., Rocha, D. M. U. P., Pereira, P. F., & Hermsdorff, H. H. M. (2021). Visceral adiposity index is positively associated with blood pressure: A systematic review. *Obesity Research & Clinical Practice*, 15(6), 546–556. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2021.10.001>
- Leitzmann, C. (2016). Characteristics and Health Benefits of Phytochemicals. *Complementary Medicine Research*, 23(2), 69–74. <https://doi.org/10.1159/000444063>
- Liang, Q., Ren, X., Ma, H., Li, S., Xu, K., & Oladejo, A. O. (2017). Effect of Low-Frequency Ultrasonic-Assisted Enzymolysis on the Physicochemical and Antioxidant Properties of Corn Protein Hydrolysates. *Journal of Food Quality*, 2017, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2017/2784146>
- Machado, Á. S., da Silva, W., Souza, M. A., & Carpes, F. P. (2018). Green Tea Extract Preserves Neuromuscular Activation and Muscle Damage Markers in Athletes Under Cumulative Fatigue. *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01137>
- Martín, M. J., Lara-Villoslada, F., Ruiz, M. A., & Morales, M. E. (2015). Microencapsulation of bacteria: A review of different technologies and their impact on the probiotic effects. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 27, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.09.010>
- Martins, Z. E., Pinho, O., & Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2017). Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 106–128. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.003>
- Mashhadi, N. S., Ghasvand, R., Hariri, M., Askari, G., Feizi, A., Darvishi, L., Hajishafiee, M., & Barani, A. (2013). Effect of ginger and cinnamon intake on oxidative stress and exercise performance and body composition in Iranian female athletes. *International Journal of Preventive Medicine*, 4(Suppl 1), S31-5. <https://doi.org/23717766>
- Mccall, G. E., Byrnes, W. C., Fleck, S. J., Dickinson, A., & Kraemer, W. J. (1999). Acute and Chronic Hormonal Responses to Resistance Training Designed to Promote Muscle Hypertrophy. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24(1), 96–107. <https://doi.org/10.1139/h99-009>



- Nitschke, E., Gottesman, K., Hamlett, P., Mattar, L., Robinson, J., Tovar, A., & Rozga, M. (2022). Impact of Nutrition and Physical Activity Interventions Provided by Nutrition and Exercise Practitioners for the Adult General Population: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, *14*(9), 1729. <https://doi.org/10.3390/nu14091729>
- Nyberg, S., Gerring, E., Gjellan, S., Vergara, M., Lindström, T., & Nystrom, F. H. (2013). Effects of exercise with or without blueberries in the diet on cardio-metabolic risk factors: An exploratory pilot study in healthy subjects. *Upsala Journal of Medical Sciences*, *118*(4), 247–255. <https://doi.org/10.3109/03009734.2013.825348>
- O'Connor, E. A., Evans, C. V., Rushkin, M. C., Redmond, N., & Lin, J. S. (2020). Behavioral Counseling to Promote a Healthy Diet and Physical Activity for Cardiovascular Disease Prevention in Adults With Cardiovascular Risk Factors. *JAMA*, *324*(20), 2076. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.17108>
- Perez-Gregorio, R., & Simal-Gandara, J. (2017). A Critical Review of Bioactive Food Components, and of their Functional Mechanisms, Biological Effects and Health Outcomes. *Current Pharmaceutical Design*, *23*(19), 2731–2741. <https://doi.org/10.2174/1381612823666170317122913>
- Rayo, V. U., Thayer, I., Galloway, S. D. R., Hong, M. Y., Hooshmand, S., Liu, C., North, E., Okamoto, L., O'Neal, T., Philpott, J., Witard, O. C., & Kern, M. (2022). Influence of pistachios on force production, subjective ratings of pain, and oxidative stress following exercise-induced muscle damage in moderately trained athletes: A randomized, crossover trial. *Metabolism Open*, *16*, 100215. <https://doi.org/10.1016/j.metop.2022.100215>
- Rivero-Montejo, S. de J., Vargas-Hernandez, M., & Torres-Pacheco, I. (2021). Nanoparticles as Novel Elicitors to Improve Bioactive Compounds in Plants. *Agriculture*, *11*(2), 134. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020134>
- Robergs, R. A., & Griffin, S. E. (1998). Glycerol. *Sports Medicine*, *26*(3), 145–167. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826030-00002>
- Ruiz Rodríguez, L. G., Zamora Gasga, V. M., Pescuma, M., Van Nieuwenhove, C., Mozzi, F., & Sánchez Burgos, J. A. (2021). Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages. *Food Research International*, *140*, 109854. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109854>

- Salazar-López, N. J., Domínguez-Avila, J. A., Yahia, E. M., Belmonte-Herrera, B. H., Wall-Medrano, A., Montalvo-González, E., & González-Aguilar, G. A. (2020). Avocado fruit and by-products as potential sources of bioactive compounds. *Food Research International*, *138*, 109774. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109774>
- Saricaoglu, F. T., Atalar, I., Yilmaz, V. A., Odabas, H. I., & Gul, O. (2019). Application of multi pass high pressure homogenization to improve stability, physical and bioactive properties of rosehip (*Rosa canina* L.) nectar. *Food Chemistry*, *282*, 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.002>
- Schwingshackl, L., Bogensberger, B., & Hoffmann, G. (2018). Diet Quality as Assessed by the Healthy Eating Index, Alternate Healthy Eating Index, Dietary Approaches to Stop Hypertension Score, and Health Outcomes: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, *118*(1), 74-100.e11. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2017.08.024>
- Skarpańska-Stejnborn, A., Basta, P., Sadowska, J., & Pilaczyńska-Szczeñniak, Ł. (2014). Effect of supplementation with chokeberry juice on the inflammatory status and markers of iron metabolism in rowers. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *11*(1). <https://doi.org/10.1186/s12970-014-0048-5>
- Smeets, A. J., Janssens, P. L. H. R., & Westerterp-Plantenga, M. S. (2013). Addition of Capsaicin and Exchange of Carbohydrate with Protein Counteract Energy Intake Restriction Effects on Fullness and Energy Expenditure. *The Journal of Nutrition*, *143*(4), 442–447. <https://doi.org/10.3945/jn.112.170613>
- Sousa, F. H., Valenti, V. E., Pereira, L. C., Bueno, R. R., Prates, S., Akimoto, A. N., Kaviani, M., Garner, D. M., Amaral, J. A. T., & de Abreu, L. C. (2020). Avocado (*Persea americana*) pulp improves cardiovascular and autonomic recovery following submaximal running: a crossover, randomized, double-blind and placebo-controlled trial. *Scientific Reports*, *10*(1), 10703. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67577-3>
- Torquati, L., Peeters, G., Brown, W., & Skinner, T. (2018). A Daily Cup of Tea or Coffee May Keep You Moving: Association between Tea and Coffee Consumption and Physical Activity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(9), 1812. <https://doi.org/10.3390/ijerph15091812>
- Turley, K. R., DeSisso, T., & Gerst, J. W. (2007). Effects of Caffeine on Physiological Responses

- to Exercise: Boys versus Men. *Pediatric Exercise Science*, 19(4), 481–492.  
<https://doi.org/10.1123/pes.19.4.481>
- TURLEY, K. R., & GERST, J. W. (2006). Effects of Caffeine on Physiological Responses to Exercise in Young Boys and Girls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(3), 520–526. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000191189.40436.73>
- Turley, K. R., Rivas, J. D., Townsend, J. R., Morton, A. B., Kosarek, J. W., & Cullum, M. G. (2012). Effects of Caffeine on Anaerobic Exercise in Boys. *Pediatric Exercise Science*, 24(2), 210–219. <https://doi.org/10.1123/pes.24.2.210>
- Ulug, S. K., Jahandideh, F., & Wu, J. (2021). Novel technologies for the production of bioactive peptides. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.002>
- World Health Organization. (2021). *Noncommunicable Diseases*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- Yi, M., Fu, J., Zhou, L., Gao, H., Fan, C., Shao, J., Xu, B., Wang, Q., Li, J., Huang, G., Lapsley, K., Blumberg, J. B., & Chen, C.-Y. O. (2014). The effect of almond consumption on elements of endurance exercise performance in trained athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/1550-2783-11-18>
- Zhang, T., Li, N., Chen, S., Hou, Z., & Saito, A. (2020). Effects of Brisk Walking Combined with Green Tea Extract on the Aerobic Capacity and Physical Fitness Function in Overweight and Obese Men: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Advances in Physical Education*, 10(03), 207–216. <https://doi.org/10.4236/ape.2020.103018>