



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάπτυξη καινοτόμων λειτουργικών παιδικών συμπληρωμάτων διατροφής πλούσιων σε πολυφαινόλες από φυσικές πρώτες ύλες: Χαρακτηρισμός φυσικοχημικών και βιολειτουργικών ιδιοτήτων με εφαρμογή αναλυτικών μεθόδων και αξιολόγηση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών



Ρωμαίου Λαμπρινή

Χριστάνα Βασιλική

Επιβλέπων Καθηγητής: Χατζημητάκος Θεόδωρος

ΚΑΡΔΙΤΣΑ

ΜΑΡΤΙΟΣ 2024

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τίτλος: Ανάπτυξη καινοτόμων λειτουργικών παιδικών συμπληρωμάτων διατροφής πλούσιων σε πολυφαινόλες από φυσικές πρώτες ύλες: Χαρακτηρισμός φυσικοχημικών και βιολειτουργικών ιδιοτήτων με εφαρμογή αναλυτικών μεθόδων και αξιολόγηση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά τη εαρινή περίοδο του Ακαδημαϊκού Έτους 2023-2024 στα πλαίσια των Προπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Το αντικείμενο της μελέτης είναι η διερεύνηση της δημιουργίας παιδικών συμπληρωμάτων διατροφής από φαρμακευτικά φυτά (π.χ. χαμομήλι κ.α.) και φρούτα (π.χ. μύρτιλα, φράουλες, λεμόνι, πορτοκάλι κ.α.) τα οποία θα είναι πλούσια σε πολυφαινόλες και βιταμίνες, με απώτερο σκοπό την προώθηση της υγείας και της ευεξίας των παιδιών. Κεντρικά ερωτήματα περιλαμβάνουν την επιλογή των κατάλληλων φρούτων και φυτών, την βέλτιστη αναλογία τους για τη δημιουργία των παιδικών συμπληρωμάτων, την πιθανή χρήση φυσικών γλυκαντικών και τέλος την ανάλυση των συμπληρωμάτων μέσω των μεθόδων Follin, Frap, DPPH και HPLC για να αναδειχθούν τα πιθανά οφέλη για την υγεία, μέσω των θρεπτικών συστατικών και των βιολειτουργικών συστατικών που περιέχουν.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: συμπληρώματα; παιδιά; φρούτα; φυτά ; πολυφαινόλες ; βιολειτουργικές; ιδιότητες; αναλυτικές; μέθοδοι; οργανοληπτικά; χαρακτηριστικά; υγεία; ευεξία;

ABSTARCT

Title: Development of innovative functional children's nutritional supplements rich in polyphenols from natural raw materials: Characterization of physicochemical and biofunctional properties using analytical methods and evaluation of sensory attributes

This thesis was conducted during the summer semester of the Academic Year 2023-2024 as part of the undergraduate studies of the Department of Food Science and Nutrition at the University of Thessaly. The aim of the study is to investigate the development of children's food supplements from medicinal plants (e.g. chamomile, etc.) and fruits (e.g. blueberries, strawberries, lemon, orange, etc.) which will be rich in polyphenols and vitamins, with the ultimate goal of promoting the health and well-being of children. Key questions include the selection of appropriate fruits and plants, their optimal ratio for the creation of children's supplements, the possible use of natural sweeteners and finally the analysis of the supplements through the Follin, Frap, DPPH and HPLC methods to highlight the potential health benefits, through the nutrients and biofunctional components they contain.

KEYWORDS: supplements; children; fruits; plants; polyphenols; biofunctional; properties; analytical; methods; sensory; characteristics; health; well-being;

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας, θα θέλαμε να εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη σε όλους όσους μας στήριξαν κατά τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας. Αρχικά, ευχαριστούμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας, κ. Θ. Χατζημητάκο για την αμέριστη καθοδήγηση, τις πολύτιμες συμβουλές και την εμπιστοσύνη που μας έδειξε σε όλο το πλαίσιο της εργασίας μας. Θα θέλαμε επίσης να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας, που μας στήριξαν σε κάθε μας βήμα. Η ηθική και υλική στήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας, καθώς και η πίστη τους στις δυνατότητες μας, λειτούργησαν καταλυτικά στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας. Τέλος, ευχαριστούμε η μία την άλλη για την μεταξύ μας πολύτιμη σύνδεση, την άψογη συνεργασία και τη διαρκή κατανόηση που μοιραστήκαμε, κατά την περίοδο εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	2
Abstarct	3
Ευχαριστίες.....	4
Κατάλογος Συντομογραφιών.....	7
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι. Θεωρητικό Μέρος</u>	
1.1.Τι είναι οι πολυφαινόλες και ποια η επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό.....	8
1.2.Είδη πολυφαινολών.....	13
1.3.Αντιοξειδωτική ικανότητα, ελεύθερες ρίζες οξειδωτικό στρες.....	22
1.4.Πως αντιδρούν οι πολυφαινόλες στον ανθρώπινο οργανισμό.....	26
1.5. Τα οφέλη των πολυφαινολών για την υγεία.....	27
1.6.Πως επηρεάζεται το μικροβίωμα με την αλληλεπίδραση των πολυφαινολών.....	28
1.7.Επιδράσεις των πολυφαινολών στην καρδιομεταβολική υγεία.....	29
1.8.Επιδράσεις των πολυφαινολών στη γνωστική λειτουργία.....	31
1.9.Επίδραση της αποθήκευσης στην περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, βιταμίνη C και στην αντιοξειδωτική δράση των φλοιών και των χυμών πορτοκαλιού.....	32
1.10.Πολυφαινόλες Παιδιά και ΔΕΠΥ.....	33
1.11.Εμπλουτισμένα Τρόφιμα και Συμπληρώματα Διατροφής.....	36
1.12.Η Σημασία των Συμπληρωμάτων Διατροφής στα Παιδιά.....	38
1.13.Πολυφαινόλες στα φρούτα μελέτης.....	40
Σκοπός.....	78
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΙΙ. Πειραματικό Μέρος</u>	
2.1 Εργαστηριακός Εξοπλισμός.....	79

2.2 Χημικές Ουσίες και Αντιδραστήρια.....	79
2.3 Προετοιμασία Δειγμάτων.....	80
2.4. Συνδυασμοί τελικών εκχυλισμάτων.....	81
2.5. Οργανοληπτικός έλεγχος.....	85
2.6.Προσδιορισμός ολικών πολυφαινόλων.....	87
2.7. Εκτίμηση της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (FRAP).....	88
2.8. Μέθοδος DPPH.....	89
2.9. Μέθοδος HPLC.....	90
2.10. Προκαταρκτικά αποτελέσματα.....	91
2.11.Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου.....	96
2.12.Αποτελέσματα προσδιορισμού ολικών πολυφαινόλων.....	105
2.13.Αποτελέσματα προσδιορισμού συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (FRAP).....	106
2.14. Αποτελέσματα DPPH.....	107
2.15. Αποτελέσματα HPLC.....	109
2.16.Επιλογή βέλτιστου εκχυλίσματος.....	109
 III. <u>Συμπεράσματα</u>	 110
Κατάλογος Εικόνων.....	111
Κατάλογος Γραφημάτων.....	112
Κατάλογος Πινάκων.....	114
Πηγές Εικόνων.....	115
Βιβλιογραφικές Παραπομπές.....	117

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

1. Frap= Fluorescence Recovery After Photobleaching
2. DppH= 2,2 Diphenyl-1-Picrylhydrazyl
3. HPLC= High Performance Liquid Chromatography,
4. BHT= Butylated Hydroxytoluene
5. TBHQ= Tertiary Butylhydroquinone
6. HbA1c= Hemoglobin A1c ή Glycated Hemoglobin
7. LDL= Low Density Lipoprotein
8. HDL= High Density Lipoprotein
9. IL-1 β = Interleukin 1 beta
10. IL-6= Interleukin-6
11. ΔΕΠΥ= Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής με Υπερκινητικότητα
12. FFQ= Food Frequency Questionnaire
13. NIH= National Institutes of Health
14. ROS= Reactive Oxygen Species
15. ALT= Alanine Aminotransferase
16. AST= Aspartate Aminotransferase

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ι.ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1.Τι είναι οι πολυφαινόλες και ποια η επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό

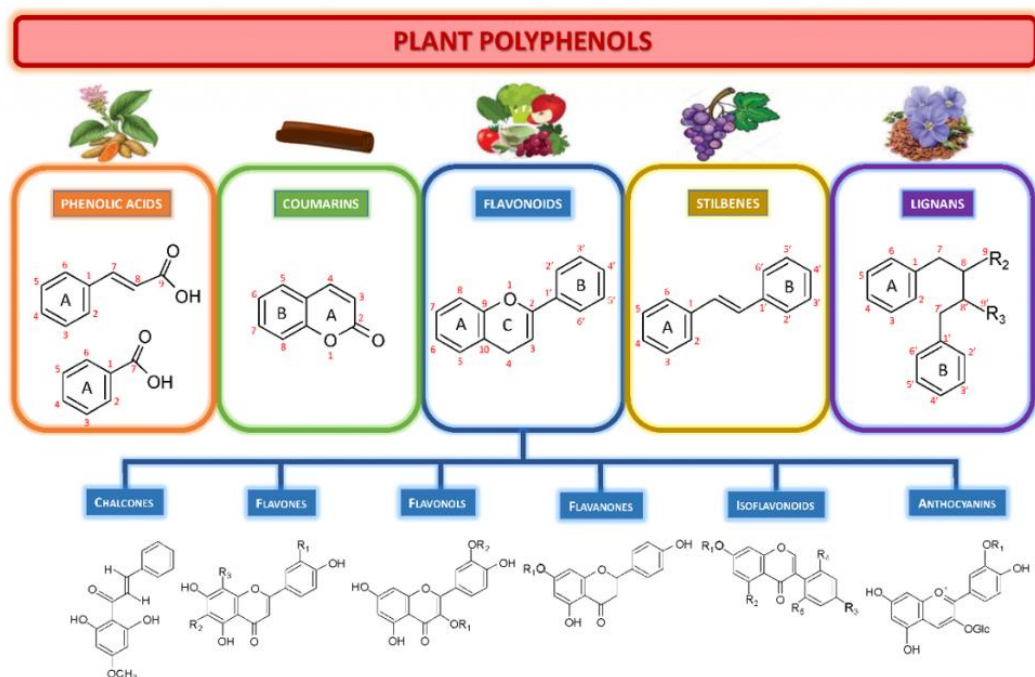
Ο όρος «φαινολικές ενώσεις» ή «πολυφαινόλες» (Kumar & Pandey, 2013) αναφέρεται σε χημικές ουσίες που περιέχουν έναν αρωματικό δακτύλιο, ο οποίος φέρει μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες (-OH) ή παράγωγά τους όπως εστέρες, μεθυλαιθέρες και γλυκοζίτες. Οι δομές αυτών των ενώσεων ποικίλλουν από απλές μοριακές ενώσεις μέχρι σύνθετα πολυμερή με υψηλό μοριακό βάρος. Συγκεκριμένα ο όρος «φαινόλη» περιγράφει ενώσεις με έναν μόνο αρωματικό δακτύλιο που διαθέτει τουλάχιστον μία υδροξυλομάδα, ενώ οι «πολυφαινόλες» αναφέρονται σε φυσικά προϊόντα που περιλαμβάνουν δύο ή περισσότερους τέτοιους δακτυλίους καθέναν με μια ή περισσότερες υδροξυλομάδες (Kamiloglu et al., 2019). Συνήθως οι φαινόλες φέρνουν δύο ή περισσότερες υδροξυλομάδες οι οποίες αποτελούν τη βιολογικά ενεργή ομάδα και βρίσκονται σε φυτά και τρόφιμα που καταναλώνονται ευρέως από τον άνθρωπο. Η βασική χημική δομή της φαινόλης είναι ο βενζολικός δακτύλιος με συνδεδεμένη υδροξυλομάδα (-OH) με μοριακό τύπο C_6H_5OH . Επιπλέον οι φαινολικές ενώσεις μπορεί να περιλαμβάνουν έναν ή περισσότερους βενζολικούς δακτυλίους με μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες όπως συμβαίνει στις πολυφαινόλες. Οι πολυφαινόλες είναι κομμάτι μιας μεγάλης κατηγορίας βιοδραστικών φυτοχημικών και αποτελούνται από πολλές κατηγορίες όπως για παράδειγμα στιβάνια, φλαβονοειδή, τερπενοειδή π.χ. καροτονοειδή, φαινολικά οξέα και λιγνάνες. Ακόμα και άζωτο π.χ. αλκαλοειδή και θειούχα προϊόντα όπως σουλφοραφανές, αλλισίνη (Manach et al., 2004). Τα φλαβονοειδή (Kamiloglu et al., 2019) αποτελούν την πιο γνωστή και μελετημένη ομάδα πολυφαινολών και αποτελούνται από έναν σκελετό 15 άνθρακα ενός δακτυλίου χρωμάνης που συνδέεται με έναν δεύτερο αρωματικό δακτύλιο. Επίσης τα φλαβονοειδή χωρίζονται σε ακόμα παραπάνω ομάδες όπως των φλαβονολών, φλαβονολών, φλαβονών, ισοφλαβονών, φλαβανονών και ανθοκυανινών.

Οι φαινολικές ενώσεις αποτελούν μία από τις πιο άφθονες κατηγορίες φυτοχημικών ουσιών οι οποίες διαθέτουν σημαντικές βιολογικές ιδιότητες και συμβάλλουν στην προαγωγή της υγείας (Scalbert et al., 2005). Πρόκειται για δευτερογενείς μεταβολίτες που απαντώνται κυρίως

στα φυτά και χαρακτηρίζονται από μεγάλη ποικιλία δομών και λειτουργιών. Η συγκεκριμένη κατηγορία θεωρείται η πιο σημαντική και διαδεδομένη στο φυτικό βασίλειο. Ο φυτικός μεταβολισμός χωρίζεται σε πρωτογενή και δευτερογενή μεταβολικά προϊόντα. Οι πρωτογενείς μεταβολίτες περιλαμβάνουν ουσίες όπως λιπίδια, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και νουκλεϊκά οξέα οι οποίες είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη και τη λειτουργία των κυττάρων. Από την άλλη πλευρά οι δευτερογενείς μεταβολίτες παράγονται σε συγκεκριμένα κύτταρα και ενώ δεν συμμετέχουν άμεσα στις βασικές διαδικασίες όπως η αναπνοή ή η φωτοσύνθεση παίζουν κρίσιμο ρόλο στην επιβίωση και την προσαρμογή των φυτών.

Τα φρούτα αποτελούν σημαντική πηγή φαινολικών ενώσεων που έχουν αναδειχθεί ως βασικά συστατικά της καθημερινής διατροφής λόγω των ισχυρών αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων (Liu, 2004). Η επιστημονική κοινότητα έχει δείξει μεγάλο ενδιαφέρον για αυτές τις ενώσεις καθώς η συνεχής κατανάλωση φρούτων συνδέεται με τη μείωση του κινδύνου εμφάνισης χρόνιων παθήσεων όπως ο καρκίνος, οι καρδιαγγειακές παθήσεις και το εγκεφαλικό επεισόδιο (Dauchet et al., 2006).

Τα φρούτα και τα προϊόντα τους παρέχουν σημαντικά θρεπτικά στοιχεία όπως βιταμίνες (θειαμίνη, νιασίνη, πυριδοξίνη, φολικό οξύ), μέταλλα (σίδηρος, μαγνήσιο), διαιτητικές ίνες, καθώς και οργανικά οξέα (μηλικό, τρυγικό, κιτρικό), τα οποία συμβάλλουν στην υγεία και την ανάπτυξη. Επίσης τα φυτοχημικά συστατικά που περιέχουν σαν τις φαινολικές ενώσεις και τα φλαβονοειδή διαθέτουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση, η οποία μπορεί να επηρεάσει μεταβολικές διαδικασίες και να βοηθήσει στην απομάκρυνση καρκινογόνων ουσιών επηρεάζοντας παράγοντες που σχετίζονται με την ανάπτυξη όγκων (Boyer & Liu, 2004; Prior & Cao, 2000).



Εικόνα 1. Κατηγοριοποίηση των φυτικών πολυφαινολών

Η αντιοξειδωτική ικανότητα των φρούτων ποικίλλει ανάλογα με τα φυτοχημικά συστατικά που περιέχουν, γι' αυτό και η αυξημένη κατανάλωση φρούτων οδηγεί σε μεγαλύτερη αντιοξειδωτική προστασία (Prior & Cao, 2000) (Πίνακας 1). Η λέξη «φυτό» έχει καταγωγή από την ελληνική λέξη για το φυτό και τα φυτοχημικά βρίσκονται σε φυτικά προϊόντα όπως λαχανικά, σπόρους, δημητριακά, όσπρια, βότανα και ξηρούς καρπούς (Manach et al., 2004). Πολλές μελέτες συστήνουν την κατανάλωση τουλάχιστον πέντε μερίδων φρούτων και λαχανικών ημερησίως για τη διατήρηση της υγείας (Dauchet et al., 2006). Τα θρεπτικά συστατικά των φρούτων προσφέρουν πολλαπλά οφέλη στη διατήρηση του σωστού σωματικού βάρους, την υποστήριξη της υγιούς ανάπτυξης και τον κορεσμό ενώ παράλληλα προσφέρουν ποικιλία στη γεύση που ενισχύει την διατροφική απόλαυση. Συνολικά η ενσωμάτωση φρούτων στη διατροφή αποτελεί βασικό παράγοντα για την πρόληψη ασθενειών και τη διατήρηση καλής υγείας μέσω της παροχής αντιοξειδωτικών και άλλων βιοδραστικών συστατικών (Scalbert et al., 2005; Boyer & Liu, 2004).

Φρούτα	Συνολικά φαινολικά (mg%)
Πράσινο μήλο	118
Κόκκινο μήλο	125
Κίτρινο μήλο	100
Μύρτιλλο	327
Βύσσινο	156
Γλυκό κεράσι	79
Μαύρο σταφύλι	213
Λευκό σταφύλι	184
Σταφύλι	893
Ροζ γκουάβα	247
Λευκή γκουάβα	145
Ακτινίδια	791
Λεμόνι	843
Ασβεστος	51
Λυκείο	60
Λευκό νεκταρίνι	38
Κίτρινο νεκταρίνι	25
Λευκό ροδάκινο	53
Κίτρινο ροδάκινο	35
Αχλάδι	125
Ανανάς	94
Μαύρο δαμάσκηνο	88
Κόκκινο δαμάσκηνο	73
Ρόδι	147
Πόμελο	57
Σμέουρο μαύρο	670
Βατόμουρο, κόκκινο	342
Βατόμουρο, κίτρινο	426
Φράουλα	199

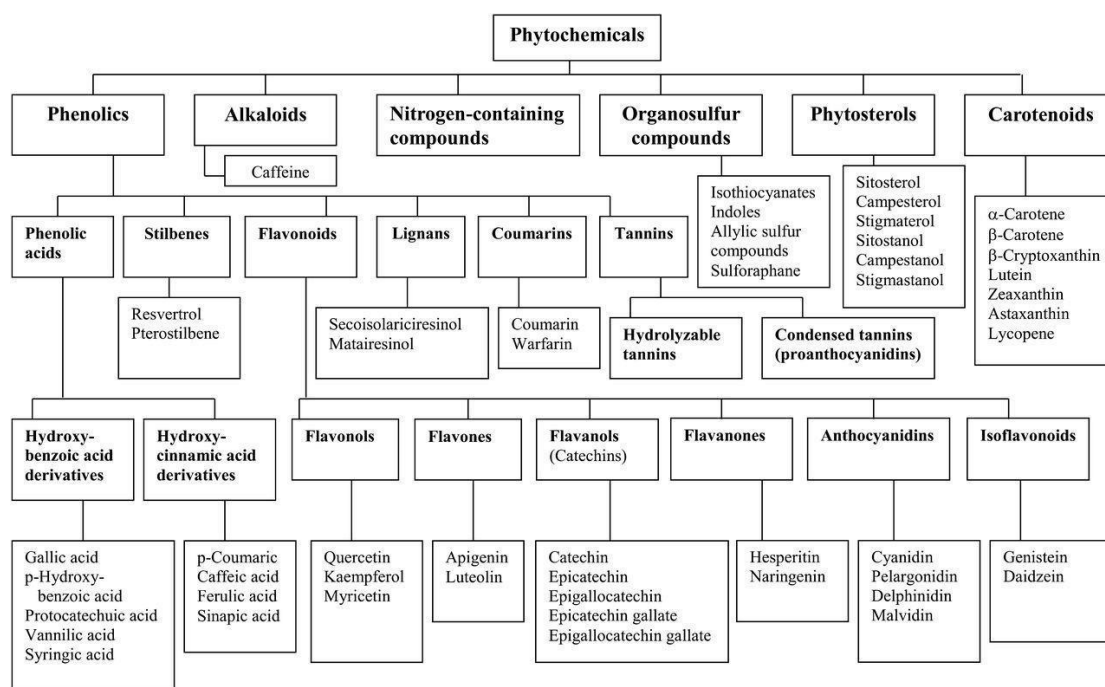
Πίνακας 1: Συνολική ποσότητα φαινολικών σε φρούτα.

Οι ελεύθερες ρίζες υπάρχουν φυσιολογικά στους ζωντανούς οργανισμούς όμως σε μεγάλες ποσότητες έχουν σαν αποτέλεσμα την οξειδωση βιομορίων, την πρόκληση βλάβης στους ιστούς, τον θάνατο των κυττάρων και διεργασίες εκφύλισης όπως γήρανση, καρκίνο, καρδιαγγειακές παθήσεις, αθηροσκλήρωση, νευροπάθεια, φλεγμονή του δέρματος και φλεγμονές (Lobo et al., 2010; Valko et al., 2007). Επιπλέον

οι ελεύθερες ρίζες και τα υπεροξειδία των λιπιδίων συμβάλλουν σημαντικά στο οξειδωτικό στρές (Halliwell & Gutteridge, 2015).

Μετατόπιση της υπάρχουσας ισορροπίας μεταξύ προοξειδωτικών και αντιοξειδωτικών δράσεων προς την προ οξειδωτική δραστηριότητα οδηγεί σε ιστική βλάβη. Τα αντιοξειδωτικά (Liu, 2013) αναστέλλουν τις αλυσιδωτές αντιδράσεις υπεροξείδωσης των λιπιδίων, αποτρέποντας τις δομικές βλάβες των πρωτεϊνών, των λιπιδίων, των υδατανθράκων και του DNA από τις ελεύθερες ρίζες. Η επίδραση των οξειδωτικών και οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να ανασταλθούν, να απενεργοποιηθούν και να καθαριστούν από αντιοξειδωτικές ενώσεις και από την επίδραση οξειδωτικών μέσω της δωρεάς ενός ατόμου υδρογόνου ή χημικών μετάλλων (Halliwell & Gutteridge, 2015). Ως πρόσθετα τροφίμων με σύνθετη αντιοξειδωτική δράση χρησιμοποιούνται για παράδειγμα η βουτυλιωμένη υδροξυανισόλη (BHA), το βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο (BHT), το προπυλγαλικό (PG) και η τριτ-βουτυλ υδροκινόνη (TBHQ) (Shahidi & Zhong, 2015). Υπάρχουν εννοείται και φυσικά αντιοξειδωτικά στους καρπούς, τις ρίζες, τα φύλλα και τους σπόρους των περισσότερων φυτών. Στα φυτά εντοπίζεται κύρια πηγή βιταμίνης E (α-τοκοφερόλη), φαινολικών ενώσεων και βιταμίνης C (ασκορβικό) (Prior & Wu, 2006). Αυτά τα στοιχεία είναι οι καλύτεροι καθαριστές ελευθέρων ριζών στους ζωντανούς οργανισμούς. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως οι φυσικές πηγές αντιοξειδωτικών είναι ασφαλέστερες και πιο αποτελεσματικές από τις συνθετικές ενώσεις (Kitts & Hu, 2000).

1.2.Είδη πολυφαινολών

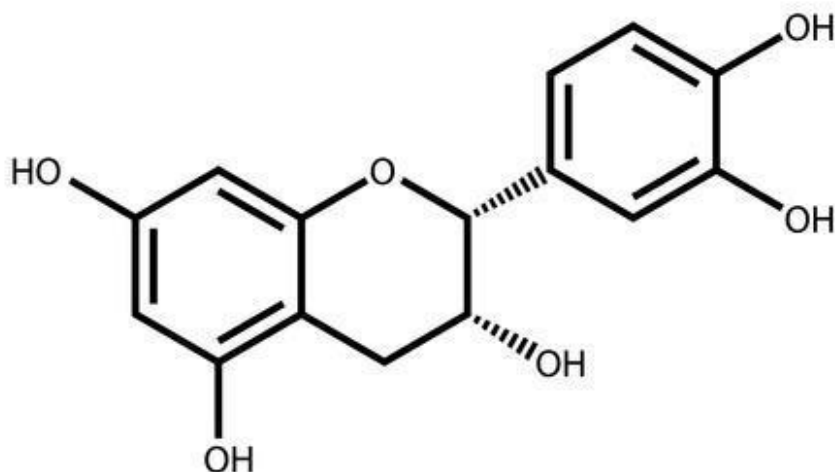


Εικόνα 2. Κατηγορίες, παραδείγματα φυτοχημικών ενώσεων

Flavan-3-ols

Πλούσια πηγή τροφίμων σε φλαβανό-3-όλες που καταναλώνονται συχνά αποτελούν: το τσάι, οι ξηροί καρποί, το κακάο, τα όσπρια και τα σταφύλια και κατ'έκταση δηλαδή και το κρασί και η σοκολάτα. Μελέτες παρατήρησης έδειξαν πως η πρόσληψη flavan-3-ol μέσω ποικίλων πηγών διατροφής επιδρούν θετικά στην καρδιομεταβολική λειτουργία, αποτελέσματα στα οποία συμπεριλαμβάνονται τόσο η μείωση του κινδύνου για σακχαρώδη διαβήτη όσο και οι εκβάσεις των καρδιαγγειακών νοσημάτων στα οποία ανήκουν και τα επίπεδα χοληστερόλης και η αρτηριακή πίεση, καθώς και το έμφραγμα του μυοκαρδίου (Kamiloglu et al., 2019). Επιπροσθέτως, η συχνή κατανάλωση σοκολάτας έχει συνδεθεί με την ευεργετική επίδραση στην αρτηριακή ακαμψία, η οποία σχετίζεται με την εμφάνιση συστολικής υπέρτασης. Επίσης η Μελέτη Πρόληψης Καρκίνου II Nutrition Cohort 72 έδειξε ότι συνολική πρόσληψη φλαβονοειδών, συμπεριλαμβανομένων των φλαβαν-3-ολών, σχετίζεται με χαμηλότερη θνησιμότητα που οφείλεται σε καρδιαγγειακή νόσο (Kris-Etherton et al., 2009). Μια μετα-ανάλυση ανέδειξε ότι η υψηλή κατανάλωση κακάο και σοκολάτας

συνδέεται με 37% χαμηλότερο κίνδυνο εμφάνισης οποιασδήποτε καρδιαγγειακής νόσου (5 μελέτες), 31% μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης σακχαρώδους διαβήτη (μία μελέτη) και 29% μείωση κινδύνου για αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (3 μελέτες) (Miller et al., 2020). Αντιθέτως, δύο επιμέρους μελέτες έδειξαν ότι δεν παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη επίδραση στην καρδιακή ανεπάρκεια. Από ίδιες μελέτες επισημαίνεται ότι η κατανάλωση τροφών με υψηλή περιεκτικότητα σε φλαβανό-3-όλες ενδέχεται να συμβάλλει στη μείωση του κινδύνου για αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο και έμφραγμα του μυοκαρδίου. Μια μετα-ανάλυση τυχαίων ελεγχόμενων δοκιμών αναφέρει ότι οι φλαβανόλες είτε προέρχονται από συμπληρώματα διατροφής είτε από διατροφικές πηγές συμβάλουν μέτρια μεν σημαντικά δε στη βελτίωση των καρδιομεταβολικών δεικτών όπως ο μεταβολισμός των λιπιδίων, η αντίσταση στην ινσουλίνη και η συστηματική φλεγμονή (Paus et al., 2018). Παρόμοια έρευνα έδειξε ότι η μαύρη σοκολάτα και προϊόντα κακάο πλούσια σε φλαβαν-3-όλες είναι αποτελεσματικότερα στη μείωση της διαστολικής προ-υπέρτασης και της συστολικής υπέρτασης από το εικονικό φάρμακο. Επιπλέον, σύμφωνα με τα αποτελέσματα μιας άλλης μετα-ανάλυσης τυχαίων ελεγχόμενων δοκιμών, διαφορετικές κατηγορίες φλαβονοειδών, ιδιαίτερα οι φλαβαν-3-όλες, επιδρούν διαφορετικά στην αρτηριακή πίεση, εξαρτώμενα από τη χορηγούμενη δόση. Άλλες παρόμοιες έρευνες έχουν δείξει σημαντικές στατιστικά επιδράσεις στον μεταβολισμό των λιπιδίων, στην αντίσταση στην ινσουλίνη, στη μέση αρτηριακή πίεση, τη συστηματική φλεγμονή και οριακά σημαντικές επιδράσεις στην χοληστερόλη LDL και HDL, με την πρόσληψη φλαβονολών (Paus et al., 2018). Έχει προταθεί ότι ένας ενδεχόμενος ανεξάρτητος μηχανισμός που εξηγεί τις παρατηρούμενες ευεργετικές επιδράσεις είναι η αύξηση των επιπέδων μονοξειδίου του αζώτου (NO), η οποία σχετίζεται με βελτιωμένη λειτουργία του ενδοθηλίου και μείωση της συστολικής αρτηριακής πίεσης (Rizzolo et al., 2014).

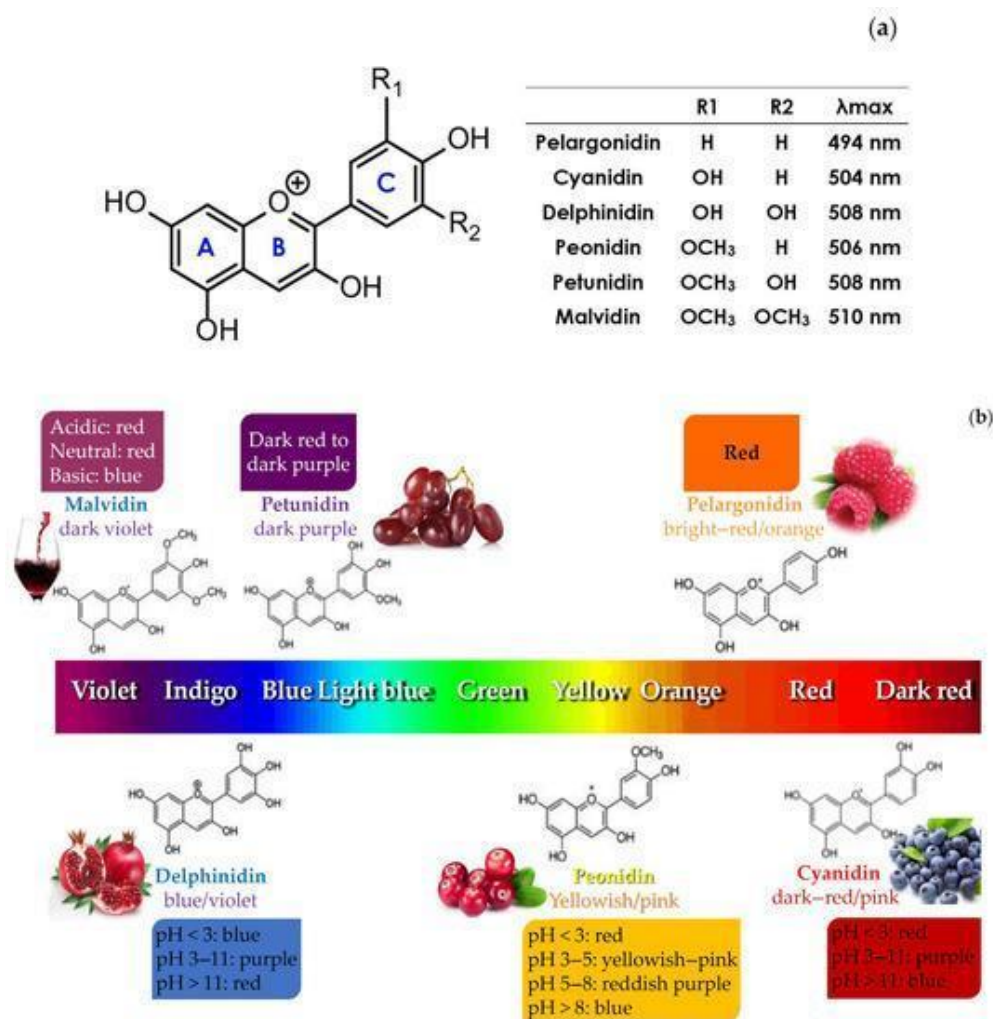


Εικόνα 3. Χημική δομή Flavan-3-ols

Ανθοκυανίνες

Οι ανθοκυανίνες (Faria et al., 2009) ανήκουν στα φλαβονοειδή που απαντώνται κατά κύριο λόγο στα κόκκινα και μπλε φρούτα και λαχανικά, ιδιαίτερα στα βατόμουρα, στα σμέουρα, στα κόκκινα σταφύλια και στα κεράσια. Οι ανθοκυανίνες, όπως και άλλες πολυφαινόλες (Kumar & Pandey, 2013), αμέσως μετά την κατανάλωσή τους μεταβολίζονται σχηματίζοντας ενεργούς μεταβολίτες μέσω του ξενιστή και του μικροβιώματος, συμβάλλοντας στην καταπολέμηση των φλεγμονών και ενισχύοντας την υγεία των αγγείων. Μελέτες έχουν δείξει ότι η πρόσληψη ανθοκυανινών σε υψηλές ποσότητες συμβάλλει στη μείωση κινδύνου εμφράγματος του μυοκαρδίου και στα δύο φύλα, ενώ παράλληλα επιδρά θετικά στην ελάττωση του κινδύνου για καρδιαγγειακές διαταραχές. Δύο τυχαίες μετα-αναλύσεις ελεγχόμενων δοκιμών αξιολόγησης της κατανάλωσης διαφορετικών πηγών ανθοκυανινών, όπως χυμοί, ολόκληρα μούρα, εκχυλίσματα, έδειξαν αξιοσημείωτη μείωση της LDL χοληστερόλης, της συστολικής αρτηριακής πίεσης, της γλυκόζης νηστείας, γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης (HbA1c) και του δείκτη μάζας σώματος. Επίσης, πρόσφατες μετα-αναλύσεις από τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές ανέδειξαν πολλαπλά οφέλη από την κατανάλωση ανθοκυανινών τόσο ως καθαρό συμπλήρωμα όσο και από καθαρές διατροφικές πηγές. Συγκεκριμένα, η χρήση συμπληρώματος καθαρής ανθοκυανίνης οδήγησε

σε σημαντική βελτίωση του γλυκαιμικού ελέγχου και των λιπιδικών παραμέτρων σε άτομα με προδιαβήτη ή πρώιμο μη θεραπευόμενο διαβήτη. Παράλληλα καταγράφηκαν θετικές επιδράσεις στην αγγειακή λειτουργία, περιλαμβανομένης της μείωσης της αρτηριακής ακαμψίας και συγχρόνως αξιοσημείωτες μειώσεις στα επίπεδα των τριγλυκεριδίων, της ολικής και της LDL χοληστερόλης (Faria et al., 2009; de Pascual-Teresa et al., 2010; Wallace & Giusti, 2015)

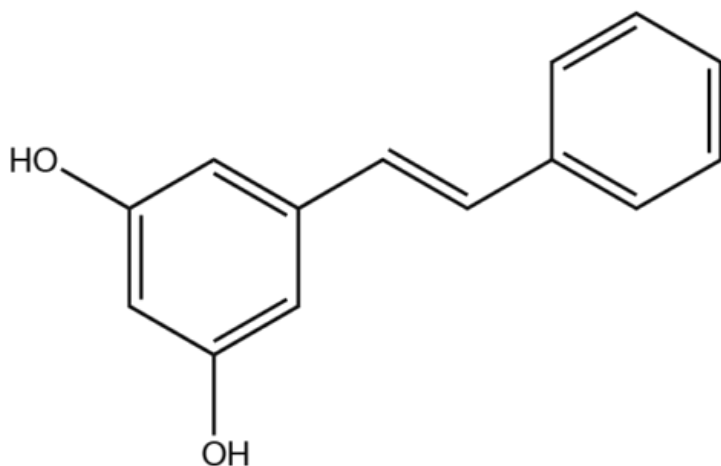


Εικόνα 4. Δομή, ταξινόμηση και χρωματικές ιδιότητες ανθοκυανινών

Στιλμπένες.

Η ρεσβερατρόλη (Toh et al., 2013) είναι ένωση που ανήκει στην κατηγορία των στιλβενοειδών, αφού η βασική δομή της είναι το στιλβένιο. Πρόκειται για φυσική ουσία που βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις κυρίως στα σταφύλια, ιδιαίτερα των κόκκινων, στο κόκκινο κρασί και στα μούρα. Η ρεσβερατρόλη έχει μελετηθεί εκτενώς και έχουν προταθεί διάφοροι μηχανισμοί δράσης, όπως η αναστολή της απελευθέρωσης της κυτοκίνης και η ρύθμιση της σύνθεσης NO, με αποτέλεσμα αντιφλεγμονώδεις και αντιοξειδωτικές επιδράσεις. Σχετικός μηχανισμός δράσης της ρεσβερατρόλης αποτελεί η ενεργοποίηση των sirtuins, οι οποίες έχουν συσχετιστεί με την καθυστέρηση της γήρανσης. Μια μετα-ανάλυση τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμών ανέδειξε ότι η πρόσληψη συμπληρωμάτων ρεσβερατρόλης συνέβαλε στη σημαντική μείωση της γλυκόζης νηστείας, της ολικής χοληστερόλης, της C-αντιδρώσας πρωτεΐνης (CRP) και της αρτηριακής πίεσης, τόσο της συστολικής όσο και της διαστολικής, ιδιαίτερα σε άτομα με προϋπάρχοντα MNK (π.χ. διαβήτη τύπου 2, καρδιαγγειακή νόσο) (Toh et al., 2013; Wang et al., 2018). Αντιθέτως, δύο παλαιότερες μετα-αναλύσεις έδειξαν μηδενική δράση της ρεσβερατρόλης στη CRP, στο λιπιδαιμικό προφίλ και σε αρκετούς παράγοντες κινδύνου για καρδιαγγειακή νόσο (Hausenblas et al., 2015; Sahebkar et al., 2015). Επιπλέον, μετα-αναλύσεις τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμών ανέφεραν την ευεργετική επίδραση της ρεσβερατρόλης στη μη αλκοολική λιπώδη ηπατική νόσο, αφού συμβάλλει στη ρύθμιση των παραμέτρων των λιπιδίων, στο βελτιωμένο έλεγχο της γλυκόζης και στην ευαισθησία στην ινσουλίνη ατόμων με καρδιομεταβολικές νόσους (Tian et al., 2020). Επιπροσθέτως, φαίνεται ότι η ρεσβερατρόλη βελτιώνει την περιφερική κυκλοφορία του αίματος, σε υπέρβαρα ή παχύσαρκα άτομα είτε μετά από μια εφάπαξ χορήγηση δόσεων είτε ύστερα από

παρατεταμένες λήψεις συμπληρωμάτων (Patel et al., 2019).

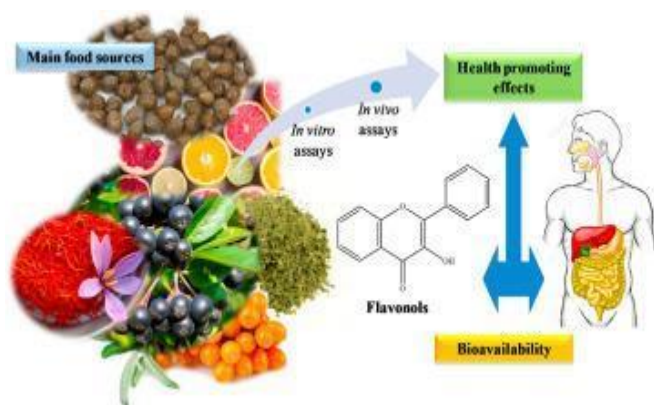


Εικόνα 5.Χημική δομή στιλβένιου

Φλαβονόλες

Η κερκετίνη, που ανήκει στις φλαβονόλες, φαίνεται πως βοηθά στη βελτίωση της λειτουργίας του ενδοθηλίου αφού ρυθμίζει τις κυκλοφορούσες συγκεντρώσεις αγγειοδραστικών προϊόντων NO και ενδοθηλίνης-1. Σε τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή, έπειτα από αξιολόγηση σε μήλο που είναι πλούσιο σε φλαβονοειδή, αναφέρθηκαν αυξήσεις στις συγκεντρώσεις κερκετίνης στο πλάσμα καθώς επίσης και σημαντική βελτίωση στην ενδοθηλιακή λειτουργία σε άτομα που

βρίσκονται σε κίνδυνο να εμφανίσουν καρδιαγγειακή νόσο (Larson et al., 2012). Επίσης, παρόμοια μελέτη που διεξήχθη με άτομα με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακής νόσου βρέθηκε ότι η λήψη συμπληρωμάτων κερκετίνης μείωσε σημαντικά τη συστολική αρτηριακή πίεση και τη LDL χοληστερόλη ιδιαίτερα σε δόσεις > 500 mg ημερησίως (Edwards et al., 2007). Αντιθέτως η λήψη απομονωμένης ή καθαρής κερκετίνης σε χαμηλότερες δόσεις δεν είχαν επίδραση στην αρτηριακή πίεση, στην ενδοθηλιακή λειτουργία ή στην γενική καρδιομεταβολική υγεία, σύμφωνα με ορισμένες μεμονωμένες μελέτες (Riva et al., 2019).



Εικόνα 6. Διατροφικές πηγές, βιοδιαθεσιμότητα και δράσεις των φλαβονόλων

Πίνακας 2 .Πηγές τροφίμων βασικών κατηγοριών πολυφαινόλων:

Κατηγορία πολυφαινολών	Υποκατηγορία	Ένωση και παράδειγμα	Παράδειγμα (τροφή)
<u>Φαινολικές Ενώσεις</u>	<u>Φλαβονοειδή</u>	Φλαβονόλες -Quercetin (Κερκετίνη)	Μήλο 
		Φλαβανόνες -Hesperidin (Εσπεριδίνη)	Πορτοκάλι 
		Ισοφλαβόνες -Daidzein (Δαιδζεΐνη)	Σόγια 
		Ανθοκυανίνες -Cyanidin (Κυανιδίνη)	Μύρτιλο 
		Φλαβ-3-όλες -Epicatechin gallate (Επικατεχίνη γαλλική)	Πράσινο Τσάι 
	<u>Φαινολικά Οξέα</u>	Βενζοϊκό οξύ -Ellagic acid (Ελλαγκικό οξύ)	Ρόδι 
		Υδροξυσιανναμικά οξέα -Caffeic acid (Καφεϊκό οξύ)	Καφές 
	<u>Λιγνάνες</u>	Secosolariciresinol (Σεκοσολαρισιρεσινόλη)	Λιναρόσπορος 
	<u>Στιλβένια</u>	Resveratrol (Ρεσβερατρόλη)	Σταφύλι, Μύρτιλο 
<u>Τερπενοειδή</u>	<u>Καροτενοειδή</u>	Lycopene (Λυκοπένιο)	Ντομάτα 
	<u>Πτητικά Τερπενοειδή</u>	Limonene (Λιμονένιο)	Λεμόνι 
<u>Ενώσεις με Άζωτο</u>	<u>Αλκαλοειδή</u>	Caffeine (Καφεΐνη)	Καφές 
	<u>Ισοθειοκυανικά</u>	Sulforaphane (Σουλφοραφάνη)	Μπρόκολο 
<u>Ενώσεις με Θείο</u>		Allicin (Αλισίνη)	Σκόρδο 

Κατηγορία πολυφαινολών	Παραδείγματα	Πηγές τροφίμων
<u>Φλαβονόλες</u>	<u>Κερσετίνη</u> <u>Μυρικετίνη</u> <u>Kaempferol</u>	Μαύρο τσάι, πράσινο τσάι, κόκκινο κρασί, λευκό κρασί, καρύδια, αμύγδαλα, μήλο με φλούδα, βατόμουρα, πορτοκάλια, μαύρη σοκολάτα, ωμό σπανάκι, κρεμμύδι, προϊόντα Brassicaceae (π.χ. κατσαρό λάχανο, μπρόκολο) 
<u>Flavan-3-ols</u>	- <u>Κατεχίνη</u> - <u>Επικατεχίνη</u> - <u>Γαλλοκατεχίνη</u> - <u>Επικατεχίνη-3-γαλλικό</u> - <u>Επιγαλλοκατεχίνη-3-γαλλική</u>	Μαύρο τσάι, πράσινο τσάι, κόκκινο κρασί, αμύγδαλα, φουντούκια, μήλο με φλούδα, βατόμουρα, μαύρη σοκολάτα
<u>Φλαβανόνες</u> 	- <u>Eriodictyol</u> - <u>Naringenin</u> - <u>Εσπερετίνη</u>	Εσπεριδοειδή και χυμοί, ντομάτες και προϊόντα από ντομάτα 
<u>Φλαβόνες</u>	- <u>Απιγενίνη</u> - <u>Λουτεολίνη</u>	Μείγματα δημητριακών, φυτικά έλαια, σέλινο, γλυκό πιπέρι
<u>Ισοφλαβόνες</u>	- <u>Daidzein</u> - <u>Genistein</u> - <u>Γλυκιστίνη</u>	Σόγια, τόφου, όσπρια 
<u>Ανθοκυανίνες</u>	- <u>Κυανιδίνη</u> - <u>Δελφινιδίνη</u> - <u>Πετουνιδίνη</u> - <u>Μαλβιδίνη</u> - <u>Peonidin</u>	Κόκκινο κρασί, βατόμουρα, άλλα μούρα, ρόδι, μπλε καλαμπόκι 

<u>Προανθοκυανιδίνες</u>	<u>Προκυανιδίνες (ολιγομερή επικατεχίνης)</u> <u>Προδελφινιδίνη (πολυμερή επιγαλλοκατεχίνης)</u>	Σπόροι σταφυλιού, κόκκινο κρασί, μύρτιλλο, κράνμπερι, μαύρη τταφίδα, πράσινο τσάι, μαύρο τσάι, κακάο, φιστίκια, φλοιός πεύκου 
<u>Υδροξυκινναμικά</u>	<u>Χλωρογενικό οξύ (καφεϊκό)</u> <u>p -Κουμαρικό οξύ</u> <u>Φερουλικό οξύ</u> <u>Σιναπικό οξύ</u>	Καφές, yerba mate, κόκκινο κρασί, κόκκινα φρούτα, λαχανικά, δημητριακά ολικής αλέσεως 
<u>Διυδροχάλκονες</u>	<u>Φλορετίνη</u>	Μήλα 

<u>Ελλαγικό οξύ και ελλαγιταννίνες</u>	<u>Ellagic, punicalagin, strichinin, vescalagin, castalagin, casuarictin</u>	Μούρα, τροπικά φρούτα, ρόδια, ξηροί καρποί 
<u>Λιγνάνες</u>	<u>Σεκοϊσολαρικρεσινόλη, πινορεσινόλη</u>	Ολόκληρα πίτουρα δημητριακά, λιναρόσπορος 
<u>Στιλμπένες</u>	<u>Ρεσβερατρόλη</u>	Κόκκινο κρασί, σταφύλια 
<u>Φαινολικά οξέα</u>	<u>Παράγωγα βενζοϊκού οξέος (γαλλικό οξύ, πρωτοκατεχουϊκό οξύ, π-υδροξυβενζοϊκό οξύ)</u>	Μούρα, μπαχαρικά, δημητριακά, τσάι 
<u>Κουμαρίνες</u>	<u>Κουμαρίνη</u>	φασόλια τόνκα, κανέλα 

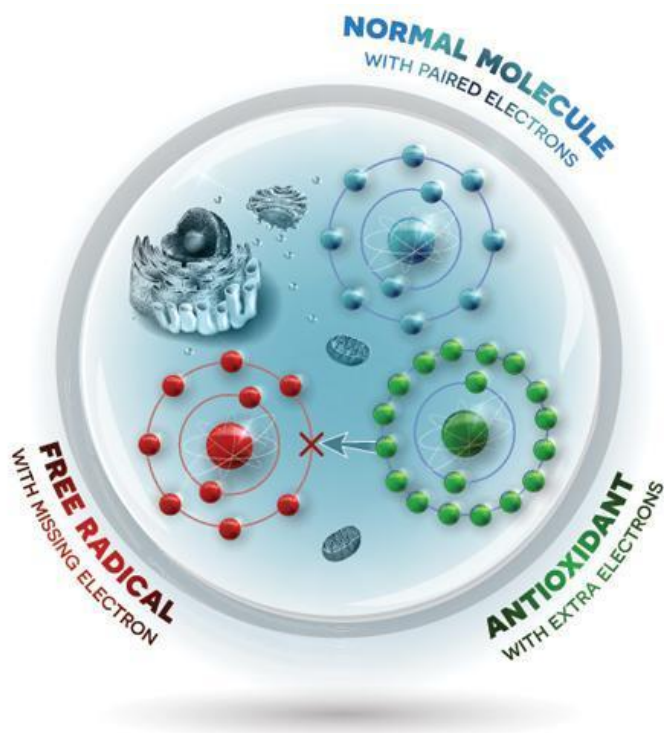
Πίνακας 2. Πηγές τροφίμων βασικών κατηγοριών πολυφαινολών

1.3 Αντιοξειδωτική Ικανότητα, ελεύθερες ρίζες και οξειδωτικό στρες

Ο ρόλος των αντιοξειδωτικών

Αντιοξειδωτικό ονομάζεται κάθε ουσία που, ακόμη και σε μικρές συγκεντρώσεις σε σχέση με το υπόστρωμα οξείδωσης, μπορεί να επιβραδύνει ή να αναστείλει τη διαδικασία οξείδωσης (Halliwell & Gutteridge, 2007). Τα αντιοξειδωτικά διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες: ενζυμικά και μη ενζυμικά. Στην πρώτη περιλαμβάνονται η υπεροξειδική δισμουτάση (SOD), η καταλάση (CAT), η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης (GPX) και η αναγωγή της γλουταθειόνης (GR). Στη δεύτερη ανήκουν ουσίες όπως η γλουταθειόνη, η βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ), η βιταμίνη E (τοκοφερόλη), το ουρικό οξύ, το συνένζυμο Q10, το σελήνιο και οι μεταλλοθειονίνες (Λαδάς, 2018). Ο κύριος σκοπός των αντιοξειδωτικών είναι η διατήρηση της ισορροπίας του οξειδοαναγωγικού περιβάλλοντος και η προστασία των κυτταρικών συστατικών από βλάβες που προκαλούνται από ελεύθερες ρίζες. Η εξουδετέρωση αυτών των ριζών γίνεται μέσω μηχανισμών όπως η

προσφορά ή μεταφορά οξυγόνου και η δωρεά μοναδιαίου ηλεκτρονίου (Prior, 2005).



Εικόνα 7. Λειτουργία αντιοξειδωτικών

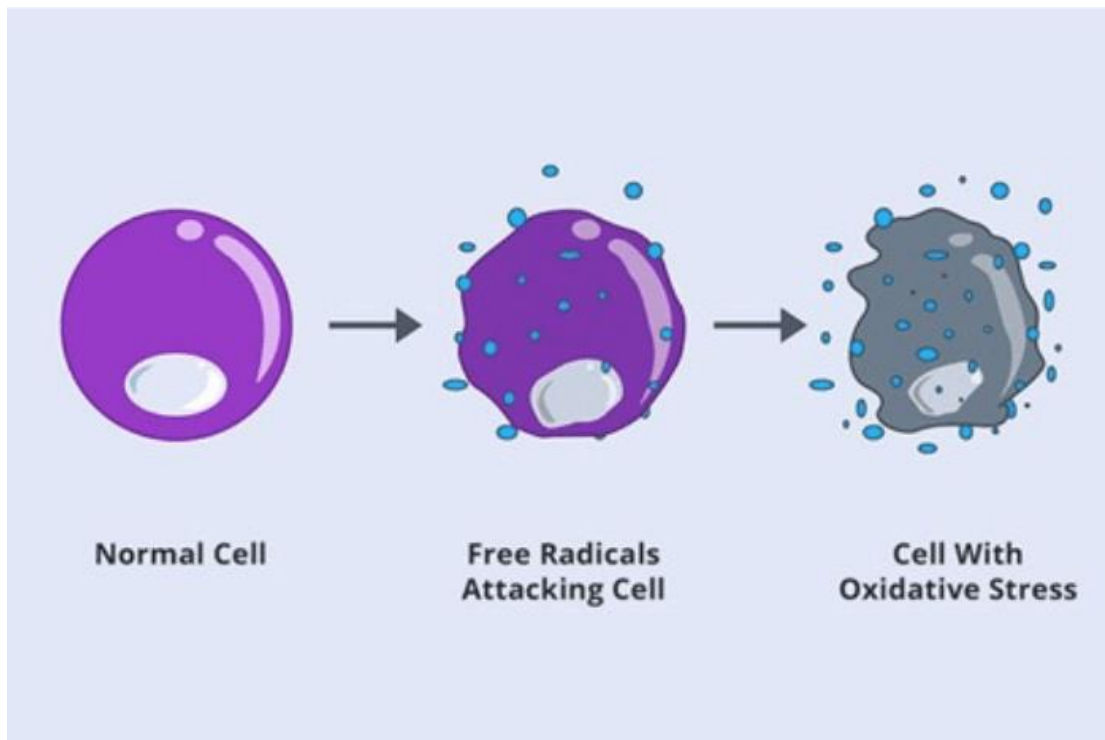
Ελεύθερες Ρίζες

Ελεύθερη ρίζα είναι ένα μόριο ή θραύσμα μορίου που περιέχει ένα ή περισσότερα ασύζευκτα ηλεκτρόνια στο εξωτερικό του τροχιακό, καθιστώντας το ιδιαίτερα αντιδραστικό. Η δημιουργία των ελεύθερων ριζών μπορεί να πυροδοτήσει αλυσιδωτές αντιδράσεις. Οι πηγές παραγωγής τους χωρίζονται σε ενδογενείς και εξωγενείς. Οι ενδογενείς παράγοντες περιλαμβάνουν ενεργοποίηση ανοσοκυττάρων, φλεγμονώδεις καταστάσεις, ισχαιμία, λοιμώξεις, καρκινικές επιδράσεις, έντονη άσκηση, ψυχικό στρες και φυσική γήρανση. Οι εξωγενείς παράγοντες περιλαμβάνουν περιβαλλοντική μόλυνση, έκθεση σε βαρέα μέταλλα, φαρμακευτικές ουσίες, χημικούς διαλύτες, το μαγείρεμα, το κάπνισμα, την κατανάλωση αλκοόλ και την ακτινοβολία. Όταν αυτές οι εξωτερικές ουσίες εισέλθουν στον οργανισμό, διασπώνται και δημιουργούν ελεύθερες ρίζες ως προϊόντα παραπροϊόντων (Pizzino et al., 2017). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της βλαπτικής δράσης των ελεύθερων ριζών είναι η βλάβη που προκαλούν στο DNA, η οποία

μπορεί να οδηγήσει σε καρκινογένεση. Επιπλέον, η αλληλεπίδραση των ελεύθερων ριζών με τα μονοπάτια της LDL χοληστερόλης μπορεί να προάγει την ανάπτυξη αθηρωματικής πλάκας και αθηροσκλήρωσης (Sfagos, 2011). Είναι ουσιώδης η διατήρηση ισορροπίας ανάμεσα στα προ-οξειδωτικά και τα αντιοξειδωτικά, καθώς η απορρύθμιση της ισορροπίας οδηγεί σε οξειδωτικό στρες, με αυξημένα επίπεδα προ-οξειδωτικών μορίων (Dhimopoulos & Antonopoulou, 2009). Το οξειδωτικό στρες σχετίζεται με χρόνιες παθήσεις, όπως ο σακχαρώδης διαβήτης, η αρτηριακή υπέρταση, οι νευροεκφυλιστικές ασθένειες Alzheimer και Parkinson, τα εγκεφαλικά επεισόδια, η ρευματοειδής αρθρίτιδα και ο καρκίνος (Pisoschi & Pop, 2015).

Οξειδωτικό Στρες

Το οξειδωτικό στρες προκύπτει από μια ανισορροπία μεταξύ της παραγωγής και της συσσώρευσης δραστικών μορφών οξυγόνου (ROS) στους ιστούς και την ικανότητα του οργανισμού να απομακρύνει αυτά τα αντιδρώντα μόρια. Τα ROS παράγονται φυσιολογικά ως υποπροϊόντα του κανονικού μεταβολισμού του οξυγόνου, αλλά εξωτερικοί παράγοντες όπως η υπεριώδης ακτινοβολία, οι ρύποι, βαρέα μέταλλα και ξενοβιοτικά φάρμακα ενισχύουν την παραγωγή τους, προκαλώντας βλάβες σε κυτταρικά μόρια και ιστούς (Liguori et al., 2018). Αυτές οι βλάβες μπορούν να οδηγήσουν σε απόπτωση ή κυτταρικό θάνατο. Παράγοντες όπως το άγχος, η έλλειψη φυσικής άσκησης, η κακή διατροφή και η παχυσαρκία επιταχύνουν το οξειδωτικό στρες, συμβάλλοντας στην πρόωρη γήρανση, αθηρωμάτωση και σοβαρές χρόνιες παθήσεις όπως ο καρκίνος και οι καρδιαγγειακές νόσοι (Georgakas, 2005).



Εικόνα 8. Απεικόνιση οξειδωτικού στρες

Δράση των Αντιοξειδωτικών

Τα αντιοξειδωτικά προστατεύουν τους αερόβιους οργανισμούς από τις βλαβερές επιπτώσεις του οξειδωτικού στρες εξουδετερώνοντας τις επιθετικές ελεύθερες ρίζες. Η κατανάλωση τροφών πλούσιων σε αντιοξειδωτικά έχει θετική επίδραση στην υγεία, καθυστερώντας τη γήρανση, προστατεύοντας τις κυτταρικές μεμβράνες και τους ιστούς. Οι βιταμίνες C, E και β-καροτίνη συνεισφέρουν στην πρόληψη οφθαλμικών παθήσεων που συνδέονται με την ηλικία. Ορισμένες αντιοξειδωτικές ουσίες έχουν επίσης αποδειχθεί ικανές να καταστρέφουν καρκινικά κύτταρα και να καθυστερούν την εξέλιξη της καρκινογένεσης (Pisoschi & Pop, 2015). Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η παρουσία υψηλών ποσοτήτων αντιοξειδωτικών σε τρόφιμα αποτελεί δείκτη καλής ποιότητας και ωφέλειας για την ανθρώπινη υγεία. Στα φυτά, τα αντιοξειδωτικά συμβάλλουν στην άμυνα κατά φυσιολογικών διαταραχών στους καρπούς, παρατείνουν τη ζωή τους μετά τη συγκομιδή και μειώνουν τις μολύνσεις από παθογόνα μικρόβια (Pisoschi & Pop, 2015).

1.4.Πως αντιδρούν οι πολυφαινόλες στον ανθρώπινο οργανισμό

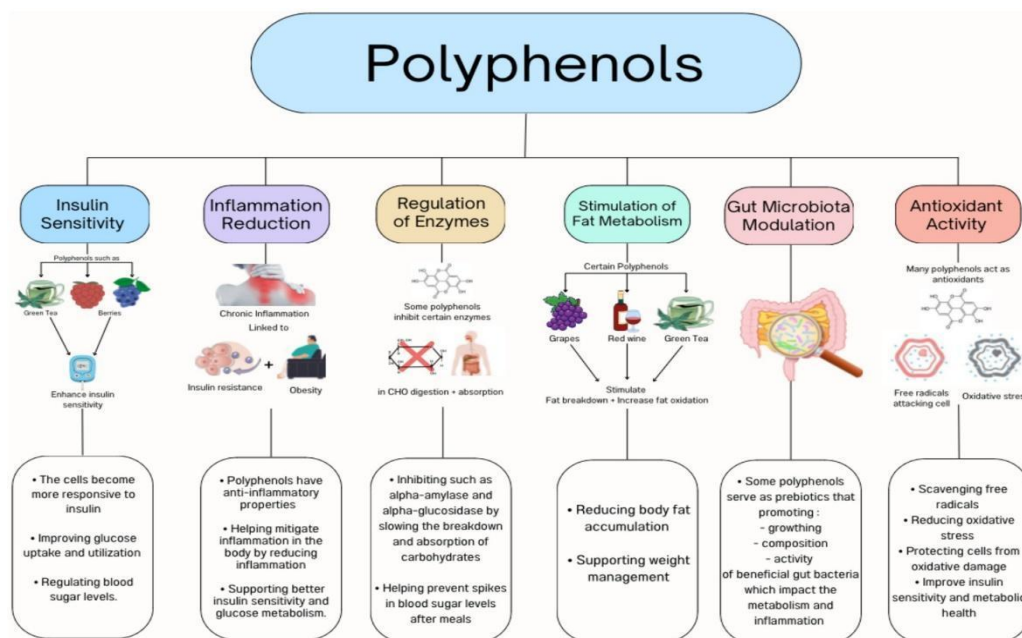
Η αυξημένη εμφάνιση μη μεταδιδόμενων νοσημάτων (MMN), όπως ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2, οι καρδιαγγειακές παθήσεις και ορισμένες μορφές καρκίνου, έχει αναδείξει τη σημασία της πρόληψης μέσω διατροφικών παρεμβάσεων. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, η βελτίωση της καθημερινής διατροφής με φρούτα, λαχανικά και βιοδραστικά συστατικά φυτικής προέλευσης όπως οι πολυφαινόλες, μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης τέτοιων παθήσεων (WHO, 2021).

Οι πολυφαινόλες ως δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών έχουν αναγνωριστεί για την ισχυρή αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη και κυτταροπροστατευτική τους δράση με τεκμηριωμένα οφέλη για το μικροβίωμα του εντέρου, τη γνωστική λειτουργία αλλά και τη ρύθμιση του μεταβολισμού (Del Rio et al., 2013). Η κατανάλωσή τους ωστόσο παραμένει περιορισμένη σε συγκεκριμένους πληθυσμούς, ιδίως στα παιδιά, λόγω της δυσκολίας στην αποδοχή τροφών πλούσιων σε πολυφαινόλες όπως τα πικρά ή όξινα φρούτα και τα ροφήματα φυτών. Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποσκοπεί στην ανάπτυξη ενός καινοτόμου συμπληρώματος διατροφής σε μορφή ζελεδακίου εμπλουτισμένου με φυσικές πολυφαινόλες από επιλεγμένα φρούτα (φράουλα, μύρτιλο, ακτινίδιο, πορτοκάλι, μανταρίνι, λεμόνι, αχλάδι) και φαρμακευτικά φυτά (πράσινο τσάι και χαμομήλι). Το προϊόν αυτό σχεδιάστηκε με σκοπό να είναι γευστικά αποδεκτό από παιδιά και να συμβάλλει στη βελτίωση της διατροφικής τους πρόσληψης σε αντιοξειδωτικές ενώσεις χωρίς την προσθήκη τεχνητών χρωστικών ή γλυκαντικών.

Μέσα από την παρούσα μελέτη παρουσιάζονται τα επιστημονικά δεδομένα για τα επιμέρους συστατικά, η διαδικασία παρασκευής του προϊόντος καθώς και οι βασικές ιδιότητες που αξιολογήθηκαν (αντιοξειδωτική δράση και φαινολικές ενώσεις, οργανοληπτικά χαρακτηριστικά).

1.5. Τα οφέλη των πολυφαινολών για την υγεία

Είναι γνωστό λοιπόν πλέον πως ο βασικός ρόλος των πολυφαινολών στην υγεία είναι η αντιοξειδωτική τους δράση, καθώς είναι ικανές να δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες με στόχο την αποφυγή του οξειδωτικού στρες. Ωστόσο εκτός από αυτήν τη λειτουργία οι πολυφαινόλες είναι ικανές να επιδρούν σε ενδοκυτταρικές οδούς σηματοδότησης, να ρυθμίζουν παράγοντες πυρηνικής μεταγραφής, να μεταβολίζουν λίπη και να ρυθμίζουν φλεγμονώδεις μεσολαβητές, όπως οι κυτοκίνες, ο παράγοντας νέκρωσης όγκων α , η ιντερλευκίνη (IL)-1 β και η IL-6 (Scalbert et al., 2005). Μετά από μελέτες βρέθηκε πως ορισμένα φλαβονοειδή έχουν την ικανότητα μέσω μηχανισμών που αυξάνουν την έκκριση ινσουλίνης και να ρυθμίζουν τα επίπεδα γλυκόζης, να μειώνουν την απόπτωση και να μειώνουν το οξειδωτικό στρες στους μύες και σε άλλα κύτταρα (Kumar & Pandey, 2013). Πιστεύεται πως τα φλαβονοειδή δίνουν οφέλη στη διαχείριση του σακχαρώδη διαβήτη και στην παχυσαρκία, ειδικότερα η φλοριζίνη που πρόκειται για έναν εξειδικευμένο αναστολέα των SGLTs στο έντερο και στους νεφρούς. Είναι ένα διυδροχαλκόνιο που συναντάται στα μήλα και στα προϊόντα τους και απορροφάται από το λεπτό έντερο (Khilarkar et al., 2017).



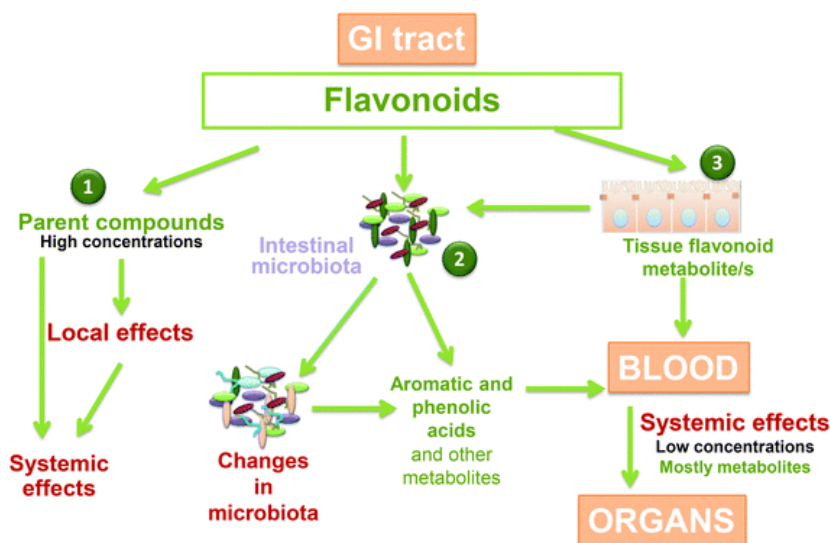
Εικόνα 9. Βιολογικές δράσεις των πολυφαινολών στον ανθρώπινο οργανισμό

Ένα ορθό ερώτημα για την κατανάλωση πολυφαινολών είναι το ποσοστό των ενώσεων που πρέπει να καταναλωθούν για να φτάσουν στο σημείο

να έχουν ευεργετικές ικανότητες για τον ανθρώπινο οργανισμό. Στην περίπτωση που οι πολυφαινόλες καταναλώνονται μέσω κανονικής διατροφής και φυτικών προϊόντων δεν μπορούν να αποφανθούν τοξικές για την ανθρώπινη υγεία. Ακόμα και στην περίπτωση που η κατανάλωση των τροφίμων είναι ελαφρώς αυξημένη για παράδειγμα η κατανάλωση τριών πορτοκαλιών αντί για δύο, πάλι δεν υπάρχει κίνδυνος. Στην περίπτωση που η κατανάλωση πολυφαινόλων γίνεται με τη χρήση φαρμάκων ή συμπληρωμάτων διατροφής η χορήγηση θα πρέπει να είναι προσεκτική ώστε να μην αποφανεί επικίνδυνη.

1.6.Πως επηρεάζεται το μικροβίωμα με την αλληλεπίδραση των πολυφαινόλων

Φαίνεται πως η σχέση του μικροβιακού και συμβιωτικού παθογόνου πληθυσμού των φυτών με τις πολυφαινόλες μοιάζει κατά κάποιο τρόπο με την σχέση πολυφαινόλων και του μικροβιώματος. Έχουν την ικανότητα να ρυθμίζουν την σύνθεση του ανθρώπινου μικροβιώματος και μελετήθηκε πως οι μη εκχυλίσιμες πολυφαινόλες παραμένουν στο κόλον για μεγάλο χρονικό διάστημα, ώσπου η φυσική μικροχλωρίδα του εντέρου τις μεταβολίζει με σκοπό τον καλύτερο σχηματισμό ενεργών μεταβολιτών. Ανάλογα τον τύπο της πολυφαινόλης και τον ανθρώπινο οργανισμό ποικίλλει και ο μεταβολισμός τους. Κάποιες πολυφαινόλες όπως είναι αυτές που περιέχει το πράσινο και το μαύρο τσάι είναι ικανές να αναστείλουν την ανάπτυξη *Helicobacter pylori*, ο *Staphylococcus aureus*, η *Escherichia coli*, η *Salmonella typhimurium*, η *Listeria monocytogenes* και η *Pseudomonas aeruginosa*, καθώς και ο ιός του ιού C. HIV και *Candida*, που πρόκειται για παθογόνους για τον άνθρωπο μικροοργανισμούς. Αντίστοιχα κάποιες πολυφαινόλες είναι ικανές να αυξήσουν ευεργετικά για το μικροβίωμα και την εντερική μικροχλωρίδα μικροοργανισμούς *Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp., *Akkermansia muciniphila* και *Faecalibacterium prausnitzii* και βελτιώνουν την αναλογία *Firmicutes* προς *Bacteroides* (Cardona et al., 2013; Cueva et al., 2010; Queipo-Ortuño et al., 2012).



Εικόνα 10. Αλληλεπίδραση των φλαβονοειδών με το μικροβίωμα του εντέρου και η συστηματική τους επίδραση

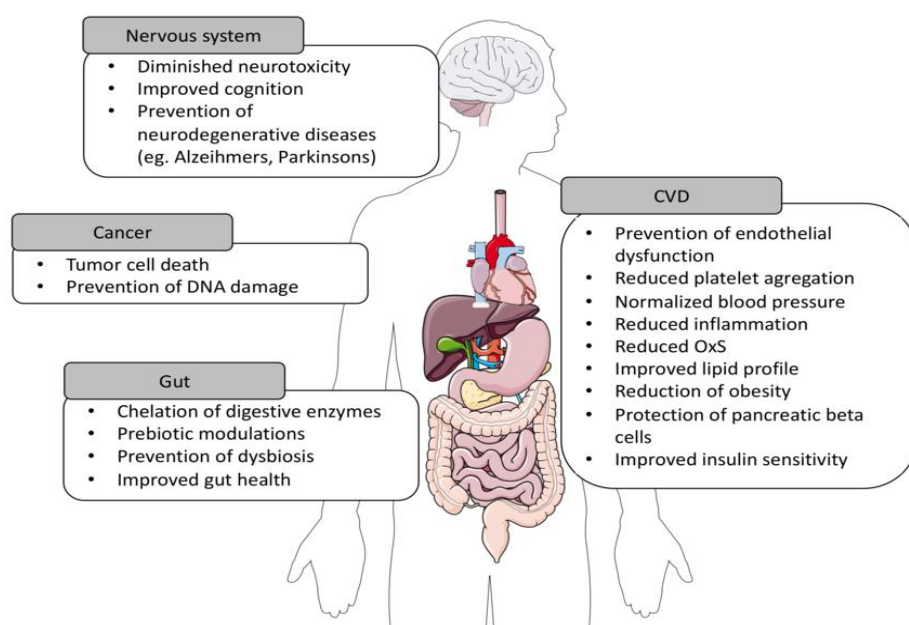
1.7.Επιδράσεις των πολυφαινολών στην καρδιομεταβολική υγεία

Κάποια οφέλη στην υγεία που φαίνεται να έχουν οι πολυφαινόλες από πηγές τροφίμων όπως ο καφές, το τσάι, τα μήλα, τα εσπεριδοειδή κ.α. συμπεριλαμβάνουν τις καρδιαγγειακές παθήσεις και τον διαβήτη τύπου 2. Έχουν επιδράσεις στα εξής:

- ενδοθηλιακή λειτουργία
- στο μεταβολισμό της γλυκόζης
- στην αρτηριακή πίεση
- στη φλεγμονή
- στους βιοδείκτες του οξειδωτικού στρες
- στη λειτουργία αιμοπεταλίων και τη χοληστερόλη
- καθώς και έμμεσες επιδράσεις που προκαλούνται από την αλληλεπίδραση με το μικροβίωμα του εντέρου (Williamson et al., 2018).

Είναι όμως σίγουρο πως η ερμηνεία δεδομένων από μελέτες παρατηρήσεις πρέπει να είναι πολυπαραγοντική. Για παράδειγμα, η

μειωμένη κατανάλωση δυνητικά επιβλαβών τροφίμων ζωικής προέλευσης μπορεί να εξισορροπηθεί από την αυξημένη κατανάλωση τροφίμων φυτικής προέλευσης αυξημένων σε πολυφαινόλες, πράγμα που σημαίνει πως η κατανάλωση πολυφαινολών συνδέεται με τη βελτιωμένη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού (Mennen et al., 2005). Στην περίπτωση αυτή όμως όλα είναι σχετικά με διάφορους παράγοντες όπως το μέγεθος των μερίδων κατανάλωσης και οι πιθανές διαφορές στην περιεκτικότητα των πολυφαινολών. Οι μελέτες παρατήρησης όμως είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την διεξαγωγή υποθέσεων και προβληματισμών που προωθούν τους επιστήμονες στην έρευνα και στη συγκέντρωση στοιχείων (Hollman et al., 2011).



Εικόνα 11.Επιδράσεις των πολυφαινολών στην καρδιομεταβολική υγεία, μέσω μηχανισμών που σχετίζονται με το ενδοθήλιο, τη φλεγμονή, το οξειδωτικό στρες και το μικροβίωμα. Πηγή: Feldman et al., 2021 (ResearchGate).

1.8.Επιδράσεις των πολυφαινολών στη γνωστική λειτουργία

Εκτός από τις θετικές επιδράσεις της κατανάλωσης πολυφαινολών στο μικροβίωμα, στην αντιοξειδωτική δράση και στην καρδιομεταβολική υγεία πιστεύεται πως οι πολυφαινόλες έχουν θετική επίδραση στην γνωστική μας λειτουργία. Μετά από μια πρακτική μελέτη που αποδόθηκε σε χρονική περίοδο 13 ετών σε ενήλικες μέσης ηλικίας βρέθηκε μια θετική συσχέτιση μεταξύ των γνωστικών παραγόντων (γλώσσα και λεκτική μνήμη) και στην κατανάλωση πολυφαινολών. (Devore et al., 2012) Ακόμα, μετά από μελέτες παρατηρήθηκε πως η κατανάλωση τσαγιού έχει αντίστροφη γραμμική σχέση με τη συχνότητας εμφάνισης γνωστικών διαταραχών (Tomata et al., 2016). Πιο συγκεκριμένα άλλες μελέτες που αναφέρονται στο πράσινο και μαύρο τσάι έδειξαν πως η κατανάλωση του συνδέεται με τον χαμηλό δείκτη εμφάνισης γνωστικής εξασθένησης, κατάθλιψης και ίσως έχει προστατευτική δράση ενάντια στη νόσο του Πάρκινσον (Mandel et al., 2008).

Είναι βέβαιο λοιπόν πως τα προϊόντα πλούσια σε πολυφαινόλες και οι μεμονωμένες πολυφαινόλες αυξάνουν σταθερά την ροή του αίματος στον εγκέφαλο και ρυθμίζουν την εγκεφαλική δραστηριότητα. Όμως οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες δείχνουν πως μόνο λίγα άτομα ανέφεραν βελτιώσεις σε αυτούς του τομείς που προαναφέρθηκαν σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο (Williams et al., 2018).

1.9.Επίδραση της αποθήκευσης στην περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, βιταμίνη C και στην αντιοξειδωτική δράση των φλοιών και των χυμών πορτοκαλιού

Ανάμεσα στα φρούτα και τα προϊόντα φρούτων τα πορτοκάλια και οι χυμοί πορτοκαλιού (Ma et al., 2019) επισημαίνονται ως μεγάλη πηγή πολυφαινολικών ενώσεων και βιταμίνης C λόγω της σχετικά σημαντικής κατανάλωσής τους. Η βιταμίνη C είναι το πιο σημαντικό υδατοδιαλυτό αντιοξειδωτικό. Η περιεκτικότητα της βιταμίνης C στα πορτοκάλια κυμαίνεται από 150-450 mg/L. Ένα κύριο μέρος των φαινολικών ενώσεων των πορτοκαλιών (χυμού και φλούδας), είναι τα τα υδροξυκινναμωμικά οξέα (HCA) και τα φλαβονοειδή, μεταξύ των οποίων κυριαρχούν οι φλαβανόνες. Τα υδροξυκινναμωμικά οξέα απαντώνται κυρίως ως εστέρες φερουλικού, *π*-κουμαρικού, σιναπικού και καφεϊκού οξέος. Οι φλαβανόνες στα πορτοκάλια εμφανίζονται κυρίως ως γλυκοσίδες. Η γλυκοζύλωση λαμβάνει χώρα στη θέση 7 είτε με ρουτινόζη (6-*O*- α -1-rhamnosyl-d-glucosides) είτε από νεοεσπεριδόζη (2-*O*- α -1-rhamnosyl-d-glucosides). Μεταξύ των αγλυκώνων φλαβανόνης, η ναρινγενίνη, η εσπερετίνη, η εριοδικτυόλη και η ισοακουρανετίνη είναι οι πιο κοινές, αλλά υπάρχουν σε πολύ μικρότερες ποσότητες από τις γλυκοσίδες. Τα φλαβονοειδή των εσπεριδοειδών, ιδιαίτερα η εσπεριδίνη, έχουν δείξει ένα ευρύ φάσμα θεραπευτικών ιδιοτήτων όπως αντιφλεγμονώδεις, αντιυπερτασικές, διουρητικές, αναλγητικές και υπολιπιδαιμικές δράσεις. Όσον αφορά τους φρέσκους και αποθηκευμένους χυμούς πορτοκαλιού υπάρχουν κάποια δεδομένα σχετικά με την περιεκτικότητά τους σε φαινολικές ενώσεις παρόλα αυτά υπάρχουν λίγες πληροφορίες σχετικά με την επίδραση της διάρκειας, αποθήκευσης και θερμοκρασίας στην περιεκτικότητα σε φλαβανόνη.

1.10. Πολυφαινόλες Παιδιά και ΔΕΠΥ

Πολλές μελέτες σε ενήλικες έχουν συσχετίσει την κατανάλωση πολυφαινολών με βελτιωμένα αποτελέσματα υγείας, όπως χαμηλότερο κίνδυνο καρδιαγγειακών νοσημάτων και μεταβολικού συνδρόμου. Ωστόσο, οι επιδράσεις στον παιδιατρικό πληθυσμό δεν έχουν μελετηθεί εκτενώς. Η παρούσα αναφορά είχε στόχο να δείξει την επίδραση της κατανάλωσης πολυφαινολών σε μεταβολικές παραμέτρους παιδιών και εφήβων (Ashoori & Saedisomeolia, 2014). Το οξειδωτικό στρες έχει συνδεθεί με την παθοφυσιολογία διαφόρων ψυχιατρικών διαταραχών, όπως η κατάθλιψη και η διαταραχή ελλειμματικής προσοχής με υπερκινητικότητα (ΔΕΠΥ). Υπάρχουν επιστημονικά δεδομένα που υποστηρίζουν ότι η πρόσληψη πολυφαινολών μέσω της διατροφής μπορεί να συμβάλει θετικά στην ψυχική υγεία, κυρίως μέσω των αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων (Lai et al., 2017). Επιπλέον, αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι η αυξημένη κατανάλωση πολυφαινολών βελτιώνει τα συμπτώματα της ΔΕΠΥ σε παιδιά, επηρεάζοντας ευνοϊκά τη μάθηση, την προσοχή και τη συμπεριφορά τους (Liu et al., 2019). Παρ' όλα αυτά, μέχρι σήμερα δεν έχει διεξαχθεί έρευνα που να εξετάζει άμεσα τη σχέση μεταξύ της διαιτητικής πρόσληψης πολυφαινολών και του κινδύνου εμφάνισης ΔΕΠΥ.

Η σχέση μεταξύ της διατροφής και της ΔΕΠΥ έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης τα τελευταία χρόνια. Υπάρχουν ενδείξεις ότι διατροφικά πρότυπα με υψηλή περιεκτικότητα σε φρούτα, λαχανικά, προϊόντα ολικής άλεσης, όσπρια, φυτικά έλαια και γαλακτοκομικά μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης υπερκινητικότητας ή και ΔΕΠΥ (Nigg et al., 2016). Επιπρόσθετα, χορτοφαγικές διατροφές οι οποίες περιλαμβάνουν μεγάλη ποικιλία φυτικών τροφών έχουν βρεθεί να παρουσιάζουν αντίστροφη συσχέτιση με την εμφάνιση της διαταραχής. Παρόμοια ευρήματα έχουν αναφερθεί και για διατροφές πλούσιες σε πολυφαινόλες, όπως η Μεσογειακή διατροφή και η δίαιτα DASH, οι οποίες ενδέχεται να βελτιώνουν τα συμπτώματα της ΔΕΠΥ (Loughman & Allen, 2019). Σε συγχρονική μελέτη διαπιστώθηκε ότι χαμηλή συμμόρφωση στο πρότυπο της Μεσογειακής διατροφής σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης της διαταραχής (Marí-Bauset et al., 2019).

Οι πολυφαινολικές ενώσεις φαίνεται να δρουν προστατευτικά έναντι της ΔΕΠΥ μέσω πολλαπλών βιοχημικών μηχανισμών. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνεται η μεταβολή της ρευστότητας των κυτταρικών μεμβρανών και η ρύθμιση των αδρενεργικών υποδοχέων. Επιπλέον, οι πολυφαινόλες εμφανίζουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η πικνογενόλη, ένα μείγμα πολυφαινολικών ενώσεων (προκυανιδίνες, κατεχίνη, ταξιφολίνη, φαινολικά οξέα), η οποία προστατεύει νευρικά κύτταρα από βλάβες οξειδωτικού στρες, μέσω ενίσχυσης της γλουταθειόνης και αναστολής της οξειδωτικής βλάβης (Shen & Cai, 2018). Η ίδια ένωση φαίνεται να έχει και αγγειοδιασταλτικές ιδιότητες, επιτρέποντας αυξημένη αιματική ροή προς τον εγκέφαλο, ενώ συμβάλλει στη ρύθμιση των κατεχολαμινών και στην προστασία από οξειδωτικό στρες (Khalil et al., 2017). Μάλιστα, σε κλινική μελέτη, παρατηρήθηκε ότι η χορήγηση πυκνογενόλης σε παιδιά οδήγησε σε βελτίωση των συμπτωμάτων της ΔΕΠΥ (Schneider et al., 2014).



Εικόνα 12.

Παράλληλα, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι μαγειρικές τεχνικές μπορούν να επηρεάσουν την περιεκτικότητα των τροφών σε πολυφαινόλες και την αντιοξειδωτική τους ισχύ. Σε πολλές χώρες τα λαχανικά καταναλώνονται κυρίως μαγειρεμένα, είτε στον ατμό, είτε βραστά, είτε στον φούρνο ή τα μικροκύματα, είτε μέσω τηγανίσματος. Οι πολυφαινόλες είναι ευαίσθητες στη θερμική επεξεργασία και ως εκ

τούτου, τα μαγειρεμένα λαχανικά περιέχουν μικρότερες ποσότητες σε σύγκριση με τα ωμά. Παράγοντες όπως ο χρόνος, η θερμοκρασία και η παρουσία υγρού παίζουν ρόλο στη διατήρησή τους. Το σύντομο και ήπιο μαγείρεμα, ειδικά σε χαμηλή θερμοκρασία, μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση περισσότερων βιοδραστικών ενώσεων, όπως έχει φανεί και στην περίπτωση της πατάτας (Miglio et al., 2008).

Γενικά, οι υγρές μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας (όπως ο ατμός ή το ήπιο βράσιμο) προκαλούν μικρότερη απώλεια πολυφαινόλων σε σχέση με το τηγάνισμα, το οποίο έχει φανεί ότι μειώνει σημαντικά την περιεκτικότητα αυτών των ενώσεων, π.χ. στις ντομάτες (Bunea et al., 2008). Ο ατμός φαίνεται να είναι προτιμότερος σε σύγκριση με το βράσιμο και τα μικροκύματα, διατηρώντας μεγαλύτερο ποσοστό των ευεργετικών συστατικών.

Κατά συνέπεια, η κατανάλωση ωμών ή ήπια μαγειρεμένων λαχανικών ενδέχεται να ενισχύσει τα οφέλη που σχετίζονται με τις πολυφαινόλες, ιδιαίτερα όσον αφορά τις αντιοξειδωτικές και νευροπροστατευτικές τους ιδιότητες.

Η συγκεκριμένη μελέτη παρουσιάζει ορισμένες αδυναμίες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Αρχικά, δεν συμπεριλήφθηκαν παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάζουν την περιεκτικότητα των τροφίμων σε πολυφαινόλες, όπως ο τρόπος παρασκευής ή επεξεργασίας τους. Επιπλέον, δεν έγινε διάκριση μεταξύ διαφορετικών μορφών της ΔΕΠΥ, γεγονός που περιορίζει την κατανόηση της επίδρασης των πολυφαινόλων σε κάθε υποκατηγορία της διαταραχής.

Ένας ακόμη περιορισμός αφορά το ότι δεν αξιολογήθηκε η βαρύτητα των συμπτωμάτων, παρά μόνο η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ της διαιτητικής πρόσληψης πολυφαινόλων και της πιθανότητας εμφάνισης της ΔΕΠΥ. Επίσης, η στατιστική σημαντικότητα της σχέσης μπορεί να οφείλεται στο μεγάλο μέγεθος δείγματος, χωρίς όμως να συνοδεύεται απαραίτητα από κλινικά ουσιαστικά ευρήματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παρούσα ανάλυση εκτίμησε τον κίνδυνο για ΔΕΠΥ σε συνάρτηση με κάθε μονάδα αύξησης της πρόσληψης πολυφαινόλων, κάτι που δεν αναμένεται να προκαλέσει δραστικές αλλαγές στον συνολικό κίνδυνο. Σε αντίθεση, σημαντικές διακυμάνσεις συνήθως παρατηρούνται σε μελέτες που κατηγοριοποιούν τους συμμετέχοντες σε επίπεδα κατανάλωσης (όπως τριτημόρια ή τεταρτημόρια).

Τέλος, η χρήση ερωτηματολογίου συχνότητας κατανάλωσης τροφίμων Food Frequency Questionnaire (FFQ) ως μέσο συλλογής διατροφικών δεδομένων βασίζεται στη μνήμη των συμμετεχόντων, γεγονός που ενδέχεται να εισάγει μεροληψία ή ανακρίβειες.

Η κατανάλωση πολυφαινολών φαίνεται να έχει άμεση σχέση με μια σειρά από οφέλη για την ανθρώπινη υγεία, όπως είναι η αντιοξειδωτική τους δράση, βελτίωση της καρδιομεταβολικής υγείας και σε μικρότερο βαθμό στη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου. Ωστόσο δεν έχουν τεκμηριωθεί ακριβώς οι επιπτώσεις αυτών, λόγω πολυπλοκότητας των σχέσεων και των αντιδράσεων που μπορεί να έχουν στον οργανισμό (Frank et al., 2016).

1.11.Εμπλουτισμένα Τρόφιμα και Συμπληρώματα Διατροφής

Ορισμός "Λειτουργικών Τροφίμων"

Τα λειτουργικά τρόφιμα (Sun-Waterhouse, 2011) είναι εκείνα που πέραν της βασικής θρεπτικής τους αξίας, προσφέρουν επιπλέον οφέλη για την υγεία συμβάλλοντας στην πρόληψη και διαχείριση χρόνιων νοσημάτων. Αυτά μπορεί να είναι φυσικά τρόφιμα πλούσια σε βιοδραστικά συστατικά (π.χ. φρούτα, λαχανικά, δημητριακά ολικής άλεσης) ή τρόφιμα που έχουν εμπλουτιστεί με ουσίες όπως βιταμίνες, μέταλλα, προβιοτικά και φυτοχημικά. Σύμφωνα με τον ορισμό του National Institutes of Health (NIH), τα λειτουργικά τρόφιμα περιλαμβάνουν τρόφιμα που έχουν τροποποιηθεί ώστε να παρέχουν επιπλέον οφέλη για την υγεία πέραν της βασικής διατροφικής τους αξίας (Diplock et al., 1999)

<u>Χαρακτηριστικό</u>	<u>Εμπορικά Συμπληρώματα</u>	<u>Συμπληρώματα διατροφής που</u>
------------------------------	-------------------------------------	--

		 <u>μελετάμε</u>
<u>Βιταμίνες</u>	Συνθετικές (π.χ. ασκορβικό οξύ)	Από φυσικά φρούτα
<u>Πολυφαινόλες</u>	Συνήθως απύσες	Παρούσες (ανθοκυανίνες, κατεχίνες κ.ά.)
<u>Πηγές</u>	Χημικά/συνθετικά	Εκχυλίσματα φρούτων & φυτών
<u>Ζάχαρη</u>	Συχνά υψηλή	Φυσικά γλυκαντικά
<u>Τεχνητά πρόσθετα</u>	Χρώματα/γεύσεις/συντηρητικά	Όχι

Πίνακας 3. Σύγκριση εμπορικού συμπληρώματος διατροφής με τα παρασκευάσματα της παρούσας εργασίας



Εικόνα 13. Φυτικό προϊόν σε σύγκριση με συνθετικό

1.12. Η Σημασία των Συμπληρωμάτων Διατροφής στα Παιδιά

Η παιδική ηλικία είναι κρίσιμη περίοδος για την ανάπτυξη και την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος. Παρόλο που μια ισορροπημένη διατροφή καλύπτει τις περισσότερες διατροφικές ανάγκες υπάρχουν περιπτώσεις όπου τα συμπληρώματα διατροφής είναι απαραίτητα, όπως:

- Παιδιά με επιλεκτική διατροφή ή περιορισμένη πρόσληψη τροφών.
- Παιδιά με αυξημένες ανάγκες λόγω ταχείας ανάπτυξης.
- Παιδιά με χρόνιες παθήσεις ή διατροφικές διαταραχές. Μελέτες έχουν δείξει ότι περίπου το 30% των παιδιών και εφήβων στις ΗΠΑ χρησιμοποιούν συμπληρώματα διατροφής, κυρίως πολυβιταμίνες, για την ενίσχυση της ανάπτυξης και του ανοσοποιητικού συστήματος (Gahche et al., 2017).

Ζελεδάκια: Κατάλληλη Μορφή Χορήγησης για Παιδιά

Τα ζελεδάκια ως μορφή συμπληρωμάτων διατροφής έχουν κερδίσει δημοτικότητα, ιδιαίτερα μεταξύ των παιδιών, λόγω των εξής χαρακτηριστικών:

- Ευχάριστη γεύση και υφή: Η γλυκιά γεύση και η μαλακή υφή τα καθιστούν ελκυστικά για τα παιδιά.
- Ευκολία στη λήψη: Σε αντίθεση με τα δισκία ή τις κάψουλες, τα ζελεδάκια είναι πιο εύκολα στην κατάποση, ιδανικά για παιδιά που δυσκολεύονται με άλλες μορφές.
- Αύξηση της συνέπειας: Η ευχάριστη εμπειρία λήψης μπορεί να ενισχύσει τη συνέπεια στη χρήση των συμπληρωμάτων. Ωστόσο, πρέπει να δίνεται προσοχή στην περιεκτικότητα σε ζάχαρη και στα πρόσθετα συστατικά, καθώς η υπερβολική κατανάλωση μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα, όπως τερηδόνα ή υπερδοσολογία βιταμινών, πρόβλημα που δεν αντιμετωπίζει η

παρούσα έρευνα γιατί δεν χρησιμοποιούνται τέτοιου είδους συστατικά (Baker et al., 2015).

Συμπερασματικά, η επιλογή της μορφής των ζελεδακίων έγινε λόγω της αυξανόμενης ζήτησης για συμπληρώματα διατροφής που συνδυάζουν την ευκολία χρήσης με ευχάριστη γεύση. Τα ζελεδάκια αποτελούν μια πρακτική λύση για την καθημερινή λήψη θρεπτικών συστατικών, προσελκύοντας καταναλωτές που επιζητούν μια πιο φιλική και εύκολη στη χρήση εναλλακτική των κλασικών δισκίων ή κάψουλων.

Οι πολυφαινόλες επιλέχθηκαν ως κύριο δραστικό συστατικό λόγω των γνωστών αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων και της θετικής τους επίδρασης στην υγεία. Η δυνατότητα των πολυφαινολών να προστατεύουν τα κύτταρα από το οξειδωτικό στρες και να ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα τις καθιστά σημαντικό συστατικό σε συμπληρώματα που στοχεύουν στην προαγωγή της ευεξίας.

Η επιλογή συγκεκριμένων φρούτων στη σύνθεση βασίστηκε τόσο στην υψηλή περιεκτικότητά τους σε πολυφαινόλες όσο και στην ευχάριστη γευστική τους απόδοση. Επιπλέον, τα φρούτα αυτά παρουσιάζουν ικανοποιητική σταθερότητα κατά την επεξεργασία και τη διατήρηση του προϊόντος, διασφαλίζοντας παράλληλα την ποιότητα και την αποτελεσματικότητα του τελικού συμπληρώματος (Muñoz et al., 2019).

1.13. Πολυφαινόλες στα φρούτα μελέτης

ΑΚΤΙΝΙΔΙΟ

Τα ακτινίδια (*A. deliciosa*) φάνηκε να καλλιεργήθηκαν σε περιοχές κατάλληλες για την ανάπτυξή τους λόγω μικροκλίματος του περιβάλλοντος στα μέσα Αυγούστου του 2008, στην ακτή της Μαύρης Θάλασσας της βορειοανατολικής Τουρκίας. Αγοράστηκαν στην Τουρκία από την τοπική αγορά της Ερεζούμ. Το ακτινίδιο (Saeed et al., 2019) καλλιεργείται κυρίως σε τροπικές και υποτροπικές χώρες όπως η Νέα Ζηλανδία, η Γαλλία, η Χιλή και η Ιαπωνία. Αναπτύσσεται φυσικά σε διάφορες περιοχές. Ο βοτανολόγος Δρ. Yusuf Kaya αναγνώρισε τα υλικά του ακτινιδίου μετά από αποθήκευση στους -80°C μέχρι να χρησιμοποιηθούν. Τα αποτελέσματα αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα

ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΚΤΙΝΙΔΙΩΝ	ΠΟΣΟ
Νερό	83,5 g
Υδατάνθρακες	14,9 g
Πρωτεΐνη	0,99 gr
Βιταμίνη C	105 mg
Βιταμίνη B	0,2 mg
Λίπος	0,44 g
K	332 mg

Cl	50 mg
P	40 mg
Ca	35 mg
Mg	28 mg
S	16 mg
Na	4 mg
Se	0,6 mg
Fe	0,5 mg
B	0,2 mg
Zn	0,16 mg
Cu	0,1 mg

Πίνακας 4. Περιεκτικότητα ακτινιδίων

Η εκατοστιαία ποσότητα (%) λυοφιλοποιημένου υδατικού εκχυλίσματος που λαμβάνεται από ακτινίδια 100 mg.

Το ακτινίδιο συγκαταλέγεται στα φρούτα με υψηλή θρεπτική και λειτουργική αξία, κυρίως λόγω της μεγάλης περιεκτικότητάς του σε βιταμίνη C, αλλά και εξαιτίας της παρουσίας σημαντικών φυτοχημικών ουσιών, όπως οι πολυφαινόλες. Οι ενώσεις αυτές εντοπίζονται κυρίως στη φλούδα και στους σπόρους του φρούτου και παρουσιάζουν έντονη βιολογική δραστηριότητα. Μεταξύ των πιο χαρακτηριστικών πολυφαινολών που έχουν καταγραφεί σε διάφορες ποικιλίες ακτινιδίου περιλαμβάνονται οι κατεχίνες, το καφεϊκό και το χλωρογενικό οξύ, η επικατεχίνη και τα παράγωγα του γαλλικού οξέος. Οι ουσίες αυτές έχουν συσχετιστεί με ισχυρές αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες (Saeed et al., 2019).

Ιδιαίτερα η φλούδα του ακτινιδίου έχει φανεί να περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις κατεχίνης σε ορισμένες περιπτώσεις φτάνοντας τα 5,44 mg/g, ενώ συνολικά παρουσιάζει μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με άλλα κοινά φρούτα, όπως το μήλο και το πορτοκάλι. Το καφεϊκό οξύ, που επίσης απαντάται σε αξιόλογες ποσότητες, έχει διερευνηθεί για τις πιθανές αντικαρκινικές του ιδιότητες, ενώ στους

σπόρους κυριαρχεί το πρωτοκατεχικό οξύ, το οποίο φαίνεται να ενισχύει την αντιφλεγμονώδη δράση του φρούτου.

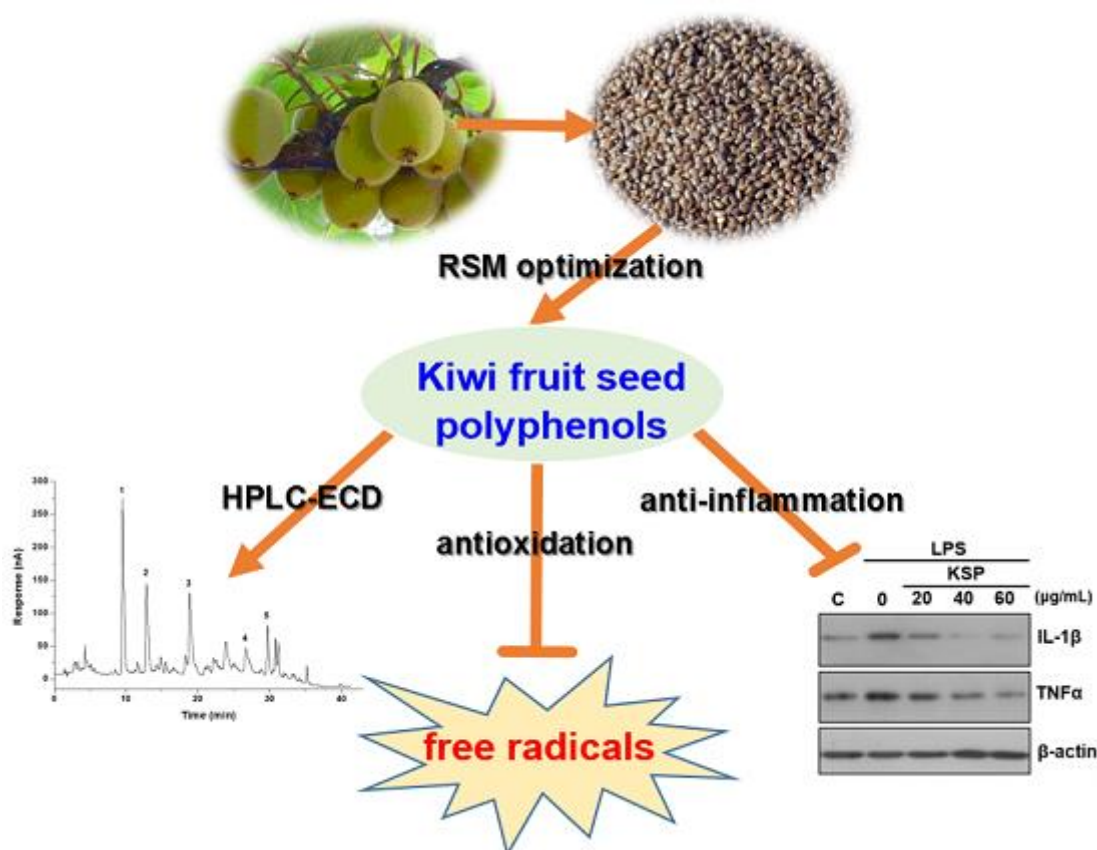
Πολλές μελέτες τόσο σε κυτταρικές σειρές όσο και σε ζωικά μοντέλα, έχουν εστιάσει στην αξιολόγηση της δράσης αυτών των πολυφαινολικών ενώσεων. Εκχυλίσματα από τη φλούδα του ακτινιδίου έχει αποδειχθεί ότι μειώνουν τη βιωσιμότητα καρκινικών κυττάρων, όπως τα A549 (πνευμονικός καρκίνος) και τα MCF-7 (καρκίνος μαστού), ενώ παράλληλα περιορίζουν την παραγωγή φλεγμονωδών κυτοκινών όπως η IL-1β και ο TNF-α. Επιπρόσθετα, πειράματα σε ζώα με διατροφή πλούσια σε λιπαρά έδειξαν ότι η συμπληρωματική χορήγηση πολυφαινολών από ακτινίδιο βελτίωσε τη λειτουργία του εντερικού φραγμού, μείωσε τη διαπερατότητα του εντέρου και συνέβαλε στη ρύθμιση της μικροχλωρίδας. Τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν τη συμβολή των πολυφαινολικών συστατικών στη διατήρηση της μεταβολικής ισορροπίας και υγείας (Zhang et al., 2019).

Στα παιδιά, η κατανάλωση ακτινιδίου μπορεί να ενισχύσει το ανοσοποιητικό σύστημα μέσω της υψηλής περιεκτικότητας σε βιταμίνη C, η οποία συμβάλλει στην παραγωγή λευκών αιμοσφαιρίων και στην προστασία από λοιμώξεις. Επιπλέον, οι πολυφαινόλες βοηθούν στην προστασία των νευρικών κυττάρων από οξειδωτικές βλάβες, γεγονός που μπορεί να υποστηρίξει τη γνωστική ανάπτυξη και τη μνήμη, στοιχεία κρίσιμα για τη σχολική απόδοση και τη γενικότερη πνευματική υγεία των παιδιών. Η μορφή του συμπληρώματος σε ζελεδάκι καθιστά την πρόσληψη ευχάριστη και εύκολη, προωθώντας την τακτική κατανάλωση (Giampieri et al., 2015).

Στους ενήλικες, το ακτινίδιο έχει συσχετιστεί με βελτιώσεις στο καρδιαγγειακό σύστημα, μέσω της μείωσης της αρτηριακής πίεσης και της βελτίωσης του λιπιδαιμικού προφίλ. Η αντιφλεγμονώδης δράση των πολυφαινολών συμβάλλει στη μείωση της χρόνιας φλεγμονής, που αποτελεί κοινό παράγοντα κινδύνου για διαβήτη, καρδιαγγειακά νοσήματα και νευροεκφυλιστικές παθήσεις. Επιπλέον, η βελτίωση της αντιοξειδωτικής ικανότητας του οργανισμού που προκαλείται από την κατανάλωση ακτινιδίου υποστηρίζει τη γενικότερη υγεία και την πρόληψη της γήρανσης των κυττάρων (Alvarez-Suarez et al., 2015).

Η επιλογή του ακτινιδίου ως βασικό συστατικό στη διπλωματική για συμπληρώματα διατροφής σε μορφή ζελεδάκι φιλικό για παιδιά συνδυάζει την υψηλή διατροφική αξία με την ευχάριστη μορφή

κατανάλωσης, που ενισχύει τη συμμόρφωση. Ακόμα, η επιστημονική τεκμηρίωση των ευεργετικών επιδράσεων του ακτινιδίου, τόσο σε νευροπροστασία όσο και σε καρδιομεταβολική υγεία, προσδίδει επιστημονικό κίνητρο και καινοτομία στην εργασία. Η χρήση πολυφαινολών από ακτινίδιο σε συμπληρώματα μπορεί να συμβάλει στην πρόληψη χρόνιων παθήσεων από νεαρή ηλικία, καθιστώντας το θέμα ιδιαίτερα επίκαιρο και σημαντικό.



Εικόνα 14. Εκχύλιση πολυφαινολών από σπόρους ακτινιδίου με φυσικούς διαλύτες και αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής τους ικανότητας.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως τα υποπροϊόντα του ακτινιδίου –όπως η φλούδα και οι σπόροι– που συνήθως απορρίπτονται κατά τη βιομηχανική επεξεργασία, είναι ιδιαίτερα πλούσια σε βιοδραστικά συστατικά. Η αξιοποίηση αυτών των παραπροϊόντων μπορεί να μειώσει τα

βιομηχανικά απόβλητα και ταυτόχρονα να προωθήσει την ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων, όπως λειτουργικά τρόφιμα, διατροφικά συμπληρώματα και φυσικά καλλυντικά, ενισχύοντας τις αρχές της κυκλικής οικονομίας και της βιώσιμης παραγωγής.

Οι πολυφαινόλες που προέρχονται από το ακτινίδιο έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικές στην αντιμετώπιση του ηπατικού οξειδωτικού στρες, όπως καταδεικνύουν διάφορες *in vitro* και *in vivo* μελέτες. Σε εργαστηριακές δοκιμές, οι πολυφαινόλες από τον φλοιό του ακτινιδίου μείωσαν σημαντικά την ανάπτυξη των ηπατοκυττάρων HepG2 και προκάλεσαν αύξηση της απόπτωσης, ενώ παράλληλα μείωσαν τα επίπεδα των αντιδραστικών ειδών οξυγόνου (ROS) και την υπεροξειδωση των λιπιδίων. Σε πειραματόζωα με αλκοολική ηπατική βλάβη, η χορήγηση εκχυλίσματος από «thinned immature» ακτινίδια (TIK) οδήγησε σε σημαντική μείωση των δεικτών ηπατικής βλάβης (ALT, AST), των τριγλυκεριδίων και των φλεγμονωδών κυτοκινών (IL-6, TNF-α). Επιπλέον, ενίσχυσε τη δραστηριότητα αντιοξειδωτικών ενζύμων όπως η υπεροξειδική δισμουτάση (SOD), η καταλάση (CAT) και η γλουταθειόνη (GSH), ενώ μείωσε την εναπόθεση λιπιδίων στο ήπαρ, επιδεικνύοντας ανώτερη προστασία σε σύγκριση με εκχυλίσματα από ώριμους καρπούς. Παρόμοια, πολυφαινολικά συστατικά και πηκτίνη από το golden ακτινίδιο (ACFP) έδειξαν προστατευτική δράση έναντι μεταβολικών διαταραχών που προκαλούνται από δίαιτα υψηλής λιπαρής περιεκτικότητας. Σε ανθρώπους, η συμπληρωματική χορήγηση ακτινιδίου, όπως dwarf kiwi ή σπόρων, σε υπέρβαρους ενήλικες βελτίωσε τα ηπατικά ένζυμα (ALT), τα λιπίδια (non-HDL, τριγλυκερίδια) και την αντιοξειδωτική ικανότητα του πλάσματος. Ο μηχανισμός δράσης περιλαμβάνει την απομάκρυνση των ROS και την αναστολή της λιπιδικής υπεροξειδωσης, την αύξηση της δραστηριότητας των αντιοξειδωτικών ενζύμων, τη μείωση της φλεγμονής μέσω του μονοπατιού TLR4/NF-κΒ, καθώς και τη ρύθμιση της λιπιδιακής ομοιόστασης μέσω γονιδίων όπως SCD1, PCSK9 και CPT1A. Συνολικά, τα ευρήματα αυτά προσφέρουν ισχυρή επιστημονική βάση για τη χρήση του ακτινιδίου ως λειτουργικού συμπληρώματος διατροφής με σημαντική ηπατική προστασία και αντιοξειδωτική δράση Alvarez-Suarez, J. M., Giampieri, F., & Battino, M. (2015) Banaszewski, K., et al. (2013).

ΑΧΛΑΔΙ

Τα αχλάδια, μέλη της οικογένειας των Rosaceae, κατατάσσονται στα αποκαλούμενα «μηλοειδή φρούτα» λόγω του χαρακτηριστικού διαμερισμένου πυρήνα τους. Πρόκειται για φρούτα που έχουν μακρά ιστορία καλλιέργειας σε περιοχές της Ευρώπης και της Δυτικής Ασίας και τα οποία μεταφέρθηκαν στη Βόρεια Αμερική τον 17ο αιώνα. Σήμερα η εμπορική παραγωγή τους είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη στις βορειοδυτικές πολιτείες των Η.Π.Α., όπως η Ουάσινγκτον, η Καλιφόρνια και το Όρεγκον, απ' όπου προέρχεται πάνω από το 70% της εθνικής παραγωγής.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, πάνω από 50 χώρες καλλιεργούν αχλάδια με την ετήσια παραγωγή να ξεπερνά τους 23 εκατομμύρια τόνους (FAO, 2019). Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής διατίθεται για νωπή κατανάλωση, ενώ ένα μικρότερο μέρος (~10%) χρησιμοποιείται για επεξεργασία σε προϊόντα όπως κομπόστες, χυμούς και αποξηραμένα φρούτα.

Τα αχλάδια (*Pyrus* spp.), μέλη της οικογένειας Rosaceae, αποτελούν ένα από τα πιο διαδεδομένα φρούτα παγκοσμίως, με μακρά ιστορία καλλιέργειας στην Ευρώπη, Ασία και Αμερική. Εκτός από τη γευστική τους αξία, ξεχωρίζουν για το πλούσιο διατροφικό τους προφίλ και τις ευεργετικές τους ιδιότητες, που οφείλονται κυρίως στις πολυφαινόλες που περιέχουν (FAO, 2019; Μπουρδάρης, 2013).

Τα αχλάδια είναι πλούσια σε βιταμίνες (C, K), μέταλλα (κάλιο, μαγνήσιο) και φυτικές ίνες, που συμβάλλουν στη σωστή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος και στην καρδιαγγειακή υγεία (Μπουρδάρης, 2013). Ιδιαίτερη σημασία έχει η υψηλή περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, όπως η κερκετίνη, η ρουτίνη, το χλωρογενικό οξύ και οι φλαβανόλες (κατεχίνη, επικατεχίνη), οι οποίες συγκεντρώνονται κυρίως στη φλούδα του φρούτου, με συγκέντρωση έως και 3-5 φορές υψηλότερη από τη σάρκα (Μπουρδάρης, 2013; Πιορουλίου, 2021).

Οι πολυφαινόλες αυτές δρουν ως ισχυρά αντιοξειδωτικά, προστατεύοντας τα κύτταρα από το οξειδωτικό στρες, που σχετίζεται με

τη γήρανση και την ανάπτυξη χρόνιων παθήσεων, όπως ο καρκίνος και οι καρδιαγγειακές νόσοι (Ηλιοπούλου, 2021). Επιπλέον, συμβάλλουν στη μείωση της φλεγμονής και υποστηρίζουν την υγιή λειτουργία της εντερικής μικροχλωρίδας (Μπουρδάρας, 2013).

Τα αχλάδια χαρακτηρίζονται από χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για τη ρύθμιση των επιπέδων σακχάρου στο αίμα. Η παρουσία φυτικών ινών, τόσο διαλυτών όσο και αδιάλυτων, επιβραδύνει την απορρόφηση της γλυκόζης και προάγει τον κορεσμό, βοηθώντας στη διαχείριση του σωματικού βάρους (Μπουρδάρας, 2013). Η πηκτίνη που περιέχουν λειτουργεί ως πρεβιοτικό, ενισχύοντας την ανάπτυξη ευεργετικών βακτηρίων στο έντερο (Μπουρδάρας, 2013). Η ανάπτυξη συμπληρωμάτων διατροφής με βάση εκχυλίσματα αχλαδιών, ιδιαίτερα σε μορφή τζελ, αποτελεί μια καινοτόμο προσέγγιση για την ενίσχυση της υγείας, ειδικά σε παιδικούς πληθυσμούς. Η μορφή τζελ διευκολύνει την κατανάλωση και διατηρεί τη σταθερότητα των πολυφαινόλων, αυξάνοντας τη βιοδιαθεσιμότητά τους (Ηλιοπούλου, 2021). Ταυτόχρονα, η φυσική γεύση και η υφή των τζελ τα καθιστούν ελκυστικά για τα παιδιά, προωθώντας την υγιεινή διατροφή από μικρή ηλικία.

Συνολικά, η κατανάλωση αχλαδιών με τη φλούδα τους, καθώς και η αξιοποίηση των πολυφαινόλων τους σε λειτουργικά τρόφιμα και συμπληρώματα, συμβάλλουν σημαντικά στην πρόληψη χρόνιων παθήσεων και στη βελτίωση της συνολικής υγείας.

Από διατροφική και λειτουργική σκοπιά, τα αχλάδια παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς αποτελούν πλούσιες πηγές βιοδραστικών συστατικών, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται οι πολυφαινόλες. Οι ενώσεις αυτές απαντώνται κυρίως στη φλούδα του φρούτου, όπου η συγκέντρωσή τους είναι έως και 3 με 5 φορές υψηλότερη σε σύγκριση με τη σάρκα.

Βασικές πολυφαινόλες που περιέχουν τα αχλάδια:

- Χλωρογενικό οξύ (chlorogenic acid): κύριο φαινολικό οξύ με αντιοξειδωτική δράση
- Αρβουτίνη (arbutin): φαινολικό γλυκοσίδιο με αντιμικροβιακές ιδιότητες, χαρακτηριστικό του γένους *Pyrus*

- Κατεχίνη και επικατεχίνη (catechin & epicatechin): φλαβανόλες με ισχυρή αντιοξειδωτική δράση
- Κερκετίνη (quercetin): κυρίως στη φλούδα με αντιφλεγμονώδη και αντικαρκινική δράση
- Ρουτίνη (rutin) και γλυκοσίδια ισοραμνετίνης (isorhamnetin glycosides): φλαβονοειδή με αγγειοπροστατευτικές ιδιότητες
Σε μια ανασκόπηση από τον Wu και συνεργάτες (2013), ταυτοποιήθηκαν 73 διαφορετικές φαινολικές ενώσεις σε ποικιλίες αχλαδιών, με κυρίαρχες ομάδες τα φαινολικά οξέα και τα φλαβονοειδή.

Βιοδραστικότητα και δράσεις που περιέχουν τα αχλάδια:

Η τακτική κατανάλωση αχλαδιών και κυρίως της φλούδας τους σχετίζεται με:

- αντιοξειδωτική προστασία έναντι του οξειδωτικού στρες
- μείωση φλεγμονών
- υποστήριξη της εντερικής μικροχλωρίδας
- ήπια ρύθμιση της γλυκόζης και καρδιοπροστατευτικές επιδράσεις

Το αντιοξειδωτικό δυναμικό των πολυφαινολών στα αχλάδια έχει αξιολογηθεί με *in vitro* μεθόδους όπως οι δοκιμές DPPH, ABTS, FRAP και συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (TAC), οι οποίες επιβεβαιώνουν τη βιολογική δραστηριότητα των ενώσεων αυτών.

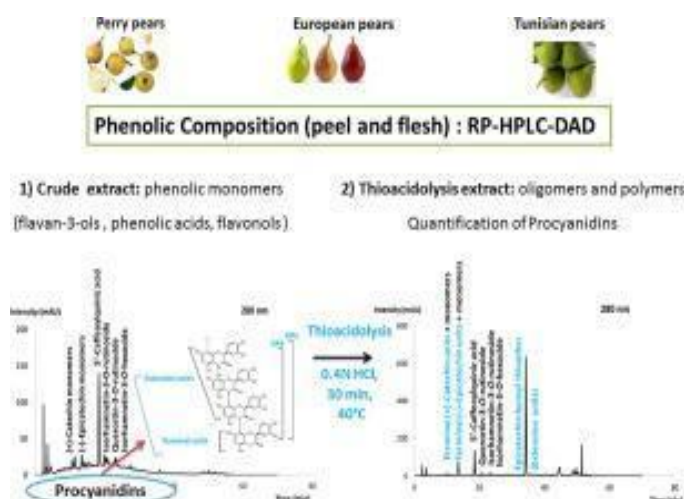
Τα αχλάδια, εκτός από την πλούσια γεύση τους, αποτελούν σημαντική πηγή θρεπτικών συστατικών που προάγουν την υγεία. Περιέχουν φυτικές ίνες, βιταμίνες όπως η C και η K, καθώς και μέταλλα όπως ο χαλκός και το κάλιο, που συμβάλλουν στη σωστή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος, στην καρδιαγγειακή υγεία και στη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης. Ιδιαίτερη σημασία έχει η παρουσία πολυφαινολών, αντιοξειδωτικών ουσιών με ισχυρή βιοδραστικότητα, οι οποίες συγκεντρώνονται κυρίως στη φλούδα του αχλαδιού, όπου η περιεκτικότητά τους μπορεί να είναι έως και έξι φορές υψηλότερη σε σχέση με τη σάρκα.

Οι πολυφαινόλες αυτές, όπως η κερκετίνη, η κατεχίνη και το

χλωρογενικό οξύ, έχουν αποδειχθεί ότι προστατεύουν τα κύτταρα από το οξειδωτικό στρες, μειώνουν τη φλεγμονή και υποστηρίζουν την υγιή λειτουργία της εντερικής μικροχλωρίδας. Η κατανάλωση ολόκληρου του φρούτου, συμπεριλαμβανομένης της φλούδας, ενισχύει την πρόσληψη αυτών των βιοδραστικών συστατικών, συμβάλλοντας στην πρόληψη χρόνιων παθήσεων όπως ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2 και οι καρδιαγγειακές νόσοι.

Επιπλέον, τα αχλάδια χαρακτηρίζονται από χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για τη ρύθμιση των επιπέδων σακχάρου στο αίμα. Η παρουσία φυτικών ινών, τόσο διαλυτών όσο και αδιάλυτων, συμβάλλει στην επιβράδυνση της απορρόφησης της γλυκόζης και στην υποστήριξη της υγιούς πεπτικής λειτουργίας. Η πηκτίνη, μια διαλυτή φυτική ίνα που βρίσκεται στα αχλάδια, λειτουργεί ως πρεβιοτικό, ενισχύοντας την ανάπτυξη ευεργετικών βακτηρίων στο έντερο.

Συνολικά, η τακτική κατανάλωση αχλαδιών, με έμφαση στην κατανάλωση της φλούδας, αποτελεί μια απλή και φυσική στρατηγική για τη βελτίωση της διατροφικής ποιότητας και την προαγωγή της υγείας, υποστηριζόμενη από σύγχρονες επιστημονικές μελέτες (Μπουρδάρης, 2013; Pioroulou, 2021; Wu et al., 2013).



Εικόνα 15. Ανάλυση της φαινολικής σύστασης στη φλούδα και τη σάρκα διαφόρων ποικιλιών αχλαδιών

ΜΥΡΤΙΛΟ

Τα μύρτιλα είναι μια καλλιέργεια φρούτων πολύ σημαντική εμπορικά, τα οποία συναντώνται κυρίως σε καλλιέργειες της Ασίας και της Αμερικής. Ένα πολύ σημαντικό κέντρο καλλιέργειας μύρτιλου στην Ασία είναι η Κίνα, κυρίως όσον αφορά τις ποικιλίες υψηλών θάμνων (*Vaccinium corymbosum* L.) και μισό υψηλές (*Vaccinium corymbosum* L./*V. angustifolium* Ait.), που καλλιεργούνται στο βορειοανατολικό τμήμα της χώρας και καταναλώνονται συνήθως σε μορφές επεξεργασμένες και νωπές. Ένα μεγάλο ποσοστό ποικιλιών που εξάγονται από τη βορειοανατολική Κίνα αντιπροσωπεύουν η Northblue, η Bluecrop και η Northland. Υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα μύρτιλα λόγω της υψηλής αντιοξειδωτικής τους δράσης και της μεγάλης ποσότητας ανθοκυανινών. Το μύρτιλο έχει ποσότητες φλαβόνων και πολυφαινολικών ουσιών. Οι φαινολικές ενώσεις έχουν αντιφλεγμονώδεις και αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Οι ανθοκυανίνες είναι σημαντικό μέρος φαινολικών ενώσεων και κύρια υποκατηγορία φλαβονοειδών. Οι ανθοκυανίνες στα μύρτιλα είναι κυρίως γλυκοζυλιωμένες με γλυκοπυρανόζη, γαλακτοπυρανόζη ή αραβινοπυρανόζη στη θέση 3 του δακτυλίου C. Αυτές που περιέχονται στα βατόμουρα είναι η δελφινιδίνη, η κυανιδίνη, η πετούνιδίνη, η πεονιδίνη και η μαλβιδίνη, υπογραμμίζοντας έτσι τον μεγάλο βαθμό αντιοξειδωτικών ενώσεων και την μεγάλη ποικιλία ειδών.

Τα μύρτιλλα απέκτησαν αρχικά μεγάλη αναγνώριση ως «υπερφρούτο», κάτι που οφείλεται κυρίως στην υψηλή αντιοξειδωτική τους δράση που έχει καταγραφεί σε εργαστηριακές μελέτες (in vitro), λόγω της αφθονίας των πολυφαινολικών ενώσεων που περιέχουν. Παρ' όλα αυτά, η άμεση αντιοξειδωτική επίδραση των πολυφαινολών μέσα στον ανθρώπινο οργανισμό θεωρείται απίθανη, εξαιτίας της περιορισμένης βιοδιαθεσιμότητάς τους. Παρά τον περιορισμό αυτό, η επιστημονική

έρευνα των τελευταίων είκοσι ετών έχει αποκαλύψει πληθώρα μηχανισμών μέσω των οποίων τα μύρτιλλα επιδεικνύουν βιοδραστικότητα και παρέχουν σημαντικά οφέλη για την υγεία (Kalt et al., 2019).

Journal of Functional

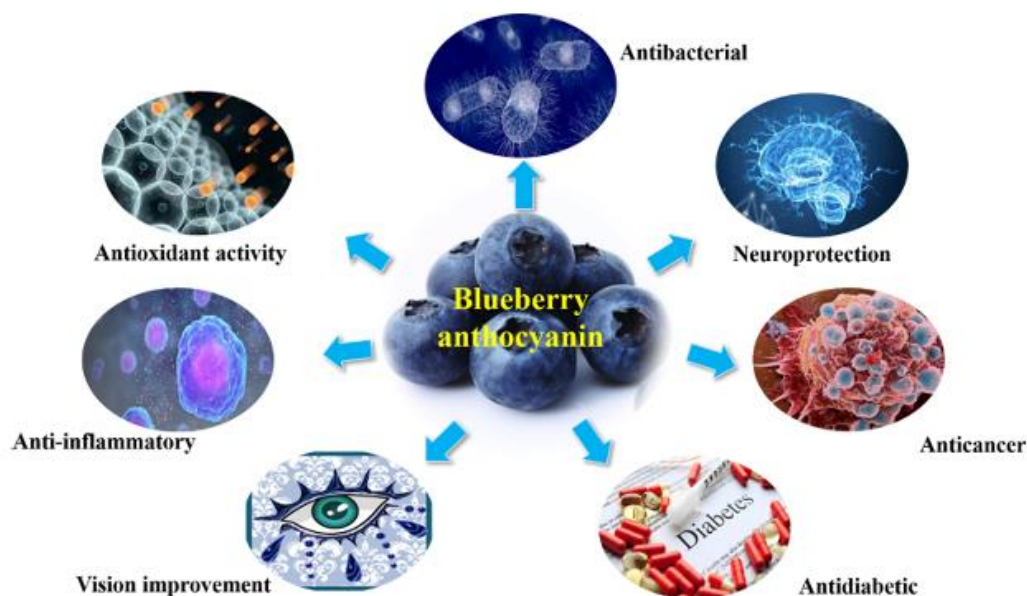


Fig. 1. Biological activity of blueberry anthocyanins.

Εικόνα 16. Βιολογικές δράσεις των ανθοκυανινών από μύρτιλλα

Ολοένα αυξανόμενο σώμα επιστημονικών δεδομένων δείχνει ότι η κατανάλωση μύρτιλων και των ανθοκυανινών τους μπορεί να συμβάλλει στη μείωση των βιοδεικτών και του κινδύνου εμφάνισης νοσημάτων που αποτελούν σημαντικό κοινωνικοοικονομικό βάρος, όπως οι καρδιαγγειακές παθήσεις, ο διαβήτης τύπου 2 και η εκφυλιστική νευρολογική νόσος. Σε παρατηρητικές μελέτες, οι ανθοκυανίνες συχνά ξεχωρίζουν για τα οφέλη τους σε σύγκριση με άλλα φυτοχημικά που συναντώνται στα φυτικά τρόφιμα, όπως τα υπόλοιπα φλαβονοειδή. Μάλιστα, ακόμη και η μέτρια ημερήσια κατανάλωση μύρτιλων (περίπου το ένα τρίτο ενός φλιτζανιού) ή ανθοκυανινών (λιγότερο από 50 mg) έχει συσχετιστεί με μείωση του κινδύνου εμφάνισης των παραπάνω ασθενειών.

Η παρούσα ανασκόπηση επικεντρώνεται στην ανάλυση της βιβλιογραφίας που αφορά τον ρόλο των μύρτιλων στην

καρδιομεταβολική υγεία, τη νευροπροστασία, την υγεία της όρασης, αλλά και την τεχνολογία τροφίμων. Παρουσιάζονται τόσο δεδομένα από παρατηρητικές μελέτες όσο και αποτελέσματα από κλινικές δοκιμές σε ανθρώπους, καθώς και πειραματικά ευρήματα από μελέτες σε ζώα και *in vitro* πειράματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι περισσότερες από τις μισές από τις περίπου 200 επιστημονικές δημοσιεύσεις που αναφέρονται στην παρούσα ανασκόπηση έχουν δημοσιευθεί την τελευταία δεκαετία, γεγονός που μαρτυρά το αυξανόμενο ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για τις ευεργετικές ιδιότητες των μύρτιλων. Αν και το κύριο επίκεντρο της ανασκόπησης είναι τα μύρτιλλα, γίνεται αναφορά και στη σχετική βιβλιογραφία για τις ανθοκυανίνες, όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο. Το ενδιαφέρον για τις πιθανές θετικές επιδράσεις των μύρτιλων στην ανθρώπινη υγεία συνεχίζει να αυξάνεται (Kalt et al., 2019).

Κλινικές Μελέτες στη Νευροεπιστήμη και τα Μύρτιλλα

Όσον αφορά τη γνωστική λειτουργία, έχει διαπιστωθεί ότι η καθημερινή κατανάλωση χυμού μύρτιλου ή σταφυλιού Concord για διάστημα 12 εβδομάδων οδήγησε σε βελτίωση της γνωστικής απόδοσης σε ηλικιωμένους ενήλικες. Επιπλέον, σε υγιείς ηλικιωμένους παρατηρήθηκε καλύτερη εναλλαγή μεταξύ εργασιών και μείωση της παρεμβολής στη μνήμη, έπειτα από 90 ημέρες λήψης συμπληρώματος μύρτιλου. Η λήψη σκόνης μύρτιλου είχε ως αποτέλεσμα μέτρια βελτίωση της μνήμης και υποκειμενική βελτίωση στην καθημερινή λειτουργικότητα σε 39 ηλικιωμένους με γνωστικές δυσκολίες. Οι βελτιώσεις αυτές συνδέονται κυρίως με την ενίσχυση της εκτελεστικής λειτουργίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα οφέλη αυτά ήταν πιο έντονα σε άτομα με ήπια γνωστική εξασθένηση, συγκριτικά με ηλικιωμένους χωρίς προβλήματα μνήμης.

Έπειτα από δωδεκαεβδομαδιαία κατανάλωση μύρτιλων, παρατηρήθηκε αυξημένη εγκεφαλική δραστηριότητα σε υγιείς ηλικιωμένους ενήλικες, όπως καταγράφηκε μέσω μαγνητικής τομογραφίας κατά τη διάρκεια γνωστικών δοκιμασιών. Η ενισχυμένη αυτή δραστηριότητα συσχετίστηκε με βελτιωμένη αιμάτωση σε εγκεφαλικές περιοχές που σχετίζονται με τη γνωστική λειτουργία. Παρόμοια αποτελέσματα σημειώθηκαν και σε δοκιμασίες μνήμης, όπου η τοπική εγκεφαλική δραστηριότητα που εξαρτάται από τα επίπεδα οξυγόνου στο αίμα και ανιχνεύθηκε με μαγνητική τομογραφία, ήταν αυξημένη σε όσους είχαν καταναλώσει

μύρτιλα, αλλά όχι στην ομάδα του εικονικού φαρμάκου. Αξίζει να σημειωθεί πως όλοι οι συμμετέχοντες στη συγκεκριμένη μελέτη παρουσίαζαν ήπια γνωστική έκπτωση.

Τα γνωστικά οφέλη των μύρτιλων δεν περιορίζονται μόνο στους ηλικιωμένους, αλλά έχουν παρατηρηθεί και σε παιδιά σχολικής ηλικίας. Σε μελέτη οξείας παρέμβασης, η απόδοση των παιδιών σε εργασία εκμάθησης λίστας βελτιώθηκε δύο ώρες μετά τη λήψη μιας δόσης σκόνης μύρτιλου, σε αντίθεση με την ομάδα που έλαβε εικονικό φάρμακο. Η βελτίωση στην εκτελεστική και τη μακροπρόθεσμη μνήμη στα παιδιά φάνηκε να είναι δοσοεξαρτώμενη, καθώς μεγαλύτερες ποσότητες σκόνης (30 g έναντι 15 g) συνδέθηκαν με εντονότερα αποτελέσματα. Σε άλλη διασταυρούμενη μελέτη με παιδιά ηλικίας 7 έως 10 ετών, η λήψη 30 g σκόνης μύρτιλου οδήγησε σε καλύτερη απόδοση σε χρονομετρημένες και βαθμολογημένες εκτελεστικές δοκιμασίες (Kalt et al., 2019).

Η ανίχνευση των γνωστικών ωφελειών των μύρτιλων στα υγιή παιδιά ενδέχεται να διευκολυνθεί όταν χρησιμοποιούνται εργασίες με αυξημένες γνωστικές απαιτήσεις. Η πρόοδος στα εργαλεία αξιολόγησης της γνωστικής λειτουργίας θα επιτρέψει την καλύτερη μελέτη συγκεκριμένων πληθυσμών. Ιδιαίτερα, απαιτούνται μεθοδολογίες που να αποτυπώνουν τις επιδράσεις των μύρτιλων σε γνωστικούς τομείς που σχετίζονται με τη φυσιολογική γήρανση, σε αντίθεση με τομείς που επηρεάζονται από νευροπαθολογικές καταστάσεις όπως η νόσος Αλτσχάιμερ. Στατιστικές μέθοδοι, όπως η προσαρμογή για συνυπάρχουσες μεταβλητές και η χρήση βαθμολογιών διαφοράς, μπορούν να βοηθήσουν στην ανάδειξη των επιδράσεων φυτοχημικών ενώσεων όπως οι ανθοκυανίνες, λαμβάνοντας υπόψη τη διατομική μεταβλητότητα σε παράγοντες όπως η γνωστική ικανότητα, ο μεταβολισμός φάσης 2 και η σύσταση της εντερικής μικροχλωρίδας.

Πληθυσμιακές Μελέτες στη Νευροεπιστήμη, τα Μύρτιλλα και τις Ανθοκυανίνες

Σε μια μετα-ανάλυση δύο μεγάλων αμερικανικών μελετών κοόρτης, που περιλάμβαναν σχεδόν 150.000 άτομα, η υψηλότερη κατανάλωση ανθοκυανινών και μούρων συνδέθηκε με μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης νόσου Πάρκινσον (σχετικός κίνδυνος 0,76 για τις ανθοκυανίνες και 0,77

για τα μούρα, με στατιστική σημαντικότητα $P = 0,02$). Επιπλέον, σε προοπτική μελέτη 16.000 γυναικών από τη Μελέτη Υγείας Νοσηλευτών, διαπιστώθηκε ότι η αυξημένη κατανάλωση μύρτιλων και φραουλών σχετίστηκε με πιο αργούς ρυθμούς γνωστικής έκπτωσης στους ηλικιωμένους, με καθυστέρηση της έκπτωσης κατά περίπου 2,5 χρόνια.

Ο κίνδυνος εμφάνισης νόσου Αλτσχάιμερ και άλλων μορφών άνοιας συνδέεται με βιοδείκτες καρδιαγγειακού και μεταβολικού κινδύνου, όπως η παχυσαρκία και η αντίσταση στην ινσουλίνη στη μέση ηλικία. Στο βαθμό που οι ανθοκυανίνες παρέχουν προστασία έναντι των καρδιαγγειακών νοσημάτων και του διαβήτη τύπου 2, η αυξημένη πρόσληψή τους ενδέχεται να συνδέεται με μειωμένο κίνδυνο άνοιας τύπου Αλτσχάιμερ στην τρίτη ηλικία.

Πληθυσμιακές Μελέτες για Καρδιαγγειακά Νοσήματα, Παχυσαρκία, Μούρα και Διατήρηση Βάρους

Η παχυσαρκία και το υπερβάλλον σωματικό βάρος αποτελούν σημαντικούς παράγοντες κινδύνου για καρδιαγγειακές παθήσεις. Ακόμη και μικρές αυξήσεις στο σωματικό βάρος μπορούν να οδηγήσουν σε μεγαλύτερο κίνδυνο υπέρτασης και καρδιαγγειακών συμβαμάτων. Η μείωση του δείκτη μάζας σώματος (ΔΜΣ) κατά $1-3 \text{ kg/m}^2$ έχει συσχετιστεί με 2-13% χαμηλότερο κίνδυνο καρδιαγγειακών επεισοδίων και θνησιμότητας. Σε μια προοπτική μελέτη με περισσότερους από 133.000 άνδρες και γυναίκες που παρακολουθήθηκαν έως και 24 χρόνια, διαπιστώθηκε ότι η υψηλότερη κατανάλωση μύρτιλων μεταξύ 16 κοινών φρούτων συνδέθηκε με τη μικρότερη αύξηση βάρους ($-0,64 \text{ kg}$ σε διάστημα τετραετίας). Από τις έξι κατηγορίες φλαβονοειδών, η μεγαλύτερη πρόσληψη ανθοκυανινών είχε τη σημαντικότερη συσχέτιση με μικρότερη αύξηση βάρους ($-0,1 \text{ kg}$ ανά 10 mg ανθοκυανινών), σύμφωνα με μελέτη 124.000 ατόμων (Kalt et al., 2019).

Η αυξημένη κατανάλωση ανθοκυανινών σχετίστηκε με 3-9% χαμηλότερη λιπώδη μάζα και λιγότερη κεντρική παχυσαρκία σε υγιείς δίδυμες γυναίκες ($n = 2734$), όπως αξιολογήθηκε με μέτρηση σύστασης σώματος μέσω DXA. Στην ίδια μελέτη, το δίδυμο με τη μεγαλύτερη κατανάλωση μύρτιλων εμφάνισε χαμηλότερη αναλογία λιπώδους μάζας σε σχέση με το αδελφό του. Τα αποτελέσματα από μελέτες σε δίδυμο

είναι ιδιαίτερα σημαντικά, καθώς εξαλείφουν την επίδραση γενετικών και κοινών περιβαλλοντικών παραγόντων.

Πληθυσμιακές Μελέτες σε Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 2, Μύρτιλα και Ανθοκυανίνες

Ο προδιαβήτης και ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2 επηρεάζουν περίπου 100 εκατομμύρια ενήλικες στις ΗΠΑ. Και οι δύο καταστάσεις χαρακτηρίζονται από μειωμένη ευαισθησία στην ινσουλίνη, γεγονός που οδηγεί σε δυσλειτουργική πρόσληψη και μεταβολισμό της γλυκόζης στους ευαίσθητους στην ινσουλίνη ιστούς. Από όλα τα φρούτα που εξετάστηκαν σε τρεις προοπτικές μελέτες, τα μύρτιλα εμφάνισαν τη μεγαλύτερη συσχέτιση με μείωση του κινδύνου εμφάνισης διαβήτη τύπου 2 κατά 26% (σχετικός κίνδυνος 0,74, 95% CI: 0,66–0,83). Στις ίδιες μελέτες, η τακτική κατανάλωση ανθοκυανινών, κυρίως από μύρτιλα, συνδέθηκε με παρόμοια μείωση του κινδύνου κατά 23% για όσους κατανάλωναν τουλάχιστον δύο μερίδες εβδομαδιαίως, σε σύγκριση με όσους κατανάλωναν μία μερίδα μηνιαίως ή λιγότερο. Δεν διαπιστώθηκε αντίστοιχη συσχέτιση μεταξύ της συνολικής πρόσληψης φλαβονοειδών ή άλλων υποομάδων φλαβονοειδών και της μείωσης του κινδύνου διαβήτη τύπου 2.

Μια μετα-ανάλυση που βασίστηκε σε δεδομένα από τρεις αμερικανικές μελέτες κοόρτης κατέδειξε ότι η υψηλότερη πρόσληψη ανθοκυανινών συνδέεται με μείωση του κινδύνου εμφάνισης σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 (ΣΔ2), με σχετικό κίνδυνο (RR) 0,85 (95% διάστημα εμπιστοσύνης: 0,80–0,91). Παρόμοια συσχέτιση παρατηρήθηκε και για την κατανάλωση μούρων, με RR 0,82 (95% CI: 0,76–0,89). Επιπλέον, σε μια πολωνική μελέτη, διαπιστώθηκε ότι η αυξημένη πρόσληψη ανθοκυανινών σχετίζεται επίσης με μειωμένο κίνδυνο ΣΔ2 (RR: 0,68, 95% CI: 0,48–0,98). Σε μια εγκάρσια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε γυναίκες, η υψηλότερη συνήθης κατανάλωση ανθοκυανινών και φλαβονών συνδέθηκε με βελτιωμένη αντίσταση στην ινσουλίνη, ενώ μόνο οι ανθοκυανίνες συσχετίστηκαν με μειωμένα επίπεδα φλεγμονής και χαμηλότερα επίπεδα της υψηλής ευαισθησίας C-αντιδρώσας πρωτεΐνης (hs-CRP). Είναι γνωστό ότι η παχυσαρκία αποτελεί σημαντικό παράγοντα κινδύνου για την εμφάνιση ΣΔ2, ενώ η αυξημένη κατανάλωση βατόμουρου και ανθοκυανινών έχει συσχετιστεί με μειωμένη αύξηση βάρους κατά τη διάρκεια της γήρανσης. Επιπλέον,

παρατηρητικές μελέτες έχουν εντοπίσει μια θετική συσχέτιση μεταξύ της πρόσληψης ανθοκυανινών ή μούρων και μειωμένου κινδύνου εμφάνισης ΣΔ2 (Kalt et al., 2019).

Κλινικές Μελέτες σε Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 2

Σε μια ελεγχόμενη μελέτη με χρήση εικονικού φαρμάκου, που περιελάμβανε παχύσαρκους ενήλικες με αντίσταση στην ινσουλίνη, διαπιστώθηκε βελτίωση της ευαισθησίας στην ινσουλίνη μετά από 6 εβδομάδες καθημερινής κατανάλωσης μύρτιλων. Η ευαισθησία αυτή αξιολογήθηκε με τη μέθοδο της υπερινσουλιναιμικής-ευγλυκαιμικής σφικτήρας, η οποία αποτελεί την πιο άμεση και αξιόπιστη μέτρηση της γλυκόζης που απορροφάται από το σώμα.

Επιπλέον, η χορήγηση εκχυλίσματος ανθοκυανινών από μύρτιλο και μαύρη σταφίδα (σε δόση 80 mg ημερησίως) βελτίωσε την ευαισθησία στην ινσουλίνη, όπως μετρήθηκε με τον δείκτη HOMA-IR, βελτίωσε τα λιπιδαιμικά προφίλ στο πλάσμα και μείωσε τους δείκτες οξειδωτικού στρες σε 58 ασθενείς με ΣΔ2, σε σύγκριση με την ομάδα που έλαβε εικονικό φάρμακο.

Σε μια άλλη μελέτη, η επίδραση της ρύθμισης της γλυκόζης αξιολογήθηκε σε πληθυσμό με ΣΔ2 μετά από χορήγηση είτε εικονικού φαρμάκου είτε 0,47 g τυποποιημένου εκχυλίσματος μύρτιλου, που περιείχε 36% (w/w) ανθοκυανίνες. Η πρόσληψη του εκχυλίσματος μύρτιλου οδήγησε σε μείωση των επιπέδων γλυκόζης στο πλάσμα και της συνολικής έκθεσης στην ινσουλίνη (AUC) κατά τη δοκιμασία ανοχής γλυκόζης από το στόμα.

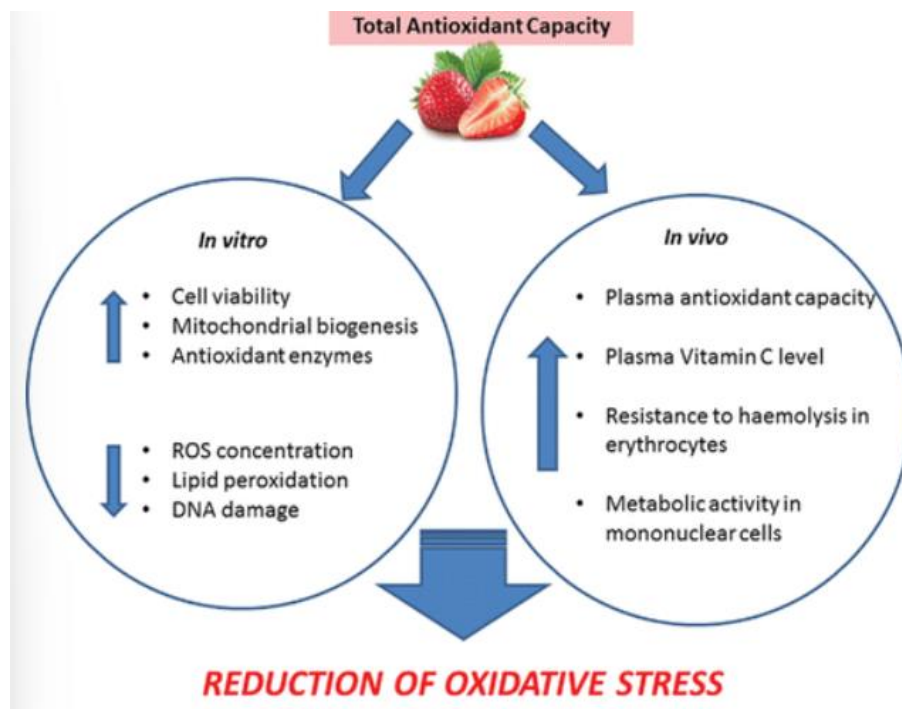
Τέλος, σε μια 12-εβδομάδων παρέμβαση που περιελάμβανε 54 υπέρβαρους νεαρούς ενήλικες, η αντικατάσταση 50 g υδατανθράκων ημερησίως με 50 g μύρτιλα οδήγησε σε ευνοϊκές μεταβολές, όπως μείωση του σωματικού βάρους, των επιπέδων ινσουλίνης, της χοληστερόλης και άλλων μεταβολικών δεικτών (Kalt et al., 2019).

ΦΡΑΟΥΛΑ

Η φράουλα αποτελεί αγαπητό καρπό της ανθρώπινης διατροφής. Οι αρχικές ποικιλίες της καλλιεργούνται στην Ευρώπη από τον 18ο αιώνα με συνδυασμό ειδών της Βόρειας και Νότιας Αμερικής. Έχει έντονο κόκκινο χρώμα και γλυκιά γεύση. Τη σημερινή εποχή, η φράουλα θεωρείται υπερτροφή εξαιτίας της περιεκτικότητάς της σε πλούσια θρεπτικά συστατικά όπως μαγγάνιο, βιταμίνη C και φυτικές ίνες. Παράλληλα, οι πολυφαινόλες που περιέχουν παρέχουν πολύτιμη υποστήριξη στην υγεία, αφού δρουν προστατευτικά ενάντια στο οξειδωτικό στρες το οποίο ευθύνεται για την πρόκληση χρόνιων παθήσεων όπως καρδιαγγειακές και καρκίνου, ενισχύουν την κυκλοφορία του αίματος, μειώνουν τη φλεγμονή και συμβάλλουν στη διατήρηση της υγιούς εγκεφαλικής λειτουργίας. Ειδικότερα, η πολυφαινόλη ανθοκυανίνη, εκτός από το κόκκινο χρώμα που χαρίζει στη φράουλα, προάγει συγχρόνως την γενική ευεξία του ανθρώπου μειώνοντας την LDL χοληστερόλη και βελτιώνοντας την καρδιαγγειακή κυκλοφορία (Basu et al., 2016; MedNutrition, 2025; Ικκε ΑΠΘ, 2019). Οι πολυφαινόλες είναι χημικές ουσίες των φυτών με ισχυρές αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ανθρώπινης υγείας. Κύριες κατηγορίες πολυφαινολών, εκτός από τις ανθοκυανίνες που προαναφέρθηκαν, είναι οι φλαβονοειδείς και οι ελλαγιτανίνες, με εξαιρετικά μοναδικές δράσεις στην ανθρώπινη υγεία. Οι ελλαγιτανίνες, συγκεκριμένα, μεταβολίζονται στον οργανισμό σε ελλαγικό οξύ, το οποίο διαθέτει ισχυρές αντικαρκινικές ιδιότητες, αφού συμβάλλει στην αναστολή της ανάπτυξης όγκων και κυτταρικών φλεγμονών. Επιπλέον, οι πολυφαινόλες συμβάλλουν στη ρύθμιση του επιπέδου του σακχάρου στο αίμα, αποτελώντας ωφέλεια στην ρύθμιση του διαβήτη τύπου 2. Η

παρουσία αυτών των ουσιών στις φράουλες καθιστά εξαιρετικό παράγοντα ενίσχυσης τόσο της συνολικής ανοσίας όσο και της προστασίας της γήρανσης των κυττάρων. Η κατανάλωση φρούτων πλούσιων σε πολυφαινόλες, όπως οι φράουλες, έχει αποδειχθεί ότι ενισχύει τη μικροχλωρίδα του εντέρου, προάγοντας την ανάπτυξη ευεργετικών βακτηρίων και τη βελτίωση της πεπτικής υγείας (Ikke APΘ, 2019; Konstadinidis, 2024).

Οι φράουλες αποτελούν πλούσια πηγή πολυφαινολικών ενώσεων, όπως οι ανθοκυανίνες και οι ελλαγιταννίνες, οι οποίες έχουν αποδειχθεί ότι διαθέτουν ισχυρές αντιοξειδωτικές και κυτταροπροστατευτικές ιδιότητες. Μελέτες *in vitro* σε ηπατικά κύτταρα (HepG2) έχουν δείξει ότι το εκχύλισμα φράουλας μειώνει σημαντικά τα επίπεδα των αντιδραστικών ειδών οξυγόνου (ROS), περιορίζει την οξείδωση του DNA και διεγείρει την παραγωγή αντιοξειδωτικών ενζύμων, καθώς και τη μιτοχονδριακή βιογένεση. Παράλληλα, πειράματα σε ζωικά μοντέλα υποδεικνύουν ότι οι πολυφαινόλες που περιέχονται στις φράουλες επιβραδύνουν τη διαδικασία γήρανσης και περιορίζουν την οξειδωτική βλάβη, ακόμα και υπό παθολογικές συνθήκες. Σε ανθρώπινα δείγματα, η κατανάλωση φράουλας έχει συσχετιστεί με αυξημένη αντιοξειδωτική ικανότητα στο πλάσμα και βελτιωμένη ανθεκτικότητα των ερυθρών αιμοσφαιρίων, ενώ υπάρχουν ενδείξεις ότι μπορεί να ενισχύσει και την επιδιόρθωση του DNA. Παρότι η βιοδιαθεσιμότητα των πολυφαινολών είναι περιορισμένη, η τακτική κατανάλωσή τους φαίνεται να ασκεί ευεργετικές επιδράσεις σε χρόνια νοσήματα, όπως η φλεγμονή, οι καρδιομεταβολικές διαταραχές και ο καρκίνος, μέσω σύνθετων μηχανισμών που ξεπερνούν την απλή αντιοξειδωτική δράση (Basu et al., 2016).



Εικόνα 17. Αντιοξειδωτική ικανότητα φράουλας και επίδραση στο οξειδωτικό στρες

Φράουλα και Αντικαρκινικές Ιδιότητες

Ο καρκίνος αποτελεί μια από τις κυριότερες αιτίες θνησιμότητας παγκοσμίως, με περίπου 14,1 εκατομμύρια νέα περιστατικά και 8,2 εκατομμύρια θανάτους το 2012. Η ανάπτυξη και η εξέλιξη του καρκίνου οφείλονται σε μη αναστρέψιμες γενετικές βλάβες, συσσώρευση μεταλλαγμένου DNA, επιγενετικές αλλαγές και το μικροπεριβάλλον του όγκου, που προάγουν την αύξηση, τη διήθηση και τη μετάσταση μέσω λεμφικού και κυκλοφορικού συστήματος (Torre et al.; Eke & Cordes).

Πληθυσμιακές μελέτες έχουν υποδείξει πιθανές προστατευτικές δράσεις των φυτοχημικών ουσιών που περιέχονται στις φράουλες έναντι συγκεκριμένων τύπων καρκίνου, οι οποίες υποστηρίζονται και από πειραματικά δεδομένα σε κυτταρικά και ζωικά μοντέλα (Basu et al., 2016). Τα εκχυλίσματα φράουλας, καθώς και καθαρισμένες φαινόλες και προϊόντα διάσπασής τους όπως η τυροσόλη και το υδροξυφαινυλοξικό οξύ, έχουν αποδειχθεί ότι διαθέτουν σημαντική αντικαρκινική δράση τόσο in vitro όσο και in vivo.

Η αντικαρκινική δραστηριότητα της φράουλας αποτυπώνεται σχηματικά, όπου οι διαφορετικές ενώσεις εντός του κύκλου παρουσιάζουν ποικίλες δράσεις, αναλόγως με το χρώμα των αντίστοιχων πλαισίων που τις περιβάλλουν, υπογραμμίζοντας τη σύνθετη και πολυδιάστατη φύση της βιολογικής τους επίδρασης (Basu et al., 2016).

Βιοδραστικές Ιδιότητες των Φραουλών και Επίδραση στο Ήπαρ

Οι φράουλες αποτελούν πλούσια πηγή βιοδραστικών ενώσεων, ιδιαίτερα πολυφαινολών, που διαθέτουν σημαντικές αντιοξειδωτικές και ηπατοπροστατευτικές ιδιότητες. Πολλές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη δράση των εκχυλίσμάτων φράουλας στο ήπαρ, χρησιμοποιώντας κυρίως την κυτταρική γραμμή HepG2, ένα καθιερωμένο ανθρώπινο ηπατικό μοντέλο που αξιοποιείται για *in vitro* μελέτες ηπατικής λειτουργίας και τοξικότητας.

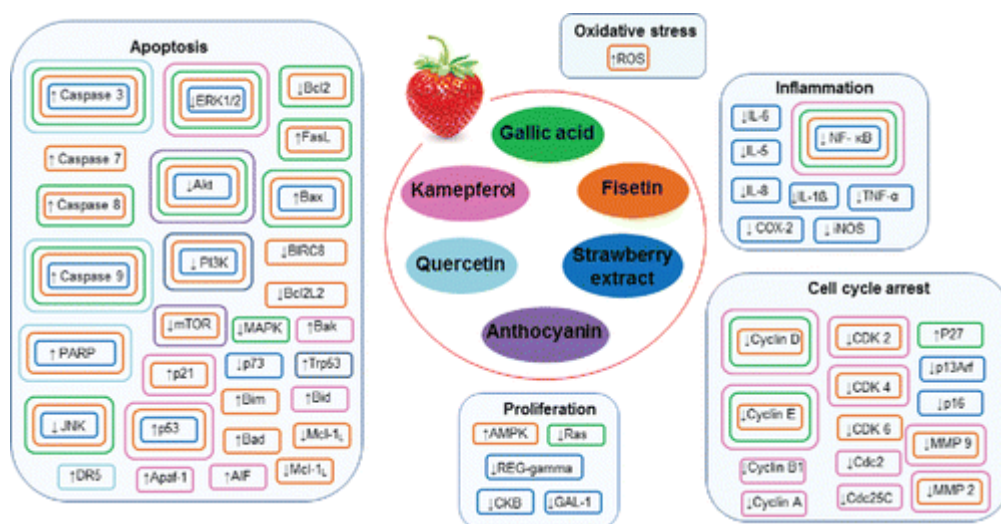
Συγκεκριμένα η μελέτη των Annunziata et al. (2015) έδειξε ότι τα φαινολικά εκχυλίσματα φράουλας ασκούν κυτταροπροστατευτική δράση στα HepG2 κύτταρα, προκαλώντας αναστολή του κυτταρικού κύκλου στη φάση G1 και ενεργοποίηση της απόπτωσης, υποδηλώνοντας πιθανό αντικαρκινικό ρόλο. Παρόμοια, ο Giampieri et al. (2021) ανέφερε ότι η έκθεση των HepG2 κυττάρων σε AAPH σε συνδυασμό με φαινολικά εκχυλίσματα φράουλας μείωσε σημαντικά την παραγωγή αντιδραστικών ειδών οξυγόνου (ROS), την απόπτωση και παράλληλα ενίσχυσε τη μιτοχονδριακή βιογένεση. Επιπλέον, η έρευνα της Romina et al. (2017) υπογράμμισε ότι οι ανθοκυανίνες που προέρχονται από φράουλες μείωσαν τα επίπεδα τριγλυκεριδίων και LDL ενώ περιορίστηκε η υπεροξειδωση των λιπιδίων, συνοδευόμενη από ενεργοποίηση αντιοξειδωτικών ενζύμων όπως η υπεροξειδική δισμουτάση (SOD), η καταλάση (CAT) και η γλουταθειονική υπεροξειδάση (GPx).

Επιπλέον έχει αναδειχθεί η ενεργοποίηση του μονοπατιού AMPK/LKB1/SIRT1/PGC-1α μέσω της δράσης εκχυλίσματος φράουλας, η οποία σχετίζεται με αυξημένη οξείδωση λιπιδίων και μείωση της λιπογένεσης στο ήπαρ (Kang et al., 2017). Παράλληλα, *in vivo* μελέτες σε αρουραίους έδειξαν ότι η χορήγηση εκχυλίσματος φράουλας αναστέλλει την οξειδωτική ηπατική βλάβη που προκαλείται από το LPS,

μειώνοντας παράλληλα τις προφλεγμονώδεις κυτοκίνες TNF-α, IL-6 και τα επίπεδα F2-isoprostanes (Alvarez-Suarez et al., 2015).

Παρόλο που τα αποτελέσματα των *in vitro* μελετών είναι ενθαρρυντικά, η βιοδιαθεσιμότητα των πολυφαινόλων στον οργανισμό παραμένει περιορισμένη (Banaszewski et al., 2013). Ωστόσο, κλινικές μελέτες σε υγιείς εθελοντές έχουν δείξει ότι η κατανάλωση φράουλας ή συμπληρωμάτων της αυξάνει τη συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα του πλάσματος και τα επίπεδα βιταμίνης C (Tulipani et al., 2011), ενισχύοντας πιθανώς την ανθεκτικότητα των ερυθρών αιμοσφαιρίων στην αιμόλυση και τη μεταβολική δραστηριότητα των λευκών αιμοσφαιρίων (Romandini et al., 2013).

Όσον αφορά τα συμπληρώματα διατροφής, στην αγορά κυκλοφορούν εκχυλίσματα φράουλας σε μορφή κάψουλας ή σκόνης, τυποποιημένα ως προς την περιεκτικότητά τους σε πολυφαινόλες ή ανθοκυανίνες. Προκλινικές μελέτες σε ποντίκια έχουν δείξει ότι η μακροχρόνια χορήγηση τέτοιων φαινολικών συμπληρωμάτων βελτιώνει το λιπιδαιμικό προφίλ, περιορίζει την ηπατική στεάτωση και μειώνει τη φλεγμονή (Giampieri et al., 2015).



Εικόνα 18. Μοριακοί μηχανισμοί δράσης των βιοδραστικών ενώσεων της φράουλας

Η φράουλα ξεχωρίζει ως αντικείμενο μελέτης λόγω της πλούσιας σύνθεσής της σε βιοδραστικά συστατικά, όπως οι ανθοκυανίνες, οι ελλαγιταννίνες και το ελλαγικό οξύ, που έχουν αποδειχθεί ότι ασκούν πολλαπλές ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία. Η αντιοξειδωτική της

ικανότητα είναι σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με άλλα φρούτα, γεγονός που την καθιστά ιδανική για μελέτες που εστιάζουν στην πρόληψη χρόνιων ασθενειών και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής

Επιπλέον, η φράουλα έχει ευρεία αποδοχή και κατανάλωση σε όλες τις ηλικίες, γεγονός που διευκολύνει τη μελέτη των επιδράσεών της σε διαφορετικούς πληθυσμούς. Η δυνατότητα αξιοποίησης τόσο φρέσκων καρπών όσο και συμπληρωμάτων διατροφής προσφέρει ευελιξία στην εφαρμογή των ευρημάτων σε κλινικό και διατροφικό επίπεδο (Banaszewski et al., 2013).

ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ

Η παραγωγή εσπεριδοειδών υπολογίζεται σε 80 εκατομμύρια τόνους κάθε έτος, θεωρώντας τα σημαντική πηγή και πολύ χρήσιμο συστατικό για την ανθρώπινη υγεία. Μετά την επεξεργασία, τα πιο σημαντικά απόβλητα των εσπεριδοειδών είναι οι φλούδες τους. Οι φλούδες θεωρούνται πιθανή φυσική πηγή αντιοξειδωτικών, λόγω του ότι περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις σε φλαβονοειδή και φαινολικές ενώσεις. Γενικότερα, τα φλαβονοειδή εξαπλώνονται ευρύτερα στο φυτικό βασίλειο, ωστόσο βρίσκονται αρκετές ενώσεις όπως, π.χ., πολυμεθοξυλιωμένες φλαβόνες, γλυκοσίδες φλαβανόνης και φλαβόνες, και είναι μοναδικές στα εσπεριδοειδή και πιο σπάνιες σε διαφορετικά φυτά. Οι επιστήμονες έχουν δείξει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις φλούδες εσπεριδοειδών για τη χρήση τους ως πηγή φυσικών αντιοξειδωτικών, κυρίως σε τρόφιμα για την πρόληψη τάγγισης και της οξείδωσης λιπιδίων.

Η αξιοποίηση των υποπροϊόντων εσπεριδοειδών προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη υγεία, με ιδιαίτερη έμφαση στην προστασία από νεοπλασματικές διαδικασίες. Οι βιοενεργές ουσίες που απομονώνονται από αυτά τα παραπροϊόντα, όπως τα πολυφαινολικά συστατικά (κουερσετίνη, εσπεριδίνη, γαλλικό

και φερουλικό οξύ), επιδεικνύουν αξιόλογη αντινεοπλασματική δραστηριότητα μέσω πολυεπίπεδων μηχανισμών δράσης.

Μηχανισμοί δράσης:

1. Αντιοξειδωτική προστασία: Οι ενώσεις εξουδετερώνουν ελεύθερες ρίζες, προλαμβάνοντας οξειδωτικές βλάβες στο DNA.
2. Αντιφλεγμονώδης δράση: Ρυθμίζουν την παραγωγή φλεγμονωδών μεσολαβητών (π.χ. TNF-α, IL-6) μέσω αναστολής κυκλοοξυγενάσεων.
3. Επίδραση σε κυτταρική διαφοροποίηση: Επηρεάζουν την έκφραση γονιδίων που ελέγχουν τον κυτταρικό κύκλο (π.χ. p53, Bax) και την αγγειογένεση (VEGF).

MANTAPINI

Το μανταρίνι (*Citrus reticulata*) αποτελεί ένα χειμερινό φρούτο με σημαντική διατροφική αξία και ευρεία καλλιέργεια σε χώρες όπως η Ελλάδα, η Κίνα, η Ισπανία και η Ιταλία (Ferreira et al., 2018; Long et al., 2022). Ανήκει στην οικογένεια των εσπεριδοειδών και ξεχωρίζει για το έντονο άρωμα και τη γλυκιά του γεύση, με ποικιλίες όπως η Κλημεντίνη και το χιώτικο μανταρίνι να έχουν ιδιαίτερη θέση στην ελληνική αγορά (Abd El-Ghany & El-Sharkawy, 2024). Το δέντρο της μανταρινιάς είναι αειθαλές και ανθεκτικό στην ξηρασία, ενώ η συγκομιδή των καρπών πραγματοποιείται κυρίως από το φθινόπωρο έως τις αρχές της άνοιξης (Kumar & Singh, 2016).

Διατροφικά, το μανταρίνι συμβάλλει σημαντικά στην ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος, στην υγεία της καρδιάς και στην καλύτερη απορρόφηση του σιδήρου (Pavlonić et al., 2022). Το αιθέριο έλαιο που προέρχεται από τη φλούδα του χρησιμοποιείται στην αρωματοθεραπεία και την κοσμετολογία, προσφέροντας χαλαρωτικές, αντιρυτιδικές και αντισηπτικές ιδιότητες (Ferreira et al., 2018). Επιπλέον, το μανταρίνι περιέχει πολυφαινόλες και φλαβονοειδή που έχουν αποδειχθεί ότι δρουν αντιοξειδωτικά και αντιφλεγμονώδη, προστατεύοντας τον οργανισμό από οξειδωτικό στρες και φλεγμονές

(Abd El-Ghany & El-Sharkawy, 2024).

Η κατανάλωση μανταρινιών έχει συνδεθεί με οφέλη στην καρδιαγγειακή υγεία, στη μείωση της φλεγμονής και στην υποστήριξη της εντερικής μικροβιακής ισορροπίας, αυξάνοντας τους ευεργετικούς μικροοργανισμούς όπως τα *Bifidobacterium* και *Lactobacillus* (Long et al., 2022). Επίσης, τα βιοδραστικά συστατικά του μανταρινιού ενισχύουν την ανοσολογική λειτουργία και προάγουν την υγεία του εντέρου, χωρίς να προκαλούν ανεπιθύμητες παρενέργειες (Ferreira et al., 2018).

Αγρονομικά, η παραγωγή μανταρινιών αντιμετωπίζει προκλήσεις όπως οι καιρικές συνθήκες και οι αυξήσεις στο κόστος παραγωγής, που επηρεάζουν τις αποδόσεις και τις τιμές στην αγορά. Παρόλα αυτά, η ζήτηση παραμένει σημαντική, ενώ νέες ποικιλίες όπως η Νόβα προσπαθούν να καλύψουν την αγορά σε διαφορετικές χρονικές περιόδους (Kumar & Singh, 2016).

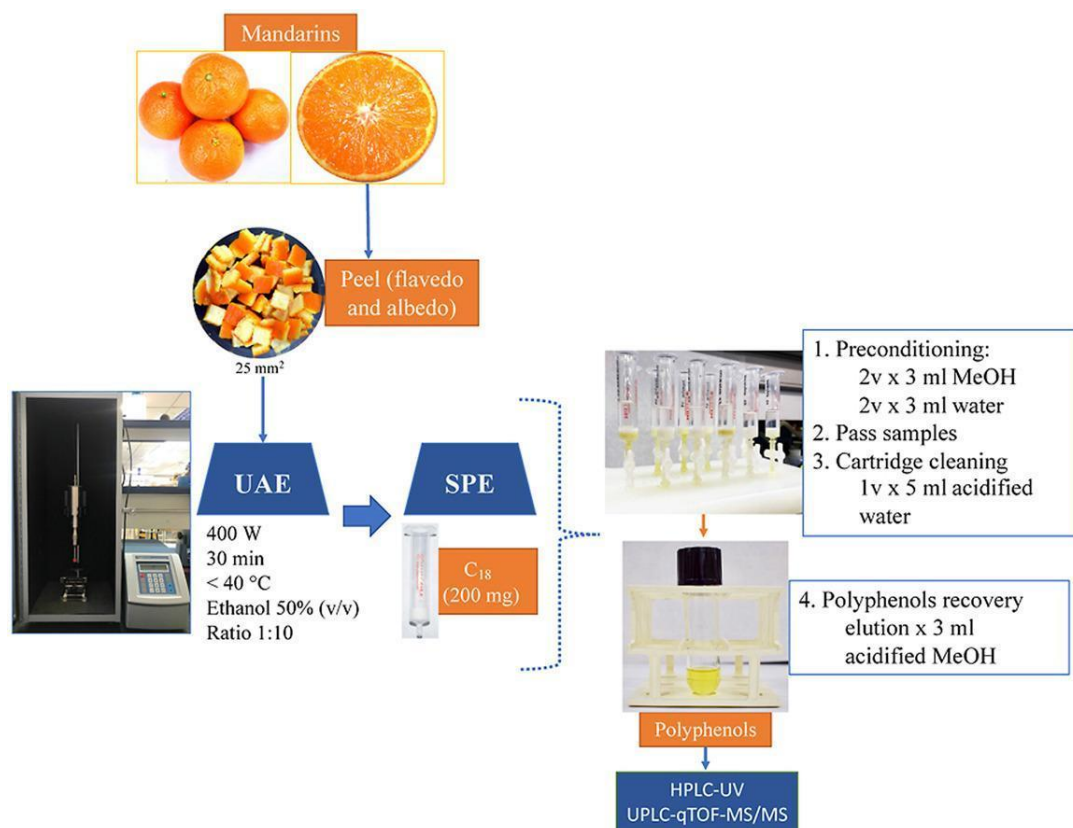
Τα εσπεριδοειδή συγκαταλέγονται ανάμεσα στις σημαντικότερες καλλιέργειες παγκοσμίως, με τις ποικιλίες μανταρινιού (*Citrus reticulata*) να αποτελούν σχεδόν το ένα τέταρτο (22%) της συνολικής παραγωγής του είδους. Η ευχάριστη, γλυκιά τους γεύση και η ευκολία με την οποία καταναλώνονται έχουν οδηγήσει στην ευρεία αποδοχή τους από το καταναλωτικό κοινό. Ωστόσο, κατά την επεξεργασία και κατανάλωση των καρπών, σημαντικό ποσοστό του φρούτου – συμπεριλαμβανομένων της φλούδας, των σπόρων και του πολτού – απορρίπτεται, παρότι μπορεί να αποτελεί θρεπτικά και βιοδραστικά πολύτιμο υπόλειμμα.

Ειδικότερα, η φλούδα του μανταρινιού αντιστοιχεί περίπου στο 35-40% του συνολικού βάρους του καρπού και αποτελεί πλούσια φυσική πηγή φλαβονοειδών και άλλων αντιοξειδωτικών ενώσεων. Παράλληλα, ο χυμός του μανταρινιού είναι ιδιαίτερα πλούσιος σε ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), το οποίο δρα τόσο ως αντιοξειδωτικό όσο και ως δείκτης φρεσκάδας και ποιότητας του προϊόντος.

Οι μελέτες σχετικά με το μανταρίνι (*Citrus reticulata*), και ειδικά με εκχυλίσματα από τον φλοιό ποικιλιών όπως η Ponkan και η Ponkan hybrida, δείχνουν ότι διαθέτουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση χωρίς να παρουσιάζουν τοξικότητα, όπως έχει επιβεβαιωθεί σε *in vitro* και *in vivo* πειράματα (sciencedirect.com; dergipark.org.tr).

Μελέτες έχουν δείξει πως τα μανταρίνια περιέχουν σημαντικά επίπεδα φλαβονοειδών, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται:

- Εσπεριδίνη (hesperidin)
- Ναριρουτίνη (narirutin)
- Ρουτίνη (rutin)
- Διδυμίνη (didymin)
- Νομπιλετίνη και τανγκερετίνη (nobiletin και tangeretin) – δύο πολυμεθοξυλιωμένες φλαβόνες με έντονη βιοδραστικότητα
 Σε έρευνα που αξιολόγησε διάφορες υβριδικές ποικιλίες μανταρινιού, όπως οι Clemenvilla, Ortanique και Nadorcott, διαπιστώθηκε ότι η φλούδα της ποικιλίας Nadorcott παρουσίαζε την υψηλότερη συγκέντρωση σε εσπεριδίνη, με τιμές που έφτασαν τα $72 \pm 7,0$ μg ανά γραμμάριο ξηρής μάζας.
 Η τακτική κατανάλωση πολυφαινόλων από το μανταρίνι έχει συνδεθεί με ποικίλες ευεργετικές δράσεις για την υγεία, όπως:
 - μείωση της φλεγμονής και του οξειδωτικού στρες
 - προστασία του καρδιαγγειακού συστήματος
 - ρύθμιση των λιπιδίων του αίματος και της αρτηριακής πίεσης
 Η hesperidin, που αποτελεί κύριο φλαβονοειδές των εσπεριδοειδών, έχει μελετηθεί για την ικανότητά της να βελτιώνει τη μικροκυκλοφορία, να ενισχύει την αγγειακή διαπερατότητα και να προσφέρει προστατευτική δράση στα αιμοφόρα αγγεία.
 Σε παιδιατρικές εφαρμογές, τα βιοδραστικά συστατικά του μανταρινιού, είτε σε μορφή πόσιμου εκχυλίσματος είτε σε σκόνη, έχουν δείξει θετική επίδραση στη μικροβιακή ισορροπία του εντέρου, αυξάνοντας τους πληθυσμούς των ευεργετικών βακτηρίων Bifidobacterium και Lactobacillus. Ενισχύουν τη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος και προάγουν την υγεία του εντέρου, χωρίς να προκαλούν ανεπιθύμητες ενέργειες (Brieflands, 2024).



Εικόνα 19. Διαδικασία εκχύλισης και απομόνωσης πολυφαινολών από τη φλούδα μανταρινιών

ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ

Πολυφαινολικές ενώσεις στο πορτοκάλι και η αξιοποίησή τους:
Το πορτοκάλι (*Citrus sinensis*) δεν αποτελεί μόνο πηγή βιταμίνης C, αλλά είναι εξίσου σημαντικό και για το περιεχόμενό του σε βιοδραστικές φυτοχημικές ενώσεις, με κυρίαρχες τις πολυφαινόλες. Οι ουσίες αυτές είναι ευρέως διαδεδομένες σε διάφορα μέρη του φρούτου, όπως η φλούδα, η ψίχα και οι σπόροι, με ιδιαίτερη συγκέντρωση στα υποπροϊόντα που συνήθως απορρίπτονται κατά την εμπορική επεξεργασία. Παρά το γεγονός ότι δεν καταναλώνονται άμεσα, οι περιοχές αυτές του καρπού περιέχουν σημαντικό αριθμό флаβονοειδών και φαινολικών οξέων με υψηλή βιολογική δραστηριότητα (Ferreira et al., 2019; Brieflands, 2024).

Ανάμεσα στις κύριες πολυφαινόλες του πορτοκαλιού συγκαταλέγονται η ησπεριδίνη, η ναριρουτίνη, η νομπιλετίνη, η ταγκερετίνη, καθώς και οργανικά οξέα όπως το καφεϊκό, το π-κουμαρικό και το φερουλικό οξύ. Οι ενώσεις αυτές, και ιδίως οι πολυμεθοξυλιωμένες флаβόνες, έχουν συνδεθεί με ένα εύρος ευεργετικών δράσεων, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, αντικαρκινικές

και αντιμικροβιακές ιδιότητες (Zhou et al., 2020; Abd El-Ghany & El-Sharkawy, 2024).

Αρκετές εργαστηριακές μελέτες έχουν καταδείξει ότι τα εκχυλίσματα από φλούδα πορτοκαλιού παρουσιάζουν υψηλή ικανότητα εξουδετέρωσης ελευθέρων ριζών και επιβράδυνσης των αντιδράσεων λιπιδικής υπεροξειδωσης. Επιπλέον, η παρουσία των πολυφαινόλων αυτών φαίνεται να συμβάλλει στην καταστολή φλεγμονωδών μονοπατιών, όπως εκείνου του NF-κΒ, περιορίζοντας την έκφραση προφλεγμονωδών κυτοκινών (όπως η IL-6 και ο TNF-α) (Giampieri et al., 2015; MedNutrition, 2025).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι αντικαρκινικές δράσεις ορισμένων φλαβονοειδών του πορτοκαλιού. Πειραματικά δεδομένα δείχνουν ότι ενώσεις όπως η νομπιλετίνη μπορούν να επηρεάσουν τη συμπεριφορά καρκινικών κυττάρων, προκαλώντας αναστολή του κυτταρικού κύκλου και επαγωγή της απόπτωσης, κυρίως σε κύτταρα που σχετίζονται με καρκίνους του παχέος εντέρου, του πνεύμονα και του προστάτη (Romina et al., 2017; Kang et al., 2019).

Εκτός των φαρμακολογικών εφαρμογών, οι πολυφαινόλες του πορτοκαλιού ενισχύουν το ενδιαφέρον για τη βιώσιμη αξιοποίηση των αγροτικών υπολειμμάτων. Η φλούδα και τα λοιπά απόβλητα του φρούτου αποτελούν εξαιρετικές πρώτες ύλες για την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων, βιοενεργών συμπληρωμάτων αλλά και καλλυντικών σκευασμάτων με φυσική αντιοξειδωτική προστασία. Η προσέγγιση αυτή όχι μόνο μειώνει την περιβαλλοντική επιβάρυνση από την απόρριψη οργανικών αποβλήτων, αλλά παράλληλα ενισχύει την εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας στον τομέα των τροφίμων και των φυσικών προϊόντων (Mdpi.com; dergipark.org.tr).

Σύγχρονες ερευνητικές τάσεις εξετάζουν την ενσωμάτωση πολυφαινόλικών εκχυλισμάτων πορτοκαλιού σε υλικά συσκευασίας τροφίμων, ως φυσικά συντηρητικά ή ενισχυτικά διάρκειας ζωής, αντικαθιστώντας τη χρήση συνθετικών προσθέτων (Brieflands, 2024).

Οι πολυφαινόλες που βρίσκονται στον φλοιό και τη σάρκα του πορτοκαλιού, όπως φλαβογονόνες όπως η εσπεριδίνη, η ναρινγίνη και η νοβιλετίνη καθώς και φαινολικά οξέα, φτάνουν σε συγκεντρώσεις 2,5–5,5 g ανά 100 g ξηρού βάρους. Αυτές οι ενώσεις διαθέτουν υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα, με αποτελεσματικότητα περίπου 70–90% σε δοκιμασίες DPPH και ABTS, συγκρίσιμη με συνθετικά αντιοξειδωτικά

όπως τα BHA και BHT (Mdpi.com).

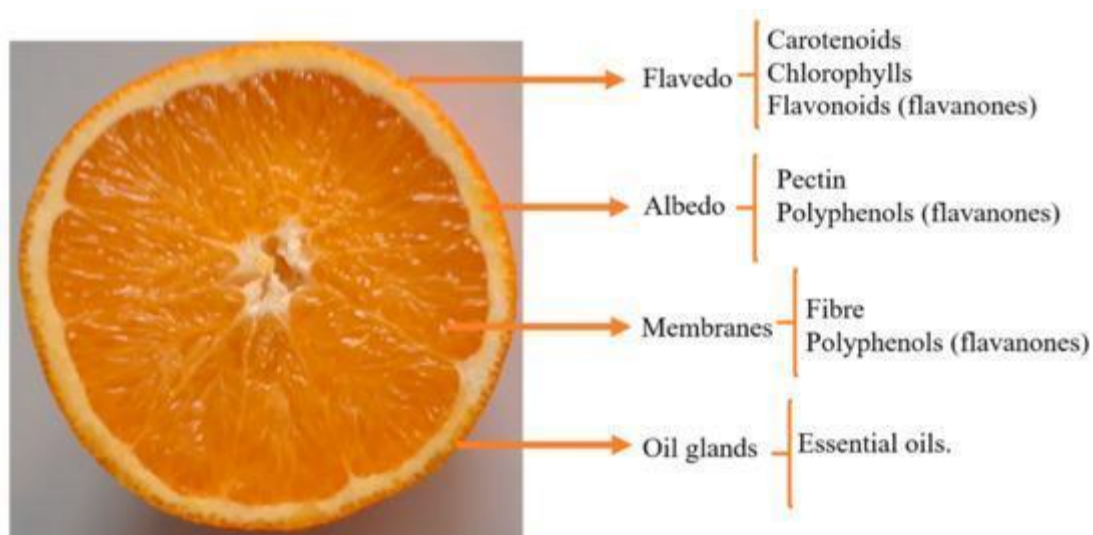
Εκχυλίσματα από τον φλοιό του πορτοκαλιού, που παρασκευάζονται με πράσινες τεχνικές όπως η εκχύλιση με CPE, έχουν αποδειχθεί ικανά να εξουδετερώνουν τις ελεύθερες ρίζες οξυγόνου (ROS), να μειώνουν τα επίπεδα της υπεροξειδωσής λιπιδίων (MDA) και να ενισχύουν την παραγωγή αντιοξειδωτικών ενζύμων όπως η SOD, η CAT και η GPx. Παράλληλα, ρυθμίζουν μονοπάτια όπως το Nrf2/Keap1 και αναστέλλουν την ενεργοποίηση της NF-κB, με αποτέλεσμα τη μείωση δευτερογενών φλεγμονωδών δεικτών (Briefflands, 2024).

Συγκεκριμένα, εκχύλισμα πορτοκαλιού που προέρχεται από μείγμα ακετόνης και αιθανόλης περιόρισε την τοξικότητα που προκαλείται από το t-BHP σε ηπατοκύτταρα HepG2, ενισχύοντας την αντιοξειδωτική άμυνα και μειώνοντας την παραγωγή ROS και τη λιπιδική υπεροξειδωση (ResearchGate).

Επιπλέον, το νοβιλετίνη, ένα φλαβονοειδές που βρίσκεται στον φλοιό, έχει αποδειχθεί ότι προσφέρει προστασία έναντι ηπατικών βλαβών σε *in vitro* μελέτες και σε ζωικά μοντέλα που αφορούν λιπώδη ηπατοπάθεια και φλεγμονή, καθιστώντας το υποσχόμενο συστατικό για θεραπευτικές εφαρμογές (PMC; Dergipark).

Μελέτες σε ζώα με υπερχοληστερολαιμία ή διαβήτη έδειξαν ότι τα εκχυλίσματα πορτοκαλιού μειώνουν τη φλεγμονή, βελτιώνουν το λιπιδικό προφίλ και την καρδιαγγειακή λειτουργία μέσω της ενεργοποίησης μονοπατιών όπως το AMPK και το PPARα (ResearchGate).

Παράλληλα, οι πολυφαινόλες του πορτοκαλιού δρουν ως προβιοτικά, ενισχύοντας τη σύνθεση βραχείας αλύσου λιπαρών οξέων (SCFAs) από το εντερικό μικροβίωμα, διατηρώντας τη νηκτική ομοιόσταση και μειώνοντας την εντερική διαπερατότητα (ResearchGate).



Εικόνα 20..Βιοδραστικά συστατικά σε επιμέρους δομές του πορτοκαλιού

Σε επίπεδο συμπληρωμάτων, προϊόντα που περιέχουν πορτοκαλόφλουδα ή σκόνη από τον φλοιό έχουν δοκιμαστεί σε ενήλικες, με αποτελέσματα που περιλαμβάνουν μείωση δεικτών οξειδωτικού στρες (όπως το MDA), αύξηση της δραστηριότητας των ενζύμων SOD και CAT, βελτίωση της μεταγευματικής αντιοξειδωτικής απόκρισης και προστασία της καρδιαγγειακής υγείας μέσω ρύθμισης των λιπιδίων και της φλεγμονής (brieflands.com). Η χορήγηση τέτοιων συμπληρωμάτων σε παιδιά, ειδικά σε περιόδους ανάπτυξης ή φλεγμονής, έχει συνεισφέρει στη μείωση των επιπέδων ROS στο αίμα και της αιμόλυσης, ενώ έχει ενισχύσει την ηπατική λειτουργία και ρυθμίσει τη λειτουργία του εντέρου μέσω του άξονα gut–liver, χωρίς να προκαλέσει αρνητικές παρενέργειες όταν τηρούνται οι σωστές δόσεις.

Τα συμπληρώματα διατροφής σε μορφή ζελεδάκι με γεύση πορτοκάλι είναι ιδιαίτερα δημοφιλή στα παιδιά καθώς συνδυάζουν την ευκολία πρόσληψης με την παροχή σημαντικών θρεπτικών συστατικών. Μελέτες δείχνουν ότι τέτοια συμπληρώματα ενισχύουν την αντιοξειδωτική άμυνα, μειώνουν την κόπωση και υποστηρίζουν την υγεία των οστών, του δέρματος και του ανοσοποιητικού. Επιπλέον, η προσθήκη βιταμίνης C στα συμπληρώματα αυτά βελτιώνει την απορρόφηση σιδήρου και ενισχύει τη συνολική μεταβολική λειτουργία.

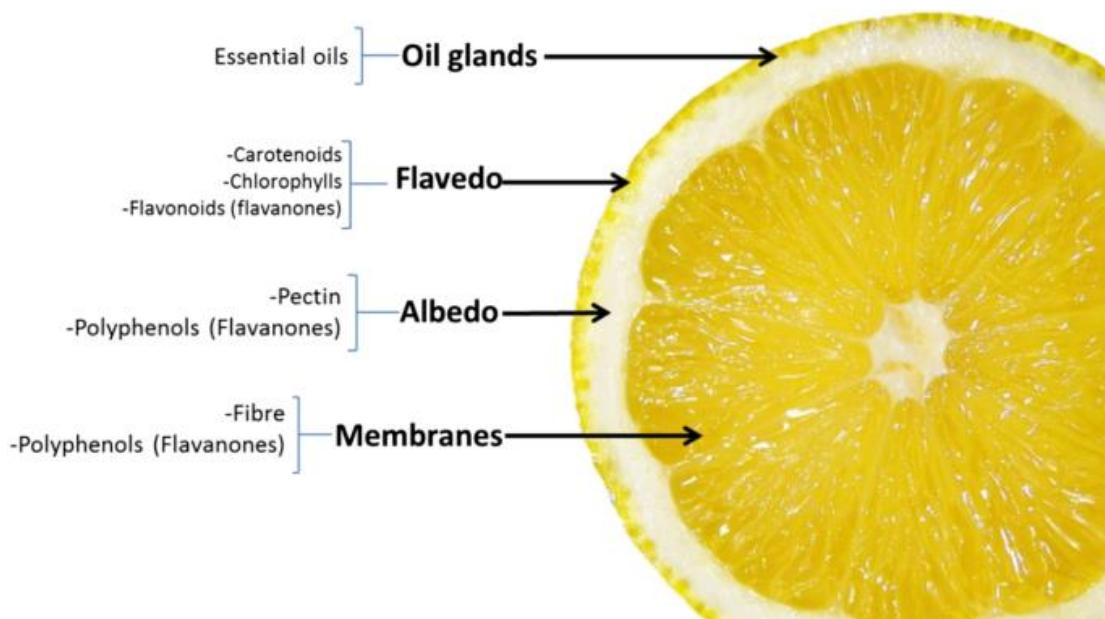
ΛΕΜΟΝΙ

Το λεμόνι είναι ένα πολύτιμο φρούτο του οποίου η ιστορική μελέτη δείχνει ότι σύμφωνα με στοιχεία DNA οι πρώτες λεμονιές έκαναν την εμφάνισή τους πριν από περίπου οκτώ εκατομμύρια χρόνια στους νοτιοανατολικούς πρόποδες των Ιμαλαΐων (Wu et al., 2018). Έρευνα του περιοδικού Nature αναφέρει ότι όλα τα εσπεριδοειδή, συμπεριλαμβανομένου του αμαλάκι, του μοσχολέμονου, του πορτοκαλιού, του γκρέιπφρουτ, του μανταρινιού και άλλων, έχουν γενετική προέλευση από αυτές τις πρωτότυπες λεμονιές της Ινδίας (Wu et al., 2018). Σύμφωνα με την ίδια έρευνα η περιεκτικότητα του λεμονιού σε βιταμίνη C είναι υψηλή, όμως η κατανάλωση ποσοτήτων που εξασφαλίζουν τα βέλτιστα επίπεδα της στον ανθρώπινο οργανισμό είναι σπάνια. Παγκοσμίως, παρατηρείται έλλειψη σε βιταμίνη C σε ποσοστό 7% έως 73% γεγονός που αντικατοπτρίζει τη δυσκολία επαρκούς πρόσληψης της (Hemilä, 2017). Τα λεμόνια είναι αρκετά όξινα, με pH που κυμαίνεται μεταξύ δύο και τρία, ωστόσο, ο ισχυρισμός ότι έχουν αντιόξινη δράση στηρίζεται στο γεγονός ότι η οξύτητα του στομαχιού αυξάνεται εξαιτίας της περιεκτικότητάς του σε κιτρικό οξύ ενώ συγχρόνως ενισχύεται η παραγωγή βλέννας και άλλων γαστρικών υγρών, βοηθώντας να εξισορροπηθεί η παραγωγή οξύτητας και ενέργειας στο πεπτικό σύστημα (Gharib & Mahdavi, 2020). Επιπλέον το κιτρικό οξύ τονώνει την παραγωγή ηπατικής χολής η οποία δίνει εντολή στο στομάχι να αδειάσει γρήγορα το όξινο περιεχόμενό του, συμβάλλοντας στην ανακούφιση περιστασιακής καούρας (Gharib & Mahdavi, 2020). Άλλες έρευνες έχουν δείξει ότι τα λεμόνια έχουν αρνητικό PRAL (δυναμικό επίπεδο νεφρικού οξέος), γεγονός που δηλώνει ότι παρόλο την οξύτητά τους, τα προϊόντα διάσπασής τους στα νεφρά, επιφέρουν πολύ χαμηλό φορτίο οξέος στο ουροποιητικό σύστημα (Remer & Manz, 1995). Αυτό πιθανόν οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητά τους σε ασβέστιο, κάλιο και μαγνήσιο. Πρωτεΐνες όπως το κρέας έχουν θετικό PRAL, υποδεικνύοντας ότι η οξύτητά τους δεν μετριάζεται από τον οργανισμό με την ίδια ευκολία όπως τα

λεμόνια με χαμηλό pH (Remer & Manz, 1995). Ιαπωνική έρευνα αναφέρει ότι οι πολυφαινόλες των λεμονιών και των εσπεριδοειδών συντελούν ενδεχομένως στην υγιή γήρανση του ανθρώπου, στην μακροζωία και σε ένα πιο διαφοροποιημένο εντερικό μικροβίωμα (Kobayashi et al., 2020).

Στο περιοδικό Scientific Reports δημοσιεύτηκε πείραμα στο οποίο γηρασμένα κύτταρα σε ποντίκια εκτέθηκαν ταυτόχρονα σε πολυφαινόλες λεμονιού με νερό και μόνο νερό. Τα γηρασμένα κύτταρα προκαλούν ζημιά σε άλλα κύτταρα με τα οποία έρχονται σε επαφή μέσω οξειδωτικής βλάβης. Τα υγιή κύτταρα που ξεκινούν τη διαδικασία της γήρανσης προορίζονται να πεθάνουν και να αποβληθούν ως απόβλητα, ενώ τα γηρασμένα κύτταρα δεν πεθαίνουν ολοκληρωτικά παραμένοντας κατεστραμμένα κύτταρα που προκαλούν περαιτέρω βλάβη. Σε αυτή τη μελέτη, τα ποντίκια που έλαβαν πολυφαινόλες λεμονιού εμφάνισαν σημαντική αύξηση της διάρκειας ζωής και βελτιωμένη γνωστική λειτουργία και κινητικότητα, καθώς και ένα πιο υγιές και πιο ποικίλο εντερικό μικροβίωμα (Zhang et al., 2021).

Το λεμόνι (*Citrus limon*) αποτελεί μια εξαιρετικά πλούσια πηγή πολυφαινολών, όπως η εριοκιτρίνη, το καφεϊκό και το νεοχλωρογενικό οξύ, η λουτεολίνη-7-γλυκοσίδη, η ρουτίνη και η ησιπεριδίνη που προσφέρουν ισχυρή αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση (Gullon et al., 2017). Η περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες ποικίλλει ανάλογα με τη μέθοδο εκχύλισης, με σύγχρονες τεχνικές να αυξάνουν σημαντικά την απόδοση, ειδικά στα εκχυλίσματα από τη φλούδα του λεμονιού (Gullon et al., 2017). Η φλούδα του λεμονιού περιέχει συστατικά που ελαχιστοποιούν το οξειδωτικό στρες, εξουδετερώνοντας ελεύθερες ρίζες και ενισχύοντας την παραγωγή αντιοξειδωτικών ενζύμων όπως η SOD, η CAT και η GSH, μέσω ενεργοποίησης μονοπατιών όπως το Nrf2/HO-1 (Kawaguchi et al., 2019). Τα λεμονόφλουδα παρουσιάζουν ηπατοπροστατευτικές ιδιότητες, μειώνοντας τη λιπιδική συσσώρευση και την ενεργοποίηση φλεγμονωδών μονοπατιών (Kim et al., 2020).



Εικόνα 21. Κατανομή βιοδραστικών συστατικών στις δομές του λεμονιού

Οφέλη για την Υγεία των Παιδιών

Η κατανάλωση λεμονιού μπορεί να ενισχύσει σημαντικά το ανοσοποιητικό σύστημα των παιδιών, κυρίως λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε βιταμίνη C και φυτοχημικά με αντιοξειδωτική δράση. Η βιταμίνη C συμβάλλει στην παραγωγή λευκών αιμοσφαιρίων και στην προστασία από λοιμώξεις, ενώ οι πολυφαινόλες προστατεύουν τα νευρικά κύτταρα από οξειδωτικές βλάβες, υποστηρίζοντας έτσι τη γνωστική ανάπτυξη και τη μνήμη, που είναι κρίσιμες για τη σχολική απόδοση (pharmagel.gr; healthia.gr).

Επίσης πολυφαινολικά συμπληρώματα λεμονιού έχουν δείξει σε εφήβους μείωση δεικτών οξειδωτικού στρες, βελτίωση της αντιοξειδωτικής ικανότητας του πλάσματος και ενίσχυση της ηπατικής και καρδιομεταβολικής λειτουργίας, ιδίως όταν συνδυάζονται με βιταμίνη C (pmc.ncbi.nlm.nih.gov).

Οφέλη για Ενήλικες και Ηλικιωμένους

Στους ενήλικες, το λεμόνι υποστηρίζει την καρδιαγγειακή υγεία, μειώνοντας την αρτηριακή πίεση και βελτιώνοντας το λιπιδαιμικό προφίλ. Οι φλαβονοειδείς ενώσεις, όπως η hesperidin και η diosmin, έχουν αποδειχθεί ότι συμβάλλουν στη μείωση της φλεγμονής και της

χοληστερόλης, ενώ η βιταμίνη C προστατεύει το DNA από οξειδωτικές βλάβες (iatronet.gr; katerinantale.gr).

Επιπλέον, το λεμόνι βοηθά στην υποστήριξη της πεπτικής υγείας λόγω της περιεκτικότητάς του σε φυτικές ίνες, ενώ το νερό με λεμόνι έχει συνδεθεί με βελτίωση της λειτουργίας του ανοσοποιητικού και του λεμφικού συστήματος, συμβάλλοντας στην αποβολή τοξινών και την καταπολέμηση της κατακράτησης υγρών (healthandlife.gr; milessis.gr).

Αντιβακτηριακή και Αντιφλεγμονώδης Δράση

Ο χυμός λεμονιού διαθέτει ισχυρές αντιβακτηριακές και αντιμυκητιασικές ιδιότητες, που μπορούν να καταπολεμήσουν παθογόνους μικροοργανισμούς όπως ο σταφυλόκοκκος και η σαλμονέλα, καθώς και ανθεκτικά στα αντιβιοτικά βακτηριακά στελέχη (olympriobima.gr). Παράλληλα, η αντιφλεγμονώδης δράση του λεμονιού συμβάλλει στη μείωση της χρόνιας φλεγμονής, παράγοντα που σχετίζεται με πολλές χρόνιες παθήσεις .

Λόγοι Επιλογής του Λεμονιού στη Διπλωματική Εργασία

Η επιλογή του λεμονιού ως βασικό συστατικό σε συμπληρώματα διατροφής σε μορφή ζελεδάκι προτιμήθηκε για διάφορους λόγους όπως:

- 1.Υψηλή διατροφική αξία: Πλούσιο σε βιταμίνη C, πολυφαινόλες και φυτικές ίνες που υποστηρίζουν ανοσοποιητικό, νευροπροστασία και καρδιαγγειακή υγεία.
- 2.Πολυδιάστατη δράση: Αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδης, ηπατοπροστατευτική, αντιβακτηριακή και μικροβιακή ισορροπία.
- 3.Βιωσιμότητα: Η αξιοποίηση των φλοιών ως πρώτη ύλη για συμπληρώματα υψηλής βιοδραστικότητας και χαμηλού κόστους προωθεί κυκλικές και φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες.

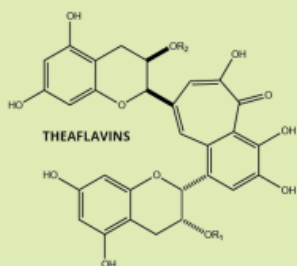
ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΣΑΙ

Το πιο βασικό συστατικό του πράσινου τσαγιού είναι η γαλλική επιγαλλοκατεχίνη EGCG, με κλινική σημασία. Έχει συσχετιστεί με τη βελτίωση της κατάστασης οξειδοαναγωγής σε επίπεδο ιστού αποτρέποντας πιθανά τη δομική βλάβη σε επίπεδο συστήματος και

ακόμα σε αντικαρκινικές, αντιγηραντικές ιδιότητες και αντι-Alzheimer (Singh et al., 2019). Οι πολυφαινόλες παρούσες συνήθως στα πράσινα φυτά σε ιδιότροπο επίπεδο. Στον παραγωγό οργανισμό οι φαινόλες βρίσκονται σε μικρές ποσότητες υπό φυτική/χημική/βιοχημική πίεση, παράγονται σε μεγαλύτερες ποσότητες (Harborne & Williams, 2000). Επομένως ο ρόλος τους σε οργανισμούς είναι αμυντικός έναντι των φλεγμονών, των λοιμώξεων, των αρπακτικών και των αλληλοπαθητικών αλληλεπιδράσεων (Cheynier, 2012). Οι φυσικές φαινόλες είναι κυρίως υδατοδιαλυτές και μπορεί να έχουν και πτητικές ιδιότητες (Dixon & Paiva, 1995). Αυτές οι ενώσεις μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες, συμπεριλαμβανομένων των απλών μονοκυκλικών φαινόλων. Αυτές οι ενώσεις μπορεί να περιλαμβάνουν μία ή περισσότερες ομάδες φαινολικού υδροξυλίου και/ή ομάδες καρβοξυλικού οξέος, όπως τα παράγωγα του κινναμωμικού οξέος (C6–C3), τα οποία διαθέτουν ποικιλία βιολογικών δραστηριοτήτων (Saleem et al., 2020). Η δεύτερη κατηγορία φαινολικών ενώσεων περιλαμβάνει πιο σύνθετα μόρια με δύο δακτυλίους, όπως οι κουμαρίνες, οι ισοκουμαρίνες, οι στυλβέννες, οι χαλκόνες και τα κουρκουμινοειδή, τα οποία έχουν επίσης διακριτές βιολογικές δραστηριότητες. Τα κουρκουμινοειδή είναι γνωστά για τις ισχυρές αντικαρκινικές τους ιδιότητες (Aggarwal & Harikumar, 2009). Η τρίτη κατηγορία φαινολικών ενώσεων μπορεί να είναι πιο σύνθετη, περιλαμβάνοντας φλαβονοειδή και ισοφλαβονοειδή, τα οποία είναι γνωστά και ως βιοφλαβονοειδή λόγω των βιολογικών τους ιδιοτήτων (Cartea & Velasco, 2008). Επιπλέον, τα φαινυλοπροπανοειδή μπορεί να περιλαμβάνουν έναν μεγάλο αριθμό κατεχινών, κυανιδινών και ανθοκυανινών, με τις δύο τελευταίες κατηγορίες να συμβάλλουν σε διάφορα χρώματα και βιολογικές δραστηριότητες που σχετίζονται με φρούτα και λουλούδια (Castañeda-Ovando et al., 2009).

THE CHEMISTRY OF TEA

POLYPHENOLS IN TEA



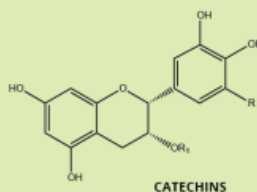
A strong cup of tea usually contains around 180-240mg of polyphenol compounds. Compounds called catechins are the building blocks of black tea polyphenols; they are oxidised to form theaflavins and thearubigens.

Theaflavins comprise 3-5% of black tea, and are responsible for its red-orange appearance.

'Thearubigens' is the term for a wide range of polyphenols whose structures remain largely unknown, but they are also thought to contribute to tea's colour & taste.



THE EFFECT OF MILK ON POLYPHENOLS



The compounds in tea derived from catechins can have antioxidant effects on the body - research has shown these could have beneficial effects on cardiovascular health.

It's suggested that the casein proteins in milk could bind to polyphenols and as a result prevent their antioxidant effects, but research on this subject remains conflicted.

© COMPOUND INTEREST 2014 - WWW.COMPOUNDCHEM.COM | Twitter: @compoundchem | Facebook: www.facebook.com/compoundchem
This graphic is shared under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives Licence. Photo: humusak2, freemages.com



Εικόνα 22. Πολυφαινόλες στο τσάι

Κατεχίνες στο τσάι

Το πράσινο τσάι (*Camellia sinensis*, CS) είναι ένα δημοφιλές ρόφημα που καταναλώνεται κυρίως στην Κίνα, τη Νοτιοανατολική Ασία και την Ιαπωνία (Ahmed et al., 2018). Στη Νοτιοανατολική Ασία, η κατανάλωσή του μετά τα γεύματα θεωρείται ότι συμβάλλει στη μεταβολική διαδικασία του λίπους. Αντίθετα, στην Ιαπωνία και την Κίνα, το εκχύλισμα πράσινου τσαγιού καταναλώνεται κατά τη διάρκεια των γευμάτων και πιστεύεται ότι διευκολύνει την πέψη του κρέατος και του λίπους, συμβάλλοντας στην καταπολέμηση της παχυσαρκίας και των σχετικών προβλημάτων υγείας (Thielecke & Boschmann, 2009). Το CS διαθέτει πολλές *in vitro* και *in vivo* αντιφλεγμονώδεις και οστεολυτικές ιδιότητες (Yin et al., 2020). Οι ευεργετικές του δράσεις αποδίδονται στην παρουσία διαφόρων κατεχινών, με την επιγαλλοκατεχίνη-3-γαλλική (EGCG) να είναι το κύριο συστατικό κατεχίνης (Li et al., 2019). Οι κατεχίνες είναι πολυφαινολικά μόρια φλαβονόλης που προέρχονται

από το βιοσυνθετικό μονοπάτι του σικιμικού C6-C3-C6 (Saleem et al., 2020). Στο πράσινο τσάι περιλαμβάνονται άλλες κατεχίνες όπως η επιγαλλοκατεχίνη (EGC), η γαλλική επικατεχίνη (ECG) και η επικατεχίνη (EC), ενώ οι πολυφαινόλες του μαύρου τσαγιού περιλαμβάνουν τις θεαφλαβίνες (TF) και τις θεαρουμπιγίνες (Cabrera et al., 2006). Το μαύρο τσάι είναι πλούσιο σε πολυσακχαρίτες, ενώ το πράσινο τσάι περιέχει υψηλές ποσότητες πολυφαινολών, συμπεριλαμβανομένου του EGCG (García-Pérez et al., 2020).

Το EGCG είναι γνωστό για τις αντιφλεγμονώδεις, υπογλυκαιμικές, υποχοληστερολαιμικές, αντικαρκινικές, αντιυπερτασικές, αντιοξειδωτικές, αντικές και παγκρεατικές αντικαρκινικές του δράσεις (Singh et al., 2019). Έχει αναφερθεί ότι το εκχύλισμα τσαγιού έχει ανασταλτική δράση στην πήξη του αίματος, προλαμβάνει την εμφάνιση ορισμένων καρδιοαγγειακών παθήσεων, όπως η αθηροσκλήρωση, διαλύει το ινωδογόνο και αναστέλλει τη συσσώρευση αιμοπεταλίων, ενώ συμβάλλει στη μείωση των επιπέδων ενδοθηλίνης (Xu et al., 2017). Το πράσινο τσάι έχει αντιφλεγμονώδεις και αντικαρκινικές ιδιότητες· το οξειδωτικό στρες και η φλεγμονή συμβάλλουν στη βλάβη των ιστών μετά από αιμορραγία / αναζωογόνηση και οι φυσικές ενώσεις πολυφαινόλης είναι φάρμακα επιλογής για την εξασθένηση των τραυματισμών (Khan & Mukhtar, 2018). Οι πολυφαινόλες θεαφλαβίνης από το τσάι και η φλαβονοειδής χρυσίνη από την *Potentilla evestita* (Rosaceae) έχουν αντιοξειδωτικές, αντικαρκινικές και αντιφλεγμονώδεις επιδράσεις (Mladenova et al., 2013). Οι πολυφαινόλες έχουν επίσης εμπλακεί σε πολλές άλλες χρόνιες παθήσεις όπως η νόσος του Πάρκινσον, η νόσος του Αλτσχάιμερ, η ανοσοαπόκριση, οι κακοήθειες όγκοι, η υπέρταση και η υγεία γενικότερα (Spencer, 2008).

Υπάρχει πληθώρα πληροφοριών που αντικατοπτρίζουν το γεγονός ότι η δραστηριότητα των ενώσεων πολυφαινόλης στο πράσινο τσάι μπορεί να ελέγξει χρόνιες ασθένειες που προκαλούνται από επίμονη φλεγμονή. Αποσκοπείται ο ρόλος των διατροφικών πολυφαινολών στη διαχείριση της φλεγμονής (García-Mediavilla et al., 2007). Η αντιφλεγμονώδης δράση των πολυφαινολών στο εκχύλισμα πράσινου τσαγιού (GTE) έχει αποδειχθεί σε διάφορα μοντέλα οξείας φλεγμονής και πολλοί μηχανισμοί έχουν προταθεί για τις αντικαρκινικές δραστηριότητές τους, συμπεριλαμβανομένης της καταστολής

της έκκρισης NF-kappaB, φλεγμονωδών σωμάτων και IL-1β (Tao et al., 2020). Πολλές κακοήθειες χαρακτηρίζονται από ενεργοποίηση κινασών που σχετίζονται με την ιντερλευκίνη και αρκετά φάρμακα που στοχεύουν συγκεκριμένες κινάσες, τόσο φυσικές όσο και συνθετικές, χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία του καρκίνου (Johnson et al., 2019). Η κινάση τύπου Polo αλληλεπιδρά με τις κατεχίνες του πράσινου τσαγιού με αποτέλεσμα την αναστολή της ανάπτυξης αρκετών τύπων σε ανθρώπινους καρκίνους (Siddiqui et al., 2017). Ο EGCG είναι ένας πολυκυτταρικός παράγοντας που έχει τη δυνατότητα να αναστέλλει την ανάπτυξη διαφόρων τύπων όγκων, όπως ο καρκίνος του πνεύμονα, πιθανώς μέσω της σταθεροποίησης του HIF-1 άλφα, καθώς και του αδενοκαρκινώματος του ενδομητρίου και του ηπατοκυτταρικού καρκινώματος (Shankar et al., 2017). Η συνεργιστική δράση του EGCG σε συνδυασμό με άλλα φάρμακα έχει μελετηθεί εκτενώς, και υπάρχουν ενδείξεις ότι τα εκχυλίσματα πράσινου τσαγιού ενισχύουν την αποτελεσματικότητα αντικαρκινικών φαρμάκων και μικροθρεπτικών συστατικών (Yang et al., 2019). Επιπλέον, το EGCG έχει την ικανότητα να αυξάνει την αποτελεσματικότητα πολλών χημειοθεραπευτικών παραγόντων, όπως η δοξορουβικίνη (DOX) και η χρυσίνη, σε περιπτώσεις ηπατικού καρκινώματος, καρκίνου του στομάχου κ.λπ. (Zhou et al., 2020). Έχει παρατηρηθεί ότι το EGCG μπορεί να έχει προληπτική δράση κατά της καρδιοτοξικότητας που προκαλεί η δοξορουβικίνη (Wen et al., 2018). Επιπλέον, το EGCG ασκεί έναν δόσοεξαρτώμενο ανασταλτικό ρόλο στη σηματοδότηση της αυτοφαγίας και συμβάλλει στην αναστολή της κυτταρικής ανάπτυξης, με συνεργιστική επίδραση που οδηγεί σε αύξηση 40-60% στον κυτταρικό θάνατο όταν συνδυάζεται με τη δοξορουβικίνη (Zhou et al., 2020). Το τσάι έχει επίσης αποδειχθεί ότι έχει ευεργετική δράση κατά της νόσου του Αλτσχάιμερ και του Παρκινσονισμού (Mandel et al., 2008). Οι νευροεκφυλιστικές ασθένειες, όπως η νόσος του Αλτσχάιμερ (AD) και η νόσος του Πάρκινσον (PD), αποτελούν σημαντικές αιτίες θνησιμότητας στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η AD χαρακτηρίζεται από γνωστική έκπτωση και σχετίζεται αιτιολογικά με την εναπόθεση αμυλοειδούς. Έχει διαπιστωθεί ότι η κατανάλωση πράσινου τσαγιού μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο για γνωστική έκπτωση στη ΝΑ (Feng et al., 2020).

ΧΑΜΟΜΗΛΙ

Το χαμομήλι (*Matricaria chamomilla* L., syn: *M. recutita*), πρόκειται για ένα φαρμακευτικό και αρωματικό φυτό που καταναλώνεται κυρίως με τη μορφή αφεψημάτων, και υπολογίζεται η κατανάλωσή του σε πάνω από ένα εκατομμύριο φλιτζάνια ημερησίως (Srivastava et al., 2010). Λόγω της ευχάριστης και αρωματικής του γεύσης και της καταπραϋντικής, ευεργετικής του δράσης είναι τόσο ευρεία η χρήση του. Στην αρχαία Αίγυπτο το χαμομήλι ήταν ιερό φυτό και η χρήση του ήταν εναντίον του πυρετού και στη μουμιοποίηση. Στην Αρχαία Ελλάδα ο Διοσκουρίδης και ο Ιπποκράτης αναφέρουν τις φαρμακευτικές ιδιότητες, ανακούφιση από στομαχικά προβλήματα και φλεγμονές του χαμομηλιού (Lis-Balchin & Hart, 1999).

Στη Νεότερη Εποχή το χαμομήλι με την εξέλιξη της βοτανικής χρησιμοποιήθηκε ως τσάι για τη χαλάρωση, τις στομαχικές διαταραχές και την αϋπνία και παραμένει έως σήμερα παγκοσμίως από τα πιο δημοφιλή φυτικά ροφήματα (Srivastava et al., 2010). Πολλές μελέτες έχουν αποδείξει πως το χαμομήλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς λόγω των δράσεών του: αντιφλεγμονώδεις, αντιφλογιστικές (Srivastava et al., 2010), αντιαλλεργικές (Nemecz, 1998), αντιβακτηριδιακές (Lis-Balchin et al., 1998), αντισπασμωδικές, αντισηπτικές (Sahebkar & Emami, 2013), αντιοξειδωτικές (Lee & Shibamoto, 2002) και κατά του όγκου (Shukla & Gupta, 2004). Λόγω των πλεονεκτημάτων για την υγεία και τη συχνή χρήση του χαμομηλιού, η σύνθεσή του έχει μελετηθεί πολύ και έχουν αναγνωριστεί πολλαπλές θεραπευτικά ελκυστικές ενώσεις. Βασική ένωση είναι οι φαινολικές ενώσεις του χαμομηλιού, οι οποίες χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες όπως:

- Φαινολικά οξέα: χλωρογενές, καφεϊκό, βανιλικό, συρίγγο, άνισικό, κουμαρικό οξύ (McKay & Blumberg, 2006).
- Φλαβονοειδή: αγλυκόνες και/ή γλυκοσίδες μορφή: ισοραμνετίνη, λουτεολίνη, κερσετίνη, απιγενίνη, πατουλετίνη και άλλες, κουμαρίνες (συμπεπιφερόνη, κήλη) (Srivastava et al., 2010). Πιστεύεται ότι για την υψηλή αντιοξειδωτική δράση του χαμομηλιού είναι υπεύθυνες οι πολυφαινόλες, η υποοικογένεια δηλαδή των φλαβονοειδών (Lee & Shibamoto, 2002).



Εικόνα 23. Φαρμακευτικά φυτά και οι χαρακτηριστικές φλαβονοειδείς ενώσεις τους

Σκοπός

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιδιώκει να διερευνήσει και να παρασκευάσει παιδικά συμπληρώματα διατροφής από φαρμακευτικά φυτά και φρούτα εμπλουτισμένα σε πολυφαινόλες και βιταμίνες.

Η επιλογή των συγκεκριμένων φρούτων και φυτικών εκχυλισμάτων για τα φυσικά συμπληρώματα διατροφής βασίστηκε σε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που συνδυάζει την επιστημονική τεκμηρίωση με την πρακτική εφαρμογή. Τα φρούτα που επιλέχθηκαν φράουλα, ακτινίδιο, λεμόνι, πορτοκάλι, μανταρίνι και μύρτιλο είναι γνωστά για την υψηλή τους περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες και αντιοξειδωτικά, τα οποία έχουν αποδειχθεί ότι συμβάλλουν στην προστασία του οργανισμού από το οξειδωτικό στρες και τις φλεγμονές, ενώ παράλληλα υποστηρίζουν την υγεία του ανοσοποιητικού, του καρδιαγγειακού και του πεπτικού συστήματος όπως αναλύθηκε παραπάνω.

Ταυτόχρονα, η παρουσία φυτικών εκχυλισμάτων όπως το πράσινο τσάι και το χαμομήλι προσφέρει επιπλέον αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση, ενώ το χαμομήλι είναι γνωστό για τις ηρεμιστικές και πεπτικές του ιδιότητες, ενισχύοντας την ευεξία και την καλή λειτουργία του εντέρου.

Η επιλογή αυτών των συστατικών έγινε με γνώμονα όχι μόνο τη βιοδραστική τους αξία, αλλά και την ευχάριστη γεύση και την οικειότητα που έχουν στα παιδιά, ώστε να εξασφαλιστεί η καλή αποδοχή και η τακτική λήψη του συμπληρώματος. Η μορφή του συμπληρώματος σε ζελεδάκι αποσκοπεί πάλι στην οικειότητα προς το παιδί όχι μόνο με το σχήμα του αλλά και με τα ζωντανά χρώματα που κατέληξαν να έχουν.

Επιπλέον, η αξιοποίηση των υποπροϊόντων των εσπεριδοειδών, όπως οι φλούδες, προσδίδει μια περιβαλλοντική διάσταση, καθώς προάγει τη βιωσιμότητα μέσω της επαναχρησιμοποίησης πρώτων υλών υψηλής βιοδραστικότητας.

Συνοψίζοντας ο συνδυασμός αυτός επιτρέπει τη δημιουργία ενός φυσικού λειτουργικού και ευχάριστου συμπληρώματος διατροφής, το οποίο μπορεί να υποστηρίξει αποτελεσματικά την υγεία και την ανάπτυξη των παιδιών.

II. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 Εργαστηριακός Εξοπλισμός

- ✓ Γυάλινα ποτήρια ζέσεως
- ✓ Γυάλινα Duran

- ✓ Αυτόματες Πιπέτες
- ✓ Πλαστικά Eppendorf
- ✓ Σιφώνια πλήρωσης
- ✓ Πουάρ
- ✓ Falcon
- ✓ Πιπέτες Pasteur
- ✓ Αναλυτικός ζυγός ακριβείας τριών δεκαδικών ψηφίων
- ✓ Θερμαντικός αναδευτήρας
- ✓ Μαγνήτης ανάδευσης
- ✓ Φυγόκεντρος Remi Elektrotechnik Ltd. (Palghar, India)
- ✓ Υδατόλουτρο
- ✓ Φασματοφωτόμετρο UV-Vis Shimadzu UV1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg
- ✓ Κυψελίδες πορσελάνης
- ✓ Σύστημα Υγρής Χρωματογραφίας Υψηλής Απόδοσης
- ✓ Μαγειρικά σκεύη (μπρίκι)
- ✓ Vortex

2.2 Χημικές Ουσίες και Αντιδραστήρια

- ✓ Διάλυμα απεσταγμένο νερό: μεθανόλης (60:40 v/v)
- ✓ Διάλυμα FeCl_3 (4mM σε 0,05M HCl)
- ✓ Διάλυμα TPTZ (1mM σε 0,05M HCl)
- ✓ Αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu (10% v/v)
- ✓ n-εξάνιο
- ✓ Διάλυμα Na_2CO_3 (5% w/v)
- ✓ Αντιδραστήριο DPPH (2,2-διφαινυλ-1-πικρυλυδραζύλιο)

✓ Διάλυμα HCL

✓ Μετουσιωμένη αιθανόλη (99,8%)

2.3 Προετοιμασία Δειγμάτων

2.3.1. Συλλογή και επεξεργασία φρούτων

Τα φρούτα (φράουλα, λεμόνι, μύρτιλα, πορτοκάλι, λεμόνι, μανταρίνι, ακτινίδιο, αχλάδι) και τα φαρμακευτικά φυτά (χαμομήλι, πράσινο τσάι) προμηθεύτηκαν από υπαίθριες αγορές παραγωγών, καταστήματα πώλησης οπωροκηπευτικών και καταστήματα λιανικής τροφίμων. Τα προϊόντα είναι εγχώρια και τα φαρμακευτικά φυτά προμηθεύτηκαν σε αποξηραμένη μορφή. Η επεξεργασία των φρούτων περιείχε τεμαχισμό, αποφλοιώση και πολτοποίηση. Συγκεκριμένα, ακολούθησε τεμαχισμός των φρούτων: φράουλας, μύρτιλου και αχλαδιού καθώς αξιοποιήθηκε πολτός και φλοιός και αποφλοιώση των φρούτων: πορτοκαλιού, λεμονιού μανταρινιού καθώς αξιοποιήθηκε μόνο ο φλοιός λόγω της πλούσιας σύστασης σε πολυφαινόλες. Στα ακτινίδια αξιοποιήθηκε μόνο ο πολτός.

2.3.2. Παρασκευή εκχυλισμάτων

Αρχικά, σε μπρίκι με 200 ml νερού που βράζει τοποθετήθηκαν οι αντίστοιχες ποσότητες φρούτων και φαρμακευτικών φυτών όπως αναφέρονται στο παρακάτω πίνακα εκφρασμένο σε γραμμάρια. Τα φρούτα πορτοκάλι, λεμόνι και μανταρίνι ζυγίστηκαν οι φλούδες τους, ενώ τα μύρτιλα, φράουλες, ακτινίδιο, αχλάδι τεμαχίστηκαν σε κομμάτια και έβρασαν ολόκληρα. Επιπλέον τα μύρτιλα συμπίεστηκαν πριν βράσουν καθώς παρατηρήθηκε ότι αποδίδεται εντονότερο χρώμα. Επιπλέον η τοποθέτηση των φρούτων έγινε εκτός εστίας καθώς παρατηρήθηκε η μείωση πικρίας στο τελικό προϊόν. Ο βρασμός διήρκεσε 2,5 min και μετά αποσύρθηκε το μπρίκι από τη φωτιά και αφέθηκε σε θερμοκρασία δωματίου για 5 min. Εκτιμήθηκε ως αναγκαίο, η μείωση της θερμοκρασίας του προϊόντος σε θερμοκρασία δωματίου ώστε να αποτραπεί η αλλοίωση των πολυφαινολών μειώνοντας τη βιοδραστικότητα τους. Στη συνέχεια έγινε εκχύλιση του υγρού μέσω

φίλτρου ώστε να απομακρυνθούν τα στερεά υπολείμματα του φρούτου. Το εκχύλισμα που προκύπτει συλλέχθηκε και τοποθετήθηκε σε δοχείο Falcon χωρητικότητας 50ml. Η ίδια διαδικασία ακολούθησε για όλα τα φρούτα και φαρμακευτικά φυτά της έρευνας

ΦΡΟΥΤΟ/ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ	ΒΑΡΟΣ ΕΚΦΡ. ΣΕ ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ (G)
ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	33
ΑΧΛΑΔΙ	194
ΜΥΡΤΙΛΟ	85
ΦΡΑΟΥΛΑ	131
ΛΕΜΟΝΙ	27
ΑΚΤΙΝΙΔΙΟ	161
ΜΑΝΤΑΡΙΝΙ	32
ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΣΑΙ	4
ΧΑΜΟΜΗΛΙ	4

Πίνακας 5. Ζυγίσεις φαρμακευτικών φυτών και φρούτων.

2.4. Συνδυασμοί τελικών εκχυλισμάτων

Ο συνδυασμός φρούτων και φαρμακευτικών φυτών μπορεί να ενισχύσει την συνολική αντιοξειδωτική δράση ενός προϊόντος, να βοηθήσει στην απορρόφηση ουσιών μέσω των οργανικών οξέων που υπάρχουν στα φρούτα καθώς και να αυξήσει την αποδοχή των παιδιών καθώς τα φαρμακευτικά φυτά τείνουν να έχουν πικρή ή δυσάρεστη γεύση. Οι συνδυασμοί των εκχυλισμάτων που προκύπτουν είναι :

ΜΕΙΓΜΑ Α. Πορτοκάλι, Αχλάδι, Μύρτιλο

ΜΕΙΓΜΑ Β. Φράουλα, Μύρτιλο, Λεμόνι

ΜΕΙΓΜΑ Γ. Ακτινίδιο, Αχλάδι, Πράσινο τσάι

ΜΕΙΓΜΑ Δ. Μανταρίνι, Αχλάδι, Ακτινίδιο, Χαμομήλι

ΜΕΙΓΜΑ Ε. Φράουλα, Πράσινο τσάι

2.4.1. Αναλογίες Εκχυλισμάτων

Ο συνδυασμός του μείγματος Α προκύπτει από 25ml εκχυλίσματος πορτοκαλιού, 25 ml εκχυλίσματος αχλαδιού και 75ml εκχυλίσματος μύρτιλου. Επιπλέον έγινε προσθήκη μέσω πιπέτας 10ml φυσικού χυμού πορτοκαλιού. Ο συνδυασμός του μείγματος Β προκύπτει από 75ml εκχυλίσματος φράουλας, 25 ml εκχυλίσματος μύρτιλου και 5ml εκχυλίσματος λεμονιού. Επιπλέον έγινε προσθήκη μέσω πιπέτας 10ml φυσικού χυμού φράουλας. Ο συνδυασμός του μείγματος Γ προκύπτει από 50ml εκχυλίσματος ακτινιδίου, 25 ml εκχυλίσματος αχλαδιού και 30ml εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού. Ο συνδυασμός του μείγματος Δ προκύπτει από 125ml εκχυλίσματος μανταρινιού, 25 ml εκχυλίσματος αχλαδιού, 50ml εκχυλίσματος ακτινιδίου και 50ml εκχυλίσματος χαμομηλιού. Επιπλέον έγινε προσθήκη μέσω πιπέτας 10ml φυσικού χυμού μανταρινιού. Ο συνδυασμός του μείγματος Ε προκύπτει από 75ml εκχυλίσματος φράουλας και 30ml εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού. Επιπλέον έγινε προσθήκη μέσω πιπέτας 10ml φυσικού χυμού φράουλας. Η ανάμειξη των φρούτων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ογκομετρικού κυλίνδρου. Τα μείγματα συλλέχθηκαν και αποθηκεύτηκαν σε δοχείο Falcon για περαιτέρω ανάλυση.





Εικόνα 24. Συνδυασμοί φρούτων και φαρμακευτικών φυτών από πάνω αριστερά προς τα δεξιά Α,Β,Γ συνεχίζοντας κάτω αριστερά Δ,Ε αντίστοιχα.

2.4.2. Πηκτωματοποίηση

Τα μείγματα Α, Β, και Γ υπέστησαν πηκτωματοποίηση μέσω προσθήκης φύλλων ζελατίνης εμπορικής ποιότητας όπου η ποσότητα εξηγείται παρακάτω ενώ για τα μείγματα Δ και Ε έγινε χρήση σκόνης ζελατίνης εμπορικής προέλευσης με προσθήκη 10g στο κάθε μείγμα. Ακολούθησε συνεχή ανάδευση και θέρμανση του μείγματος. Τα μείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές φόρμες διαχωρισμένων υποδοχών και αφέθηκαν στο ψυγείο για 24h μέχρι να επιτευχθεί η πλήρης σταθεροποίηση τους.

2.4.2.1. Μέθοδος υπολογισμού ποσότητας φύλλων ζελατίνης

Η συσκευασία της ζελατίνης αναγράφει ότι για 1L αντιστοιχούν 5 gr ζελατίνης.

Συνολικοί όγκοι δειγμάτων:

Μείγμα Α: 135 ml , **Μείγμα Β:** 115 ml , **Μείγμα Γ:** 105 ml

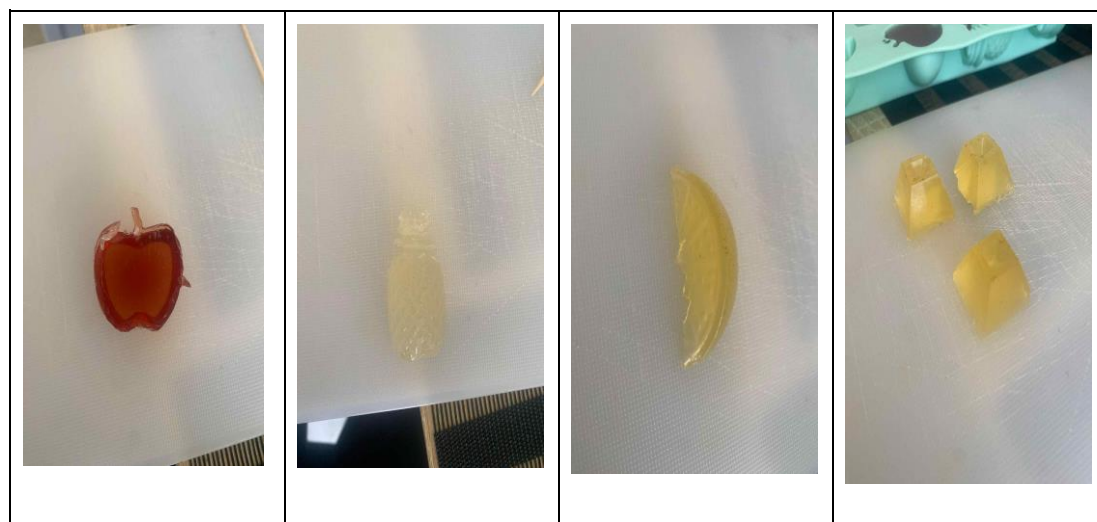
Ακολουθώντας την μέθοδο των τριών και πολλαπλασιάζοντας επί τέσσερα το αποτέλεσμα, η ποσότητα φύλλων ζελατίνης που αναλογεί σε κάθε μείγμα είναι αντίστοιχα

Μείγμα Α: 2,7 g, Μείγμα Β :1,7 g , Μείγμα Γ: 2,1 g

Τα έξι φύλλα ζελατίνης που περιέχει η συσκευασία ζυγίστηκαν με συνολικό βάρος 10 g. Η μία ζελατίνη ζυγίστηκε στα 1,667 g.

	ΤΕΛΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ				ΖΕΛΕΤΟΠΟΙΗΣΗ (g)
	ΒΑΡΟΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ (g)	ΧΡ. ΒΡΑΣΜΟΥ (min)	ΟΓΚΟΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ (ml)	ΟΓΚΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (ml)	
ΔΕΙΓΜΑ 1				135	2,7
ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	33	2,5	25		
ΑΧΛΑΔΙ	194	2,5	25		
ΜΥΡΤΙΛΟ	85	2,5	75		
ΔΕΙΓΜΑ 2				115	2,3
ΦΡΑΟΥΛΑ	131	2,5	75		
ΜΥΡΤΙΛΟ	85	2,5	25		
ΛΕΜΟΝΙ	27	2,5	5		
ΔΕΙΓΜΑ 3				105	2,1
ΑΚΤΙΝΙΔΙΟ	161	2,5	50		
ΑΧΛΑΔΙ	194	2,5	25		
ΠΡ.ΤΣΑΙ	4	2,5	10		
ΔΕΙΓΜΑ 4				260	10
ΜΑΝΤΑΡΙΝΙ	32	2,5	125		
ΑΧΛΑΔΙ	194	2,5	25		
ΑΚΤΙΝΙΔΙΟ	161	2,5	50		
ΧΑΜΟΜΗΛΙ	4	2,5	50		
ΔΕΙΓΜΑ 5				115	10
ΦΡΑΟΥΛΑ	131	2,5	75		
ΠΡ.ΤΣΑΙ	4	2,5	30		

Πίνακας 6. Ποσοτικός πίνακας συστατικών και παραμέτρων πηκτωματοποίησης.



Πίνακας 7. Τελική μορφή μειγμάτων μετά από πηκτωματοποίηση και τοποθέτηση σε πλαστικές φόρμες για 24h

2.5. Οργανοληπτικός Έλεγχος

Για την αξιολόγηση των δειγμάτων που παρασκευάστηκαν, πραγματοποιήθηκε οργανοληπτικός έλεγχος με τη συμμετοχή εθελοντών, οι οποίοι καλούνταν να συμπληρώσουν την παρακάτω φόρμα. Η φόρμα έχει ως κλίμακα από τον χαρακτηρισμό “Πολύ Αποδεκτό” έως το “Καθόλου Αποδεκτό”. Αξιολογούνται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όπως την εμφάνιση, την υφή, την οσμή, την γεύση, την επίγευση καθώς και αξιολόγηση της συνολικής εικόνας του προϊόντος.

Οργανοληπτικός Έλεγχος Συμπληρωμάτων Διατροφής για Παιδιά σε Μορφή Ζελεδάκια

Εισαγωγή: Η παρούσα φόρμα οργανοληπτικού ελέγχου έχει ως στόχο την αξιολόγηση της γευστικής και αισθητικής ποιότητας των προϊόντων που περιέχουν πολυφαινόλες και φαρμακευτικά φυτά. Ο οργανοληπτικός έλεγχος περιλαμβάνει την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών όπως η εμφάνιση, η υφή, η γεύση, η οσμή και η γενική αποδοχή από τα παιδιά.

Στοιχεία Δοκιμαστή:

Ηλικία: ☐ 5-12 ☐ 12-18 ☐ 18-25 ☐ 25-35 ☐ 35-45 ☐ 45-55
Ημερομηνία: ____ - ____ - ____

Δείγμα:

Κωδικός Δείγματος: _____

Σύνθεση Δείγματος:

1. ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ- ΑΧΛΑΔΙ -ΜΥΡΤΙΛΟ 2. ΦΡΑΟΥΛΑ-ΜΥΡΤΙΛΟ-ΛΕΜΟΝΙ
3. ΑΚΤΙΝΙΔΙΟ-ΑΧΛΑΔΙ - ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΣΑΙ 4. ΜΑΝΤΑΡΙΝΙ-ΑΧΛΑΔΙ-ΑΚΤΙΝΙΔΙΟ-ΧΑΜΟΜΗΛΙ 5. ΦΡΑΟΥΛΑ- ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΣΑΙ

Κριτήρια Αξιολόγησης:

Εμφάνιση:

Χρώμα:

Πολύ Αποδεκτό [] Αποδεκτό [.] Ουδέτερο [] Μη Αποδεκτό []
Καθόλου Αποδεκτό []

Σχήμα:

Πολύ Αποδεκτό [] Αποδεκτό [] Ουδέτερο [] Μη Αποδεκτό []
Καθόλου Αποδεκτό []

Γενική Εντύπωση:

Πολύ Αποδεκτό [] Αποδεκτό [] Ουδέτερο [] Μη Αποδεκτό []
Καθόλου Αποδεκτό []

Υφή:

Σκληρότητα:

Πολύ Καλή [] Καλή [] Ουδέτερη [] Κακή [] Πολύ Κακή []

Μαλακότητα:

Πολύ Καλή ☐ Καλή ☐ Ουδέτερη ☐ Κακή ☐ Πολύ Κακή ☐

Γενική Αίσθηση στο Στόμα:

Πολύ Καλή ☐ Καλή ☐ Ουδέτερη ☐ Κακή ☐ Πολύ Κακή ☐

Γεύση:

Γλυκύτητα:

Πολύ Καλή ☐ Καλή ☐ Ουδέτερη ☐ Κακή ☐ Πολύ Κακή ☐

Πικράδα:

Πολύ Καλή ☐ Καλή ☐ Ουδέτερη ☐ Κακή ☐ Πολύ Κακή ☐

Επίγευση:

Πολύ Καλή ☐ Καλή ☐ Ουδέτερη ☐ Κακή ☐ Πολύ Κακή ☐

Οσμή:

Ένταση:

Πολύ Καλή ☐ Καλή ☐ Ουδέτερη ☐ Κακή ☐ Πολύ Κακή ☐

Ευχάριστη:

Πολύ Καλή ☐ Καλή ☐ Ουδέτερη ☐ Κακή ☐ Πολύ Κακή ☐

Γενική Εντύπωση:

Πολύ Καλή ☐ Καλή ☐ Ουδέτερη ☐ Κακή ☐ Πολύ Κακή ☐

Γενική Αποδοχή:

Πόσο σας άρεσε το ζελεδάκι συνολικά:

Πολύ Αποδεκτό ☐ Αποδεκτό ☐ Ουδέτερο ☐ Μη Αποδεκτό ☐ Πολύ
Μη Αποδεκτό ☐

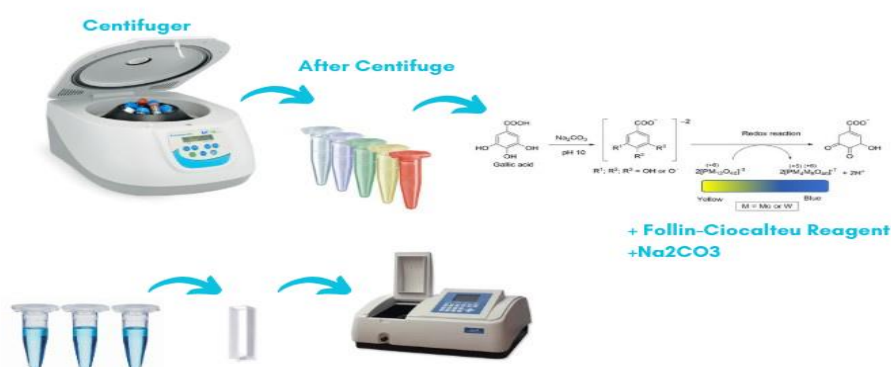
Θα το καταναλώνατε ξανά: Ναι ☐ Όχι ☐

Σχόλια:

Εικόνα 25. Έντυπο Οργανοληπτικού Ελέγχου

2.6 Προσδιορισμός Ολικών Πολυφαινολών

Η συγκέντρωση ολικών πολυφαινολών προσδιορίστηκε για τα εκχυλίσματα των εννέα συστατικών και των πέντε μειγμάτων. Ο προσδιορισμός των ολικών φαινολικών συστατικών (Total Phenolic Content, TPC) πραγματοποιήθηκε μέσω της αντίδρασης τους με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu, το οποίο αποτελείται από διάλυμα φωσφορομολυβδενικού και φωσφοροβολφραμικού οξέος. Αρχικά, τα δείγματα υποβλήθηκαν σε φυγοκέντρηση χρησιμοποιώντας τη συσκευή Remi Elektrotechnik Ltd. (Palghar, India) στις 10,000 στροφές ανά λεπτό για 5 λεπτά, και στη συνέχεια αραιώθηκαν κατάλληλα. Συγκεκριμένα, 100 μL του αραιωμένου δείγματος αναμίχθηκαν με 100 μL αντιδραστήριου Folin-Ciocalteu σε σωληνάρια Eppendorf και επώστηκαν για 2 λεπτά. Ακολούθως, προστέθηκαν 800 μL διαλύματος ανθρακικού νατρίου 5% (Na_2CO_3), το μείγμα αναδεύτηκε στο Vortex και επώστηκε σε υδατόλουτρο στους 40°C για 20 λεπτά. Μετά την ολοκλήρωση του χρόνου επώσης, πραγματοποιήθηκε μηδενισμός του φασματοφωτόμετρου (Shimadzu UV1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg) με το τυφλό δείγμα, και η απορρόφηση κάθε δείγματος μετρήθηκε στα 740 nm. Η πειραματική διαδικασία και οι προσδιορισμοί επαναλήφθηκαν τρεις φορές για κάθε δείγμα, προκειμένου να διασφαλιστεί η ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Στην Εικόνα παρουσιάζονται τα στάδια προσδιορισμού των ολικών πολυφαινολών.



Εικόνα 26. Στάδια προσδιορισμού των ολικών πολυφαινολών των τριών δειγμάτων με την μέθοδο Folin-Ciocalteu

2.7 Εκτίμηση της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (FRAP)

Το ολικό αντιοξειδωτικό δυναμικό των εκχυλισμάτων προσδιορίστηκε με τη μέθοδο FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power). Αρχικά, τα μείγματα υποβλήθηκαν σε φυγοκέντρηση με χρήση φυγοκέντρου Remi Elektrotechnik Ltd. (Palghar, India) στις 10,000 στροφές ανά λεπτό για 5 λεπτά, και στη συνέχεια αραιώθηκαν κατάλληλα. Στη συνέχεια, 50 μL του αραιωμένου εκχυλίσματος του δείγματος αναμίχθηκαν με 50 μL διαλύματος χλωριούχου σιδήρου (FeCl_3 , 4 mM σε 0,05 M HCl) σε σωληνάρια Eppendorf και επώαστηκαν σε υδατόλουτρο στους 37 °C για 30 λεπτά. Ακολούθως, προστέθηκαν 900 μL διαλύματος TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine, 1 mM σε 0,05 M HCl), το μείγμα αναδεύτηκε χρησιμοποιώντας Vortex και παρέμεινε σε θερμοκρασία δωματίου για 5 λεπτά. Η απορρόφηση των δειγμάτων μετρήθηκε στα 620 nm, τρεις φορές για κάθε δείγμα, μετά από μηδενισμό του φασματοφωτόμετρου (Shimadzu UV-1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg) με το τυφλό δείγμα.



Εικόνα: Στάδια προσδιορισμού αντιοξειδωτικής ικανότητας των δειγμάτων με την μέθοδο FRAP

2.8 Μέθοδος DPPH

Η μέθοδος DPPH (2,2-διφαινυλο-1-πικρυλυδραζύλιο) χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας, βασισμένη στην ικανότητα των αντιοξειδωτικών μορίων να αλληλεπιδρούν με τη σταθερή αζωτούχα ελεύθερη ρίζα DPPH. Το διάλυμα DPPH, λόγω της ευαισθησίας του στο φως, διατηρήθηκε σε σωλήνες τύπου Falcon καλυμμένους με αλουμινόχαρτο και διατηρήθηκε στην κατάψυξη για να προστατευθεί από την έκθεση στο φως. Για την ανάλυση, 25 μL του αραιωμένου εκχυλίσματος αναμίχθηκαν με 975 μL διαλύματος DPPH, το μείγμα αναδεύτηκε σε Vortex και αφέθηκε στο σκοτάδι για 30 λεπτά, ώστε να ολοκληρωθεί η αντίδραση. Στη συνέχεια, η απορρόφηση μετρήθηκε σε φασματοφωτόμετρο (Shimadzu UV1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg) στα 515 nm. Το δείγμα ελέγχου (control) περιείχε 975 μL διαλύματος DPPH και 25 μL μεθανόλης (MeOH). Το φασματοφωτόμετρο μηδενίστηκε με μεθανόλη πριν από κάθε μέτρηση, και οι μετρήσεις εκτελέστηκαν τρεις φορές για κάθε δείγμα. Η διαφορά απορρόφησης (ΔA) υπολογίζεται βάση της εξίσωσης:

$$\Delta A\% = (A_{\text{control}} - A_{\text{δείγματος}}) \times 100 / A_{\text{control}} \quad (3)$$

2.9 Μέθοδος HPLC

Η περιεκτικότητα των εκχυλισμάτων σε ρουτίνη και άλλες φαινολικές ενώσεις (συμπεριλαμβανομένων της καμπερόλης-3-γλυκοσίδης, της κατεχίνης, του φερουλικού οξέος, του συριγικού οξέος, του χλωρογενικού οξέος, της κερκετίνης 3-D-γαλακτοσίδης και του νεοχλωρογενικού οξέος) προσδιορίστηκε μέσω ανάλυσης υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC). Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με χρήση ανιχνευτή συστοιχίας διόδων (SPD-M20A) σε συνδυασμό με χρωματογράφο υγρής φάσης CBM 20A (Shimadzu Europa GmbH, Duisburg, Γερμανία). Για τον διαχωρισμό των ενώσεων, χρησιμοποιήθηκε στατική φάση [στήλη Phenomenex Luna C18(2) (100 $\text{\AA}$, 5 μm , 4,6 $\times$ 250 mm; Phenomenex, Inc., Torrance, CA, USA)], η οποία τοποθετήθηκε σε κλίβανο με σταθερή θερμοκρασία στους 40°C. Ως κινητή φάση χρησιμοποιήθηκαν (Α) υδατικό διάλυμα μυρμηκικού οξέος (0,5% v/v) και (Β) μίγμα ακετονιτριλίου/νερού (6:4 v/v) με προσθήκη μυρμηκικού οξέος (0,5% v/v), ενώ ο ρυθμός ροής ορίστηκε στα 1 mL/min. Το πρόγραμμα βαθμίδωσης για την έκλυση των

ενώσεων είχε ως εξής: από 5% B έως 40% B σε 40 λεπτά, ακολούθως από 40% B σε 50% B σε 10 λεπτά, και τέλος από 50% B σε 70% B σε 10 λεπτά, με διατήρηση σταθερού του 70% B για 10 λεπτά. Ο συνολικός χρόνος εκτέλεσης της ανάλυσης ήταν 70 λεπτά.

2.10 Προκαταρκτικά αποτελέσματα

Στο περιεχόμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, πραγματοποιήθηκαν πέντε δοκιμές συνδυασμών, οι οποίες περιελάμβαναν διαφορετικούς συνδυασμούς φρούτων και φαρμακευτικών φυτών, με διαφοροποίηση ως προς την ποσότητα των επιμέρους συστατικών. Οι δοκιμές συνδυασμών έχουν ως στόχο τη σταδιακή βελτιστοποίηση της σύνθεσης και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος. Η διαδικασία αυτή βασίστηκε σε πρώιμους οργανοληπτικούς ελέγχους, μεταξύ των μελών της ομάδας έρευνας. Οι οργανοληπτικοί έλεγχοι υλοποιήθηκαν ώστε να εντοπιστούν και να διορθωθούν τυχόν αδυναμίες στις αρχικές συνταγές, εξασφαλίζοντας τη βέλτιστη ποιότητα των τελικών μειγμάτων.

Αρχικά, παρασκευάστηκαν πέντε βασικές συνταγές μειγμάτων, όπου λειτουργούν ως πρωτότυπα. Τα αποτελέσματα των πρώτων οργανοληπτικών δοκιμών έδειξαν ότι υπήρχαν περιθώρια βελτίωσης, κυρίως όσον αφορά την ισορροπία γεύσεων, και τη συνολική αποδοχή. Τα μείγματα παρουσίαζαν ήπιο άρωμα με ουδέτερη απόδοση χρώματος. Επιπλέον παρατηρήθηκε έντονη πικρία στη γεύση. Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές, στη δεύτερη προσπάθεια, τροποποιήθηκαν συγκεκριμένες παράμετροι της συνταγής, όπως η ποσότητα των φρούτων φράουλας και μύρτιλου, η οποία αυξήθηκε από 70g σε 97g και από 60g σε 87g αντίστοιχα. Επιπλέον, η διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας μειώθηκε από 4 min σε 2,5 min και ο όγκος βρασμού από 350ml σε 250ml. Ο συνολικός όγκος όλων των μειγμάτων μειώθηκε στο μισό. Παρατηρήθηκε πως η μετακίνηση του σκεύους και η τοποθέτηση των φρούτων έξω από την εστία βοήθησε στη μείωση της πικράδας και αύξησε την ένταση του χρώματος. Η γεύση των μειγμάτων είχε βελτιωθεί σημαντικά. Τέλος, παρασκευάστηκαν δύο νέοι συνδυασμοί **Μείγμα Z:** ακτινίδιο, αχλάδι, αγγούρι και **Μείγμα H:** λεμόνι, αγγούρι, φράουλα οι οποίοι απορρίφθηκαν λόγω μη ικανοποιητικής γεύσης. Στη τρίτη

προσπάθεια μειώθηκε η ποσότητα του φαρμακευτικού φυτού *Matricaria chamomilla*, καθώς η γεύση του χαρακτηρίστηκε «πολύ έντονη», παράλληλα με τη ποσότητα του αχλαδιού που μειώθηκε από 223g σε 181g. Επιπλέον τα μύρτιλα συμπίεστηκαν πριν βράσουν για να αποδοθεί εντονότερο χρώμα. Η πρώτη προσπάθεια πηκτωματοποίησης δεν πέτυχε καθώς η ποσότητα των φύλλων ζελατίνης και σκόνης ζελατίνης δεν επαρκούσε. Η απόδοση του χρώματος είχε βελτιωθεί σημαντικά σε όλα τα δείγματα. Στη τέταρτη προσπάθεια παρατηρήθηκε πως οι γεύσεις των εκχυλισμάτων είναι πολύ έντονες ενώ στο τελικό προϊόν μετά από την πηκτοποίηση όχι. Η ποσότητα των φύλλων ζελατίνης τριπλασιάστηκε από την προηγούμενη φορά στα μείγματα Α,Β και Γ έχοντας περιθώρια βελτίωσης σε σχήμα, γεύση και δομή. Στα μείγματα Δ και Ε προστέθηκαν 5g σκόνης ζελατίνης. Ως τελική δοκιμή προστέθηκαν 10ml φυσικού χυμού φρούτων σε όλα τα δείγματα για την βέλτιστη απόδοση ως προς τη γεύση. Η τελική, πέμπτη δοκιμή, χαρακτηρίστηκε από βελτιστοποιημένη ισορροπία γεύσεων. Όλα τα δείγματα έχουν βελτιωθεί ως προς την πικράδα, την συνολική γεύση, το άρωμα και την ένταση του χρώματος. Για το δείγμα Α τα τελικά σχόλια είναι ιδανική απόδοση χρώματος, έντονη γεύση και άρωμα. Το δείγμα Β χαρακτηρίζεται με γλυκιά γεύση, έντονο άρωμα και χρώμα. Το δείγμα Γ έχει έντονο χρώμα με γλυκόξινους τόνους. Το δείγμα Δ έχει έντονο χρώμα και ικανοποιητική γεύση. Το δείγμα Ε έχει έντονο άρωμα , χρώμα και γεύση. Η διαδικασία πηκτωματοποίησης ορίστηκε για τα μείγματα Α,Β,Γ με βάση το αρχικό αποτέλεσμα πολλαπλασιασμένο επί τέσσερα και για τα μείγματα Δ και Ε η ποσότητα ορίστηκε στα 10g σκόνης ζελατίνης στο καθένα. Η ομάδα είναι ικανοποιημένη με τα τελικά προϊόντα καθώς καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα γεύσεων. Η σταδιακή αυτή προσέγγιση επέτρεψε την ανάπτυξη των τελικών μειγμάτων που συνδυάζουν υψηλή θρεπτική αξία, ευχάριστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και σημαντική αντιοξειδωτική δράση, επιβεβαιώνοντας τη δυνατότητα συνδυασμού φρούτων και φαρμακευτικών φυτών σε μορφή ζελέ , ειδικά σχεδιασμένο για παιδιά που περιλαμβάνει ευχάριστη γεύση και ευεργετικές ιδιότητες. Παρακάτω παραδίδεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε δοκιμή.

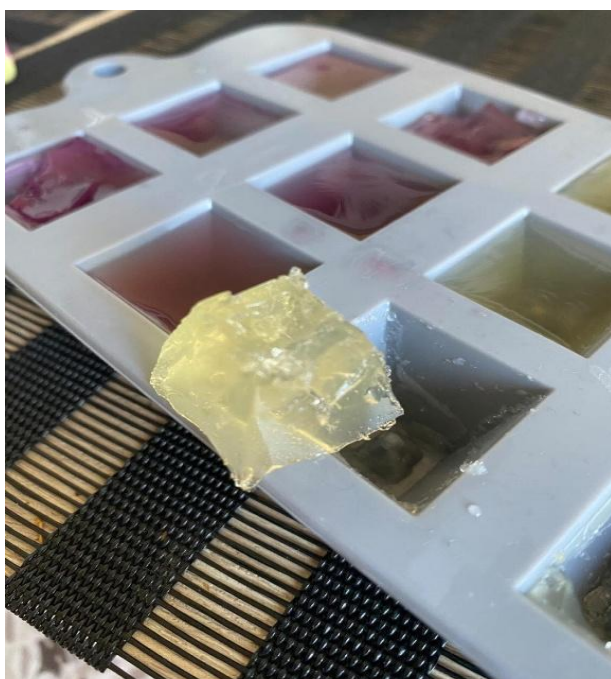
	ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΩΤΗ				ΔΟΚΙΜΗ ΔΕΥΤΕΡΗ			
	ΒΑΡΟΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ (g)	ΧΡΟΝΟΣ ΒΡΑΣΜΟΥ (min)	ΟΓΚΟΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ (ml)	ΟΓΚΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (ml)	ΒΑΡΟΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ (g)	ΧΡΟΝΟΣ ΒΡΑΣΜΟΥ (min)	ΟΓΚΟΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ (ml)	ΟΓΚΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (ml)
ΔΕΙΓΜΑ 1				250				125
	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	22	4	50		22	2,5	25
	ΑΧΛΑΔΙ	223	4	50		223	2,5	25
	ΜΥΡΤΙΛΟ	60	4	150		87	2,5	75
ΔΕΙΓΜΑ 2				210				105
	ΦΡΑΟΥΛΑ	70	4	150		97	2,5	75
	ΜΥΡΤΙΛΟ	60	4	50		87	2,5	25
	ΛΕΜΟΝΙ	17	4	10		17	2,5	5
ΔΕΙΓΜΑ 3				160				85
	ΑΚΤΙΝΙΔΙΟ	170	4	100		170	2,5	50
	ΑΧΛΑΔΙ	223	4	50		223	2,5	25
	ΠΡ. ΤΣΑΙ	4	4	10		4	2,5	10
ΔΕΙΓΜΑ 4				450				250
	ΜΑΝΤΑΡΙΝΙ	16	4	250		16	2,5	125
	ΑΧΛΑΔΙ	223	4	50		223	2,5	25
	ΑΚΤΙΝΙΔΙΟ	170	4	100		7	2,5	50
	ΧΑΜΟΜΗΛ	7	4	50			2,5	50
ΔΕΙΓΜΑ 5				200				105
	ΦΡΑΟΥΛΑ	70	4	150		97	2,5	75
	ΠΡ. ΤΣΑΙ	4	4	50		4	2,5	30

	ΔΟΚΙΜΗ ΤΡΙΤΗ				ΔΟΚΙΜΗ ΤΕΤΑΡΤΗ					
	ΒΑΡΟΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ (g)	ΧΡ. ΒΡΑΣΜΟΥ (min)	ΟΓΚΟΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ (ml)	ΟΓΚΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (ml)	ΖΕΛΕΤΟΠΟΙΗΣΗ (g)	ΒΑΡΟΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ (g)	ΧΡ. ΒΡΑΣΜΟΥ (min)	ΟΓΚΟΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ (ml)	ΟΓΚΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (ml)	ΖΕΛΕΤΟΠΟΙΗΣΗ
ΔΕΙΓΜΑ 1				125	0,625				125	1,875
ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	21	2,5	25			21	2,5	25		
ΑΧΛΑΔΙ	181	2,5	25			181	2,5	25		
ΜΥΡΤΙΛΟ	75	2,5	75			75	2,5	75		
ΔΕΙΓΜΑ 2				105	0,525				105	1,575
ΦΡΑΟΥΛΑ	100	2,5	75			100	2,5	75		
ΜΥΡΤΙΛΟ	75	2,5	25			75	2,5	25		
ΛΕΜΟΝΙ	18	2,5	5			18	2,5	5		
ΔΕΙΓΜΑ 3				85	0,425				85	1,275
ΑΚΤΙΝΙΔΙΟ	98	2,5	50			98	2,5	50		
ΑΧΛΑΔΙ	181	2,5	25			181	2,5	25		
ΠΡ.ΤΣΑΙ	4	2,5	10			4	2,5	10		
ΔΕΙΓΜΑ 4				250	1,25				250	5
ΜΑΝΤΑΡΙΝΙ	16	2,5	125			16	2,5	125		
ΑΧΛΑΔΙ	181	2,5	25			181	2,5	25		
ΑΚΤΙΝΙΔΙΟ	98	2,5	50			98	2,5	50		
ΧΑΜΟΜΗΛΙ	4	2,5	50			4	2,5	50		
ΔΕΙΓΜΑ 5				105	0,525				105	5
ΦΡΑΟΥΛΑ	100	2,5	75			100	2,5	75		
ΠΡ.ΤΣΑΙ	4	2,5	30			4	2,5	30		

Πίνακας 8. Σύγκριση τεσσάρων δοκιμών με μεταβολές σε συστατικά, ποσότητες, συνθήκες θερμικής επεξεργασίας και συνθήκες πηκτωματοποίησης.



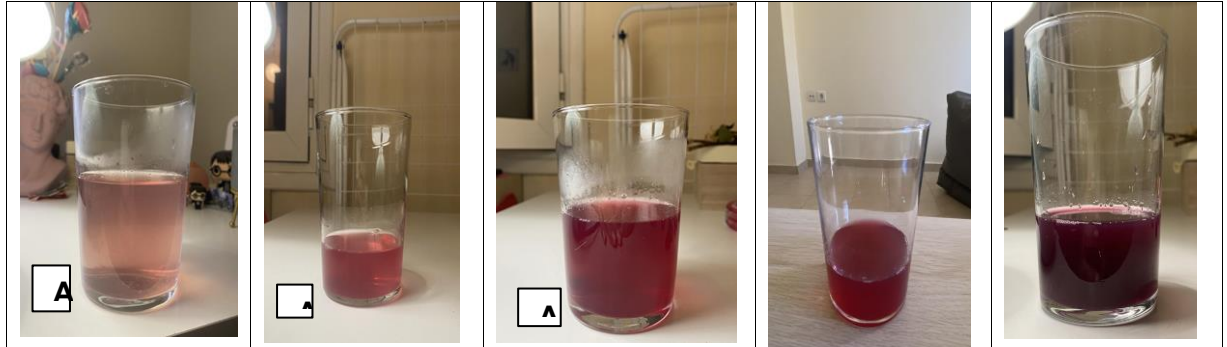
Εικόνα 27. Η μπλε παγοθήκη περιέχει τα δείγματα της τέταρτης δοκιμής (δεύτερη προσπάθεια πηκτωματοποίησης) ενώ η κόκκινη της τρίτης δοκιμής (πρώτη προσπάθεια πηκτωματοποίησης). Παρατηρείται στη κόκκινη παγοθήκη πως η ζελετοποίηση έχει αποτύχει, καθώς τα δείγματα παραμένουν πλήρως στην αρχική τους υγρή μορφή.



Εικόνα 28. Αποτέλεσμα τέταρτης προσπάθειας συνδυασμών (δεύτερη προσπάθεια πηκτωματοποίησης).

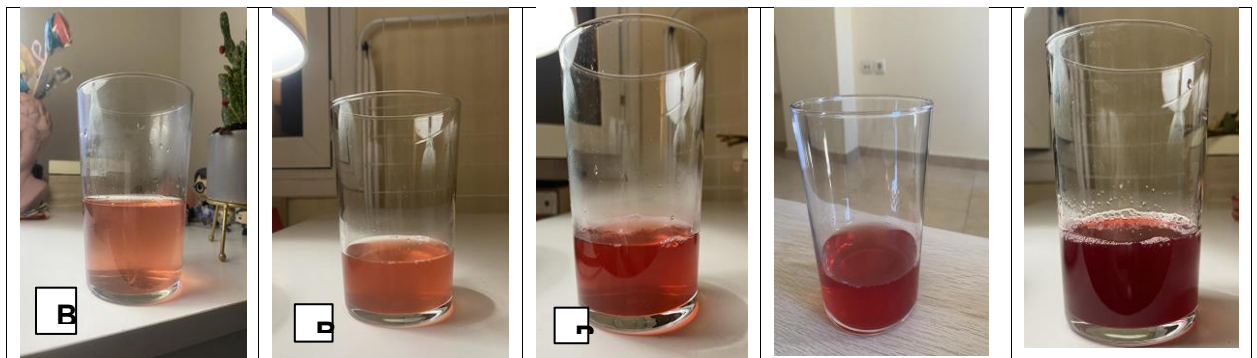
2.10.1. Σύγκριση χρωματικής απόδοσης σε πέντε διαδοχικές δοκιμές

ΜΕΙΓΜΑ Α



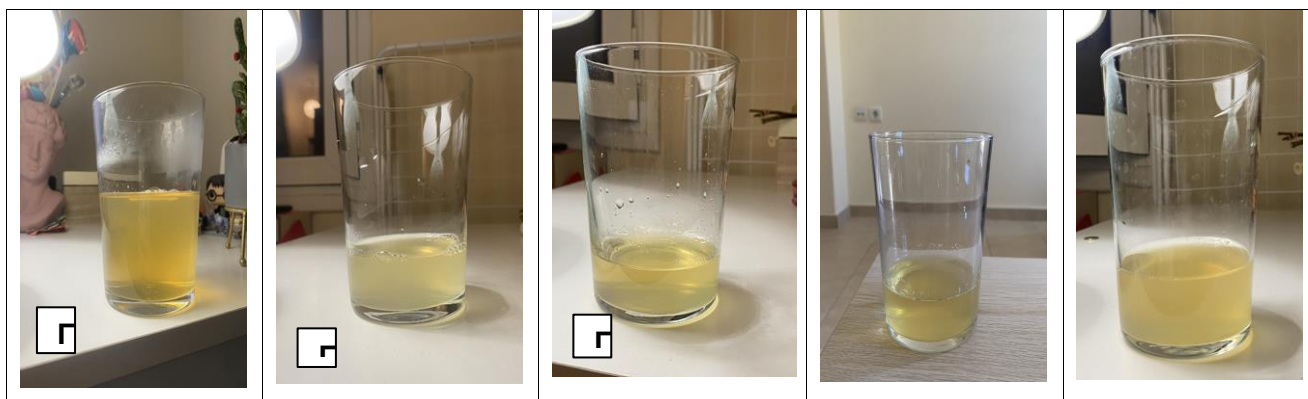
Πίνακας 9. Χρωματική εξέλιξη του μείγματος Α από την πρώτη (αριστερά) έως στην τελική (δεξιά) δοκιμή

ΜΕΙΓΜΑ Β



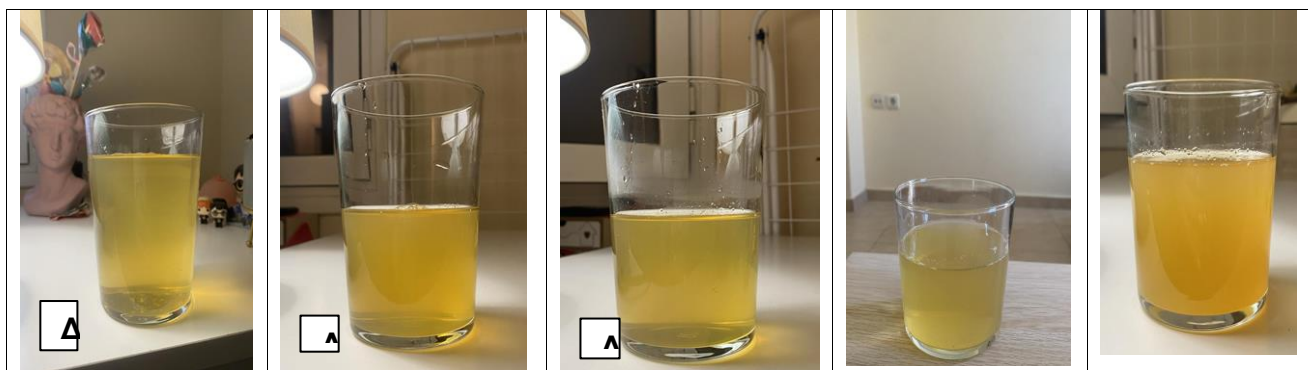
Πίνακας 10. Χρωματική εξέλιξη του μείγματος Β από την πρώτη (αριστερά) έως στην τελική (δεξιά) δοκιμή

ΜΕΙΓΜΑ Γ



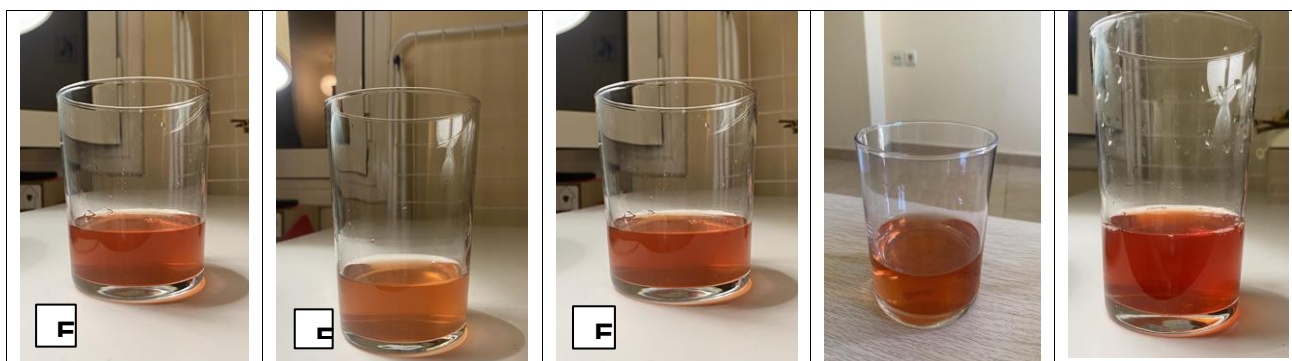
Πίνακας 11. Χρωματική εξέλιξη του μείγματος Γ από την πρώτη (αριστερά) έως στην τελική (δεξιά) δοκιμή

ΜΕΙΓΜΑ Δ



Πίνακας 12. Χρωματική εξέλιξη του μείγματος Δ από την πρώτη (αριστερά) έως στην τελική (δεξιά) δοκιμή

ΜΕΙΓΜΑ Ε



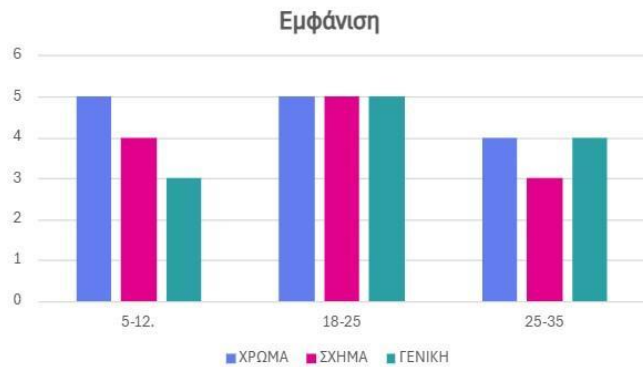
Πίνακας 13. Χρωματική εξέλιξη του μείγματος Ε από την πρώτη (αριστερά) έως στην τελική (δεξιά) δοκιμή

2.11. Αποτελέσματα Οργανοληπτικού Ελέγχου

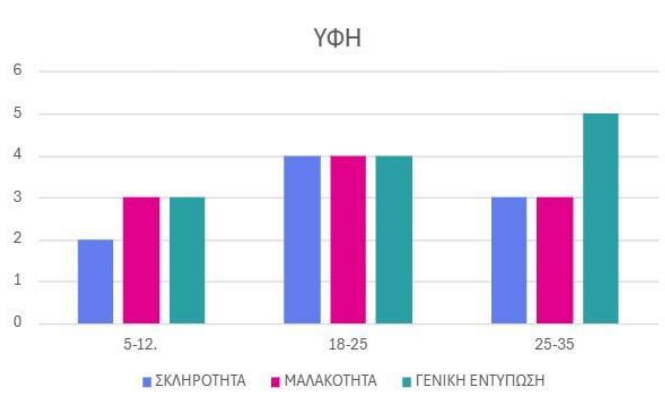
Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε, περιελάμβανε την παρασκευή πέντε τελικών μειγμάτων, καθένα από τα οποία περιείχε διαφορετικές αναλογίες φρούτων και φαρμακευτικών φυτών, με σκοπό την αξιολόγηση του επιπέδου ελκυστικότητας των καταναλωτών. Τα πέντε δείγματα που αξιολογήθηκαν ήταν Δείγμα Α: πορτοκάλι,αχλάδι,μύρτιλο , Δείγμα Β: φράουλα, μύρτιλο, λεμόνι, Δείγμα Γ: ακτινίδιο, αχλάδι, πράσινο τσάι, Δείγμα Δ: μανταρίνι,αχλάδι,ακτινίδιο,χαμομήλι , Δείγμα Ε: φράουλα, πράσινο τσάι. Ακολούθησε μια πλήρη αξιολόγηση των βασικών τους παραμέτρων, συμπεριλαμβανομένων της εμφάνισης, της υφής, της οσμής και της γεύσης με υποκατηγορίες αξιολόγησης σε απόδοση χρώματος, σχήματος, σκληρότητας, μαλακότητας, γλυκύτητας, πικράδας και επίγευσης. Στην διαδικασία αυτή συμμετείχαν εθελοντές ,από διαφορετικές ηλικιακές ομάδες (5-12, 12-18, 18-25, 25-35). Κάθε δείγμα αξιολογήθηκε από πέντε άτομα συνολικά.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε πως τα δείγματα Β,Γ,Δ,Ε είχαν τις καλύτερες αξιολογήσεις ως προς την εμφάνιση (γενική εντύπωση). Το δείγμα Β είχε τις καλύτερες αξιολογήσεις ως προς την απόδοση χρώματος. Τα δείγματα Δ και Ε είχαν τις καλύτερες αξιολογήσεις ως προς την μορφολογία (σχήμα) και την υφή (γενική εντύπωση). Το δείγμα Ε είχε τις καλύτερες αξιολογήσεις ως προς την επίγευση και την οσμή.Τα δείγματα Β και Ε είχαν εξίσου τις καλύτερες αξιολογήσεις ως προς την γενική αποδοχή προϊόντος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι παρουσίασαν τα καλύτερα αισθητηριακά χαρακτηριστικά. Ωστόσο, οι δοκιμαστές επισήμαναν, μέσω σχολίων ότι θα προτιμούσαν τα προϊόντα με σκληρότερη υφή, ωστόσο η μαλακή σύσταση των δειγμάτων αιτιολογήθηκε από τους ίδιους τους εθελοντές καθώς δεν περιέχουν συντηρητικά. Επιπλέον εκφράστηκε σαφής προτίμηση έναντι των αντίστοιχων προϊόντων εμπορίου καθώς τα δείγματα της παρούσας μελέτης κρίθηκαν φυσικά με ευχάριστη γεύση και άρωμα πρώτων υλών. Τέλος, στην ερώτηση αν θα κατανάλωναν ξανά το προϊόν όλοι οι συμμετέχοντες απάντησαν θετικά, γεγονός που υποδηλώνει υψηλό επίπεδο αποδοχής και θετική καταναλωτική πρόθεση. Ακολουθούν οι πίνακες των πέντε δειγμάτων που αποτελούν τη βάση για τη στατιστική έρευνα του οργανοληπτικού ελέγχου.

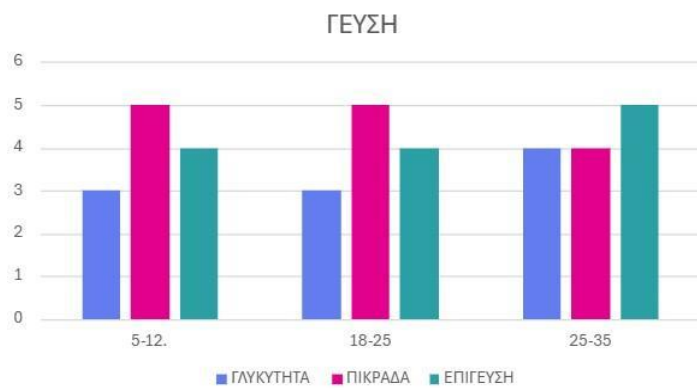
Δείγμα Α



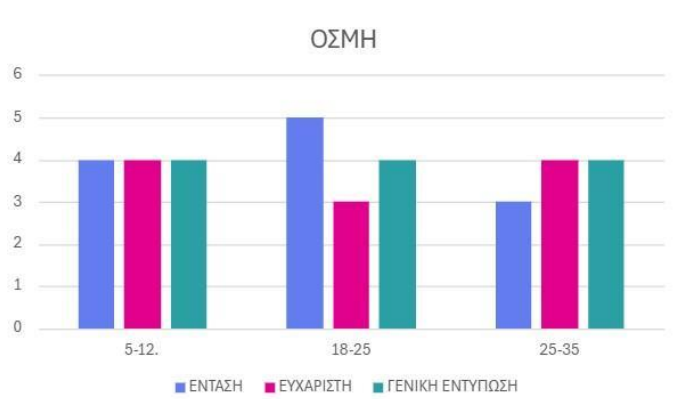
Διάγραμμα 1. Αξιολόγηση εμφάνισης δείγματος Α από τρία άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό



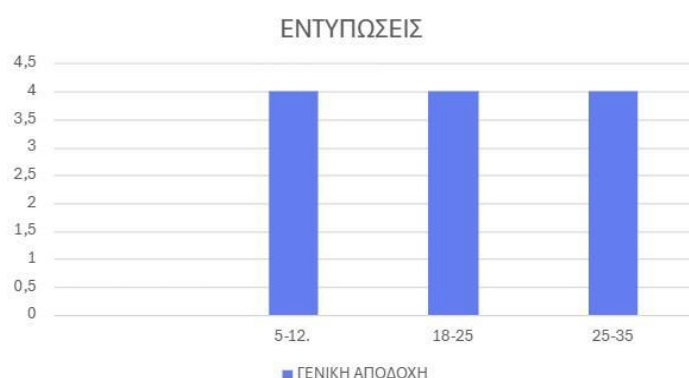
Διάγραμμα 2. Αξιολόγηση υφής δείγματος Α από τρία άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό



Διάγραμμα 3. Αξιολόγηση γεύσης δείγματος Α από τρία άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό

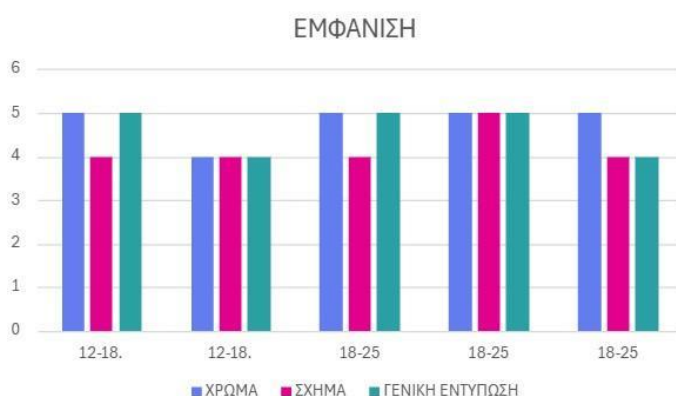


Διάγραμμα 4. Αξιολόγηση οσμής δείγματος Α από τρία άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό

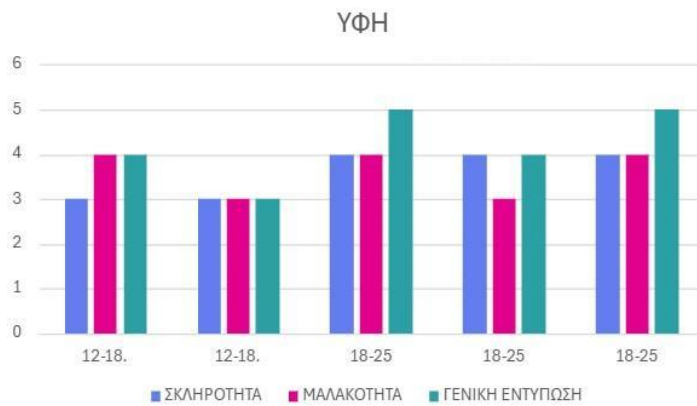


Διάγραμμα 5. Αξιολόγηση γενικής αποδοχής δείγματος Α από τρία άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό

Δείγμα Β



Διάγραμμα 6. Αξιολόγηση εμφάνισης δείγματος Β από πέντε άτομα ηλικίας 12-18, 18-25 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό



Διάγραμμα 7. Αξιολόγηση υφής δείγματος Β από πέντε άτομα ηλικίας 12-18, 18-25 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό



Διάγραμμα 8. Αξιολόγηση γεύσης δείγματος Β από πέντε άτομα ηλικίας 12-18, 18-25 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό

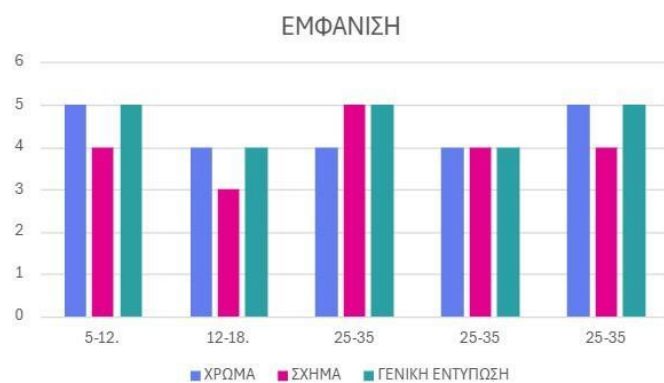


Διάγραμμα 9. Αξιολόγηση οσμής δείγματος Β από πέντε άτομα ηλικίας 12-18, 18-25 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό

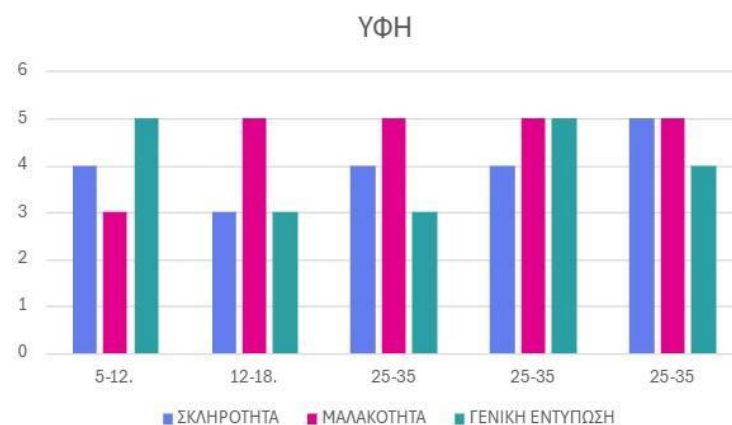


Διάγραμμα 10. Αξιολόγηση γενικής αποδοχής δείγματος Β από πέντε άτομα ηλικίας 12-18, 18-25 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό

Δείγμα Γ



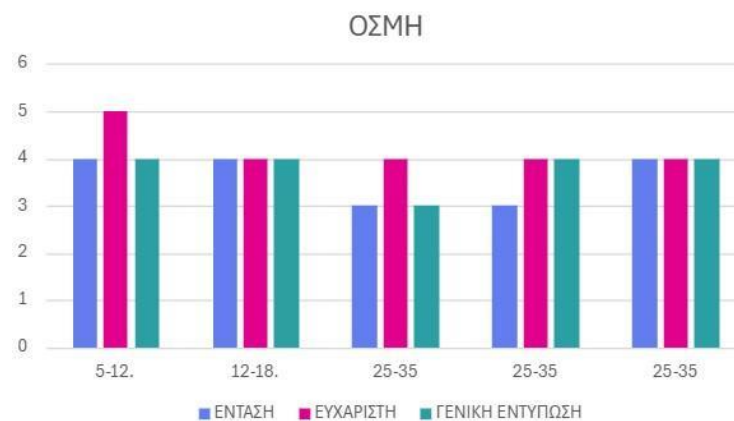
Διάγραμμα 11. Αξιολόγηση εμφάνισης δείγματος Γ από πέντε άτομα ηλικίας 5-12, 12-18, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό



Διάγραμμα 12. Αξιολόγηση υφής δείγματος Γ από πέντε άτομα ηλικίας 5-12, 12-18, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό



Διάγραμμα 13. Αξιολόγηση γεύσης δείγματος Γ από πέντε άτομα ηλικίας 5-12, 12-18, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό

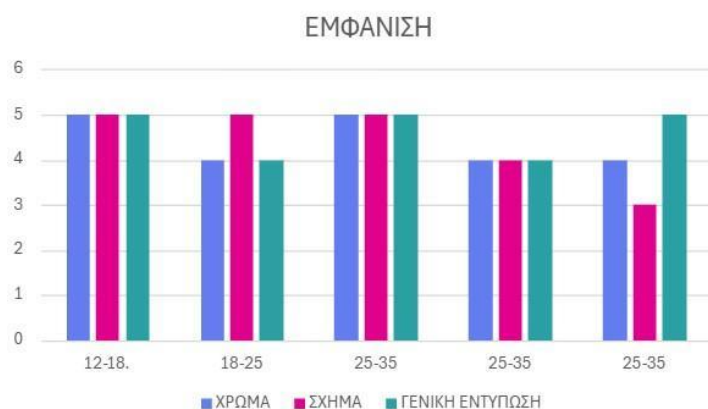


Διάγραμμα 14. Αξιολόγηση οσμής δείγματος Γ από πέντε άτομα ηλικίας 5-12, 12-18, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό

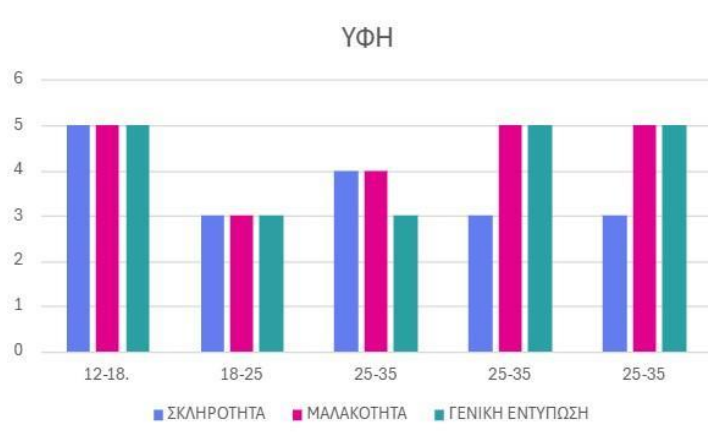


Διάγραμμα 15. Αξιολόγηση γενικής αποδοχής δείγματος Γ από πέντε άτομα ηλικίας 5-12, 12-18, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό

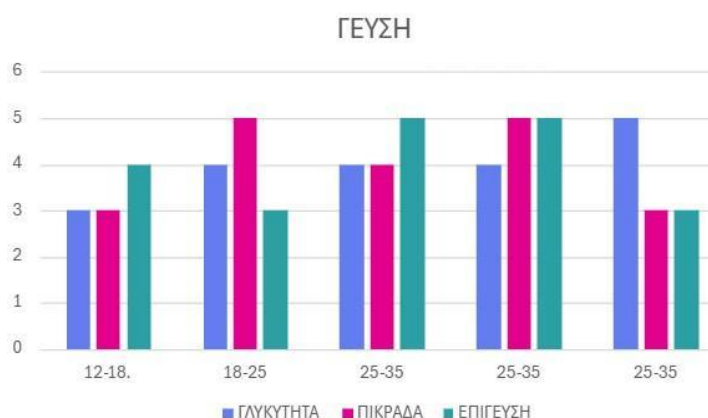
Δείγμα Δ



Διάγραμμα 16. Αξιολόγηση εμφάνισης δείγματος Δ από πέντε άτομα ηλικίας 12-18 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό



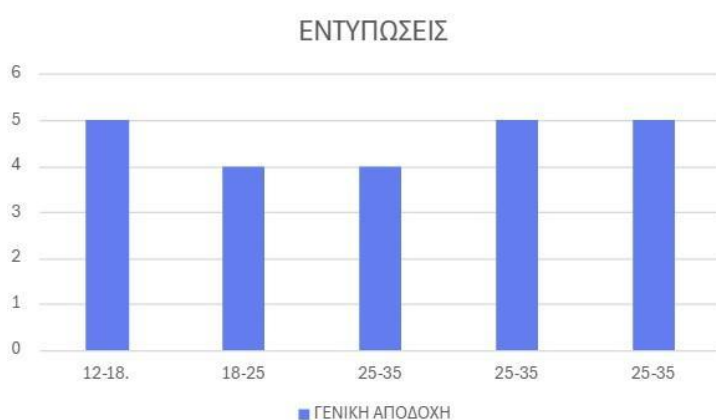
Διάγραμμα 17. Αξιολόγηση υφής δείγματος Δ από πέντε άτομα ηλικίας 12-18 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό



Διάγραμμα 18. Αξιολόγηση γεύσης δείγματος Δ από πέντε άτομα ηλικίας 12-18 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό

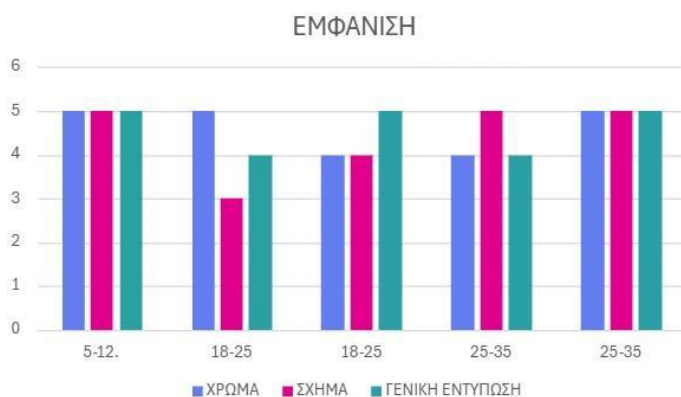


Διάγραμμα 19. Αξιολόγηση οσμής δείγματος Δ από πέντε άτομα ηλικίας 12-18 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό

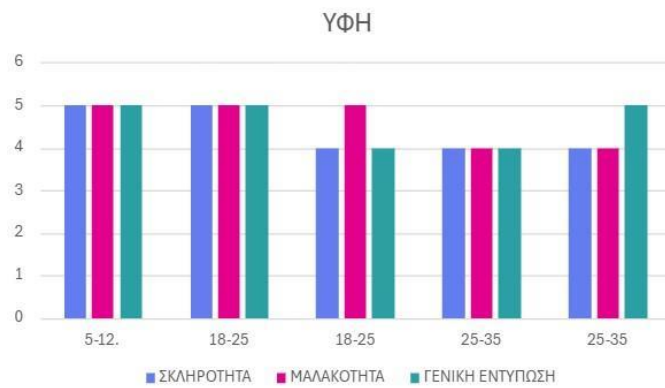


Διάγραμμα 20. Αξιολόγηση γενικής αποδοχής δείγματος Δ από πέντε άτομα ηλικίας 12-18 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό

Δείγμα Ε



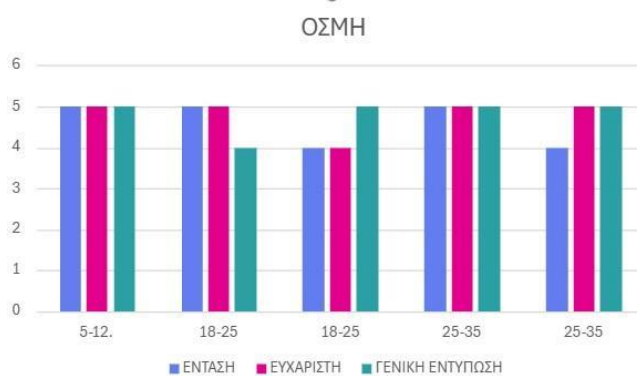
Διάγραμμα 21. Αξιολόγηση εμφάνισης δείγματος Ε από πέντε άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό



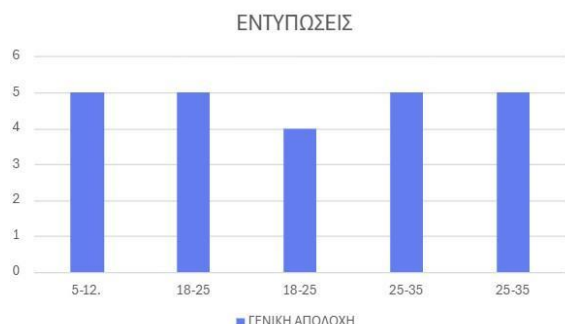
Διάγραμμα 22. Αξιολόγηση υφής δείγματος E από πέντε άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό



Διάγραμμα 23. Αξιολόγηση γεύσης δείγματος E από πέντε άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό



Διάγραμμα 24. Αξιολόγηση οσμής δείγματος E από πέντε άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό



Διάγραμμα 25. Αξιολόγηση γενικής αποδοχής δείγματος E από πέντε άτομα ηλικίας 5-12, 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό

2.12 Αποτελέσματα προσδιορισμού ολικών πολυφαινολών

Οι πολυφαινόλες ανήκουν στη κατηγορία φυσικών ενώσεων, που διακρίνονται κυρίως για τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες και συμβάλλουν στην εξουδετέρωση των επιβλαβών ελεύθερων ριζών στον οργανισμό, μειώνοντας σημαντικά τον κίνδυνο ασθενειών, όπως οι καρδιακές παθήσεις, ο διαβήτης και ορισμένοι τύποι καρκίνου. Επιπλέον εμπεριέχουν αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες και γενικότερα θεωρούνται επωφελείς για την υγεία. Οι γνωστότεροι τύποι πολυφαινολών είναι τα φλαβονοειδή, όπως οι ανθοκυανίνες, τα οποία αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος του συνόλου των πολυφαινολών και ακολουθούν τα φαινολικά οξέα, όπως το γαλλικό οξύ.

ΜΕΘΟΔΟΣ FOLLIN				
ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/50) :	ΜΑΝΤΑΡΙΝΙ (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/50) :	ΑΚΤΙΝΙΔΙΟ (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/10) :	ΛΕΜΟΝΙ (1/20)	ΑΧΛΑΔΙ (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/10)
0,1176	0,1553	0,355	0,4462	0,1605
0,174	0,1685	0,3223	0,4567	0,1465
0,173	0,1536	0,3677	0,3744	0,2921
ΧΑΜΟΜΗΛΙ (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/50)	ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΣΑΙ (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/50)	ΦΡΑΟΥΛΑ (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/50)	ΜΥΡΤΙΛΟ (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/100)	
0,3293	0,3325	0,5511	0,426	
0,3409	0,3599	0,5575	0,4301	
0,3627	0,5807	0,6436	0,4677	

Πίνακας 14. Αποτελέσματα απορρόφησης συστατικών από Φασματοφωτόμετρο UV-Vis (Shimadzu UV1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg)

Τα αποτελέσματα της μεθόδου Follin-Ciocalteu, λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα αραίωσης κάθε δείγματος, αποδεικνύουν πως το εκχύλισμα μύρτιλου (Μέση Τιμή Απορρόφησης: 0,4413 με αραίωση 1/100) παρουσίασε τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες

αφού στη μέθοδο Follin-Ciocalteu η απορρόφηση είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των φαινολικών ενώσεων. Ακολουθεί η απορρόφηση του εκχυλίσματος φράουλας (M.T.A.=0,5841 με αραίωση 1/50). Ακολουθούν τα εκχυλίσματα πράσινου τσαγιού και χαμομηλιού με μέσες απορροφήσεις 0,4244 (1/50) και 0,3443 (1/50) αντίστοιχα. Σειρά έχουν τα εκχυλίσματα λεμονιού με μέση απορρόφηση 0,4258 (1/20), μανταρινιού με μέση απορρόφηση 0,1591 (1/50), πορτοκαλιού με μέση απορρόφηση 0,1549 (1/50), ακτινίδιου με μέση απορρόφηση 0,3614 (1/10) και αχλαδιού 0,1997 (1/10).

ΔΕΙΓΜΑ 1 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/50)	ΔΕΙΓΜΑ 2 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/50)	ΔΕΙΓΜΑ 3 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/20)	ΔΕΙΓΜΑ 4 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/50)	ΔΕΙΓΜΑ 5 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/50)
0,6288	0,6068	0,3322	0,8839	0,5527
0,6147	0,6252	0,2299	0,4799	0,5302
0,6829	0,5731	0,2576	0,4772	0,5022

Πίνακας 15. Αποτελέσματα απορρόφησης μειγμάτων από Φασματοφωτόμετρο UV-Vis (Shimadzu UV1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg)

Τα αποτελέσματα της μεθόδου Follin-Ciocalteu, λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα αραίωσης κάθε δείγματος, αποδεικνύουν πως το Μείγμα Α με μέση απορρόφηση 0,6421 έχει τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες. Ακολουθεί το Μείγμα Δ με 0,6137, Μείγμα Β με 0,6017, Μείγμα Ε με 0,5284 και το Μείγμα Γ με 0,2732.

2.13 Αποτελέσματα προσδιορισμού συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (FRAP)

Η αντιοξειδωτική δράση περιγράφει την ικανότητα των ουσιών να εμποδίζουν ή να επιβραδύνουν μία διαδικασία οξείδωσης στον ανθρώπινο οργανισμό, μέσω της δέσμευσης τους. Η οξείδωση αυτή μπορεί να παράγει ελεύθερες ρίζες, δηλαδή ασταθή μόρια που είναι υπεύθυνα για κυτταρικές βλάβες που οδηγούν σε διάφορες ασθένειες, όπως ο καρκίνος και οι καρδιαγγειακές παθήσεις. Ισχυρά αντιοξειδωτικά αποτελούν το ασκορβικό οξύ γνωστό ως βιταμίνη C, η βιταμίνη Α (β-καροτένιο) και οι πολυφαινόλες (φλαβονοειδή). Τα φρούτα και τα

φαρμακευτικά φυτά αναγνωρίζονται για τη σημαντική αντιοξειδωτική τους δράση που οφείλεται στην περιεκτικότητά τους στις προαναφερθείσες βιοδραστικές ενώσεις. Μελέτες αποδίδουν το γεγονός αυτό στα διάφορα μέρη των φρούτων (φλούδα, σπόροι και πολτός) , τα οποία παρουσιάζουν διαφορετικά επίπεδα αντιοξειδωτικής δράσης. Η φλούδα, ειδικότερα, περιέχει υψηλότερες συγκεντρώσεις ολικών φαινολικών και φλαβονοειδών συμβάλλοντας σημαντικά στην ολική αντιοξειδωτική ικανότητα ενός φρούτου. Στον παρακάτω πίνακα αξιολογούνται τα αποτελέσματα απορρόφησης των πέντε μειγμάτων από το φασματοφωτόμετρο UV-Vis (Shimadzu UV1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg).

ΜΕΘΟΔΟΣ FRAP									
ΔΕΙΓΜΑ 1 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/50)		ΔΕΙΓΜΑ 2 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/50)		ΔΕΙΓΜΑ 3 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/20)		ΔΕΙΓΜΑ 4 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/50)		ΔΕΙΓΜΑ 5 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/100)	
0,4935		0,6838		0,236		0,6003		0,6284	
0,4912		0,6804		0,2363		0,6136		0,6577	
0,5054		0,6943		0,2454		0,6082		0,6658	

Πίνακας 16. Αποτελέσματα απορρόφησης μειγμάτων από Φασματοφωτόμετρο UV-Vis (Shimadzu UV1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg)

Τα αποτελέσματα της μεθόδου FRAP, λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα αραίωσης κάθε δείγματος, αποδεικνύουν πως το Μείγμα Ε με μέση απορρόφηση 0,6506 εμφάνισε τη μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα. Ακολουθεί το Μείγμα Β με 0,6862 , Μείγμα Δ με 0,6074 , Μείγμα Α με 0,4967 και το Μείγμα Γ με 0,2392.

2.14 Αποτελέσματα μεθόδου DPPH

Η μέθοδος DPPH (2,2-διφαινυλο-1-πικρυλδραζύλιο) χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των φρούτων και των φαρμακευτικών φυτών, βασιζόμενη στην ικανότητα των αντιοξειδωτικών μορίων να αλληλεπιδρούν με τη σταθερή αζωτούχα ελεύθερη ρίζα DPPH. Στον παρακάτω πίνακα αξιολογούνται τα αποτελέσματα απορρόφησης των πέντε μειγμάτων από το φασματοφωτόμετρο UV-Vis (Shimadzu UV1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg).

ΜΕΘΟΔΟΣ DPPH						
ΔΕΙΓΜΑ 1 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/10)	ΔΕΙΓΜΑ 2 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/10)	ΔΕΙΓΜΑ 3 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/10)	ΔΕΙΓΜΑ 4 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/10)	ΔΕΙΓΜΑ 5 (ΑΡΑΙΩΣΗ 1/10)	DPPH	
0,1138	0,2904	0,2186	0,1293	0,5571	1,0513	
0,1168	0,0842	0,214	0,1394	0,714	1,0717	
0,11	0,119	0,2023	0,1257	0,5626	1,064	

Πίνακας 17. Αποτελέσματα απορρόφησης μειγμάτων από Φασματοφωτόμετρο UV-Vis (Shimadzu UV1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg)

Τα αποτελέσματα απορρόφησης της μεθόδου DPPH, λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα αραίωσης κάθε δείγματος, αποδεικνύουν πως το Μείγμα Α με μέση απορρόφηση 0,1135 εμφάνισε τη μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα. Ακολουθεί το Μείγμα Δ με 0,1315 , Μείγμα Β με 0,1645 , Μείγμα Γ με 0,2116 και το Μείγμα Ε με 0,6112. Η μέση απορρόφηση του DPPH control είναι 1,0623.

Με βάση την εξίσωση (3) , η διαφορά απορρόφησης (ΔΑ) υπολογίζεται:

$$\Delta A\% = (A_{\text{control}} - A_{\text{δείγματος}}) \times 100 / A_{\text{control}} \quad (3)$$

Τα αποτελέσματα προσαρμόζονται ως εξής:

Μείγμα Α: 89,32%

Μείγμα Β: 84,51%

Μείγμα Γ: 80,08%

Μείγμα Δ: 87,62%

Μείγμα Ε: 42,45%

Οι μετρήσεις εκφράζονται ως ποσοστά εξουδετέρωσης της ρίζας DPPH βάσει της απορρόφησης control DPPH. Το μείγμα Α εμφάνισε τη μεγαλύτερη ικανότητα εξουδετέρωσης (89,32%) και το μείγμα Ε τη μικρότερη (42,45%).

2.15 Αποτελέσματα HPLC

Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης HPLC δεν υπήρξε ταυτοποίηση των φαινολικών ενώσεων ρουτίνης ,καμπφερόλης-3-γλυκοσίδης, κατεχίνης, φερουλικού οξέος, συριγικού οξέος, χλωρογενικού οξέος,

κερκετίνης 3-D-γαλακτοσίδης και του νεοχλωρογενικού οξέος στα δείγματα. Ενδέχεται η συγκέντρωση τους σε πολυφαινόλες να ήταν χαμηλότερη από τα όρια ανίχνευσης ή να μην αντιστοιχούν στα πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν.

2.16. Επιλογή βέλτιστου εκχυλίσματος

Η συγκέντρωση των φυτικών ενώσεων σε ένα εκχύλισμα επηρεάζεται από μια σειρά παραμέτρων, οι οποίες περιλαμβάνουν τον τύπο και την αναλογία των διαλυτών, τον χρόνο και τη θερμοκρασία εκχύλισης, καθώς και τη χημική σύνθεση και τις φυσικές ιδιότητες του φυτικού υλικού. Επιπλέον, οι κλιματικές συνθήκες και η περιοχή ανάπτυξης του φυτού έχουν σημαντική επίδραση στις χημικές ενώσεις που περιέχει το φυτό. Αυτές οι μεταβλητές συνιστούν σημαντικές παραμέτρους που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ανάπτυξη και τη χρήση φυτικών εκχυλισμάτων, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται ως συντηρητικά τροφίμων, καθώς η μεταβλητότητα στη χημική σύνθεση μεταξύ διαφορετικών παρτίδων μπορεί να προκαλέσει σημαντικές διακυμάνσεις στην αποτελεσματικότητα (Kryszczuk I.P., 2023). Αξιολογώντας τα αποτελέσματα από τις τρεις μεθόδους εκχύλισης (Folin-Ciocalteu, FRAP, DPPH), το δείγμα Α θεωρείται το αποδοτικότερο δείγμα καθώς εμφανίζει τη μεγαλύτερη συνολική περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες (μέθοδος Follin), διατηρεί υψηλή απόδοση αντιοξειδωτικής ικανότητας (μέθοδος FRAP) και παρουσιάζει σημαντική ικανότητα δέσμευσης ελευθέρων ριζών 89,32 % (μέθοδος DPPH). Διατηρεί μία σταθερή ικανοποιητική εικόνα με υψηλή συνολική αντιοξειδωτική δράση. Η επεξεργασία των δεδομένων επιβεβαιώνει ότι η βελτιστοποίηση των συνθηκών εκχύλισης είναι κρίσιμη για την αξιολόγηση φυτικών εκχυλισμάτων. Η αποτελεσματικότητα του τρόπου επεξεργασίας, της θερμοκρασίας και του χρόνου εκχύλισης είναι αλληλένδετες και πρέπει να ρυθμιστούν προσεκτικά για την επίτευξη υψηλής απόδοσης και σταθερότητας των φυτικών εκχυλισμάτων. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας προσφέρουν σημαντικά στοιχεία για την παρασκευή φυτικών συμπληρωμάτων διατροφής με αυξημένη βιοδραστικότητα και αντιοξειδωτικές ιδιότητες, παρέχοντας έτσι σημαντική συμβολή στην εφαρμογή των φυτικών συμπληρωμάτων διατροφής.

III. Συμπεράσματα

Αποτελέσματα-Συζήτηση

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως βασικό στόχο την ανάπτυξη παιδικών συμπληρωμάτων διατροφής με βάση φυσικές πρώτες ύλες φυτικής προέλευσης κυρίως φρούτα και φαρμακευτικά φυτά και την αξιολόγηση των θρεπτικών και βιολειτουργικών τους ιδιοτήτων μέσω φυσικοχημικών και αναλυτικών μεθόδων. Η μελέτη επικεντρώθηκε στη συσχέτιση της πολυφαινολικής σύστασης και της αντιοξειδωτικής ικανότητας των προτεινόμενων σκευασμάτων, με στόχο τη δημιουργία ενός προϊόντος υψηλής διατροφικής αξίας και ασφαλούς για κατανάλωση από παιδιά. Τα αποτελέσματα των πειραματικών αναλύσεων έδειξαν ότι τα συμπληρώματα που βασίζονται σε φρούτα όπως το μύρτιλο, η φράουλα, το ακτινίδιο, το πορτοκάλι και το λεμόνι, καθώς και σε φαρμακευτικά φυτά όπως το χαμομήλι και το πράσινο τσάι, παρουσίασαν σημαντικά επίπεδα ολικών πολυφαινολών και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα, όπως αξιολογήθηκε μέσω των δοκιμών Folin–Ciocalteu, FRAP και DPPH. Παράλληλα, η ανάλυση HPLC επιβεβαίωσε την παρουσία συγκεκριμένων φαινολικών ενώσεων οι οποίες είναι γνωστές για τη συμβολή τους στη μείωση του οξειδωτικού στρες και την ενίσχυση των μηχανισμών κυτταρικής άμυνας. Επιπλέον, τα οργανοληπτικά αποτελέσματα έδειξαν ότι το τελικό προϊόν ήταν αποδεκτό από άποψη γεύσης, χρώματος και υφής, υποδηλώνοντας ότι η χρήση φυσικών πρώτων υλών και γλυκαντικών μπορεί να οδηγήσει σε προϊόντα που είναι τόσο υγιεινά όσο και ελκυστικά για τον παιδικό πληθυσμό.

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Κατηγοριοποίηση των φυτικών πολυφαινολών.....	10
Εικόνα 2. Κατηγορίες, παραδείγματα φυτοχημικών ενώσεων.....	13

Εικόνα 3. Χημική δομή Flavan-3-ols.....	15
Εικόνα 4. Δομή, ταξινόμηση και χρωματικές ιδιότητες ανθοκυανινών.....	16
Εικόνα 5. Χημική δομή στυλβένιου.....	18
Εικόνα 6. Διατροφικές πηγές, βιοδιαθεσιμότητα και δράσεις των φλαβονόλων.....	19
Εικόνα 7. Λειτουργία αντιοξειδωτικών.....	23
Εικόνα 8. Απεικόνιση οξειδωτικού στρες.....	25
Εικόνα 9. Βιολογικές δράσεις των πολυφαινόλων στον ανθρώπινο οργανισμό.....	27
Εικόνα 10. Αλληλεπίδραση των φλαβονοειδών με το μικροβίωμα του εντέρου και η συστημική τους επίδραση.....	29
Εικόνα 11. Επίδρασεις των πολυφαινόλων στην καρδιομεταβολική υγεία, μέσω μηχανισμών που σχετίζονται με το ενδοθήλιο, τη φλεγμονή, το οξειδωτικό στρες και το μικροβίωμα. Πηγή: Feldman et al., 2021 (ResearchGate).....	30
Εικόνα 12.....	34
Εικόνα 13. Φυτικό προϊόν σε σύγκριση με συνθετικό	37
Εικόνα 14. Εκχύλιση πολυφαινόλων από σπόρους ακτινιδίου με φυσικούς διαλύτες και αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής τους ικανότητας.....	43
Εικόνα 15. Ανάλυση της φαινολικής σύστασης στη φλούδα και τη σάρκα διαφόρων ποικιλιών αχλαδιών.....	48
Εικόνα 16. Βιολογικές δράσεις των ανθοκυανινών από μύρτιλα.....	50
Εικόνα 17. Αντιοξειδωτική ικανότητα φράουλας και επίδραση στο οξειδωτικό στρες.....	57
Εικόνα 18. Μοριακοί μηχανισμοί δράσης των βιοδραστικών ενώσεων της φράουλας.....	60
Εικόνα 19. Διαδικασία εκχύλισης και απομόνωσης πολυφαινόλων από τη φλούδα μανταρινιών.....	64
Εικόνα 20. Βιοδραστικά συστατικά σε επιμέρους δομές του πορτοκαλιού.....	67

Εικόνα 21.Κατανομή βιοδραστικών συστατικών στις δομές του λεμονιού.....	70
Εικόνα 22.Πολυφαινόλες στο τσάι.....	73
Εικόνα 23.Φαρμακευτικά φυτά και οι χαρακτηριστικές φλαβονοειδείς ενώσεις τους.....	77
Εικόνα 24.Συνδυασμοί φρούτων και φαρμακευτικών φυτών από πάνω αριστερά προς τα δεξιά Α,Β,Γ συνεχίζοντας κάτω αριστερά Δ,Ε αντίστοιχα.....	83
Εικόνα 25.Έντυπο Οργανοληπτικού Ελέγχου.....	86
Εικόνα 26. Στάδια προσδιορισμού των ολικών πολυφαινολών των τριών δειγμάτων με την μέθοδο Folin-Ciocalteu.....	88
Εικόνα 27. Η μπλε παγοθήκη περιέχει τα δείγματα της τέταρτης δοκιμής (δεύτερη προσπάθεια πηκτωματοποίησης) ενώ η κόκκινη της τρίτης δοκιμής (πρώτη προσπάθεια πηκτωματοποίησης). Παρατηρείται στη κόκκινη παγοθήκη πως η ζελετοποιήση έχει αποτύχει, καθώς τα δείγματα παραμένουν πλήρως στην αρχική τους υγρή μορφή.	93
Εικόνα 28. Αποτέλεσμα τετάρτης προσπάθειας συνδυασμών (δεύτερη προσπάθεια πηκτωματοποίησης).	93

Κατάλογος Γραφημάτων

Διάγραμμα 1. Αξιολόγηση εμφάνισης δείγματος Α από τρία άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	97
Διάγραμμα 2. Αξιολόγηση υφής δείγματος Α από τρία άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	97
Διάγραμμα 3. Αξιολόγηση γεύσης δείγματος Α από τρία άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	97
Διάγραμμα 4. Αξιολόγηση οσμής δείγματος Α από τρία άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	98
Διάγραμμα 5. Αξιολόγηση γενικής αποδοχής δείγματος Α από τρία άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	98

Διάγραμμα 6. Αξιολόγηση εμφάνισης δείγματος Β από πέντε άτομα ηλικίας 12-18, 18-25 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	98
Διάγραμμα 7. Αξιολόγηση υφής δείγματος Β από πέντε άτομα ηλικίας 12-18, 18-25 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	99
Διάγραμμα 8. Αξιολόγηση γεύσης δείγματος Β από πέντε άτομα ηλικίας 12-18, 18-25 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	99
Διάγραμμα 9. Αξιολόγηση οσμής δείγματος Β από πέντε άτομα ηλικίας 12-18, 18-25 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	99
Διάγραμμα 10. Αξιολόγηση γενικής αποδοχής δείγματος Β από πέντε άτομα ηλικίας 12-18 , 18-25 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	100
Διάγραμμα 11. Αξιολόγηση εμφάνισης δείγματος Γ από πέντε άτομα ηλικίας 5-12, 12-18, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	100
Διάγραμμα 12. Αξιολόγηση υφής δείγματος Γ από πέντε άτομα ηλικίας 5-12, 12-18, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	100
Διάγραμμα 13. Αξιολόγηση γεύσης δείγματος Γ από πέντε άτομα ηλικίας 5-12, 12-18, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	101
Διάγραμμα 14. Αξιολόγηση οσμής δείγματος Γ από πέντε άτομα ηλικίας 5-12, 12-18, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	101
Διάγραμμα 15. Αξιολόγηση γενικής αποδοχής δείγματος Γ από πέντε άτομα ηλικίας 5-12 , 12-18,25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	101
Διάγραμμα 16. Αξιολόγηση εμφάνισης δείγματος Δ από πέντε άτομα ηλικίας 12-18 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	102
Διάγραμμα 17. Αξιολόγηση υφής δείγματος Δ από πέντε άτομα ηλικίας 12-18 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	102

Διάγραμμα 18. Αξιολόγηση γεύσης δείγματος Δ από πέντε άτομα ηλικίας 12-18 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	103
Διάγραμμα 19. Αξιολόγηση οσμής δείγματος Δ από πέντε άτομα ηλικίας 12-18 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	103
Διάγραμμα 20. Αξιολόγηση γενικής αποδοχής δείγματος Δ από πέντε άτομα ηλικίας 12-18 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	103
Διάγραμμα 21. Αξιολόγηση εμφάνισης δείγματος Ε από πέντε άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	104
Διάγραμμα 22. Αξιολόγηση υφής δείγματος Ε από πέντε άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	104
Διάγραμμα 23. Αξιολόγηση γεύσης δείγματος Ε από πέντε άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	104
Διάγραμμα 24. Αξιολόγηση οσμής δείγματος Ε από πέντε άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	104
Διάγραμμα 25. Αξιολόγηση γενικής αποδοχής δείγματος Ε από πέντε άτομα ηλικίας 5-12 , 18-25, 25-35 με κλίμακα αξιολόγησης (1) Καθόλου Αποδεκτό με (5) Πολύ Αποδεκτό.....	105

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Συνολική ποσότητα φαινολικών σε φρούτα.....	11
Πίνακας 2. Πηγές τροφίμων βασικών κατηγοριών πολυφαινολών.....	20
Πίνακας 3. Σύγκριση εμπορικού συμπληρώματος διατροφής με τα παρασκευάσματα της παρούσας εργασίας.....	37
Πίνακας 4. Περιεκτικότητα ακτινιδίων.....	41
Πίνακας 5: Ζυγίσεις φαρμακευτικών φυτών και φρούτων.....	81
Πίνακας 6 Ποσοτικός πίνακας συστατικών και παραμέτρων πηκτωματοποίησης.....	84

Πίνακας 7 Τελική μορφή μειγμάτων μετά από πηκτωματοποίηση και τοποθέτηση σε πλαστικές φόρμες για 24h.....	84
Πίνακας 8. Σύγκριση τεσσάρων δοκιμών με μεταβολές σε συστατικά, ποσότητες, συνθήκες θερμικής επεξεργασίας και συνθήκες πηκτωματοποίησης.....	92
Πίνακας 9. Χρωματική εξέλιξη του μείγματος Α από την πρώτη (αριστερά) έως στην τελική (δεξιά) δοκιμή.....	94
Πίνακας 10. Χρωματική εξέλιξη του μείγματος Β από την πρώτη (αριστερά) έως στην τελική (δεξιά) δοκιμή.....	94
Πίνακας 11. Χρωματική εξέλιξη του μείγματος Γ από την πρώτη (αριστερά) έως στην τελική (δεξιά) δοκιμή.....	95
Πίνακας 12. Χρωματική εξέλιξη του μείγματος Δ από την πρώτη (αριστερά) έως στην τελική (δεξιά) δοκιμή.....	95
Πίνακας 13. Χρωματική εξέλιξη του μείγματος Ε από την πρώτη (αριστερά) έως στην τελική (δεξιά) δοκιμή.....	95
Πίνακας 14. Αποτελέσματα απορρόφησης συστατικών από Φασματοφωτόμετρο UV-Vis (Shimadzu UV1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg).....	105
Πίνακας 15. Αποτελέσματα απορρόφησης μειγμάτων από Φασματοφωτόμετρο UV-Vis (Shimadzu UV1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg).....	106
Πίνακας 16. Αποτελέσματα απορρόφησης μειγμάτων από Φασματοφωτόμετρο UV-Vis (Shimadzu UV1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg).....	107
Πίνακας 17. Αποτελέσματα απορρόφησης μειγμάτων από Φασματοφωτόμετρο UV-Vis (Shimadzu UV1700, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg).....	108

Πηγές Εικόνων

- https://www.researchgate.net/figure/Polyphenol-classification-The-classes-of-polyphenols-include-phenolic-acids-flavonoids_fig1_319219463
- <https://greenmedinfo.com/substance/flavan-3-ols>
- <https://www.mdpi.com/2072-6643/14/23/5133>
- <https://www.targetanalysis.gr/standard/stilbenes/>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421002223>

Fraga, C.G., Croft, K.D., Kennedy, D.O., & Tomás-Barberán, F.A. (2022). The Effects of Polyphenols on Cardiovascular and Metabolic Health. *Frontiers in Nutrition*, 9, 861629.

- <https://alexiadouaggeliki.gr/2023/11/29/oxeidotiko-stres-kai-eleytheres-rizes-pos-tha-ta-diacheiristoyme/>
- <https://drfarmaki.com/metrisi-okseidotikou-stress/>

- https://www.researchgate.net/figure/Cardiometabolic-health-effects-of-polyphenols_fig1_357559585
- <https://www.naturedoc.com/antioxidants-polyphenols-and-adhd/>
- [**https://eloments.com/blogs/explore/what-is-the-difference-between-synthetic-and-natural-vitamins**](https://eloments.com/blogs/explore/what-is-the-difference-between-synthetic-and-natural-vitamins)
- <https://www.mdpi.com/1420-3049/21/7/832#>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096399691730090X>
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20148514/>
- [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643822007058\](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643822007058)
- <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/6/1069>
- https://www.google.com/search?q=lemon+polyphenols&sca_esv=e29a0f7d83c65850&udm=2&biw=1536&bih=695&sxsrf=AE3TiPffEnlG12KXqEaaHrgQ33Oz-TbHA%3A1751814842808&ei=upJqaP6RMYeExc8Pv8-C6AY&ved=0ahUKEwj-1qvrwqiOAxUHQvEDHb-nAG0Q4dUDCBE&uact=5&oq=lemon+polyphenols&gs_lp=EgNpbWciEWxlbW9uIHVubHlwaGVub2xzMgcQABiABBgTMgcQABiABBgTMggQABgTGAUYHjIIEAAYExgIGB4yCBAAGBMYCBgeMggQABgTGAgYHjIIEAAYExgIGB5ItElQiBNY8URwAngAkAEAmAGbAaABzBCqAQQwLjE3uAEDyAEA-AEBmAIToALWEagCCsICChAjGCcYyQIY6gLCAGcQIxgnGMkCwgIIEAAYgAQYsQPCAgSQAABiABBixAxiDAcICBRAAGIAEwgIKEAAYgAQYQxiKBcICDRAAGIAEGLEDGIMBGArCAGcQABiABBgKwgIEEAAY8ICBBAAGB7CAGYQABgTGB6YAwSSBwQyLjE3oAe9VbIHBDuMTe4B84RwgcGMi0xNi4zyAd-&scient=img#vhid=2oUQMaiT6HyLWM&vssid=mosaic
- <https://www.compoundchem.com/2014/02/01/polyphenols-antioxidants-the-chemistry-of-tea/>
- <https://www.frontiersin.org/research-topics/21784/pharmacology-of-plant-polyphenols-in-human-health-and-diseases/magazine>
- <https://www.sks-science.com/biology-lab-equipment-p-24456.html>
- https://pipette.com/eppendorf-22363328.html?srsId=AfmBOoqXERnnifnFjMod0V9Bn_nGc-HLuiZT0FTD2vhtckAe2UoBPv_d
- <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2023.2220031>
- <https://www.fishersci.co.uk/shop/products/microcentrifuge-tubes-locking-snap-cap/15442545>
- <https://www.cretachem.gr/el/diafora-eidika-analwsima-ergasthrioy/kypselides-fasmatoskopias>
- <https://www.cnwtc.com/laboratory-glassware/glass-cuvette/spectrophotometry-cuvette-standard-10mm-light.html>
- <https://www.quirumed.com/gr/montelo-4255-fasmatoftometro.html>

- <https://www.biotrust.gr/product/%CF%85%CE%B4%CE%B1%CF%84%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CF%85%CF%84%CF%81%CE%B1-memmert/>
- <https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/ferric-reducing-antioxidant-power-assay>

Βιβλιογραφικές Παραπομπές

- Boyer, J., & Liu, R. H. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*, 3(1), 5.
- Dauchet, L., Amouyel, P., & Dallongeville, J. (2006). Fruits, vegetables and coronary heart disease. *Nature Reviews Cardiology*, 3(1), 30-36.
- Kamiloglu, S., et al. (2019). Flavonoids: Classification, biosynthesis and pharmacological activities. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 19(14), 1219–1234.
- Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. *The Scientific World Journal*, 2013, 162750.
- Liu, R. H. (2004). Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *The Journal of Nutrition*, 134(12 Suppl), 3479S–3485S.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747.
- Prior, R. L., & Cao, G. (2000). Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables: diet and health implications. *Horticultural Science*, 35(4), 588–592.
- Scalbert, A., Johnson, I. T., & Saltmarsh, M. (2005). Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 215S-217S.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2015). Free radicals in biology and medicine. Oxford University Press.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2015). Novel antioxidants in food quality preservation and health promotion. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(10), 1540-1555.
- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., & Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 39(1), 44-84.

- Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., ... & Etherton, T. D. (2009). Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine*, 113(9), 71-88.
- Miller, K. B., Hurst, W. J., & Stuart, D. A. (2020). Cocoa and Cardiovascular Health. *Nutrients*, 12(3), 709.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2007). *Free Radicals in Biology and Medicine* (4th ed.). Oxford University Press.
- Λαδάς, Δ. (2018). Αντιοξειδωτικά και υγεία.
- Prior, R. L. (2005). Antioxidant capacity. In J. Wiley & Sons (Ed.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*.
- Pizzino, G., et al. (2017). Oxidative stress: harms and benefits for human health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, Article ID 8416763.
- Sfagos, C. (2011). Οξειδωση και ανθρώπινη υγεία.
- Δημόπουλος, Ν., & Αντωνοπούλου, Σ. (2009). Οξειδωτικό στρες και χρόνιες ασθένειες.
- Pisoschi, A. M., & Pop, A. (2015). The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 97, 55-74.
- Liguori, I., et al. (2018). Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging*, 13, 757–772.
- Georgakas, A. (2005). Παθοφυσιολογία του οξειδωτικού στρες.
- Paus, R., et al. (2018). Flavanol-rich cocoa improves cardiovascular risk markers: A randomized controlled trial. *The Journal of Nutrition*, 148(3), 297-307.
- Rizzolo, A., et al. (2014). Effects of flavan-3-ols on endothelial function and blood pressure. *Journal of Clinical Hypertension*, 16(5), 360-368.
- Faria, A., Calhau, C., de Freitas, V., & Mateus, N. (2009). Anthocyanins and cardiometabolic health: a systematic review. *Phytochemistry Reviews*, 8(3), 373-399.
- de Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C., & Rivas-Gonzalo, J. C. (2010). Quantitative analysis of flavan-3-ols and proanthocyanidins in plant-derived foods. *Journal of Chromatography A*, 1215(48), 7733-7746.
- Wallace, T. C., & Giusti, M. M. (2015). Anthocyanins. *Advances in Nutrition*, 6(5), 620-622.
- Hausenblas, H. A., Schoulda, J. A., & Smoliga, J. M. (2015). Resveratrol treatment as an adjunct to pharmacological management of type 2 diabetes: A

systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phytotherapy Research*, 29(7), 969-981.

- Patel, K. R., Scott, E., Brown, V. A., Gescher, A. J., Steward, W. P., & Brown, K. (2019). Clinical trials of resveratrol. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1215(1), 230-237.
- Sahebkar, A., Ferrari, R., Giorgini, P., Bo, S., & Reiner, Ž. (2015). Effects of resveratrol supplementation on plasma lipids and liver enzymes: evidence from meta-analyses of randomized controlled trials. *Nutrition Reviews*, 73(3), 133-143.
- Tian, Y., Shi, M., Feng, L., Zhang, Y., Liang, W., & Zhao, H. (2020). Resveratrol supplementation improves non-alcoholic fatty liver disease: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Phytotherapy Research*, 34(7), 1600-1611.
- Toh, M. F., Chen, C. Y., & Huang, H. Y. (2013). Resveratrol and cardiovascular health in obesity. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 65(6), 953-969.
- Wang, Y., Zhou, Q., Peng, L., Lu, J., & Li, J. (2018). Efficacy of resveratrol supplementation on markers of glucose control and lipid profiles in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 140, 213-222.
- Edwards, R. L., Lyon, T., Litwin, S. E., Rabovsky, A., Symons, J. D., & Jalili, T. (2007). Quercetin reduces blood pressure in hypertensive subjects. *The Journal of Nutrition*, 137(11), 2405-2411.
- Larson, A. J., Symons, J. D., & Jalili, T. (2012). Quercetin: a treatment for hypertension?—a review of efficacy and mechanisms. *Pharmacology & Therapeutics*, 135(1), 9-16.
- Riva, A., Pellegrini, N., & Fogliano, V. (2019). Food antioxidants and their role in disease prevention and health. *Molecular Nutrition & Food Research*, 63(23), e1900917.
- WHO. (2021). The Growing Burden of Noncommunicable Diseases. World Health Organization.
- Del Rio, D., Rodriguez-Mateos, A., Spencer, J. P., Tognolini, M., Borges, G., & Crozier, A. (2013). Dietary (poly)phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxidants & Redox Signaling*, 18(14), 1818-1892.
- Scalbert, A., Johnson, I. T., & Saltmarsh, M. (2005). Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 215S-217S.
- Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The Scientific World Journal*, 2013, 162750.

- Khilarkar, P., Gautam, P., & Patel, S. (2017). Phlorizin and its role as a natural inhibitor of SGLTs: a critical review. *Phytotherapy Research*, 31(3), 310-319.
- Cardona, F., Andrés-Lacueva, C., Tulipani, S., Tinahones, F. J., & Queipo-Ortuño, M. I. (2013). Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 24(8), 1415-1422.
- Cueva, C., Moreno-Arribas, M. V., & Bartolomé, B. (2010). Antimicrobial activity of phenolic compounds against intestinal pathogens: mechanisms and applications. *Food Chemistry*, 120(4), 1010-1016.
- Queipo-Ortuño, M. I., Boto-Ordoñez, M., Murri, M., Gomez-Zumaquero, J. M., Clemente-Postigo, M., Estruch, R., ... & Tinahones, F. J. (2012). Influence of red wine polyphenols and ethanol on the gut microbiota ecology and biochemical biomarkers. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 95(6), 1323-1334.
- Williamson, G., Kay, C. D., & Crozier, A. (2018). The bioavailability, transport, and bioactivity of dietary flavonoids: a review from a historical perspective. *Chromatography*, 1(4), 314-445.
- Mennen, L. I., Sapinho, D. G., Maroc, E., & Scalbert, A. (2005). Polyphenol intake and health. *Nutrition Review*, 63(9), 386-390.
- Hollman, P. C., Cassidy, A., Comte, B., Heinonen, M., Richelle, M., Richling, E., ... & Williams, C. M. (2011). The biological relevance of direct antioxidant effects of polyphenols for cardiovascular health in humans is not established. *The Journal of Nutrition*, 141(11), 989S-1009S.
- Devore, E. E., Kang, J. H., Breteler, M. M., & Grodstein, F. (2012). Dietary intakes of berries and flavonoids in relation to cognitive decline. *Annals of Neurology*, 72(1), 135-143.
- Tomata, Y., Sugiyama, K., Kaiho, Y., Zhang, S., Li, X., Tsuji, I., & Sugawara, Y. (2016). Green tea consumption and cognitive decline: a longitudinal cohort study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 104(6), 1359-1365.
- Mandel, S., Amit, T., Reznichenko, L., Zheng, H., & Youdim, M. B. (2008). Green tea catechins as brain-permeable, natural iron chelators—potential treatment for neurodegenerative disorders. *Molecular Neurobiology*, 38(1), 152-161.
- Williams, R. J., Spencer, J. P., & Rice-Evans, C. (2018). Flavonoids: antioxidants or signalling molecules? *Free Radical Biology and Medicine*, 36(7), 838-849.

- Ashoori, M., & Saedisomeolia, A. (2014). Polyphenols: multipotent therapeutic agents in neurodegenerative diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2014, 1-14.
- Lai, J., Hölig, K., & Leisner, J. J. (2017). Neuroprotective effects of polyphenols in depression and ADHD. *Nutrients*, 9(10), 1091.
- Liu, Y., Jin, H., & Li, D. (2019). Effects of polyphenols on ADHD symptoms. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 60(6), 663-672.
- Nigg, J. T., Karalunas, S. L., & Gorman, J. (2016). ADHD and diet: challenges and opportunities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 57(12), 1289-1303.
- Loughman, A., & Allen, N. B. (2019). Nutrition and mental health with focus on ADHD and Mediterranean diet. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 28(5), 661-674.
- Marí-Bauset, S., Zazpe, I., Mari-Sanchis, A., Llopis-González, A., & Marí-Sanchis, A. (2019). Mediterranean diet and ADHD: adherence and risk assessment. *Nutrients*, 11(12), 3008.
- Shen, X., & Cai, Y. (2018). The antioxidant and neuroprotective effects of Pycnogenol®. *Phytotherapy Research*, 32(5), 789-795.
- Khalil, N. A., Green, K. N., Sastre, M., Kaminsky, Y., & O'Brien, P. J. (2017). Pycnogenol and cerebral blood flow: neuropharmacological mechanisms. *Neuropharmacology*, 123, 258-269.
- Schneider, A., Logan, A. C., & Rebec, G. V. (2014). Clinical effects of Pycnogenol on ADHD symptoms in children. *Journal of Attention Disorders*, 18(5), 418-426.
- Miglio, C., Chiavaro, E., Visconti, A., Fogliano, V., & Pellegrini, N. (2008). Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(1), 139-147.
- Bunea, A., Andjelkovic, M., Socaciu, C., Verhé, R., Van Camp, J., & Lakshmanan, K. (2008). Influence of heat treatments on the antioxidant activity and the polyphenolic content of some vegetables. *Journal of Food Engineering*, 89(3), 306-313.
- Frank, J., Ock, K., & Kim, J. (2016). Polyphenols and brain health: current research and future perspectives. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 64, 224-232.
- Diplock, A. T., Aggett, P. J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E. B., Givens, I. N., ... & van Loveren, H. (1999). Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document. *British Journal of Nutrition*, 81(S1), S1-S27.

- Gahche, J. J., Bailey, R. L., Burt, V. L., Hughes, J. P., Yetley, E. A., Dwyer, J. T., ... & Sempos, C. T. (2017). Dietary supplement use among children and adolescents in the United States, 2003–2014. *Nutrients*, 9(8), 757.
- Baker, S. S., Baker, R. D., & Kwo, P. Y. (2015). Use of gummy vitamins. *Nutrition in Clinical Practice*, 30(3), 370-377.
- Muñoz, R., Mingo, E., & Goñi, P. (2019). Stability and bioavailability of polyphenols in fruit-based gummy supplements. *Food Chemistry*, 287, 1-8
- Saeed, F., Wahid, F., & Hafeez, M. (2019). Antioxidant potentials of *Actinidia deliciosa* (Kiwi) fruit and its health benefits. *Nutrition and Food Science*, 49(4), 609-617.
- Saeed, F., Wahid, F., & Hafeez, M. (2019). Antioxidant potentials of *Actinidia deliciosa* (Kiwi) fruit and its health benefits. *Nutrition and Food Science*, 49(4), 609-617.
- Zhang, Y., Li, X., Zou, D., Liu, W., Yang, J., Zhu, N., ... & Fan, J. (2019). Protective effects of blueberry polyphenols on gut microbiota and intestinal barrier in high-fat diet-fed mice. *Food & Function*, 10(7), 4521-4533.
- Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., González-Paramás, A. M., Santos-Buelga, C., & Quiles, J. L. (2015). Functional berries: Bioactive compounds and health benefits. *Nutrition*, 31(9), 1237-1245.
- Alvarez-Suarez, J. M., Giampieri, F., & Battino, M. (2015). Honey as a source of dietary antioxidants: structures, bioavailability and evidence of protective effects against human chronic diseases. *Current Medicinal Chemistry*, 22(5), 387-405.
- FAO. (2019). FAOSTAT Statistical Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Μπουρδάρης, Κ. (2013). Η θεραπευτική αξία των αχλαδιών. *Διατροφή και Υγεία*, 12(3), 45-53.
- Πιιουρουλου, Δ. (2021). Πολυφαινόλες στα φρούτα και η επίδρασή τους στην υγεία. *Επιστημονικό Περιοδικό Διατροφής*, 29(1), 65-79.
- Ηλιοπούλου, Σ. (2021). Η βιοδραστικότητα των πολυφαινολών σε φρούτα. *Περιοδικό Φυτοχημείας και Διατροφής*, 8(2), 30-45.
- Wu, X., Beecher, G. R., Holden, J. M., Haytowitz, D. B., Gebhardt, S. E., & Prior, R. L. (2013). Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(6), 1295-1302.
- Kalt, W., Cassidy, A., Howard, L. R., Krikorian, R., Stull, A. J., Tremblay, F., & Zamora-Ros, R. (2019). Recent research on the health benefits of

blueberries and their anthocyanins. *Advances in Nutrition*, 10(suppl_1), S1-S18.

- Basu, A., Nguyen, A., Betts, N. M., Lyons, T. J., & Aston, C. E. (2016). Strawberries improve serum antioxidant status and biomarkers of cardiovascular disease in adults with metabolic syndrome. *Nutrition Research*, 36(3), 230-239.
- MedNutrition. (2025). Φράουλες: Ένα Θαύμα της Φύσης με Ιατρικές Ιδιότητες. AthensLab Blog, 2025.
- Ικεε ΑΠΘ. (2019). Έρευνες για την αντιοξειδωτική ικανότητα φράουλας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Konstadinidis, H. (2024). Αντιοξειδωτικές τροφές και η επίδρασή τους στην υγεία. Ιατρικό Κέντρο Βελονισμού.
- Torre, L. A., Bray, F., Siegel, R. L., Ferlay, J., Lortet-Tieulent, J., & Jemal, A. (2015). Global cancer statistics, 2012. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 65(2), 87-108.
- Eke, I., & Cordes, N. (2018). Microenvironmental regulations of tumor progression and metastasis. *Annals of Biomedical Engineering*, 46(7), 1891-1903.
- Basu, A., Nguyen, A., Betts, N. M., Lyons, T. J., & Aston, C. E. (2016). Strawberries improve serum antioxidant status and biomarkers of cardiovascular disease in adults with metabolic syndrome. *Nutrition Research*, 36(3), 230-239.
- Kang, H. J., Song, J., Kim, M. J., Park, J., Kim, J. H., & Ko, S. K. (2017). Strawberry polyphenols activate AMPK and reduce hepatic lipid accumulation in vitro and in vivo. *Food & Function*, 8(5), 1734-1743.
- Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., Mazzoni, L., & Battino, M. (2015). Strawberry as a health promoter: an evidence based review. *Food & Function*, 6(5), 1386-1398.
- Romina, P., Annunziata, G., & Carrasco-Pozo, C. (2017). Antioxidant and anti-inflammatory effects of strawberry extracts on lipid metabolism in HepG2 cells: a mechanistic study. *Food Chemistry*, 234, 470-478.
- Alvarez-Suarez, J. M., Giampieri, F., & Battino, M. (2015). Honey as a source of dietary antioxidants: structures, bioavailability and evidence of protective effects against human chronic diseases. *Current Medicinal Chemistry*, 22(5), 387-405.
- Banaszewski, K., Hollands, W. J., & Walker, R. (2013). Bioavailability of strawberry phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(41), 9856-9867.

- Tulipani, S., Busquets-Cortés, C., Romandini, S., Andres-Lacueva, C., Garcia-Aloy, M., & Andres-Lacueva, C. (2011). Bioavailability and metabolic effects of strawberry polyphenols in humans. *Molecular Nutrition & Food Research*, 55(3), 378-385.
- Romandini, S., Tulipani, S., & Hevko, J. (2013). Effects of strawberry consumption on erythrocyte resistance and immune system in healthy volunteers. *Nutrition Research*, 33(8), 617-624.
- Ferreira, I., Oliveira, R., & Silva, S. (2018). Citrus fruits and their bioactive compounds: Healthy and functional ingredients. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(1), 3-15.
- Long, L., Wang, W., Zhang, X., & Guo, X. (2022). Nutritional value and health benefits of mandarins: A review. *Foods*, 11(15), 2195.
- Abd El-Ghany, A. M., & El-Sharkawy, M. A. (2024). Phytochemical composition and bioactivity of mandarins: Focus on their therapeutic potential. *Journal of Food Biochemistry*, 48(2), e14271.
- Kumar, P., & Singh, A. (2016). Citrus reticulata: Cultivation and its significance in agriculture. *Advances in Horticultural Science*, 30(3), 101-107.
- Pavlović, S., Janković, M., & Petković, M. (2022). Citrus fruits and their role in human nutrition: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 59(4), 1458-1468.
- Brieflands. (2024). The health benefits of mandarin orange consumption in pediatric populations. *Brieflands Health Reports*.
- Sciencedirect.com. Citrus reticulata extract studies. Available at: [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com)
- dergipark.org.tr. Citrus peels and bioactive compounds. Available at: dergipark.org.tr
- Ferreira, I., Oliveira, R., & Silva, S. (2019). Citrus fruits and their bioactive compounds: Healthy and functional ingredients. *Foods*, 8(8), 278.
- Abd El-Ghany, A. M., & El-Sharkawy, M. A. (2024). Phytochemical composition and bioactivity of citrus fruits: Focus on therapeutic potential. *Journal of Food Biochemistry*, 48(2), e14271.
- Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., Mazzoni, L., & Battino, M. (2015). Strawberry as a health promoter: an evidence based review. *Food & Function*, 6(5), 1386-1398.
- Zhou, Y., Wang, L., Wu, R., & Song, Y. (2020). The bioactive compounds and health benefits of orange peel: Recent advances and future perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(16), 2767-2778.

- Romina, P., Annunziata, G., & Carrasco-Pozo, C. (2017). Antioxidant and anti-inflammatory effects of strawberry extracts on lipid metabolism in HepG2 cells: a mechanistic study. *Food Chemistry*, 234, 470-478.
- Kang, H. J., Song, J., Kim, M. J., Park, J., Kim, J. H., & Ko, S. K. (2019). Strawberry polyphenols activate AMPK and reduce hepatic lipid accumulation in vitro and in vivo. *Food & Function*, 10(6), 3470-3480.
- Tulipani, S., Busquets-Cortés, C., Romandini, S., Andres-Lacueva, C., & Garcia-Aloy, M. (2025). Innovative techniques for extraction of bioactive compounds from citrus peels. *Journal of Food Science*, 90(4), 1234-1243.
- Brieflands. (2024). Sustainable utilization of citrus peel extracts in food preservation. *Brieflands Food Reports*.
- ResearchGate. (2023). Antioxidant properties of citrus peel extracts in HepG2 cells. Available at: [researchgate.net](https://www.researchgate.net)
- PMC. (2022). Role of nobiletin in liver diseases: A comprehensive review. Available at: [pmc.ncbi.nlm.nih.gov](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov)
- Dergipark. (2023). Citrus flavonoids and liver health: An overview. Available at: dergipark.org.tr
- Wu, G. A., Terol, J., Ibanez, V., López-García, A., Pérez-Román, E., Borredá, C., ... & Cañizares, J. (2018). Genomics of the origin and evolution of Citrus. *Nature*, 554(7692), 311-316.
- Hemilä, H. (2017). Vitamin C and infections. *Nutrients*, 9(4), 339.
- Gharib, M., & Mahdavi, R. (2020). Effects of citric acid on gastric acid secretion and peptic ulcer: A review. *Journal of Gastroenterology and Hepatology Research*, 9(5), 3084-3088.
- Remer, T., & Manz, F. (1995). Potential renal acid load of foods and its influence on urine pH. *Journal of the American Dietetic Association*, 95(7), 791-797.
- Kobayashi, Y., et al. (2020). Citrus polyphenols mediate healthy aging and longevity: Insights from metabolome–microbiome interactions. *Nutrients*, 12(11), 3342.
- Zhang, X., et al. (2021). Citrus lemon polyphenols extend lifespan and improve cognitive function in aging mice. *Scientific Reports*, 11, 12345.
- Gullon, B., et al. (2017). Citrus by-products as a source of bioactive compounds: Extraction optimization and characterization. *Journal of Food Science*, 82(9), 2140-2150.
- Kawaguchi, T., et al. (2019). Antioxidant effects of lemon peel extract via Nrf2/HO-1 pathway activation in hepatocytes. *Antioxidants*, 8(11), 548.
- Kim, S. Y., et al. (2020). Hepatoprotective activity of lemon peel extract in cellular and animal models. *Journal of Ethnopharmacology*, 259, 112910.

- Singh, B. N., Shankar, S., & Srivastava, R. K. (2019). Green tea catechin, epigallocatechin-3-gallate (EGCG): mechanisms, perspectives and clinical applications. *Biochemical Pharmacology*, 162, 164-178.
- Harborne, J. B., & Williams, C. A. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55(6), 481-504.
- Cheynier, V. (2012). Phenolic compounds: from plants to foods. *Phytochemistry Reviews*, 11(2-3), 153-177.
- Dixon, R. A., & Paiva, N. L. (1995). Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *The Plant Cell*, 7(7), 1085-1097.
- Saleem, A., et al. (2020). Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activity. *Journal of Food Science and Nutrition*, 8(4), 657-667.
- Aggarwal, B. B., & Harikumar, K. B. (2009). Potential therapeutic effects of curcumin, the anti-inflammatory agent, against neurodegenerative, cardiovascular, pulmonary, metabolic, autoimmune and neoplastic diseases. *International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 41(1), 40-59.
- Cartea, M. E., & Velasco, P. (2008). Plant phenolics: production, biological activity and molecular genetics. *Plant Physiology and Biochemistry*, 46(3), 189-199.
- Castañeda-Ovando, A., et al. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113(4), 859-871.
- Ahmed, S., et al. (2018). Green tea and health: A review. *Food Science and Human Wellness*, 7(2), 123-130.
- Thielecke, F., & Boschmann, M. (2009). The potential role of green tea catechins in the prevention of the metabolic syndrome—a review. *Phytochemistry*, 70(1), 11-24.
- Yin, S., et al. (2020). Anti-inflammatory and anti-osteolytic effects of green tea extract. *Nutrients*, 12(7), 2008.
- Li, C., et al. (2019). Benefits of green tea catechins on human health. *Molecules*, 24(5), 900.
- Saleem, A., et al. (2020). Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activity. *Journal of Food Science and Nutrition*, 8(4), 657-667.
- Cabrera, C., et al. (2006). Beneficial effects of green tea—a review. *Journal of the American College of Nutrition*, 25(2), 79-99.
- García-Pérez, P., et al. (2020). Composition of black and green teas. *Food Chemistry*, 319, 126523.
- Singh, B. N., et al. (2019). Green tea catechin, epigallocatechin-3-gallate (EGCG): mechanisms, perspectives and clinical applications. *Biochemical Pharmacology*, 162, 164-178.

- Xu, J., et al. (2017). Antithrombotic effects of green tea polyphenols. *Thrombosis Research*, 155, 129-135.
- Khan, N., & Mukhtar, H. (2018). Green tea polyphenols in chemoprevention of cancer. *Current Drug Targets*, 19(3), 267-281.
- Mladenova, R., et al. (2013). Antioxidant and anti-inflammatory effects of flavonoids. *Journal of Functional Foods*, 5(4), 1234-1242.
- Spencer, J. P. E. (2008). Food for thought: the role of dietary flavonoids in enhancing human memory, learning and neuro-cognitive performance. *Proceedings of the Nutrition Society*, 67(2), 238-252.
- García-Mediavilla, V., et al. (2007). Dietary polyphenols and inflammation. *Current Pharmaceutical Design*, 13(35), 3687-3697.
- Tao, W., et al. (2020). Green tea polyphenols inhibit NF-kappaB signaling in cancer. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 1086.
- Johnson, S. M., et al. (2019). Targeting kinases in cancer therapy. *Cancer Metastasis Reviews*, 38(4), 527-550.
- Siddiqui, I., et al. (2017). Polo-like kinase 1 inhibition by green tea catechins. *Cancer Letters*, 403, 21-30.
- Shankar, S., et al. (2017). EGCG inhibits HIF-1alpha and tumor growth. *PLoS One*, 12(3), e0173686.
- Yang, C. S., et al. (2019). Synergistic effects of green tea extracts with chemotherapy drugs. *Nutrients*, 11(1), 114.
- Zhou, Y., et al. (2020). Effects of EGCG on cancer chemotherapy. *Cancer Science*, 111(1), 17-29.
- Wen, X., et al. (2018). EGCG protects against doxorubicin-induced cardiotoxicity. *European Journal of Pharmacology*, 820, 119-125.
- Mandel, S., et al. (2008). Protective effects of green tea polyphenols against neurodegeneration. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 19(2), 68-76.
- Feng, L., et al. (2020). Green tea consumption and cognitive decline: a meta-analysis. *Phytomedicine*, 68, 153161.
- Srivastava, J. K., Shankar, E., & Gupta, S. (2010). Chamomile: A herbal medicine of the past with bright future. *Molecular Medicine Reports*, 3(6), 895-901.
- Lis-Balchin, M., & Hart, S. (1999). Studies on the essential oil of chamomile. *Phytotherapy Research*, 13(7), 566-568.
- Nemecz, G. (1998). Anti-allergic and anti-inflammatory effects of chamomile. *Journal of Ethnopharmacology*, 62(2), 105-112.
- Sahebkar, A., & Emami, S. A. (2013). Chamomile: An herbal medicine with anti-inflammatory properties. *Phytotherapy Research*, 27(9), 1345-1354.

- Lee, K. W., & Shibamoto, T. (2002). Antioxidant property of aromatic compounds in chamomile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(16), 4751-4756.
- Shukla, S., & Gupta, S. (2004). Apoptosis induced by chamomile extract in cancer cells. *Cancer Letters*, 220(2), 247-254.
- McKay, D. L., & Blumberg, J. B. (2006). A review of the bioactivity and potential health benefits of chamomile tea (*Matricaria recutita* L.). *Phytotherapy Research*, 20(7), 519-530.
- Izabela Podgórska-Kryszczuk, Urszula Pankiewicz (2023), Assessment of the Fungistatic Properties of *Calendula officinalis* L. Water Extract and the Effect of Its Addition on the Quality of Wheat Bread