

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ



ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Πτυχιακή Μελέτη

«Ανασκόπηση της διατροφικής αξίας του ροδιού και των υποπροϊόντων του και πιλοτική μελέτη αξιολόγησης των βιοενεργών συστατικών του'»



Επιμέλεια:

ΤΣΕΛΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΑΝΔΡΙΚΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

Λήμνος, 2021

Μέλη Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

1. **ΚΟΥΤΕΛΙΔΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ**, Επίκουρος Καθηγητής (Επιβλέπων)
2. **ΝΑΣΟΠΟΥΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ**, Επίκουρη Καθηγήτρια
3. **ΓΚΙΑΟΥΡΗΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ**, Επίκουρος Καθηγητής

Ευχαριστίες

Για την επίτευξη της πτυχιακής μας εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή μας, κύριο Αντώνιο Κουτελιδάκη, για την συνεργασία και την καθοδήγηση που μας πρόσφερε. Επιπλέον, την κυρία Όλγα Παπαγιάννη για την βοήθειά της κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών πειραμάτων καθώς και για τη μετέπειτα στήριξή της. Τέλος ευχαριστούμε όλα τα αγαπημένα μας πρόσωπα, που μας στήριξαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μας και θα συνεχίσουν να μας στηρίζουν στα μελλοντικά μας σχέδια.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	5
 Μέρος Α • Θεωρητικό	
1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΡΟΔΙ.....	6
1.1 Ιστορία ροδιού.....	6
1.2 Βοτανικά στοιχεία και παραπροϊόντα	7
1.3 Ποικιλίες ροδιού.....	8
 2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ.....	10
2.1 Ορισμός.....	10
2.2 Παραδείγματα λειτουργικών τροφίμων	11
2.3 Ιστορικό εμφάνισης και χαρακτηριστικά	12
2.4 Δραστικά στοιχεία.....	13
2.5 Οφέλη στην υγεία.....	15
2.6 Ισχυρισμοί υγείας.....	20
 3. ΡΟΔΙ ΚΑΙ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ.....	21
3.1 Σημασία αξιοποίησης παραπροϊόντων λειτουργικών τροφίμων για το περιβάλλον	21
3.2 Τεχνολογία παραγωγής χυμού ροδιού	21
3.3 Χημική σύσταση υποπροϊόντων ροδιού	23
3.3.1 Γενική αναφορά υποπροϊόντων	23
3.3.2 Χημική σύσταση φλούδας.....	24
3.3.3 Χημική σύσταση καρπού.....	25
3.3.4 Χημική σύσταση χυμού.....	26
 4. ΕΥΕΡΓΕΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΠΟΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΡΟΔΙΟΥ	28
4.1 Γενικά.....	28
4.2 Αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες.....	28
4.3 Αντιμικροβιακές ιδιότητες.....	29
4.4 Αντικαρκινικές ιδιότητες.....	31
4.5 Αντιδιαβητικές ιδιότητες.....	32
4.6 Αντιγηραντικές ιδιότητες.....	33

5. ΒΙΟΔΡΑΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΡΟΔΙΟΥ	34
5.1 Αντιοξειδωτικά	34
5.2 Αντιοξειδωτική ικανότητα	34
5.3 Μέθοδοι αντιοξειδωτικής ικανότητας	35
5.4 Μορφές οξυγόνου	36
5.5 Φαινολικές ουσίες	36
5.6 Αντιοξειδωτικές ικανότητες φαινολικών	36
5.7 Φαινολικές ενώσεις στα ρόδια.....	37
5.8 Φαινολικά και υγεία	37
5.9 Ασκορβικό οξύ	38
5.10 Αντιοξειδωτικός μηχανισμός ασκορβικού.....	38
5.11 Καροτενοειδή.....	38
5.12 Φλαβονοειδή.....	39

Μέρος Β • Πειραματικό

6. ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΟΔΡΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΡΟΔΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΟΥ	40
6.1 Μέθοδοι μέτρησης αντιοξειδωτικών-φαινολικών	40
6.1.1 Πειραματικό πρωτόκολλο της πιλοτικής μας μελέτης	41
6.2 Διαγράμματα και πίνακας της πιλοτικής μελέτης των παραπροϊόντων του ροδιού.....	43
7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	46

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ρόδι από την αρχαιότητα έως και σήμερα αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα φρούτα για την υγεία του ανθρώπου. Με τις διάφορες ιδιότητες που έχει π.χ. αντιοξειδωτικές, αντικαρκινικές κ.λπ. που έχουν αποδειχθεί από την σύγχρονη επιστήμη επιβεβαιώνει τις θεωρίες των αρχαίων επιστημόνων. Στην παρακάτω πτυχιακή μελέτη γίνονται αναφορές τόσο για τις ποικιλίες καθώς και για τα επιμέρους τμήματα του ροδιού που αποτελείται. Επίσης, λόγω των πολλών γνώσεων γύρω από την ζωή, τα τρόφιμα και την υγεία που έχει πλέον ο καταναλωτής και ο παραγωγός γίνεται εκτενής αναφορά σε νέους ορισμούς σχετικά με τα τρόφιμα. Επίσης, παρουσιάζεται και η αξία εκμετάλλευσης των υποπροϊόντων μέσω της παραγωγής τόσο για το περιβάλλον πρωτίστως όσο και για την οικονομία του εκάστοτε παραγωγού. Επιπλέον, αναφέρονται όλες οι ευεργετικές ιδιότητες του ροδιού και των υποπροϊόντων του καθώς και οι μέθοδοι μέτρησης αυτών των ιδιοτήτων. Τέλος είναι αναγκαίο να συνεχιστούν και να αναπτυχθούν νέες κλινικές και επιδημιολογικές μελέτες για την βιοδραστικότητα του ροδιού και των αντίστοιχων υποπροϊόντων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα λειτουργικά τρόφιμα.

ABSTRACT

Ever since ancient times up until today the pomegranate constitutes one of the most important fruits concerning the health of humans. It's various properties for example antioxidants anti-cancer properties etc. which have been proven by modern science confirm the theories of ancient scientists. In the following thesis there are references not only to the varieties but also to the individual sections that the pomegranate is made up of. In addition, because of the vast knowledge about life, food and health that both consumers and producers have today, there has been extensive reference to the new definitions related to food. Furthermore, the value of the exploitation of by-products via the production concerning the environment foremost as well as the agricultural economics and profits of the current producer. Finally, all of the beneficial qualities of the pomegranate and it's by-products have been referred to along with the measuring methods of these qualities. Finally, it is necessary to continue and develop new clinical and epidemiological studies on the bioactivity of pomegranate and the corresponding by-products that can be used in functional foods.

Λέξεις κλειδιά:

Ρόδι, παραπροϊόντα, αντιοξειδωτικά, φαινολικά, καροτενοειδή, λειτουργικά τρόφιμα και βιοενεργά συστατικά

Μέρος Α • Θεωρητικό

1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΡΟΔΙ

1.1 Ιστορία ροδιού

Το ρόδι προέρχεται από το Ιράν στα Ιμαλάια στη βόρεια Ινδία και έχει καλλιεργηθεί από την αρχαιότητα σε όλη την περιοχή της Μεσογείου της Ασίας, της Αφρικής και της Ευρώπης. Ο καρπός χρησιμοποιήθηκε με πολλούς τρόπους όπως είναι σήμερα και εμφανίστηκε στην αιγυπτιακή μυθολογία και τέχνη, επαινείται στην Παλαιά Διαθήκη της Βίβλου και στο Βαβυλωνιακό Ταλμούδ, και μεταφέρθηκε από τροχόσπιτα της ερήμου για χάρη του χυμού που διψάει. Ταξίδεψε στην κεντρική και νότια Ινδία από το Ιράν περίπου τον πρώτο αιώνα μ.Χ. και αναφέρθηκε ότι αναπτύσσεται στην Ινδονησία το 1416. Έχει καλλιεργηθεί ευρέως σε όλη την Ινδία και ξηρότερα μέρη της Νοτιοανατολικής Ασίας, της Μαλαισίας, των Ανατολικών Ινδιών και της τροπικής Αφρικής. Οι σημαντικότερες αναπτυσσόμενες περιοχές είναι η Αίγυπτος, η Κίνα, το Αφγανιστάν, το Πακιστάν, το Μπαγκλαντές, το Ιράν, το Ιράκ, η Ινδία, η Βιρμανία και η Σαουδική Αραβία. Το ρόδι είναι το φρούτο που έχει μένει στην ιστορία σαν το φρούτο που έχει δώσει ο Πλούτωνας στη Περσεφόνη καθώς και το έμβλημα των ελευσίνιων μυστηρίων επίσης έχει μείνει ποιο σύμβολο γονιμότητας και αιωνιότητας όπως σε γάμους και γλέντια καθώς και έχει μείνει σαν παράδοση να σπάμε ρόδια Πρωτοχρονιά. Όπως ταιριάζει σε ένα φρούτο με πολλούς σπόρους, το ρόδι είναι η παραδοσιακή αναπαράσταση της γονιμότητας και φαίνεται να έχει την προέλευσή του παντού.

Το βλέπουμε στη Μέση Ανατολή και την Ινδία. Το ρόδι καλλιεργήθηκε στην Αίγυπτο πριν από την εποχή του Μωσή. Βρέθηκε στην κοιλάδα του Ινδού τόσο νωρίς που υπάρχει μια λέξη στα σανσκριτικά για το ρόδι. Οι Ινδοί βασιλιάδες ξεκίνησαν τα συμπόσια τους με ρόδι, σταφύλι και τζιτζιπ. Αραβικά τροχόσπιτα, πολλά που προέρχονταν από την πλούσια άσση που ήταν αρχαία Βαγδάτη, πιθανότατα διέδωσαν τη χρήση της. Το ρόδι είναι σημαντικό στο εβραϊκό έθιμο.

Η παράδοση υποστηρίζει ότι ένα ρόδι έχει 613 σπόρους για να αντιπροσωπεύει τις 613 εντολές στην Τορά. Ο σχεδιασμός του ροδιού υφαινόταν στις ρόμπες του αρχιερέα, και οι ορείχαλκοι ήταν μέρος των πυλώνων του Ναού. Αναφέρεται το τραγούδι του Σολομώντα έξι φορές ιντσών. Βλέπουμε ξανά το ρόδι στην αρχαία Ελλάδα και τη Ρώμη. Στους στίχους της Οδύσσειας, ο Όμηρος το αναφέρει ως μέρος των κήπων του Αλκίνου (πιθανώς στη Σικελία). Οι Ρωμαίοι εισήγαγαν τα ρόδια τους από την Αφρικανική Λιβύη και ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος έδωσε οδηγίες για την αποθήκευσή του (Lansky, E.P., Newman, R.A., 2007). Για να μην παραμεληθεί το ρόδι στην Ανατολή, εμφανίζεται στην Κίνα κατά τη διάρκεια των δυνασθειών Χαν και Σουνγκ. Η παραγωγή της λέξης ρόδι προέρχεται από τη μέση γαλλική ρόδι (σπόρος μήλου), αλλά οι Ευρωπαίοι αργά υιοθέτησαν το ρόδι. Το ρόδι πιθανότατα εισήχθη από τη Σικελία, ωστόσο οι Ευρωπαίοι, τότε υπό τη Νορμανδική επιρροή, δυσπιστούσαν τα φρούτα και τα λαχανικά, προτιμώντας μια διατροφή με βάση το κρέας. Αναφέρεται στον 14ο αιώνα Ménagier de Paris που προσέφερε μερικές συνταγές, και όπως βλέπουμε στο απόσπασμα του Romeo και της Juliet ήταν γνωστό στην Αγγλία την εποχή της Ελισαβετιανής εποχής. Ο ενθουσιασμός για το ρόδι ως φαγητό ήταν περιορισμένος, αλλά χρησιμοποιήθηκε ευρέως ως διακόσμηση. Οι Ισπανοί κατακτητές έφεραν το ρόδι στην Αμερική. Ιησουίτες ιεραπόστολοι το μετέφεραν βόρεια στις αποστολές τους στην Καλιφόρνια. Βρέθηκαν άγρια στη Γεωργία το 1772. Το ρόδι γενικά είναι ένα πολύ

σημαντικό φρούτο καθώς περιέχει πολλά σημαντικά θρεπτικά συστατικά ιδιότητες σημαντικές για τον οργανισμό του ανθρώπου.

Οι σπόροι του ροδιού περιέχουν βιταμίνη C, οι οποίοι αποτελούν νυφικό μενού. Η επιστημονική του ονομασία είναι *Punica Granatu* ο οποίος είναι ένα φυλλοβόλος θάμνος που αναπτύσσεται έως 4 μέτρα. Επίσης τα φύλλα της ροδιάς είναι γυαλιστερά και φτάνουν σε μήκος τα 8 μέτρα ο καρπός απαρτίζεται από τρία βασικά μέρη όπου το κάθε μέρος έχει το δικό του ξεχωριστό βοτανικό και χημικό χαρακτήρα. Αυτά είναι οι σπόροι το επισπέρμιο, ο χυμός και ο φλοιός. Το ρόδι γενικά έχει μεγάλο μέγεθος, σφαιρικό σχήμα και το χρώμα του εξωτερικά είναι κόκκινο όταν είναι ώριμο ή βιολετί ανάλογα με την ποικιλία. τα ελληνικά ροδιά ωριμάζουν φθινόπωρο και είναι πιο λευκά από αυτά που εισάγουμε από το εξωτερικό. (Lansky, E.P., Newman, R.A., 2007)

1.2 Βοτανικά στοιχεία και παραπροϊόντα

Η ροδιά είναι φυτό του γένους πουνική (*Punica*) της οικογένειας πουνικίδες (*Punicaceae*). Ανήκει στην τάξη μυρτώδη (*Myrtales*) το γένος πουνική περιλαμβάνει δύο είδη, με σημαντικότερη την Πουνική τη ροιά ή Ροιά η κοινή (*Punica granatum*). Αυτή είναι γνωστή με τα κοινά ονόματα ροδιά, ροϊδιά, ρογδιά και ρωβιά (στην Κύπρο). Καλλιεργείται κυρίως για τους καρπούς της, από τους οποίους παρασκευάζονται δροσιστικά ποτά και σιρόπια (γρεναδίνη), όπως επίσης και για καλλωπιστικούς σκοπούς (νάνες και διπλανθείς ποικιλίες κυρίως).

Καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο και ευδοκιμεί σε θερμές περιοχές, στα νησιά και στις εσωτερικές πεδιάδες. Είναι φυλλοβόλος και αγκαθωτός θάμνος μέχρι 1-1,5 μέτρα ύψος ή μικρό δέντρο, που δεν ξεπερνά όμως τα 5 μέτρα. Έχει μεγάλα μονήρη άνθη, και βγαίνουν είτε στην άκρη των βλαστών από ένα, είτε πολλά μαζί, συνήθως κόκκινα και σπανιότερα λευκά. Τα φύλλα της είναι πράσινα, ωοειδή, γυαλιστερά. Η ροδιά απαντάται σε διάφορες μορφές, οι κυριότερες από τις οποίες είναι: οι οξύκαρπες (ξινόρροδα) και οι γλυκόκαρπες (γλυκόρροδα) καθώς και σε μορφή νάνου. Δέντρο ανθεκτικό, σπάνια προσβάλλεται από παράσιτα. Πολλαπλασιάζεται με μοσχεύματα ή παραφυάδες. Ο καρπός της είναι το ρόδι και είναι σωροκάρπιο ή συγκάρπιο από πολλές δρύπες (παλαιότερα ονομαζόταν σίδιο). Από τα ρόδια παράγεται το αναψυκτικό ροδάδα. Ο χυμός του ροδιού αντιπροσωπεύει τα τρία τέταρτα του βάρους του. Ο φλοιός των καρπών είναι πλούσιος σε ταννίνη και χρησιμοποιείται στην κατεργασία των δερμάτων, ακόμα και στη βαφή των μαλλιών. Αφέψημα του φλοιού του καρπού και της ρίζας χρησιμοποιείται ως ανθελμινθικό και ιδίως κατά της ταινίας, γιατί περιέχει ένα αλκαλοειδές. Οι καρποί της ωριμάζουν το φθινόπωρο και συλλέγονται πριν αρχίσουν οι βροχές και τέλος αποθηκεύονται σε ξηρό περιβάλλον. (Ephraim Lansky, Robert A Newman, 2007)



Εικόνα 1.2.1: «Η ροδιά ως δέντρο» (Natalia Golovanova, 2016)

Τέλος το ρόδι διαχωρίζεται στα επιμέρους δομικά σημεία:

- Ο **καρπός** του ροδιού είναι ιδιαίτερα χαμηλός θερμιδικά (68 θερμίδες σε 100 γρ. καρπού) και ιδιαίτερα πλούσιος σε υδατάνθρακες και κάλιο. Το κάλιο είναι το πρώτο σε περιεκτικότητα μέταλλο του ενδοκυττάριου χώρου. Είναι ο σημαντικότερος παράγοντας ρύθμισης του όγκου των ενδοκυττάρων υγρών, καθώς και της οξεοβασικής ισορροπίας στα κύτταρα, ενώ επηρεάζει και την σύσπαση των λείων μυϊκών ιστών και έτσι θεωρείται απαραίτητο για τη διατήρηση του καρδιακού παλμού.
- Μακροχρόνιες κλινικές έρευνες, έδειξαν πως υπάρχουν πολλοί λόγοι για να καταναλώνουμε ρόδι και πιο συγκεκριμένα το **χυμό** του. Το υψηλό επίπεδο των αντιοξειδωτικών στον χυμό του ροδιού, και ιδιαίτερα το υψηλό επίπεδο ανθοκυανινών, τανινών και πολυφαινόλων, έχει φανεί πως δρα προστατευτικά κατά της δημιουργίας αθηρωμάτωσης των αρτηριών και κατ' επέκταση προστατεύει τον άνθρωπό από τα καρδιαγγειακά νοσήματα. Επιπλέον, ο χυμός του ροδιού έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα πολυφαινόλων από ότι το κόκκινο κρασί, το πράσινο τσάι ή από το χυμό του πορτοκαλιού. Τα αποτελέσματα αυτά, φάνηκαν σε κλινική έρευνα που δημοσιεύτηκε το 2002, σύμφωνα με την οποία οι πολυφαινόλες του ροδιού είχαν ισχυρή δράση στην προστασία των LDL λιποπρωτεϊνών από την οξείδωσή τους. Το στοιχείο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό από τη στιγμή που οι οξειδωμένες LDL συντελούν στη δημιουργία αθηρωμάτωσης των αρτηριών.
- Η **φλούδα** του ροδιού έχει σημαντικές αντισηπτικές και στυπτικές ιδιότητες και βοηθά στη καλή λειτουργία του εντέρου. Ιδανικό σε περιπτώσεις πυώδους αμυγδαλίτιδας, καταπολεμά τις αμοιβάδες του εντέρου, τη διάρροια, τη χρόνια δυσεντερία αλλά και τις αιμορροΐδες. Η φλούδα του καρπού έχει πικρή γεύση, είναι αρωματική και βοηθάει στη πέψη. Είναι εξαιρετικά ωφέλιμη διότι διεγείρει το ήπαρ, τη χοληδόχο κύστη και το πεπτικό σύστημα. (Dhinesh KV, Ramasamy D, 2016)

1.3 Ποικιλίες ροδιού

Οι ελληνικές ποικιλίες ροδιάς είναι οι εξής:

Πολιτική: ο καρπός είναι είναι μετρίου μεγέθους 500 με 600 γρ. με φλούδα λεπτή πράσινη ελαφρώς ξανθή προς το μέρος που τη βλέπει ο ήλιος. Οι σπόροι είναι μετρίου μεγέθους κόκκινη, γλυκός σαρκώδη και είναι αρκετά εκλεκτή ποικιλία αλλά οι καρποί της δεν διατηρούνται πολύ.

Καραβέλος: έχει καρπούς μεγάλου μεγέθους και πράσινους, τα καρπίδιά της είναι μεγάλα και πλούσια σε χυμούς με ανοιχτό κόκκινο χρώμα στην αρχή και πιο βαθύ κόκκινο στην ωρίμανσή τους πολύ γλυκιάς γεύσης και με μικρά σπέρματα.

Γλυκιά Πατρών: ωριμάζει κατά τους μήνες Αύγουστο - Σεπτέμβριο, έχει ογκώδες καρπούς με χρωματιστό περίβλημα και μικρά καρπίδια με πολύ ωραία γεύση.

Ερμιόνης: το φυτό προήλθε από την περιοχή της Ερμιόνης στην Πελοπόννησο και στη Νάουσα ο καρπός έχει μεγάλο μέγεθος σε κόκκινο χρώμα ο σπόρος είναι μεγάλος με έντονο κόκκινο χρώμα μαλακό σπέρμα και γλυκό χυμό είναι αξιόλογη ελληνική ποικιλία και υπερτερεί σε σύγκριση με την ισπανική Mollar de elche η οποία είναι επίσης γλυκιά και έχει μαλακό σπέρμα στο ότι έχει καλύτερο κόκκινο χρώμα Κάρπου και σπόρου. Επίσης καλύπτει τις προτιμήσεις καταναλωτών που τους αρέσουν τα γλυκά ρόδια και διατηρείται στο ψυγείο για μικρότερο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με τη Wonderful.

Λειφάνια: η ποικιλία αυτή παράγει μεγάλα ρόδια έως 1 κιλό το ένα με φλούδα μάλλον λεπτή ερυθρορόδινη και οι σπόροι είναι μετρίου μεγέθους και δεν διατηρούνται πολύ οι καρποί της μετά τη συγκομιδή.

Τσιπορόδια: ποικιλία που παράγει μέτριους καρπούς έως μεγάλους με οδόντες στον κάλυκα, ο φλοιός είναι λεπτός, με βαθύ ερυθροπόρφυρο χρώμα και οι σπόροι είναι χονδροί μάλλον ξανθοί, γίνονται λίγο γλυκοί όταν προχωρήσει η ωρίμανση.

Χονδρορόδια: οι καρποί είναι πολύ μεγάλοι με χοντρή ερυθρωπή φλούδα και οι σπόροι είναι μετρίου μεγέθους και έχουν γλυκόξινη γεύση.

Κρασορόδια: ο καρπός έχει μέτριο ή μικρό μέγεθος με φλούδα λεπτή, πολύ κόκκινη που συχνά σκάει και οι σπόροι είναι κόκκινοι. Ο καρπός δεν διατηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά τη συγκομιδή.

Γούνες: ο καρπός είναι μικρός μέχρι μέτριος με φλούδα χοντρή, μαλακιά με χρώμα βυσσινή προς το μέρος που το βλέπει ο ήλιος και οι σπόροι έχουν βαθύ κόκκινο χρώμα. Ο καρπός δεν διατηρείται πολύ μετά την συγκομιδή.

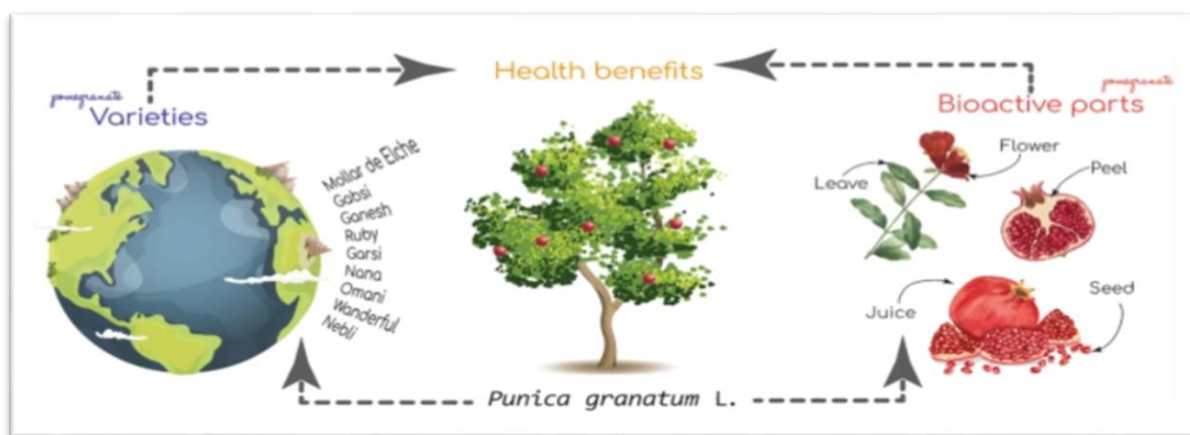
Ξινορόδια: ο καρπός είναι μικρός με φλούδα χοντρή πολύ κόκκινη και οι σπόροι έχουν έντονη ξινή γεύση επίσης ο καρπός διατηρείται για αρκετό χρόνο μετά την συγκομιδή.

Ξινή Πατρών: ωριμάζει τον Οκτώβριο. Έχει καρπούς πολύ ογκώδεις, με λεπτό, σκληρό και χρωματιστό φλοιό. Τα καρπίδιά της είναι πολύ κόκκινα με ξινή γεύση και η ποικιλία αυτή είναι κατάλληλη για παραγωγή χυμού και γρεναδίνης.

11010: έχει μικρό μέγεθος καρπού (245 γρ.) με εντυπωσιακό κόκκινο χρωματισμό, τα καρπίδια είναι μέσης σκληρότητας και ο χυμός είναι γλυκός με υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα, τέλος το δέντρο έχει μεγάλη αντοχή στον παγετό.

11015: έχει μικρό μέγεθος καρπού (273 γρ.) με εντυπωσιακό κόκκινο χρώμα και υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα και τα γίγαρτα είναι μέσης σκληρότητας.

11041: έχει μεγάλο μέγεθος καρπού (403 γρ.), ωραίο κόκκινο χρωματισμό, αντοχή σε παγετό αλλά είναι ξινό (2,4% οξέα) και τα γίγαρτα είναι μέσης σκληρότητας. (Δρογούδη Παυλίνα, Πουλημένου Κωνσταντίνου, Βασιλακάκη Μιλτιάδη, 2012)



Εικόνα 1.3.1 «Ποικιλίες ροδιού στο κόσμο και τα επιμέρους υποπροϊόντα του» (Pablo Melgarejo-Sánchez, Dámaris Núñez-Gómez, Juan J. Martínez-Nicolás, 2021)

2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

2.1 Ορισμός

Τα λειτουργικά τρόφιμα είναι τα τρόφιμα και τα ποτά εκείνα τα οποία αποδεδειγμένα παρέχουν οφέλη στην υγεία πέρα από την βασική θρεπτική τους αξία και επομένως βελτιώνουν τη λειτουργία του οργανισμού. Τα τρόφιμα αυτά έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν τόσο τη φυσική όσο και την διανοητική υγεία και να προλάβουν την εκδήλωση διαφόρων ασθενειών. Διαθέτουν, δηλαδή κατά κάποιο τρόπο ενδεχόμενες φαρμακευτικές ιδιότητες, χωρίς να πρόκειται για φαρμακευτικές ουσίες, αλλά για απλά τρόφιμα. (Τζία, 2015)

Πίνακας 2.1.1. Ορισμοί λειτουργικών τροφίμων (Τζία, 2015)

- **Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ (2014)**, «Τρόφιμα που ορίζονται ως ολόκληρα τρόφιμα ή τρόφιμα εμπλουτισμένα ή ενισχυμένα με συστατικά που έχουν δυνητικά ευεργετική επίδραση στην υγεία όταν καταναλώνονται ως μέρος μιας ποικίλης διατροφής τακτικά σε αποτελεσματικό επίπεδο».
- **ADA**, «Όλα τα τρόφιμα είναι λειτουργικά σε ορισμένα φυσιολογικό επίπεδο επειδή παρέχουν θρεπτικά συστατικά ή άλλα ουσίες που παρέχουν ενέργεια, διατηρούν ανάπτυξη ή διατηρούν ζωτικές διαδικασίες. Ωστόσο, τα λειτουργικά τρόφιμα αναγνωρίζονται ότι παρέχουν πρόσθετα οφέλη για την υγεία που μπορεί να μειώσουν κινδύνους ασθένειας ή / και προώθηση βέλτιστης υγείας. Τα λειτουργικά τρόφιμα περιλαμβάνουν: συμβατικά τρόφιμα ή ολόκληρα τρόφιμα, τροποποιημένα τρόφιμα, ιατρικά τρόφιμα και τρόφιμα για ειδική διατροφική χρήση».
- **Functional Food Science στην Ευρώπη**, «Λειτουργικά είναι τα τρόφιμα που αποδεικνύουν ικανοποιητικά ότι επηρεάζουν ευεργετικά μία ή περισσότερες λειτουργίες στο σώμα, πέρα από τις επαρκείς θρεπτικές επιδράσεις, με τρόπο που να σχετίζεται είτε με μία βελτιωμένη κατάσταση υγείας και ευεξίας ή / και μείωση του κινδύνου εμφάνισης ασθένειας όταν καταναλώνεται ως μέρος της κανονικής τροφής».
- **Ακαδημία Διατροφής και Διαιτολογίας (Academy of Nutrition and Dietetics)**, «Τρόφιμα που ορίζονται ως ολόκληρα τρόφιμα ή εμπλουτισμένα / ενισχυμένα που έχουν δυνητικά ευεργετική επίδραση στην υγεία όταν καταναλώνονται ως μέρος μιας ποικίλης διατροφής σε τακτική βάση».
- **Διεθνές Συμβούλιο Πληροφοριών Τροφίμων (International Food Information Council)**, «Τρόφιμα ή διαιτητικά συστατικά που μπορεί να παρέχουν όφελος για την υγεία πέρα από τη βασική διατροφή και μπορεί να διαδραματίσουν ρόλο στη μείωση ή ελαχιστοποίηση του κινδύνου ορισμένων ασθενειών και άλλων καταστάσεων υγείας».
- **Ινστιτούτο Τεχνολόγων Τροφίμων (Institute of Food Technologists)**, «Τρόφιμα και συστατικά τροφίμων που παρέχουν ένα όφελος για την υγεία πέρα από τη βασική διατροφή».
- **Διεθνές Ινστιτούτο Επιστημών Ζωής (International Life Sciences Institute)**, «Τρόφιμα που λόγω της παρουσίας φυσικών ενεργών συστατικών παρέχουν οφέλη για την υγεία πέρα από τη βασική διατροφή».

- **Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission)**, «Ένα τρόφιμο που επηρεάζει ευεργετικά μία ή περισσότερες λειτουργίες στο σώμα, πέρα από τις επαρκείς θρεπτικές επιδράσεις, με τρόπο που σχετίζεται είτε με μια βελτιωμένη κατάσταση υγείας και ευεξίας ή / και στη μείωση του κινδύνου ασθένειας. Είναι μέρος ενός κανονικού τρόπου διατροφής. Δεν αποτελεί φάρμακο ή οποιαδήποτε μορφή, συμπληρώματος διατροφής».
- **Health Canada**, «Μια λειτουργική τροφή μπορεί να είναι μια συμβατική τροφή, να καταναλώνεται ως μέρος μιας συνηθισμένης διατροφής και να αποδεικνύεται ότι έχει φυσιολογικά οφέλη ή/ και μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης χρόνιας νόσου πέρα από τις βασικές διατροφικές λειτουργίες».
- **Ιαπωνικό Υπουργείο Υγείας Εργασίας και Πρόνοιας (Japanese Ministry of Health, Labour, and Welfare)**, «Το FOSHU (τρόφιμα για συγκεκριμένες χρήσεις για την υγεία) αναφέρεται σε τρόφιμα που περιέχουν κάποιο συστατικό με ευεργετικές λειτουργίες για την υγεία και έχουν εγκριθεί επίσημα για να ισχυριστούν τις φυσιολογικές του επιδράσεις στο ανθρώπινο σώμα. Το FOSHU προορίζεται να καταναλωθεί για τη διατήρηση / προώθηση της υγείας ή ειδικών χρήσεων υγείας από άτομα που επιθυμούν να ελέγξουν τις συνθήκες υγείας, συμπεριλαμβανομένης της αρτηριακής πίεσης ή της χοληστερόλης στο αίμα».
- **Λειτουργικό κέντρο τροφίμων (FFC)**, «Λειτουργικό τρόφιμο είτε ως φυσικό είτε ως μεταποιημένο τρόφιμο που περιέχει γνωστές ή άγνωστες βιολογικά δραστικές ενώσεις που σε καθορισμένες, αποτελεσματικές, μη τοξικές ποσότητες, παρέχουν ένα κλινικά αποδεδειγμένο και τεκμηριωμένο όφελος για την υγεία για πρόληψη, διαχείριση ή θεραπεία χρόνιας νόσου».

2.2 Παραδείγματα λειτουργικών τροφίμων

Γιαούρτια με προβιοτικά (probiotics): Πρόκειται για τα «καλά» ζωντανά μικρόβια, που βρίσκονται στην εντερική χλωρίδα του ανθρώπου και σε ζυμωμένα τρόφιμα, όπως το γιαούρτι με πέτσα, το κεφίρ και το ξινόγαλα, τα οποία, όταν καταναλωθούν σε επαρκή ποσότητα, θεωρείται ότι συμβάλλουν στη δημιουργία μιας «καλής» εντερικής χλωρίδας και στην ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος. Τα τελευταία χρόνια οι εταιρείες γαλακτοκομικών δημιούργησαν προϊόντα στα οποία προσέθεσαν ζωντανά μικρόβια, με σκοπό να αυξήσουν την ωφελιμότητά τους. Στην ετικέτα των τροφίμων αυτών αναφέρεται ότι περιέχουν βακτήρια του γένους *Bifidobacterium* και του γένους *Lactobacillus*. (Claire M. Hasler, Ph.D., 2020)

Γάλατα με πρεβιοτικά (prebiotics): Πρόκειται για τα συστατικά των τροφίμων (κυρίως ίνες) που προάγουν την ανάπτυξη των ωφέλιμων βακτηρίων στο έντερο. Δεν αφομοιώνονται από τον ανθρώπινο οργανισμό, αποτελούν όμως την «τροφή» ώστε να αναπτυχθούν περισσότερο τα προβιοτικά στελέχη, βοηθώντας έτσι στη δημιουργία «καλής» εντερικής χλωρίδας. Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί στην αγορά και συμβιωτικές τροφές (synbiotics), οι οποίες περιέχουν ένα συνδυασμό προβιοτικών και πρεβιοτικών στελεχών. (Claire M. Hasler, Ph.D., 2020)

Δημητριακά και ψωμί με φυλλικό οξύ: Το φυλλικό οξύ είναι απαραίτητο για την παραγωγή DNA και τη δημιουργία νέων κυττάρων, ενώ θεωρείται ότι μειώνει τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων. Σύμφωνα με τους επιστήμονες, το φυλλικό οξύ, που βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στα φυλλώδη λαχανικά, παίζει επίσης ουσιαστικό ρόλο στην πρόληψη νευρολογικών παθήσεων

του εμβρύου κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξής του (ιδιαίτερα τις πρώτες 27-30 ημέρες). Γι' αυτό χορηγούνται συμπληρώματα φυλλικού οξέος στις εγκύους τουλάχιστον για το πρώτο τρίμηνο της κύησης και συστήνεται η λήψη του στις γυναίκες που προσπαθούν να συλλάβουν. Οι ΗΠΑ, ο Καναδάς και η Αυστραλία, μάλιστα, εφαρμόζουν από το 1998 τον υποχρεωτικό εμπλουτισμό του ψωμιού με φυλλικό οξύ, λόγω της φτωχής τους διατροφής σε φρούτα και λαχανικά, ενώ η Μεγάλη Βρετανία σκέφτεται να ακολουθήσει το παράδειγμά τους. (Claire M. Hasler, Ph.D., 2020)

2.3 Ιστορικό εμφάνισης και χαρακτηριστικά

Εδώ και αιώνες σύμφωνα με τον πατέρα της Ιατρικής τον Ιπποκράτη, ο οποίος είχε ως αρχή πως η ισορροπημένη διατροφή είναι ο σημαντικότερος θεσμός για τη διατήρηση της σωματικής και ψυχικής υγείας, καθώς και πώς την φύση κρύβονται τα καλύτερα φάρμακα λέγοντας το ρητό «Φάρμακο ας γίνει η τροφή σας και η τροφή σας ας γίνει φάρμακο σας». Έτσι λοιπόν εμφάνιση των λειτουργικών τροφίμων βασίστηκε πάνω στις ιδέες του Ιπποκράτη, έτσι λοιπόν υπήρξε η ανάγκη για την εύρεση κάποιων στοιχείων και δεδομένων σχετικά με κάποια συστατικά λειτουργικών τροφίμων πώς επιδρούν στην υγεία του ανθρώπου. Κάπως έτσι λοιπόν αρχίζουν να εμφανίζονται στην Ασία και συγκεκριμένα στην Ιαπωνία οι πρώτες περιγραφές τροφίμων τα οποία είχαν εμπλουτιστεί με θρεπτικά συστατικά που αποσκοπούσαν σε διάφορα οφέλη για την υγεία του ανθρώπου.

Για να χαρακτηριστεί ένα τρόφιμο ως λειτουργικό θα πρέπει να είναι συμβατικό ή καθημερινό τρόπο και να έχει ευεργετική επίδραση σε μία ή περισσότερες φυσιολογικές λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος όταν καταναλώνεται σε κανονικές ποσότητες επίσης θα πρέπει να καταναλώνεται ως μέρος της καθημερινής διατροφής και θα πρέπει να έχει το ίδιο χρώμα την ίδια εμφάνιση τα ίδια φυσικά συστατικά με συμβατικά τρόφιμα. Το εκτεταμένο ενδιαφέρον για την πιθανότητα ότι επιλεγμένα τρόφιμα θα μπορούσαν να προωθήσουν την υγεία είχε ως αποτέλεσμα τον επινόηση του όρου λειτουργικά τρόφιμα, αν και λείπει η συμφωνία για το τι είναι και τι δεν είναι λειτουργικό φαγητό. Το δημόσιο ενδιαφέρον για τα λειτουργικά τρόφιμα αυξάνεται λόγω του υψηλότερου κόστους της υγειονομικής περίθαλψης. την έγκριση ομοσπονδιακής νομοθεσίας που επηρεάζει πολλές κατηγορίες τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της διευρυμένης κατηγορίας συμπληρωμάτων διατροφής και πρόσφατες επιστημονικές ανακαλύψεις που συνδέουν τις διατροφικές συνήθειες με την ανάπτυξη πολλών ασθενειών, συμπεριλαμβανομένης της στεφανιαίας νόσου και ορισμένων καρκίνων. Έχει προταθεί μια ποικιλία τροφών που παρέχουν οφέλη για την υγεία αλλάζοντας μία ή περισσότερες φυσιολογικές διαδικασίες.

Απαιτούνται βιοδείκτες για την αξιολόγηση της ικανότητας των λειτουργικών τροφών ή των βιοδραστικών συστατικών τους να τροποποιούν την ασθένεια και να αξιολογούν την ικανότητα αυτών των τροφίμων να προάγουν την υγεία, την ανάπτυξη και την ευημερία. Τα στοιχεία δείχνουν ότι αρκετοί βιοδείκτες μπορεί να είναι χρήσιμοι για τη διάκριση μεταξύ των ασθενειών και των ασθενειών και ακόμη και για την πρόβλεψη μελλοντικής ευαισθησίας σε ασθένειες. Πιθανώς θα χρειαστεί μια ποικιλία βιοδεικτών για την ανάπτυξη ενός προφίλ για ένα άτομο που αντικατοπτρίζει τον αντίκτυπο της διατροφής στην απόδοση και την υγεία. Ένας άλλος τομέας ενδιαφέροντος είναι η αλληλεπίδραση των θρεπτικών ουσιών και η σύνδεσή τους με τη γενετική. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να εξηγούν τις ασυνεπείς συσχετίσεις που παρατηρούνται μεταξύ συγκεκριμένων διατροφικών συστατικών και της συχνότητας εμφάνισης ασθένειας. Η καλύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η διατροφή επηρεάζει το γενετικό δυναμικό ενός

ατόμου, τη συνολική απόδοση και την ευαισθησία σε ασθένειες μπορεί να έχει τεράστιες επιπτώσεις στην κοινωνία, καθώς γίνονται νέες ανακαλύψεις σε αυτόν τον τομέα. (Αποστολοπούλου, 2016)

2.4 Δραστικά στοιχεία

Οι ευεργετικές επιδράσεις των λειτουργικών τροφίμων στον άνθρωπο οφείλονται την ύπαρξη κάποιων συστατικών τα οποία ονομάζονται βιοενεργά. Με τον όρο βιοενεργά συστατικά εννοούμε εκείνα τα οποία έχουν μελετηθεί και υπάρχουν επαρκώς επιστημονικά δεδομένα και στοιχεία με τα οποία έχει γίνει γνωστό ότι έχουν τη δυνατότητα να επιτελέσουν μία συγκεκριμένη λειτουργία μέσα στον οργανισμό.

Πρόκειται για ουσίες που βρίσκονται σε συμβατικά τρόφιμα και έχει αποδειχθεί μέσα από μελέτες ότι συμβάλλουν στη βελτίωση της υγείας μέσω της μείωσης κινδύνου εμφάνισης ασθενειών ή βελτίωση των λειτουργιών του σώματος. Παράδειγμα τέτοιων ουσιών αποτελούν τα μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά συστατικά (βιταμίνες λιπαρά οξέα) ή φυτοχημικές ουσίες πολυφαινόλες ταννίνες. Τα βιοενεργά συστατικά μπορούν να βρεθούν και σε συμβατικά φυτικά τρόφιμα και ζωικά.

Τέλος τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες απομόνωσης και ενσωμάτωσης πολλών βιοενεργών συστατικών κάποιων τροφίμων εντός τροφίμων. (Κουτελιδάκης Ε. Αντώνιος, 2015)

Πίνακας 2.4.1 Βασικά βιοενεργά συστατικά (εκτός βιταμινών και μετάλλων), φυσικής πηγής προέλευσής αυτών και δράσης τους για την υγεία (Κουτελιδάκης, 2015)

Βιοενεργά Συστατικά	Φυσικές Πηγές	Πλεονεκτήματα Υγείας
Καροτενοειδή		
α-καροτένιο	καρότα	Εξουδετέρωση ελευθέρων ριζών και προστασία κυττάρων από οξειδώσεις
β-καροτένιο	φρούτα, λαχανικά	Εξουδετέρωση ελευθέρων ριζών
Λουτεΐνη	πράσινα λαχανικά	Συμβολή στη διατήρηση της υγείας της όρασης
Λυκοπένιο	τομάτες, σάλτσες	Μείωση του κινδύνου για καρκίνο του προστάτη
Ζεαξανθίνη	αυγά, καλαμπόκι, εσπεριδοειδή	Συμβολή στη διατήρηση υγιούς όρασης
Διαιτητικές ίνες		
Αδιάλυτες ίνες	πίτουρο σίτου	Μείωση κινδύνου καρκίνου του μαστού και του παχέους εντέρου
β-γλυκάνη	βρώμη	Μείωση κινδύνου εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων
Διαλυτές ίνες	φυτό psyllium	Μείωση κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων

Λιπαρά οξέα		
ω-3 λιπαρά οξέα (DHA/EPA)	τόνος, λιπαρά ψάρια, ιχθυέλαια	Μείωση του κινδύνου καρδιαγγειακών και βελτίωση των διανοητικών και των οπτικών λειτουργιών
Λινελαϊκό οξύ	ελαιόλαδο, τυριά	Μείωση του κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων, μέσω βελτίωσης της σύστασης των λιποπρωτεϊνών
Φλαβονοειδή		
Ανθοκυανιδίνες	φρούτα, λαχανικά	Αντιοξειδωτική δράση (εξουδετέρωση ελ. ριζών, μείωση κινδύνου εμφάνισης εκφυλιστικών ασθενειών)
Κατεχίνες	τσάι, φρούτα, σοκολάτα	Αντιοξειδωτική δράση
Φλαβονόνες	φρούτα, λαχανικά	Αντιοξειδωτική δράση
Φλαβόνες	φρούτα, λαχανικά	Αντιοξειδωτική δράση
Φαινολικά οξέα		
Καφεϊκό οξύ	φρούτα, λαχανικά	Αντιοξειδωτική δράση
Φερουλικό οξύ	φρούτα, λαχανικά	Αντιοξειδωτική δράση
Φυτοστερόλες – Στανόλες		
Σιτοστερόλη-στανόλη, στιγμαστερόλη, Καμπεστερόλη	σόγια, σιτάρι, καλαμπόκι	Μείωση της πιθανότητας εμφάνισης στεφανιαίας νόσου, μέσω της μείωσης των επιπέδων της LDL χοληστερόλης στο αίμα
Πρεβιοτικά - Προβιοτικά		
Φρουτοολιγοσακχαρίτες	κρεμμύδια	Βελτίωση της γαστρεντερικής λειτουργίας
Γαλακτοβάκιλλοι	γαλακτοκομικά, γιαούρτι	Βελτίωση της γαστρεντερικής λειτουργίας
Φυτοιστρογόνα		
Ισοφλαβόνες (γενιστεΐνη, ντανζεΐνη)	καρποί σόγιας και τροφές με βάση της σόγιας	Μείωση των μετεμμηνοπαυσιακών συμπτωμάτων, αντιοξειδωτική δράση
Λιγνίνες	λινάρι, σίκαλη, λαχανικά	Προστασία από τα καρδιαγγειακά, μέσω της μείωσης της LDL χοληστερόλης και των τριγλυκεριδίων
Ταννίνες		
Προανθοκυανιδίνες	μούρα, κακάο, σοκολάτα	Βελτίωση λειτουργίας του ουροποιητικού, μείωση του κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων
Σουλφίδια		
Αλλυλικά, μεθυλικά, τρισουλφίδια	σταυρανθή λαχανικά (κουνουπίδι, μπρόκολο)	Μείωση της LDL χοληστερόλης

2.5 Οφέλη στην υγεία

Τα λειτουργικά τρόφιμα μπορεί να προσφέρουν οφέλη στην υγεία, αλλά δεν πρέπει να αντικαθιστούν πλήρως μια ποικίλη και ισορροπημένη διατροφή καθώς και έναν υγιεινό τρόπο ζωής. Ο ρόλος τους είναι να αποτελούν μέρος μιας υγιεινής διατροφής που περιλαμβάνει μια ποικιλία φρούτων και λαχανικών (φυσικά λειτουργικά τρόφιμα) και ενός σωστού τρόπου ζωής, το οποίο σημαίνει αποφυγή καπνίσματος και ενασχόληση με κάποια σωματική δραστηριότητα. (British Nutrition Foundation, 2018)

Τα συντριπτικά στοιχεία από δεδομένα επιδημιολογικών, in vivo, in vitro και κλινικών δοκιμών δείχνουν ότι μια φυτική διατροφή μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο χρόνιας νόσου, ιδιαίτερα καρκίνου. Πολλές επιδημιολογικές μελέτες έδειξαν ότι ο κίνδυνος καρκίνου σε άτομα που καταναλώνουν δίαιτες με υψηλή περιεκτικότητα σε φρούτα και λαχανικά ήταν μόνο το μισό από εκείνους που κατανάλωναν λίγα από αυτά τα τρόφιμα. Είναι πλέον σαφές ότι υπάρχουν συστατικά σε μια φυτική διατροφή εκτός από τα παραδοσιακά θρεπτικά συστατικά που μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο καρκίνου. Εντοπίστηκαν περισσότερες από δώδεκα κατηγορίες αυτών των βιολογικά ενεργών φυτικών χημικών, γνωστές τώρα ως «φυτοχημικά». Οι επαγγελματίες στον τομέα της υγείας αναγνωρίζουν σταδιακά το ρόλο των φυτοχημικών στη βελτίωση της υγείας, εν μέρει με τη βοήθεια του Νόμου περί Διατροφής και Εκπαίδευσης του 1990 (NLEA). Η NLEA απαιτούσε επισήμανση διατροφής για τα περισσότερα τρόφιμα και επιτρεπόμενα μηνύματα που σχετίζονται με ασθένειες ή υγεία στις ετικέτες τροφίμων. (Steinmetz, Potter, 1991)

Τα λειτουργικά τρόφιμα σχετίζονται με διάφορα πιθανά οφέλη για την υγεία:

- **Μπορούν να αποτρέψουν τις ελλείψεις θρεπτικών συστατικών**

Τα λειτουργικά τρόφιμα έχουν συνήθως υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, όπως βιταμίνες, μέταλλα, υγρή λίπη και φυτικές ίνες. Η συμπλήρωση της διατροφής σας με μια ποικιλία λειτουργικών τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων τόσο συμβατικών όσο και εμπλουτισμένων τροφίμων, μπορεί να βοηθήσει στη λήψη των θρεπτικών συστατικών που χρειαζόμαστε και στην προστασία από ελλείψεις σε θρεπτικά συστατικά. Στη πραγματικότητα, από την εισαγωγή των εμπλουτισμένων τροφίμων, ο επιπολασμός των ελλείψεων σε θρεπτικά συστατικά έχει μειωθεί σημαντικά σε όλο τον κόσμο. Για παράδειγμα, μετά την εισαγωγή του αλευριού σιταριού εμπλουτισμένου με σίδηρο στην Ιορδανία, τα ποσοστά αναιμίας ανεπάρκειας σιδήρου στα παιδιά μειώθηκαν σχεδόν στα μισά. Η οχύρωση έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για την πρόληψη άλλων καταστάσεων που προκαλούνται από ελλείψεις σε θρεπτικά συστατικά, όπως ραχίτιδα, βρογχοκήλη και γενετικές ανωμαλίες.

- **Μπορούν να προστατεύσουν από ασθένειες**

Τα λειτουργικά τρόφιμα παρέχουν σημαντικά θρεπτικά συστατικά που μπορούν να βοηθήσουν στην προστασία από ασθένειες. Πολλά είναι ιδιαίτερα πλούσια σε αντιοξειδωτικά. Αυτά τα μόρια βοηθούν στην εξουδετέρωση επιβλαβών ενώσεων γνωστών ως ελεύθερων ριζών, βοηθώντας στην πρόληψη της βλάβης των κυττάρων και ορισμένων χρόνιων παθήσεων, συμπεριλαμβανομένων των καρδιακών παθήσεων, του καρκίνου και του διαβήτη. Ορισμένες λειτουργικές τροφές έχουν επίσης υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα ωμέγα-3, έναν υγιή τύπο λίπους που φαίνεται να μειώνει τη φλεγμονή, να ενισχύει τη λειτουργία του εγκεφάλου και να προάγει την υγεία της καρδιάς. Άλλοι τύποι είναι πλούσιοι σε φυτικές ίνες, οι οποίες μπορούν να προωθήσουν τον καλύτερο έλεγχο του σακχάρου στο αίμα και να προστατεύσουν από

καταστάσεις όπως ο διαβήτης, η παχυσαρκία, οι καρδιακές παθήσεις και το εγκεφαλικό. Οι ίνες μπορούν επίσης να βοηθήσουν στην πρόληψη των πεπτικών διαταραχών, όπως εγκολπωματίτιδα, έλκη στομάχου, αιμορροΐδες και παλινδρόμηση οξέος. Μπορεί να προωθήσει τη σωστή ανάπτυξη. Ορισμένα θρεπτικά συστατικά είναι απαραίτητα για τη σωστή ανάπτυξη και ανάπτυξη σε βρέφη και παιδιά. Η απόλαυση ενός ευρέος φάσματος λειτουργικών τροφών πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά ως μέρος μιας υγιεινής διατροφής μπορεί να βοηθήσει στην εξασφάλιση της κάλυψης των διατροφικών αναγκών.

Επιπλέον, μπορεί να είναι ωφέλιμο να συμπεριληφθούν τρόφιμα που είναι εμπλουτισμένα με συγκεκριμένα θρεπτικά συστατικά που είναι σημαντικά για την ανάπτυξη και την ανάπτυξη. Για παράδειγμα, τα δημητριακά, τα δημητριακά και τα αλεύρια συχνά εμπλουτίζονται με βιταμίνες Β όπως το φολικό οξύ, το οποίο είναι απαραίτητο για την υγεία του εμβρύου. Τα χαμηλά επίπεδα φολικού οξέος μπορούν να αυξήσουν τον κίνδυνο ελαττωμάτων του νευρικού σωλήνα, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν τον εγκέφαλο, τον ωτιαίο μυελό ή τη σπονδυλική στήλη.

Εκτιμάται ότι η αύξηση της κατανάλωσης φολικού οξέος θα μπορούσε να μειώσει τον επιπολασμό των ελαττωμάτων του νευρικού σωλήνα κατά 50-70%. Άλλα θρεπτικά συστατικά που βρίσκονται συνήθως σε λειτουργικά τρόφιμα παίζουν επίσης βασικούς ρόλους στην ανάπτυξη και ανάπτυξη, συμπεριλαμβανομένων των ωμέγα-3 λιπαρών οξέων, σιδήρου, ψευδαργύρου, ασβεστίου και βιταμίνης Β12. Αυτά τα τρόφιμα όχι μόνο τροφοδοτούν το σώμα σας με τις βιταμίνες και τα μέταλλα που χρειάζεται, αλλά και υποστηρίζουν τη συνολική υγεία. Τροποποιημένα, ενισχυμένα λειτουργικά τρόφιμα μπορούν επίσης να ταιριάζουν σε μια ισορροπημένη διατροφή. (Μερόπη Κοντογιάννη, Μαρία Γιαννακούλια, Καλλιόπη Καρατζή, 2015)

Τα πιο γνωστά λειτουργικά τρόφιμα είναι:

Βρώμη. Τα προϊόντα βρώμης είναι μια ευρέως μελετημένη διατροφική πηγή διαλυτών ινών β-γλυκάνης που μειώνουν τη χοληστερόλη. Υπάρχει πλέον σημαντική επιστημονική συμφωνία ότι η κατανάλωση αυτής της συγκεκριμένης φυτικής τροφής μπορεί να μειώσει τη χοληστερόλη ολικής και χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης (LDL), μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο στεφανιαίας νόσου (CHD). Μελέτες αποκάλυψαν στατιστικά σημαντικές μειώσεις της συνολικής και LDL-χοληστερόλης σε υπερχοληστερολαιμικά άτομα που καταναλώνουν είτε μια τυπική αμερικανική διαίτα είτε διαίτα με χαμηλά λιπαρά. Η ημερήσια ποσότητα πίτουρου βρώμης ή πλιγούρι βρώμης που καταναλώθηκε στις παραπάνω μελέτες κυμαινόταν από 34 g έως 123 g. Η Quaker Oats, η μεγαλύτερη βιομηχανία παραγωγής βρώμης, καθόρισε ότι θα απαιτηθούν 3 g β-γλυκάνης για να επιτευχθεί μείωση κατά 5% της χοληστερόλης στον ορό, ποσότητα ισοδύναμη με περίπου 60 g πλιγούρι βρώμης ή 40 g πίτουρου βρώμης (ξηρό βάρος). Έτσι, ένα τρόφιμο που φέρει τον ισχυρισμό υγείας πρέπει να περιέχει 13 g πίτουρου βρώμης ή 20 g πλιγούρι βρώμης και να παρέχει, χωρίς εμπλουτισμό, τουλάχιστον 1,0 g β-γλυκάνης ανά μερίδα.

Σόγια. Η σόγια ήταν εμφανίστηκε κατά τη δεκαετία του 1990. Όχι μόνο η σόγια είναι μια πρωτεΐνη υψηλής ποιότητας, όπως εκτιμάται από τη μέθοδο του FDA "Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score", θεωρείται τώρα ότι παίζει προληπτικούς και θεραπευτικούς ρόλους στην καρδιαγγειακή νόσο (CVD), τον καρκίνο, την οστεοπόρωση και την ανακούφιση της εμμηνόπαυσης. συμπτώματα. Η μείωση της χοληστερόλης στη σόγια είναι το πιο καλά τεκμηριωμένο φυσιολογικό αποτέλεσμα. Μια μετα-ανάλυση του 1995 σε 38 ξεχωριστές μελέτες (που περιελάμβαναν 743 άτομα) διαπίστωσε ότι η κατανάλωση πρωτεΐνης σόγιας είχε ως αποτέλεσμα σημαντικές μειώσεις της ολικής χοληστερόλης (9,3%), της LDL χοληστερόλης

(12,9%) και των τριγλυκεριδίων (10,5%), με μικρή αλλά ασήμαντη αύξηση (2,4%) της χοληστερόλης λιποπρωτεΐνης υψηλής πυκνότητας (HDL).

Η ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης έδειξε ότι το κατώφλι της πρόσληψης σόγιας στο οποίο τα αποτελέσματα στα λιπίδια του αίματος έγιναν σημαντικά ήταν 25 g. Όσον αφορά το συγκεκριμένο συστατικό που είναι υπεύθυνο για τη δράση της σόγιας στη μείωση της χοληστερόλης, η πρόσφατη προσοχή επικεντρώθηκε στις ισοφλαβόνες. Οι ισοφλαβόνες, ωστόσο, δεν ήταν αποτελεσματικές στη μείωση της χοληστερόλης σε δύο πρόσφατες μελέτες.

Η Protein Technologies International (PTI), υπέβαλε αίτηση στο FDA για ισχυρισμό υγείας σχετικά με προϊόντα που περιέχουν πρωτεΐνες σόγιας που σχετίζονται με μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης CHD. Με βάση ένα αποτελεσματικό ημερήσιο επίπεδο 25 g πρωτεΐνης σόγιας, η PTI πρότεινε ότι η ποσότητα της πρωτεΐνης σόγιας που απαιτείται για να χαρακτηριστεί ένα μεμονωμένο τρόφιμο για να φέρει τον ισχυρισμό υγείας είναι 6,25 g με τουλάχιστον 12,5 mg συνολικής ισοφλαβόνης (μορφή αγλυκόνης) ανά ποσό αναφοράς συνήθως καταναλώνεται. (Fen-Jin He, Jin-Qiang, Chen, 2013)

Η FDA αποδέχθηκε την αναφορά του PTI και βρίσκεται στη διαδικασία διαμόρφωσης ενός προτεινόμενου κανόνα. Αρκετές κατηγορίες αντικαρκινογόνων έχουν εντοπιστεί στη σόγια, συμπεριλαμβανομένων των αναστολέων πρωτεάσης, των φυτοστερολών, των σαπωνινών, των φαινολικών οξέων, του φυτικού οξέος και των ισοφλαβονών. Από αυτές, οι ισοφλαβόνες (genistein και daidzein) είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτες επειδή η σόγια είναι η μόνη σημαντική διατροφική πηγή αυτών των ενώσεων. Οι ισοφλαβόνες είναι ετεροκυκλικές φαινόλες δομικά παρόμοιες με τα οιστρογονικά στεροειδή. Επειδή είναι ασθενή οιστρογόνα, οι ισοφλαβόνες μπορούν να δράσουν ως αντιοιστρογόνα, ανταγωνιζόμενοι τα πιο ισχυρά, φυσικά ενδογενή οιστρογόνα (π.χ. 17b-οιστραδιόλη) για σύνδεση με τον υποδοχέα οιστρογόνου. Αυτό μπορεί να εξηγήσει γιατί οι πληθυσμοί που καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες σόγιας (π.χ. Νοτιοανατολική Ασία) έχουν μειωμένο κίνδυνο καρκίνου που εξαρτάται από τα οιστρογόνα.

Ωστόσο, τα επιδημιολογικά δεδομένα σχετικά με την πρόσληψη σόγιας και τον κίνδυνο καρκίνου είναι ασυνεπή προς το παρόν. Μέχρι σήμερα, δεν υπάρχουν δημοσιευμένες κλινικές δοκιμές παρέμβασης που να διερευνούν το ρόλο της σόγιας στη μείωση του κινδύνου καρκίνου. Η σόγια μπορεί επίσης να ωφελήσει την υγεία των οστών. Μια πρόσφατη κλινική μελέτη που περιελάμβανε 66 γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση που διεξήχθησαν στο Πανεπιστήμιο του Ιλινόις διαπίστωσε ότι 40 g απομονωμένης πρωτεΐνης σόγιας (ISP) την ημέρα (που περιέχει 90 mg συνολικής ισοφλαβόνες) αυξήθηκαν σημαντικά (περίπου 2%) και τα δύο περιεκτικότητα σε οστά και πυκνότητα στην οσφυϊκή μοίρα μετά από 6 μήνες. Η θεωρία ότι η σόγια μπορεί να ανακουφίσει τα συμπτώματα της εμμηνόπαυσης οφείλεται στην παρατήρηση ότι οι ασιατικές γυναίκες αναφέρουν σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα εξάψεων και νυχτερινών εφιδρώσεων σε σύγκριση με τις δυτικές γυναίκες. Πιο πρόσφατα, 60 γραμμάρια ISP καθημερινά για 3 μήνες μείωσαν τις εξάψεις κατά 45% σε 104 μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Αν και αυτές οι θεραπείες είναι συναρπαστικές, υπάρχει ένα σημαντικό αποτέλεσμα εικονικού φαρμάκου σε αυτές τις μελέτες. (Fen-Jin He, Jin-Qiang, Chen, 2013)

Λιναρόσπορος. Μεταξύ των κυριότερων ελαίων σπόρου, το λιναρόσπορο περιέχει το περισσότερο (57%) του ωμέγα-3 λιπαρού οξέος, ένα-λινολενικό οξύ. Η πρόσφατη έρευνα, ωστόσο, έχει επικεντρωθεί πιο συγκεκριμένα σε ενώσεις που σχετίζονται με ίνες γνωστές ως λιγνάνες. Οι δύο πρωτογενείς λιγνάνες θηλαστικών, η εντεροδιόλη και το προϊόν οξείδωσης αυτής, η εντερολακτόνη, σχηματίζονται στην εντερική οδό μέσω βακτηριακής δράσης επί των

προδρόμων λιγνάνων των φυτών. Ο λιναρόσπορος είναι η πλουσιότερη πηγή προδρόμων λιγνίνης θηλαστικών. (G. Gallardo, L. Guida, V. Martinez, MC. López, 2013)

Επειδή η εντεροδιόλη και η εντερολακτόνη είναι δομικά παρόμοια τόσο με τα φυσικά απαντώμενα όσο και με τα συνθετικά οιστρογόνα και έχουν αποδειχθεί ότι έχουν ασθενώς οιστρογονικές και αντιοιστρογονικές δραστηριότητες, μπορεί να διαδραματίσουν ρόλο στην πρόληψη των εξαρτώμενων από οιστρογόνα καρκίνων. Ωστόσο, δεν υπάρχουν επιδημιολογικά δεδομένα και σχετικά λίγες μελέτες σε ζώα για την υποστήριξη αυτής της υπόθεσης. Στα τρωκτικά, ο λιναρόσπορος έχει αποδειχθεί ότι μειώνει τους όγκους του παχέος εντέρου και του μαστού καθώς και του πνεύμονα. Λιγότερες μελέτες έχουν αξιολογήσει τις επιπτώσεις της σίτισης λιναρόσπορου σε δείκτες κινδύνου για καρκίνο στον άνθρωπο. Ωστόσο η λήψη 10 g λιναρόσπορου ανά ημέρα προκάλεσε αρκετές ορμονικές αλλαγές που σχετίζονται με μειωμένο κίνδυνο καρκίνου του μαστού.

Επίσης διαπιστώθηκε ότι η απέκκριση λιγνάνης στα ούρα ήταν σημαντικά χαμηλότερη σε μετεμμηνοπαυσιακούς ασθενείς με καρκίνο του μαστού σε σύγκριση με τους μάρτυρες που έτρωγαν μια φυσιολογική μικτή ή γαλακτοκομική διατροφή. Η κατανάλωση λιναρόσπορου έχει επίσης αποδειχθεί ότι μειώνει την ολική και LDL χοληστερόλη, καθώς και τη συσσώρευση αιμοπεταλίων. (G. Gallardo, L. Guida, V. Martinez, MC. López, 2013)

Ντομάτες. Επιλεγμένο από το περιοδικό Eating Well ως το λαχανικό της χρονιάς του 1997, οι ντομάτες έχουν λάβει σημαντική προσοχή τα τελευταία τρία χρόνια λόγω του ενδιαφέροντος για το λυκοπένιο, το κύριο καροτενοειδές που βρίσκεται σε αυτόν τον καρπό, και τον ρόλο του στη μείωση του κινδύνου καρκίνου. Σε μια προοπτική μελέτη ανδρών, εκείνοι που κατανάλωναν προϊόντα ντομάτας 10 ή περισσότερες φορές την εβδομάδα είχαν λιγότερο από το μισό τον κίνδυνο ανάπτυξης προχωρημένου καρκίνου του προστάτη. (Y. P.A. Silva, B.C. Borba, V.A. Pereira, 2019)

Είναι ενδιαφέρον ότι το λυκοπένιο είναι το πιο άφθονο καροτενοειδές στον προστάτη αδένα. Άλλοι καρκίνοι των οποίων ο κίνδυνος έχουν αντιστρόφως συσχετιστεί με επίπεδα λυκοπενίου στον ορό ή στους ιστούς περιλαμβάνουν το στήθος, το πεπτικό σύστημα, τον τράχηλο, την ουροδόχο κύστη και το δέρμα και πιθανώς πνεύμονα. Οι προτεινόμενοι μηχανισμοί με τους οποίους το λυκοπένιο μπορεί να επηρεάσει τον κίνδυνο καρκίνου σχετίζονται με την αντιοξειδωτική του λειτουργία. Το λυκοπένιο είναι το πιο αποτελεσματικό σβήσιμο οξυγόνου σε βιολογικά συστήματα. (Y. P.A. Silva, B.C. Borba, V.A. Pereira, 2019)

Σκόρδο. Το σκόρδο (*Allium sativum*) είναι πιθανώς το βότανο που αναφέρεται ευρέως στη βιβλιογραφία για τις φαρμακευτικές ιδιότητες. Επομένως, δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι το σκόρδο έχει καταταχθεί ως το δεύτερο καλύτερο βότανο στις Ηνωμένες Πολιτείες τα τελευταία δύο χρόνια. Τα υποτιθέμενα οφέλη για την υγεία του σκόρδου είναι πολυάριθμα, συμπεριλαμβανομένων των χημειοπροληπτικών καρκίνων, των αντιβιοτικών, των αντι-υπερτασικών και των ιδιοτήτων μείωσης της χοληστερόλης. Η χαρακτηριστική γεύση και οξύτητα του σκόρδου οφείλονται στην αφθονία των λιποδιαλυτών και υδατοδιαλυτών στοιχείων που περιέχουν θείο, τα οποία είναι επίσης πιθανώς υπεύθυνα για τις διάφορες φαρμακευτικές επιδράσεις που αποδίδονται σε αυτό το φυτό. Ωστόσο, άθικτοι, ανενόχλητοι βολβοί σκόρδου περιέχουν μόνο λίγα φαρμακευτικά ενεργά συστατικά. Ο άθικτος βολβός σκόρδου περιέχει ένα άοσμο αμινοξύ, alliin, το οποίο μετατρέπεται ενζυματικά από alliinase σε allicin όταν συνθλίβονται τα γαρίφαλα σκόρδου. Αυτή η τελευταία ένωση είναι υπεύθυνη για τη χαρακτηριστική οσμή του φρέσκου σκόρδου. Η αλικίνη στη συνέχεια αποσυντίθεται αυθόρμητα για να σχηματίσει πολλές ενώσεις που περιέχουν θείο, μερικές από τις οποίες έχουν διερευνηθεί

για τη χημειοπροληπτική τους δράση. Έχει αποδειχθεί ότι τα συστατικά του σκόρδου αναστέλλουν την ογκογένεση σε αρκετά πειραματικά μοντέλα.

Ωστόσο, πρόσθετες αναφορές έχουν δείξει ότι το σκόρδο είναι αναποτελεσματικό. Τα ασαφή αποτελέσματα πιθανόν οφείλονται στις διαφορές στον τύπο των ενώσεων σκόρδου ή στα παρασκευάσματα που χρησιμοποιούνται από διάφορους ερευνητές. Έχει αποδειχθεί σημαντική διακύμανση της ποσότητας των οργανοσουλφικών ενώσεων που διατίθενται σε φρέσκα και εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα σκόρδου. Αρκετές επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι το σκόρδο μπορεί να είναι αποτελεσματικό στη μείωση του κινδύνου καρκίνου στον άνθρωπο. Μια σχετικά μεγάλη έρευνα ελέγχου περίπτωσης που διεξήχθη στην Κίνα έδειξε μια ισχυρή αντίστροφη σχέση μεταξύ του κινδύνου καρκίνου του στομάχου και της αύξησης της πρόσληψης αλλίου. (H.A.R. Suleria, M.S. Butt, N. Khalid, S. Sultan, 2015)

Προς το παρόν, δεν είναι σαφές ποιο συστατικό στο σκόρδο είναι υπεύθυνο για τη μείωση της χοληστερόλης. 12 εβδομάδες θεραπεία με σκόρδο ήταν αναποτελεσματική στη μείωση των επιπέδων χοληστερόλης σε άτομα με υπερχοληστερολαιμία. Προς το παρόν, δεν είναι σαφές ποιο συστατικό στο σκόρδο είναι υπεύθυνο για τη μείωση της χοληστερόλης. (H.A.R. Suleria, M.S. Butt, N. Khalid, S. Sultan, 2015)

Κράνμπερι. Ο χυμός των βακκίνιων έχει αναγνωριστεί ως αποτελεσματικός στη θεραπεία λοιμώξεων του ουροποιητικού συστήματος ότι αυτός ο πλούσιος σε βενζοϊκό οξύ καρπός προκάλεσε οξίνιση των ούρων. Οι πρόσφατες έρευνες επικεντρώθηκαν στην ικανότητα του χυμού των βακκίνιων να αναστέλλει την προσκόλληση του *Escherichia coli* στα ουροεπιθηλιακά κύτταρα. Αυτό το φαινόμενο έχει αποδοθεί σε δύο ενώσεις: τη φρουκτόζη και μια μη πολυδιαλυτή ένωση. Η τελευταία ένωση, που στη συνέχεια απομονώθηκε από χυμούς βακκίνιων και βατόμουρου, βρέθηκε να αναστέλλει προσκολλητίνες που υπάρχουν στο χείλος της επιφάνειας ορισμένων παθογόνων *E.coli*. Τα αποτελέσματα της πρώτης τυχαιοποιημένης, διπλής-τυφλής, ελεγχόμενης με εικονικό φάρμακο κλινικής δοκιμής που υπογράφηκε για να προσδιοριστεί η επίδραση ενός εμπορικού ποτού χυμού βακκίνιων στις λοιμώξεις του ουροποιητικού συστήματος. Εκατόν πενήντα τρεις ηλικιωμένες γυναίκες που καταναλώνουν 300 mL ποτό βακκίνιων ανά ημέρα είχαν μειώσει σημαντικά (58%) τη συχνότητα εμφάνισης βακτηριουρίας με πυουρία σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου μετά από έξι μήνες. Με βάση τα αποτελέσματα αυτών των μελετών, οι επικρατούσες πεποιθήσεις σχετικά με τα οφέλη του χυμού των βακκίνιων στο ουροποιητικό σύστημα φαίνεται δικαιολογημένες. (K. Kowalska, A. Olejnik, 2016)

Τσάι. Το τσάι είναι το δεύτερο μόνο μετά το νερό ως το πιο ευρέως καταναλώνεται ποτό στον κόσμο. Έχει δοθεί μεγάλη προσοχή στα πολυφαινόλικα συστατικά του τσαγιού, ιδιαίτερα στο πράσινο τσάι. Οι πολυφαινόλες αποτελούν έως και το 30% του συνολικού ξηρού βάρους των φρέσκων φύλλων τσαγιού. Οι κατεχίνες είναι οι κυρίαρχες και πιο σημαντικές από όλες τις πολυφαινόλες τσαγιού. Οι τέσσερις κύριες κατεχίνες πράσινου τσαγιού είναι η επιγαλλοκατεχίνη-3-γαλλική, η επιγαλλοκατεχίνη, η επικατεχίνη-3-γαλλική και η επικατεχίνη. Τα τελευταία χρόνια, υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον για τις φαρμακολογικές επιδράσεις του τσαγιού. Μέχρι στιγμής, οι περισσότερες έρευνες σχετικά με τα οφέλη για την υγεία του τσαγιού έχουν επικεντρωθεί στις χημειοπροληπτικές επιδράσεις του καρκίνου, αν και οι επιδημιολογικές μελέτες δεν είναι επί του παρόντος πειστικές. Σε μια ανασκόπηση 100 επιδημιολογικών μελετών, περίπου τα 2/3 των μελετών δεν βρήκαν καμία σχέση μεταξύ της κατανάλωσης τσαγιού και του κινδύνου καρκίνου, ενώ 20 βρήκαν μια θετική σχέση-πλοίο και μόνο 14 μελέτες διαπίστωσαν ότι η κατανάλωση τσαγιού μειώθηκε κίνδυνος καρκίνου. Μια πιο πρόσφατη ανασκόπηση δείχνει ότι τα οφέλη από την κατανάλωση τσαγιού περιορίζονται στις υψηλές προσλήψεις σε πληθυσμούς υψηλού κινδύνου. (S. Gaur, R. Agnihotri, 2014)

2.6 Ισχυρισμοί υγείας

Τα τελευταία χρόνια οι καταναλωτές είναι περισσότερο ενημερωμένοι σε θέματα υγείας και επιθυμούν περισσότερες πληροφορίες για τα τρόφιμα που αγοράζουν. Παράλληλα, η βιομηχανία τροφίμων θέλει να εκμεταλλευτεί τις εξελίξεις στην επιστήμη των τροφίμων και να επενδύσει σε καινοτόμα προϊόντα. Ωστόσο μόνο ένα τρόφιμο που αποδίδει επιτυχημένα τα οφέλη που έχει στην υγεία, με έναν κατανοητό τρόπο στον καταναλωτή, είναι κίνητρο για την βιομηχανία τροφίμων (Palou et al, 2003). Ωστόσο ο πραγματικός σκοπός των ισχυρισμών υγείας είναι να ωφελήσουν τους καταναλωτές μέσω των πληροφοριών που διαθέτουν σε αντίθεση με τις βιομηχανίες που έχουν ως στόχο να προωθήσουν και να πουλήσουν τα προϊόντα τους μέσω των ισχυρισμών αυτών.

Επίσης οι ισχυρισμοί υγείας που περιέχονται στα τρόφιμα παρουσιάζουν πληροφορίες σχετικά με κάποια υγιεινά πρότυπα τα οποία στη συνέχεια μπορούν να βοηθήσουν στην μείωση τυχόν καρδιαγγειακών νοσημάτων, καρκίνου, οστεοπόρωσης και υψηλής αρτηριακής πίεσης. Άλλη μία λειτουργία αυτών των ισχυρισμών είναι αποκαλύπτουν την σχέση ενός θρεπτικού συστατικού σε ένα τρόφιμο ή κάποιων άλλων ουσιών σχετικά με μία ασθένεια. Η θεμελιώδης αρχή που προσδιορίζει τους ισχυρισμούς ή επιδράσεις υγείας, είναι ότι πρέπει αυτοί να είναι επιστημονικά αποδεδειγμένοι, να μην είναι ασαφείς και τέλος να είναι ξεκάθαροι για τον καταναλωτή. Παρόλα αυτά, ο όρος «ισχυρισμοί υγείας» από μόνος του έχει διαφορετικούς ορισμούς στις διάφορες χώρες. Πιθανώς ο πιο αποδεκτός ορισμός είναι του Κώδικα Alimentarius (Codex Alimentarius): «...οποιαδήποτε έκφραση που δηλώνει, προτείνει ή υποδηλώνει ότι ένα τρόφιμο έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τα οποία σχετίζονται με την προέλευση, τις θρεπτικές ιδιότητες, τη φύση, την παραγωγή, την επεξεργασία, τη σύσταση ή κάποια άλλη ιδιότητα...».

Η οδηγία 90/496/EEC του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου, για τους κανόνες αναγραφής των διατροφικών στοιχείων στις ετικέτες, περιλαμβάνει τον ορισμό του «θρεπτικού ισχυρισμού» (nutrition claim) σαν: «κάθε έκφραση και διαφημιστικό μήνυμα το οποίο δηλώνει, προτείνει ή υποδηλώνει ότι ένα τρόφιμο έχει συγκεκριμένες διατροφικές ιδιότητες που αποδίδονται σε κάποιο ενεργό ή/και θρεπτικό συστατικό» (EEC, 1990). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η απουσία συγκεκριμένης οδηγίας για τους ισχυρισμούς των τροφίμων, έχει σαν αποτέλεσμα τα κράτη – μέλη της να μπορούν να μεταφράζουν διαφορετικά την υπάρχουσα νομοθεσία για τις ετικέτες (EC, 2000).

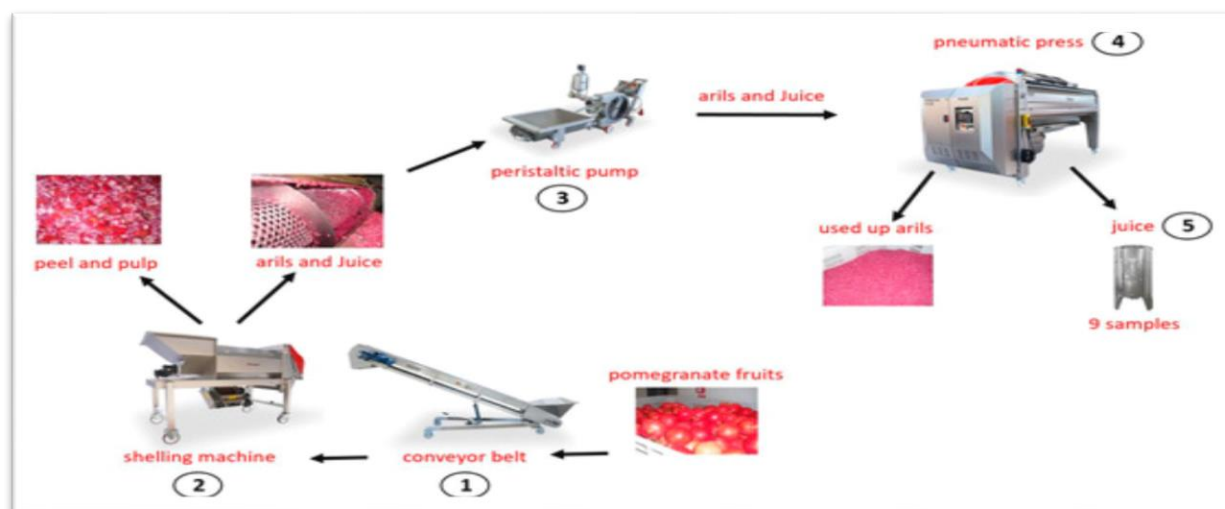
3. ΡΟΔΙ ΚΑΙ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ

3.1 Σημασία αξιοποίησης παραπροϊόντων λειτουργικών τροφίμων για το περιβάλλον

Καθόλη τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας και επεξεργασίας φρούτων, παράγονται μεγάλες ποσότητες υποπροϊόντων, οι οποίες δημιουργούν τεράστια κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Η ανάπτυξη στρατηγικών για την αντιμετώπιση/αξιοποίηση των υποπροϊόντων αποτελεί λύση στα παραπάνω ζητήματα και μπορεί να επιφέρει κέρδος στην βιομηχανική εμπορία. Τα βιομηχανικά απόβλητα χωρίζονται σε στερεά και υγρά, τα οποία μέσω κατάλληλων διαδικασιών μπορούν να μετατραπούν σε προϊόντα προστιθέμενης αξίας. Στην παρούσα πιλοτική μελέτη ασχοληθήκαμε με τα στερεά και τα υγρά απόβλητα του ροδιού. Κατά την παράγωγή χυμού παράγονται μεγάλες ποσότητες υποπροϊόντων/ αποβλήτων με κύριο τις φλούδες, καθώς αποτελούν το 50 - 70 % του καρπού. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση των υποπροϊόντων που προκύπτουν, αναφέρθηκε πως από 100 kg ροδιών που χυμοποιούνται, τα 37 kg αποτελούν τα βιομηχανικά απόβλητα. Πέρα από την οικονομική και περιβαλλοντική σημασία των υποπροϊόντων, το όφελος που μπορούν να προσφέρουν, με την κατάλληλη επεξεργασία, τα συστατικά τους στην υγεία είναι αρκετά μεγάλο. (Athanasia M. Goula, Harris N. Lazarides, 2015)

3.2 Τεχνολογία παραγωγής χυμού ροδιού

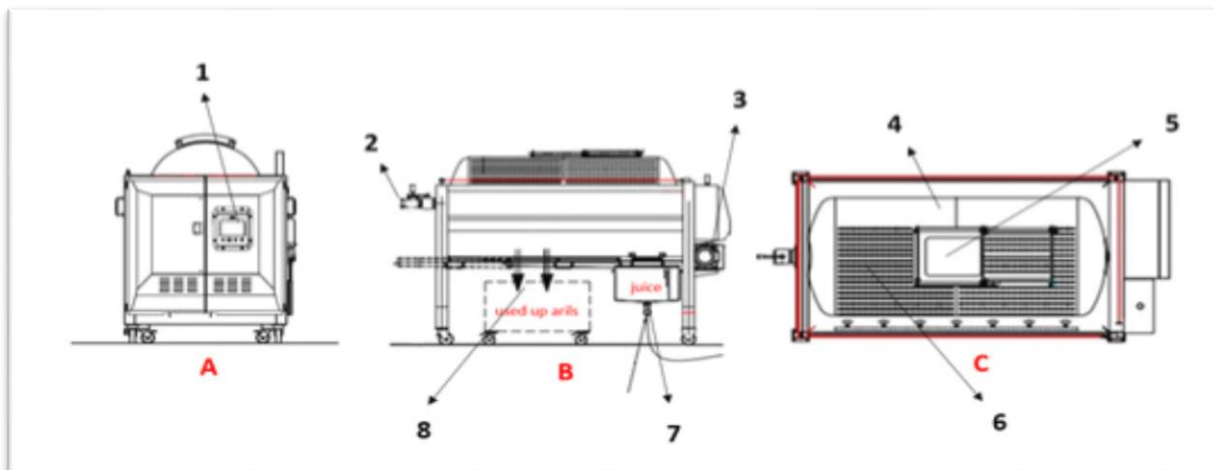
Το εργοστάσιο συνεχούς κύκλου που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία φρούτων κατά τη διάρκεια των δοκιμών εντοπίστηκε στο Migel srl, μια βιομηχανία τροφίμων στην επαρχία του Παλέρμιο της Ιταλίας. Αποτελείται κυρίως από μια μηχανή ξεφλουδίσματος (μοντέλο VEGA-80, 13,8 kW), μια περισταλτική αντλία (μοντέλο PRS 18, 4,0 kW, 1075 rpm, 30-180 hL / h) και μια πνευματική πρέσα (μοντέλο SF22) όπως φαίνεται στο σχήμα 2. Όλα τα μηχανήματα κατασκευάστηκαν από την Puleo srl, Marsala, Ιταλία. Ο παραγόμενος χυμός ροδιού απευθύνεται στην αγορά για φρέσκια κατανάλωση.



Εικόνα 3.2.1. «Συνοπτικά τα στάδια της παραγωγής χυμού ροδιού»
(Hasan Vardin, Hasan Fenercioglu, 2003)

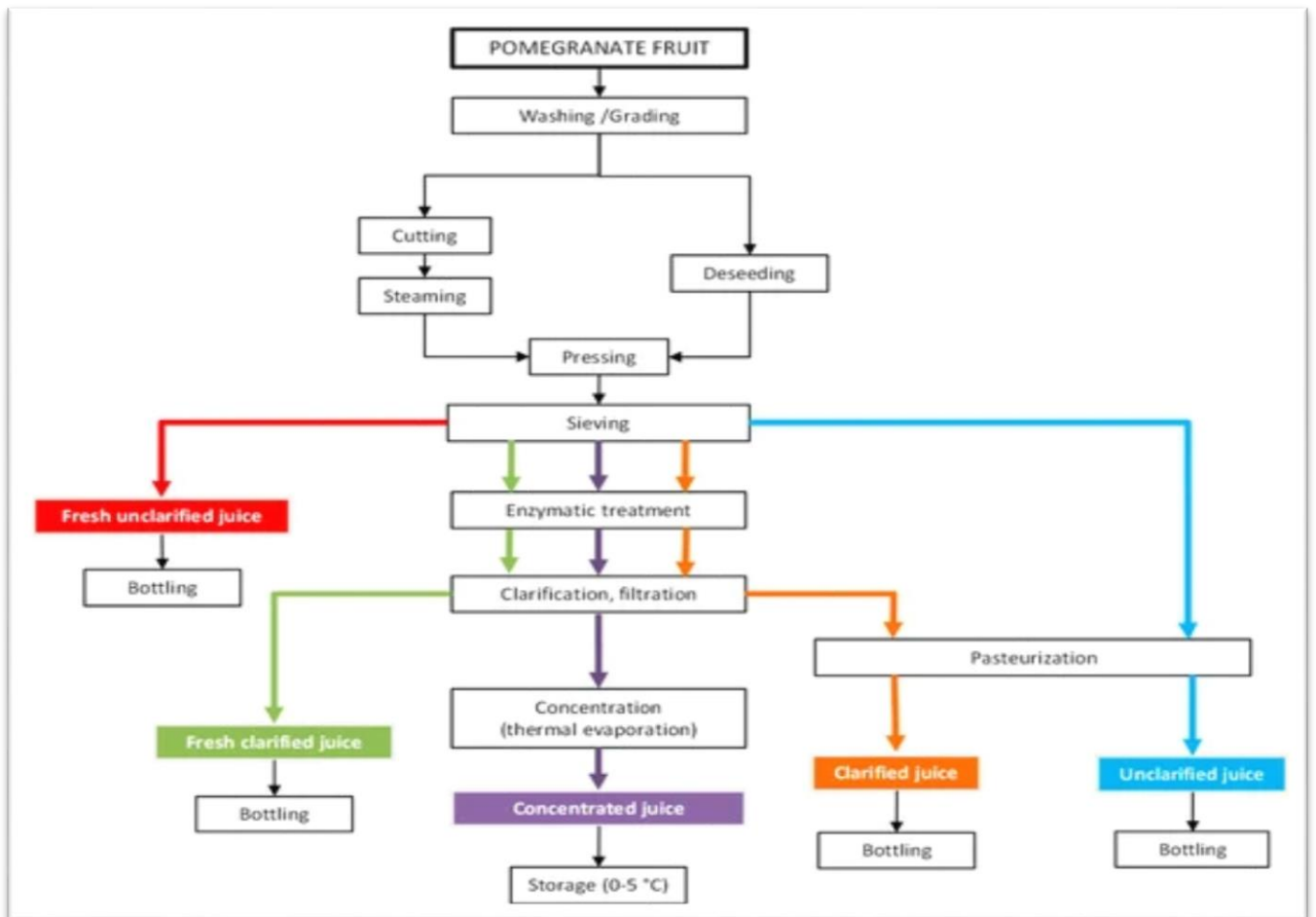
Οι καρποί που μεταφέρονται μέσα σε τρυπημένους κάδους απορρίπτονται σε μια δεξαμενή, από την οποία ένας κεκλιμένος μεταφορικός ιμάντας τους μετακινεί μέσα σε μια μηχανή ξεφλουδίσματος. Αυτό το μηχάνημα αποτελείται από έναν τρυπημένο κύλινδρο διαμέτρου 0,80 m, εντός του οποίου οι περιελίξεις του κελύφους προσανατολίζονται κατά μήκος μιας σπείρας πάνω σε έναν άξονα. Ο κύλινδρος και ο άξονας έχουν αντίθετη ταχύτητα περιστροφής 30 και 300 rpm, αντίστοιχα. Τα φρούτα χτυπιούνται από τα κουρδιστήρια, έτσι ώστε να ανοίγουν και να ξεφλουδίζουν. Επομένως, τα πηνία προβάλλονται στην πλαϊνή επιφάνεια του κυλίνδρου και διασχίζουν τις οπές του (διάμετρος 18/22 mm), ενώ τα υπόλοιπα φρούτα, δηλαδή, φλούδα και πολτός, ρίχνονται έξω από την περιστροφή των περιελίξεων. Τα arils και μέρος του εκχυλισμένου χυμού συλλέγονται μέσα σε μια δεξαμενή, τοποθετημένη στο κάτω μέρος της μηχανής, από την οποία, μέσω μιας περισταλτικής αντλίας, μετακινούνται σε πνευματική πρέσα. Αυτή η αντλία διαθέτει ανοξείδωτο ατσάλι δομή AISI 304 και εσωτερικό σωλήνα, κατασκευασμένο από καουτσούκ τροφίμων και κατάλληλο για υγρά και ημι-πυκνά προϊόντα. Η αντλία είναι εξοπλισμένη με ρυθμιστή συχνότητας, επιτρέποντας τη ρύθμιση του ρυθμού ροής. (Hasan Vardin, Hasan Fenercioglu, 2003)

Η Εικόνα 3.2.2 δείχνει τα κύρια συστατικά μέρη του SF22 Drain Membrane Press που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή του χυμού από τα arils. (Pietro Catania, Antonio Comparetti, Claudio De Pasquale, 2020)



Εικόνα 3.2.2 (Α) πρόσοψη. (Β) πλάγια όψη (C) κάτωψη. (1) πίνακας ελέγχου, (2) αξονική φόρτωση, (3) κιβώτιο ταχυτήτων, (4) κλειστός κύλινδρος, (5) διαφάνειες κλείστρου, (6) διάτρητος κύλινδρος (7) δεξαμενή από ανοξείδωτο χάλυβα, (8) εκφόρτωση εξαντλημένων τόξων.

Αυτή η πνευματική πρέσα, που δεν απαιτεί ελάχιστο φορτίο, αποτελείται από στροφαλοθάλαμο από ανοξείδωτο χάλυβα, που καλύπτει δεξαμενή από ανοξείδωτο χάλυβα, πόρτα, πλαίσιο, μεμβράνη βαρέως τύπου και αξονική βαλβίδα τροφοδοσίας. Η πρέσα διαθέτει χειροκίνητη ή αυτόματη λειτουργία, 12 προγραμματιζόμενους κύκλους, 12 βήματα που πρέπει να ρυθμιστούν σε κάθε κύκλο και έναν ενσωματωμένο συμπιεστή. Η πλευρική επιφάνεια του κυλίνδρου πρέσας έχει διάτρητο τμήμα και κλειστό. Μια μεμβράνη, τοποθετημένη στο κλειστό μέρος, διογκώνεται από τον αέρα που παράγεται από τον συμπιεστή και, επομένως, ωθεί τα πηνία προς το διάτρητο τμήμα του κυλίνδρου, με την εξαγωγή του χυμού ροδιού. Ο χυμός βγαίνει μέσα από τις τρύπες και μεταφέρεται μέσα σε ανοξείδωτη δεξαμενή, τοποθετημένη στο κάτω μέρος του κυλίνδρου. Μετά την εκχύλιση χυμού με πίεση, τα χρησιμοποιημένα πηνία ρίχνονται έξω μέσω του ανοίγματος δύο διαφανειών διαφράγματος, τοποθετημένων στο τρυπημένο τμήμα του κυλίνδρου. (Pietro Catania, Antonio Comparetti, Claudio De Pasquale, 2020)



Εικόνα 3.3.3: Διαδικασία επεξεργασίας ροδιού από φρούτο έως τελικό προϊόν (C. Conidi, E. Drioli, A. Cassano, 2020)

3.3 Χημική σύσταση υποπροϊόντων ροδιού

3.3.1 Γενική αναφορά υποπροϊόντων

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής χυμού ροδιού παράγονται, μεγάλες ποσότητες υποπροϊόντων. Υποπροϊόντα, χαρακτηρίζονται τα προϊόντα τα οποία προκύπτουν/παράγονται από την επεξεργασία ενός κύριου προϊόντος και πρωταρχικός σκοπός δεν είναι η παραγωγή αυτών. Αυτά είναι ο φλοιός του καρπού, οι σπόροι (από arils), η πούλπα (πολτός) και το κατακάθι. Σύμφωνα με διάφορες έρευνες, τα υποπροϊόντα του ροδιού φαίνεται να είναι πλούσια πηγή βιοενεργων συστατικών. Η φλούδα φαίνεται να είναι η κύρια πηγή φλαβονοειδών, αλκαλοειδών και ταννινών και επιβεβαιώνεται η πλούσια φαινολική σύσταση της και η ύπαρξη σημαντικών φαινολικών ενώσεων. Αναλυτικότερη χημική σύσταση της φλούδας και του σπόρου παρουσιάζεται παρακάτω.



Εικόνα 3.3.1.1 «Μέρη ροδιού» (Γαστρονόμος, 2017)

3.3.2 Χημική σύσταση φλούδας

Ο φλοιός αντιπροσωπεύει το 50 - 70 % του συνολικού βάρους του καρπού, ενώ καλύπτεται εσωτερικά από δίκτυο μεμβρανών, οι οποίες καταλαμβάνουν το 26-30% του συνολικού βάρους. Έρευνες έχουν δείξει τη παρουσία φαινολικών υψηλού μοριακού βάρους (ελλαγιτανίνες, φλαβονοειδή, προανθοκυανιδίνες, σύνθετοι πολυσακχαρίτες) και μικροστοιχείων με αντι-μεταλλαξιογόνες, αντιοξειδωτικές, αντιμικροβιακές και αποπτωτικές δράσεις.

Γενικότερα, ολόκληρος ο καρπός είναι μια πλούσια πηγή φαινολικών ουσιών υψηλού μοριακού βάρους, αλλά η φλούδα αποτελεί την πιο πλούσια πηγή, καθώς η συγκέντρωση της είναι η μεγαλύτερη σε σχέση με τα υπόλοιπα ανατομικά μέρη του καρπού. Τα φλαβονοειδή αποτελούν περίπου το 0,2-1,0 % του βάρους του καρπού. Ειδικότερα στη φλούδα, τα φλαβονοειδή και οι υδρολύσιμες ταννίνες επικρατούν. Από τα φλαβονοειδή, οι ανθοκυανίνες μαζί με τις φλαβαν-3-όλες βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση, στις οποίες οφείλονται και τα λαμπερά χρώματα του καρπού. Το 30 % των ολικών ανθοκυανινών του φρούτου βρίσκεται στη φλούδα. Η συγκέντρωσή τους αυξάνεται ή μειώνεται ανάλογα με το στάδιο της ωρίμανσης. Οι ανθοκυανίνες απαντώνται στο ρόδι με τη μορφή γλυκοζιτών με άγλυκα της δελφινιδίνης, κυανιδίνης και πελαργονιδίνης ενώ αντίθετα οι φλαβαν-3-όλες σε μη γλυκοζυλιωμένη μορφή, συμπεριλαμβανομένης της κατεχίνης, επικατεχίνης, επιγαλο-κατεχίνης και τα παράγωγα τους. Επίσης, φλαβόνες και φλαβονόλες απαρτίζουν τα κύρια φλαβονοειδή στο περικάρπιο ως γλυκοζίτες της λουτεολίνης, καμπιφερόλης, καρκετίνης, απιγενίνης και νερα(ι)νζίνης. Όσον αφορά τις υδρολύσιμες ταννίνες, οι ελλαγιτανίνες είναι οι κύριες υδρολύσιμες ταννίνες του φλοιού. Οι ελλαγιτανίνες είναι υψηλού μοριακού βάρους υδατοδιαλυτές φαινολικές ουσίες, όπου κατά την υδρόλυση τους παράγουν βιολογικά συναφή υποπροϊόντα. Η υδρόλυση τους αποδίδει ελλαγικό οξύ. (K.M. Maria John, Arvind A. Bhagwat, Devanand L. Luthria, 2017)

Πιο συγκεκριμένα κατά την υδρόλυση απελευθερώνεται εξα-υδροξυ-διφαινιλοκαρβοξυλικό οξύ, το οποίο μέσω της λακτονοποίησης μεταξύ των ομάδων καρβοξυλίου και υδροξυλίου

βιοσυνθέτουν ελλαγικό οξύ. Οι ομάδες του υδροξυλίου του ελλαγικού οξέος υποκαθίστανται για να σχηματιστούν διάφορα παράγωγά του. Το ελλαγικό οξύ είναι σταθερό μονομερές με υψηλή αντιοξειδωτική ισχύς που βρίσκεται σε όλα τα μέρη του ροδιού, αλλά το ποσοστό συγκέντρωσής του στο φλοιό μπορεί να είναι μεγαλύτερο από 0.2 %. Η πουνικαλαγίνη είναι μοναδική στο ρόδι και αποτελεί μέρος της οικογένειας των ελλαγιταννινών, οι οποίες περιλαμβάνουν πιο μικρές ταννίνες που χαρακτηρίζονται από καλή υδατοδιαλυτότητα. Υδρολύεται σε μικρότερες πολυφαινολικές ενώσεις στο λεπτό έντερο υπό φυσιολογικές συνθήκες. Αυτή και οι μεταβολίτες τους είναι οι πιο ερευνημένες (K.M. Maria John, Arvind A. Bhagwat, Devanand L. Luthria, 2017). Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε χυμό ροδιού που έχει προέλθει από ολόκληρο το φρούτο καταγράφηκε μεγάλη ποσότητα πουνικαλαγίνης (1500 με 1900 mg / L), ενώ μόνο ίχνη βρέθηκαν στο χυμό από arils. Αυτό αποδεικνύει πως η φλούδα είναι μοναδική και πλούσια πηγή αυτής της ταννίνης.

3.3.3 Χημική σύσταση καρπού

Οι σπόροι είναι τα απόβλητα που προκύπτουν από την επεξεργασία ολόκληρου του φρούτου. Περιβάλλονται από μία ημιδιάφανη μεμβράνη κόκκινου χρώματος, η οποία περιλαμβάνει τον χυμό. Δημιουργείται ένας «σάκος» που ονομάζεται aril (αποτελεί το 50 % του φρούτου) και είναι το βρώσιμο μέρος του καρπού. Οι σπόροι καταλαμβάνουν το 10 - 12 % του συνολικού βάρους του σάκου και περίπου 40-100 γρ. ανά κιλό ολόκληρου του καρπού, πράγμα που ποικίλλει ανάλογα με την ποικιλία και τον τρόπο καλλιέργειας. (C. Dimou, A. Koutelidakis, 2006)

Η χημική σύνθεση των σπόρων είναι πλούσια και περιέχει σάκχαρα, πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, βιταμίνες, πολυσακχαρίτες, πολυφαινόλες και ανόργανα άλατα. Σε σπορους από τη Βραζιλία έγινε μέτρηση τυπικής χημικής σύστασης και παρατηρήθηκε περιεκτικότητα υδατανθράκων 43,97 %, υγρασία 38,3 % και υψηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια της τάξεως του 14,06 %. Οι σπόροι είναι πλούσια πηγή λιπιδίων (τα συνολικά λιπίδια αποτελούν το 12-20 % του βάρους του σπόρου) και περιέχουν σε υψηλές συγκεντρώσεις πολυακόρεστα (n-3) λιπαρά οξέα. Σε έλαιο σπόρου, ο Yuan κ.ά. χρησιμοποιώντας χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (TLC) διαπίστωσε ότι τα συνολικά λιπίδια αποτελούνταν κυρίως από τριγλυκερίδια (TG). Κατά τον ίδιο τρόπο, οι Lansky και Newman κατέγραψαν ότι το 95 % του ελαίου του σπόρου αποτελείται από λιπαρά οξέα, εκ των οποίων το 99 % είναι τριγλυκερίδια. Η σύνθεση των τριγλυκεριδίων δεν είναι ίδια πάντα, όμως κάποια πρότυπα έχουν καταγραφεί και είναι τα εξής CLnA - CLnA - CLnA και CLnA - CLnA-P. (Ephraim P. Lansky, Robert A. Newman, 2007)

Το 80 % της περιεκτικότητας του ελαίου καταλαμβάνεται από συζευγμένα οκταδεκατριονικά λιπαρά οξέα υψηλής περιεκτικότητας σε cis, trans, cis - Δ - 9, 11, 13 οξέα, όπως για παράδειγμα το πουνικό οξύ. Κατά τη διάρκεια της έρευνάς για τη σύνθεση του ελαίου, αποδείχθηκε πως η σύσταση των λιπαρών οξέων αποτελείται κυρίως από πουνικό οξύ (περίπου το 50 %). Το πουνικό οξύ (γνωστό και ως τριχοσανικό) είναι ένα ω-5 πολυακόρεστο λιπαρό οξύ μακράς αλυσίδας και ένα ισομερές α-λινολενικού οξέος (CLnA). Δομικά μοιάζει με το συζευγμένο λινολενικό οξύ (CLA) και το α-λινολενικό οξύ (LNA) στην σύνθεση του άνθρακα, την ατομική διάταξη και τον αριθμό των διπλών δεσμών. Ορισμένες δευτερεύουσες ενώσεις παρατηρούνται επίσης, όπως οι στερόλες, τα στεροειδή, οι τοκοφερόλες και τα σερεβροσοειδή. Σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στο έλαιο υπάρχουν οι φυτοστερόλες (4,1-6,2 M mg/kg) κυρίως ως β-σιτοστερόλη, καμπεστερόλη και στιγμαστερόλη. Τοκοφερόλες επίσης υπάρχουν κυρίως ως α-τοκοφερόλη (161-170 mg/100 gr) και γ-τοκοφερόλη (80-93 mg/100 gr). Το εξωτερικό του σπόρου (περιτύλιγμα) αποτελείται από λιγνίνη και πιθανότατα από μερικά αντιοξειδωτικά παράγωγα της

καθώς και από υδροξυβενζοϊκά/κινναμικά οξέα και ισοφλαβόνες. (Ephraim P. Lansky, Robert A. Newman, 2007)

Η σύνθεση των λιπαρών οξέων εκφράζεται ως ποσοστό των συνολικών λιπαρών οξέων και αποτυπώνεται στον πίνακα που ακολουθεί. Παρατηρείται πως η σύνθεση διαφέρει σημαντικά από χώρα σε χώρα, πράγμα που οφείλεται στην ποικιλία, τις κλιματικές συνθήκες, τον τρόπο καλλιέργειας κ.ά. σπόρους από τη Βραζιλία έγινε μέτρηση τυπικής χημικής σύστασης και παρατηρήθηκε περιεκτικότητα υδατανθράκων 43,97 %, υγρασία 38,3 % και υψηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια της τάξεως του 14,06 %. Οι σπόροι είναι πλούσια πηγή λιπιδίων (τα συνολικά λιπίδια αποτελούν το 12-20 % του βάρους του σπόρου) και περιέχουν σε υψηλές συγκεντρώσεις πολυακόρεστα (n-3) λιπαρά οξέα. (C. Dimou, A. Koutelidakis, 2006)

Σε έλαιο σπόρου, χρησιμοποιώντας χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (TLC) διαπίστωσε ότι τα συνολικά λιπίδια αποτελούνταν κυρίως από τριγλυκερίδια (TG). Κατά τον ίδιο τρόπο, το 95 % του ελαίου του σπόρου αποτελείται από λιπαρά οξέα, εκ των οποίων το 99 % είναι τριγλυκερίδια. Η σύνθεση των τριγλυκεριδίων δεν είναι ίδια πάντα, όμως κάποια πρότυπα έχουν καταγραφεί και είναι τα εξής CLnA - CLnA - CLnA και CLnA - CLnA-P. Το 80 % της περιεκτικότητας του ελαίου καταλαμβάνεται από συζευγμένα οκταδεκατριονικά λιπαρά οξέα υψηλής περιεκτικότητας σε cis, trans, cis - Δ - 9, 11, 13 οξέα, όπως για παράδειγμα το πουνικό οξύ.

Κατά τη διάρκεια της έρευνάς του για τη σύνθεση του ελαίου αποδείχθηκε πως η σύσταση των λιπαρών οξέων αποτελείται κυρίως από πουνικό οξύ (περίπου το 50 %). Το πουνικό οξύ (γνωστό και ως τριχοσανικό) είναι ένα ω-5 πολυακόρεστο λιπαρό οξύ μακράς αλυσίδας και ένα ισομερές α-λινολενικού οξέος (CLnA). Δομικά μοιάζει με το συζευγμένο λινολενικό οξύ (CLA) και το α-λινολενικό οξύ (LNA) στην σύνθεση του άνθρακα, την ατομική διάταξη και τον αριθμό των διπλών δεσμών. Ορισμένες δευτερεύουσες ενώσεις παρατηρούνται επίσης, όπως οι στερόλες, τα στεροειδή, οι τοκοφερόλες και τα σερεβροσοειδή. Σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στο έλαιο υπάρχουν οι φυτοστερόλες (4,1 - 6,2 M mg / kg) κυρίως ως β-σιτοστερόλη, καμπεστερόλη και στιγμαστερόλη. Τοκοφερόλες επίσης υπάρχουν κυρίως ως α-τοκοφερόλη (161 - 170 mg / 100 gr) και γ-τοκοφερόλη (80 - 93 mg / 100 gr). Το εξωτερικό του σπόρου (περιτύλιγμα) αποτελείται από λιγνίνη και πιθανότατα από μερικά αντιοξειδωτικά παράγωγα της καθώς και από υδροξυβενζοϊκά/κινναμικά οξέα και ισοφλαβόνες. Η σύνθεση των λιπαρών οξέων εκφράζεται ως ποσοστό των συνολικών λιπαρών οξέων και αποτυπώνεται στον πίνακα που ακολουθεί. Τέλος παρατηρείται πως η σύνθεση διαφέρει σημαντικά από χώρα σε χώρα, πράγμα που οφείλεται στην ποικιλία, τις κλιματικές συνθήκες, τον τρόπο καλλιέργειας κ.ά. (Ephraim P. Lansky, Robert A. Newman, 2007)

3.3.4 Χημική σύσταση χυμού

Ο χυμός του ροδιού απορροφάται εξαιρετικά από τον οργανισμό, διεγείρει την όρεξη, ρυθμίζει την πεπτική δραστηριότητα, αυξάνει την αιμοσφαιρίνη ενώ έχει διουρητική, αντιφλεγμονώδη και αντισηπτική δράση. Συνεπώς το βρώσιμο μέρος του ροδιού (50%) αποτελείται από 40% arils και 10% σπόρους. Τα Arils περιέχουν 85% νερό, 10% συνολικά σάκχαρα, κυρίως φρουκτόζη και γλυκόζη, και 1,5% πηκτίνη, οργανικό οξύ, όπως ασκορβικό οξύ, κιτρικό οξύ και μηλικό οξύ, και βιοδραστικές ενώσεις όπως φαινολικά και φλαβονοειδή, κυρίως ανθοκυανίνες.

Κατά συνέπεια ο χυμός περιέχει δελφινιδιν-3-γλυκοσίδη, κυανιδιν-3-γλυκοσίδη, δελφινιδιν-3,5-διγλυκοζίτη, κυανιδίνη-3,5-διγλυκοζίτη, pelargonidin-3,5-διγλυκοζίτη, pelargonidin-3-γλυκοζίτη με η δελφινιδίνη-3,5-διγλυκοσίδη είναι η κύρια ανθοκυανίνη στον χυμό ροδιού. Το 12-20% του

συνολικού βάρους των σπόρων του ροδιού περιλαμβάνει σπορέλαιο και είναι ιδιοκατοικημένο με περισσότερο από το 70% των συζευγμένων λινολενικών οξέων. Το συστατικό λιπαρού οξέος του σπόρου ροδιού περιλαμβάνει πάνω από 95% του ελαίου, εκ των οποίων το 99% είναι τριακυλογλυκερόλες. Μικρά συστατικά του λαδιού περιλαμβάνουν στερόλες, στεροειδή και βασικό συστατικό θηκών μυελίνης θηλαστικών, εγκεφαλοσίδη. Είναι ενδιαφέρον ότι το πανικό οξύ, το οποίο είναι ένα συζευγμένο ισομερές μοναδικό για το έλαιο ροδιού, αποτελεί το 70-76% του ελαιούχου σπόρου. Οι φαινολικές ενώσεις, μαζί με τα φλαβονοειδή, τις ανθοκυανίνες και τις τανίνες, είναι η κύρια ομάδα αντιοξειδωτικών φυτοχημικών που είναι σημαντικές λόγω των βιολογικών και ελεύθερων ριζικών δραστηριοτήτων σάρωσης. Τα φαινορικά οξέα, τα φλαβονοειδή και οι τανίνες υπάρχουν σε διάφορα μέρη των φρούτων ροδιού και αυτό μπορεί να είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους πολλές από τις μελέτες έδειξαν ότι οι συνδυασμοί εκχυλισμάτων ροδιού από διαφορετικά μέρη του φρούτου ήταν πιο αποτελεσματικοί από ένα μόνο εκχύλισμα.

Σε μια συγκριτική ανάλυση, οι ανθοκυανίνες από ρόδι βρέθηκαν να έχουν υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση από τη βιταμίνη-Ε (α - τοκοφερόλη), β -καροτένιο και ασκορβικό οξύ. Ο Πίνακας 3.3.4.1 αντιπροσωπεύει τα βασικά συστατικά του ροδιού και συγκεκριμένα του χυμού τον οποίο αναλύουμε. (Sreeja Sreekumar, Hima Sithul, Parvathy Muraleedharan, 2014)

Πίνακας 3.3.4.1: Κύρια συστατικά των διαφόρων μερών του ροδιού και των φρούτων. Τα διάφορα μέρη του φυτού ροδιού όπως η φλούδα, η ρίζα, ο φλοιός, το λουλούδι, τα φύλλα και ούτω καθεξής εμφανίζουν διαφορετικά φυτοχημικά

Φλούδα ροδιού	Χυμός ροδιού	Ρίζα και φλοιός ροδιού	Λουλούδι ροδιού	Φύλλα ροδιού	Σπόρος ροδιού
(i) Γαλλικό οξύ	(i) Απλά σάκχαρα			(i) Υδατάνθρακες	(i) 3,3'-δι- <i>O</i> -μεθλοελλαγικό οξύ
(ii) Ellagic acid	(ii) αλειφατικά οργανικά οξέα			(ii) Αναγωγικά σάκχαρα	(ii) 3,3', 4'-τρι- <i>O</i> -μεθολαγγελλικό οξύ
(iii) Punicalin	(iii) γαλλικό οξύ			(iii) Στερόλες	(iii) Ποινικό οξύ (iv) ελαϊκό οξύ
(iv) Punicalagin	(iv) ελλαγικό οξύ	(i) Ελαγτινίνες	(i) Γαλλικά οξέα	(iv) Οι σαπωνίνες	(v) παλμιτικό οξύ
(v) Caffeic acid	(v) κινικό οξύ	(ii) αλκαλοειδή πιπεριδίνης	(ii) Ουρσολικό οξύ	(v) Flavanoids	(vi) στεατικό οξύ
(vi) Ellagitannins	(vi) φλαβονόλες	(iii) αλκαλοειδή πυρρολιδίνης	(iii) Τριτερπειοειδή	(vi) Οι τανίνες	(vii) λιμλαϊκό οξύ
(vii) Pelletierine alkaloids	(vii) αμινοξέα	(iv) αλκαλοειδή Pelletierine	(iv) Λιπαρά οξέα	(vii) Πιπεριδίνη αλκαλοειδή	(viii) στερόλες
(viii) Luteolin (ix) Kaempferol	(viii) οροκτά			(viii) Flavone	(ix) τοκοφερόλες
(x) Quercetin	(ix) EGCG			(ix) γλυκοσίτη	(x) στεροειδή φύλλου
	(x) ασκορβικό οξύ			(x) ελλαγιτανίνες	

4. ΕΥΕΡΓΕΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΠΟΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΡΟΔΙΟΥ

4.1 Γενικά

Με τον όρο βιοενεργά ή βιοδραστικά συστατικά εννοούμε τα συστατικά εκείνα των τροφίμων για τα οποία υπάρχουν επαρκώς τεκμηριωμένα επιστημονικά δεδομένα ότι μπορούν να επιτελέσουν μια συγκεκριμένη λειτουργία εντός του οργανισμού. Πρόκειται για ουσίες που βρίσκονται σε συμβατικά τρόφιμα και που αποδεικνύεται από μελέτες με ζώα, κλινικές και επιδημιολογικές μελέτες ότι συμβάλλουν στη βελτίωση της υγείας μέσω της μείωσης του κινδύνου εμφάνισης ασθενειών ή της βελτίωσης της λειτουργίας των συστημάτων του οργανισμού. Τέτοιες ουσίες αποτελούν τα γνωστά μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά συστατικά (βιταμίνες, λιπαρά οξέα κ.ά.) ή οι φυτοχημικές ουσίες, οι πολυφαινόλες, οι ταννίνες κ.ά. Τα βιοενεργά συστατικά βρίσκονται σε πληθώρα συμβατικών φυτικών και ζωικών λειτουργικών τροφίμων. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί σύγχρονες τεχνολογίες απομόνωσης και ενσωμάτωσης πολλών βιοενεργών συστατικών κάποιων τροφίμων εντός άλλων τροφίμων στα οποία δεν βρίσκονται υπό φυσιολογικές συνθήκες. Με τον τρόπο αυτό εξελίσσεται ραγδαία η βιομηχανική παραγωγή λειτουργικών τροφίμων με βιοενεργά συστατικά. Χυμοί με ω-3 και βιταμίνες, τρόφιμα με β-γλυκάνες και σνακ με αντιοξειδωτικά είναι μερικά μόνο παραδείγματα λειτουργικών τροφίμων με προστιθέμενα βιοδραστικά συστατικά (Αντώνης Κουτελιδάκης, 2015). Τέλος συμπεραίνουμε πως το ρόδι έχει πολύ ενδιαφέρον βιοενεργά συστατικά που αξίζουν περαιτέρω διερεύνηση.

4.2 Αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες

Αρκετές βιολογικές δραστηριότητες του ροδιού έχουν περιγράψει ευρέως στη βιβλιογραφία, αλλά το αντιφλεγμονώδες αποτέλεσμα στη γαστρεντερική οδό δεν έχει αναθεωρηθεί μέχρι τώρα. Ο σκοπός μιας σύγχρονης μελέτης είναι να συνοψίσει τις ενδείξεις υπέρ ή κατά της αποτελεσματικότητας του ροδιού για την αντιμετώπιση φλεγμονωδών καταστάσεων του γαστρεντερικού σωλήνα πιο συγκεκριμένα εξετάζει την αντιφλεγμονώδη δράση του ροδιού στο έντερο. In vivo μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε ολόκληρο το φρούτο ή το χυμό, φλούδα, και τα λουλούδια καταδεικνύουν αντικαρκινικό αποτέλεσμα σε μια ποικιλία ζωικών μοντέλων. Το ελαγικό οξύ ήταν ο κύριος υπεύθυνος για αυτήν την επίδραση, αν και άλλες μεμονωμένες ελαγκαντανίνες θα μπορούσαν να συμβάλουν στη βιολογική δραστηριότητα του μείγματος. Διαφορετικά παρασκευάσματα ροδιού, συμπεριλαμβανομένων εκχυλισμάτων από φλούδες, άνθη, σπόρους και χυμούς, παρουσιάζουν σημαντική αντιφλεγμονώδη δράση στο έντερο. Δεν έχουν βρεθεί κλινικές μελέτες, γεγονός που υποδηλώνει ότι μελλοντικές κλινικές μελέτες είναι απαραίτητες για την αποσαφήνιση των ευεργετικών επιδράσεων του ροδιού στο γαστρεντερικό σωλήνα. παρουσιάζουν σημαντική αντιφλεγμονώδη δράση στο έντερο. Δεν έχουν βρεθεί κλινικές μελέτες, γεγονός που υποδηλώνει ότι μελλοντικές κλινικές μελέτες είναι απαραίτητες για την αποσαφήνιση των ευεργετικών επιδράσεων του ροδιού στο γαστρεντερικό σωλήνα. παρουσιάζουν σημαντική αντιφλεγμονώδη δράση στο έντερο. Δεν έχουν βρεθεί κλινικές μελέτες, γεγονός που υποδηλώνει ότι μελλοντικές κλινικές μελέτες είναι απαραίτητες για την αποσαφήνιση των ευεργετικών επιδράσεων του ροδιού στο γαστρεντερικό σωλήνα. (E. Colombo, E. Sangiovanni, M. Dell'Agli, 2013)

4.3 Αντιμικροβιακές ιδιότητες

Η αντιμικροβιακή δραστηριότητα των εκχυλισμάτων ροδιού έναντι του *S. mutans* ATCC 25175 καρδιογενές στέλεχος και του κλινικού προϊόντος απομόνωσης *R. dentocariosa* Rd1 αξιολογήθηκε με τη μέθοδο του σωλήνα αραίωσης, σύμφωνα με τις οδηγίες του CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute). Η ανάπτυξη του *S. mutans* ATCC 25175 στελέχους και *R. dentocariosa* RD1 κλινικό προϊόν απομόνωσης αναστάλθηκε με μια συγκέντρωση ροδιού εκχύλισμα χυμού ισούται προς 25 $\mu\text{g} / \mu\text{l}$ και 20 $\mu\text{g} / \mu\text{l}$, αντίστοιχα. Ρόδι εκχυλίσματα χυμός έδειξε μια τιμή MBC των 40 $\mu\text{g} / \mu\text{l}$ έναντι *S. mutans* ATCC 25175 και μία τιμή MBC των 140 $\mu\text{g} / \mu\text{l}$ έναντι *R. dentocariosa* RD1

Πίνακας 4.3.1: «Αντιβακτηριακή δραστηριότητα εκχυλισμάτων φρούτων ροδιού κατά του *Streptococcus mutans* και της *Rothia dentocariosa*».

Καρδιογόνα βακτήρια	Ρόδι εκχυλίσματα χυμό ($\mu\text{g} / \mu\text{l}$)		Εκχυλίσματα φλούδας ροδιού ($\mu\text{g} / \mu\text{l}$)		Αμπικιλίνη ($\mu\text{g} / \mu\text{l}$)	
	MIC ^a	MBC ^b	MIK	MBC	MIK	MBC
<i>S. mutans</i> ATCC 25175	25	40	10	15	0,01	0,02
<i>R. dentocariosa</i> Rd1	20	140	10	15	0,04	1.2

^aMIC: ελάχιστη ανασταλτική συγκέντρωση. : ελάχιστη συγκέντρωση βακτηριοκτόνων. ^bMBC

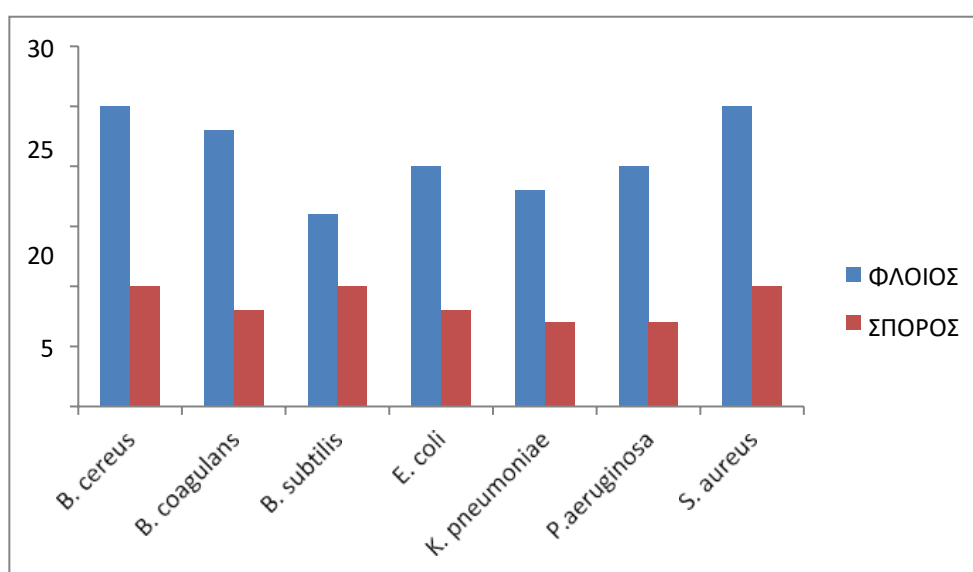
Τα εκχυλίσματα φλούδας επέδειξε μία τιμή MIC 10 $\mu\text{g} / \mu\text{l}$ και μια τιμή MBC των 15 $\mu\text{g} / \mu\text{l}$ έναντι αμφοτέρων των μικροοργανισμών που δοκιμάστηκαν. Και τα δύο βακτήρια που δοκιμάστηκαν σε αυτήν τη μελέτη είναι ευαίσθητα στην αμπικιλίνη. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής έδειξαν ότι ο χυμός ροδιού και τα εκχυλίσματα φλούδας ήταν αποτελεσματικά έναντι των κύριων καρδιογενών παθογόνων όπως το *S. mutans* ATCC 25175 καρδιογενές στέλεχος και το *R. dentocariosa*, Rd1 κλινικό προϊόν απομόνωσης. Η παρούσα έρευνα ήταν σύμφωνη με άλλες μελέτες που αποδεικνύουν ότι οι αντιβακτηριακοί παράγοντες από το φυτό ήταν αποτελεσματικοί στην πρόληψη και την αντίθεση της στοματικής και περιοδοντικής νόσου και της φθοράς των δοντιών.

Τέλος οι *In vitro* μικροβιολογικοί προσδιορισμοί έδειξαν ότι τα εκχυλίσματα φλούδας και χυμού υδρο-αλκοολικού ροδιού (*Punica granatum* L.) είναι ικανά να αντισταθμίσουν τα καρδιογόνα βακτήρια της οδοντικής πλάκας. Στην πραγματικότητα, τα εκχυλίσματα έδειξαν ανασταλτική επίδραση στην ανάπτυξη και την επιβίωση του στελέχους *S. mutans* ATCC 25175 και του *R. dentocariosa* Rd1, που θεωρείται από τους σημαντικότερους αιτιολογικούς παράγοντες της φθοράς των δοντιών. Η έντονα βακτηριοκτόνος δύναμη των εκχυλισμάτων φρούτων ροδιού ενάντια στα από του στόματος καρδιογενή βακτήρια υποδηλώνει περαιτέρω βαθιά διερεύνηση. (Gianmaria Fabrizio Ferrazzano, Elisa Scioscia, Daniela Sateriale, 2017)

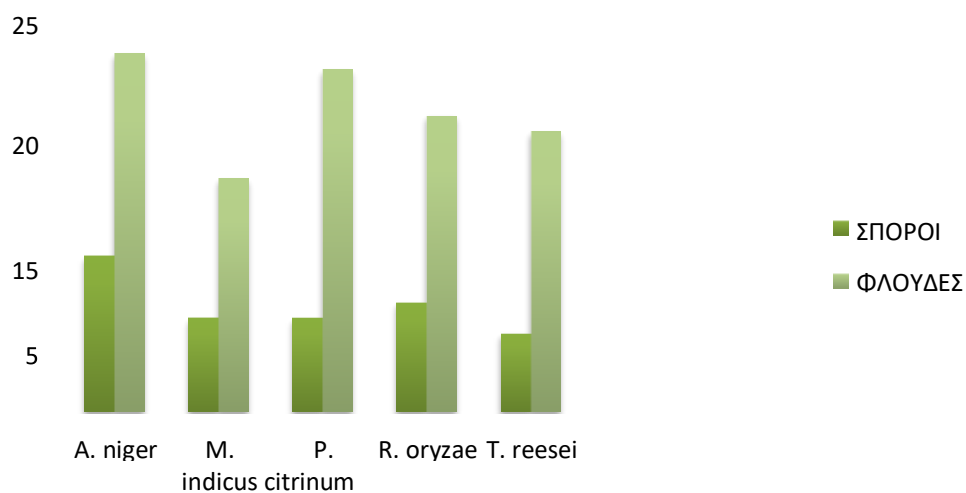
Πίνακας 4.3.2: Αντιβακτηριδιακή δράση εκχυλισμάτων σπόρου και φλοιού έναντι διαφόρων μικροοργανισμών (Amy B. Howell, Doris H. D'Souza, 2013)

ΜΕΡΟΣ ΦΥΤΟΥ	ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ
Φλοιός	<i>B. cereus</i> , <i>B. coagulans</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>E.coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>P. citrinum</i> , <i>P. Roquefortii</i> , <i>A. flavus</i>
Σπόρος	<i>B. subtilis</i> , <i>E.coli</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Πίνακας 4.3.3: Αντιμικροβιακή δράση βακτηρίων (Montes-Rubio, E. Héctor, Fabela-Illescas, 2015)



Πίνακας 4.3.4: Αντιμικροβιακή δράση ζυμομυκήτων (Minakshi et al., 1999)



Η εξής έρευνα των Minakshi et al., επιβεβαιώνει τα παραπάνω αναφερόμενα. Στους δοκιμαστικούς σωλήνες χρησιμοποιήθηκαν ο *Bacillus Subtilis* (ATCC 6633), το *Escherichia coli* (ATCC 10536) και ο *Saccharomyces cerevisiae* (ATCC 9763). Επιβεβαιώνεται η αντιμικροβιακή ιδιότητα του σπόρου ανάμεσα σε 35 φρούτα, λαχανικά και μπαχαρικά σε δόση μόλις 1 mg/ml.

4.4 Αντικαρκινικές ιδιότητες

Το εκχύλισμα ροδιού (PE) είναι ένα τυποποιημένο εκχύλισμα ολικής αλέσεως ροδιού, ένα φρούτο με γνωστές αντικαρκινικές ιδιότητες. Ο καρκίνος του παγκρέατος, μία από τις πιο θανατηφόρες μορφές καρκίνου, είναι η τέταρτη κύρια αιτία θανάτου από καρκίνο και στα δύο φύλα. Η κακή πρόγνωση των ασθενών με καρκίνο του παγκρέατος οφείλεται συχνά στη διάγνωση των τελευταίων σταδίων και στην αναποτελεσματικότητα των τρεχόντων χημειοθεραπευτικών θεραπειών.

Επομένως, απαιτείται ο προσδιορισμός και η ανάπτυξη εναλλακτικών φαρμάκων για τη θεραπεία και την πρόληψη του καρκίνου του παγκρέατος. Οι διατροφικές πηγές είναι μια πολλά υποσχόμενη πηγή νέων θεραπευτικών επιλογών. Το ρόδι (*Punica granatum*) είναι ένα φρούτο που χρησιμοποιείται σε πολλούς πολιτισμούς (το όνομα του γένους, *Punica*, προέρχεται από το ρωμαϊκό όνομα για Καρθαγένη, όπου ήταν γνωστό ότι καλλιεργούνται τα καλύτερα ρόδια) Το ρόδι προέρχεται από την περιοχή της Περσίας και τώρα καλλιεργείται σε ολόκληρη την περιοχή της Μεσογείου, την Ασία και την Αμερική. Το εκχύλισμα ροδιού (PE) αποτελείται από ένα μείγμα διαφόρων φυτοχημικών, συμπεριλαμβανομένων των πανικλαγκινών, μιας κατηγορίας τανινών μοναδικών για τα ρόδια, που έχει αποδειχθεί ότι έχουν ιδιότητες σάρωσης ελεύθερων ριζών.

Το ρόδι έχει εκτιμηθεί σε πολλές κουλτούρες εδώ και χιλιετίες για τις θεραπευτικές του ιδιότητες, όπως αντιφλεγμονώδεις, αντιυπερτασικές και αντιδιαβητικές ιδιότητες. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι το ρόδι είναι ένας ισχυρός αντικαρκινικός παράγοντας που προκαλεί την επαγωγή της απόπτωσης και κυτταρικού κύκλου σύλληψης σε καρκινικά κύτταρα, η αναστολή της πολλαπλής οδού σηματοδότησης σε καρκινικά κύτταρα, inhibition of ογκογένεση σε ζωικά μοντέλα διαφόρων καρκινωμάτων. Αυτές οι ιδιότητες καθιστούν το ρόδι μια πολλά υποσχόμενη πηγή νέων προληπτικών και θεραπευτικών παραγόντων, αλλά οι επιπτώσεις του στον καρκίνο του παγκρέατος δεν έχουν μελετηθεί, από όσο γνωρίζουμε.

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε πλήρως η δραστηριότητα μιας τυποποιημένης, εμπορικά διαθέσιμης και πιστοποιημένης ασφαλούς PE στην ανάπτυξη και βιωσιμότητα ανθρώπινων καρκινικών κυττάρων του παγκρέατος *in vitro*. Για να διασφαλιστεί ότι τα αποτελέσματά μας δεν εξαρτώνταν από τις κυτταρικές σειρές, μελετήθηκαν δύο διαφορετικές κυτταρικές σειρές ανθρώπινου καρκίνου. Έτσι φάνηκε ότι η PE αναστέλλει αποτελεσματικά την ανάπτυξη και τη βιωσιμότητα των καρκινικών κυττάρων του ανθρώπινου παγκρέατος προκαλώντας τη διακοπή του κυτταρικού κύκλου και μειώνει τον φαινότυπο εκκίνησης του όγκου των καρκινικών κυττάρων. Αυτή είναι η πρώτη απόδειξη ότι η PE μπορεί να έχει αποτελεσματικότητα κατά του καρκίνου του παγκρέατος. Αποδείχθηκε πως οι ασθενείς με καρκίνο του παγκρέατος αντιμετωπίζουν μια ζοφερή πρόγνωση, καθώς είναι εξαιρετικά επιθετική και ανθεκτική στη χημειοθεραπευτική, απαιτούνται επομένως νέες θεραπείες. Τα διαιτητικά φρούτα και λαχανικά αποδεικνύονται ότι αποτελούν άφθονη πηγή εναλλακτικών παραγόντων για τη θεραπεία πολλών τύπων καρκίνου. Το ρόδι, που είναι πλούσιο σε φυτοχημικά, έχει μεγάλο ενδιαφέρον για τη

θεραπεία του καρκίνου και πολλές μελέτες έχουν δείξει τα αντικαρκινικά αποτελέσματά του τόσο σε πειράματα *in vitro* όσο και *in vivo* σε διάφορους τύπους καρκίνου, ιδιαίτερα του μαστού, του προστάτη και του πνεύμονα. Ωστόσο, δεν έχουν δημοσιευθεί μελέτες σχετικά με τον καρκίνο του ροδιού και του παγκρέατος, και μόνο μερικές μελέτες σχετικά με την επίδραση των φυτοχημικών στον καρκίνο του παγκρέατος. Τέλος οι αντικαρκινικές επιδράσεις του ροδιού έχουν αποδοθεί στο ελλαγικό οξύ, έναν μεταβολίτη των ελαβιτανινών, μια άφθονη κατηγορία φυτοχημικών στο ρόδι. Άλλα δραστικά πολυφαινολικά συστατικά που έχουν αποδειχθεί ότι έχουν αντικαρκινική δράση περιλαμβάνουν το ουρσολικό οξύ και τη λουτεολίνη. (Vidhya Nair, Zhaoli Dai, Maruf Khan, 2011)

4.5 Αντιδιαβητικές ιδιότητες

Τα αντιδιαβητικά αποτελέσματα του ροδιού οφείλονται κυρίως στις φαινολικές ενώσεις και τις πιθανές ικανότητές τους να ενεργούν ως εξαιρετικά αποτελεσματικοί παράγοντες στον περιορισμό των παραγόντων κινδύνου για διαβήτη. Μελέτες έχουν εξετάσει τη δράση των εκχυλισμάτων ροδιού στην πρόληψη της παχυσαρκίας και της υπερλιπιδαιμίας. Ωστόσο, ο υποκείμενος υπογλυκαιμικός μηχανισμός των πολυφαινολικών περιεχομένων του ροδιού δεν έχει ακόμη διευκρινιστεί πλήρως. Η παρούσα μελέτη διερεύνησε τις μοριακές και βιοχημικές επιδράσεις του υδατικού εκχυλίσματος φρούτων ροδιού σε διαβητικούς αρουραίους που προκαλούνται από Alloxan. Σε διαβητική κατάσταση, η έκκριση και η δράση της ινσουλίνης μειώνονται σημαντικά και οδηγεί σε υπεργλυκαιμία. Η ορμόνη ινσουλίνης αυξάνει την έκφραση των Glut-2 και Glut-4 mRNAs και μετατόπιση πρωτεϊνών σε μεμβράνες πλάσματος σε ιστούς. Στη συνέχεια, η ινσουλίνη ρυθμίζει τους μεσολαβητές που εμπλέκονται στη σύνθεση TG και γλυκογόνου, γλυκονεογένεση και γλυκόλυση. Το ελάττωμα στις οδούς που διεγείρονται από την ινσουλίνη συμβάλλει στη συνεχή υπεργλυκαιμία και οδηγεί σε βλάβη της απόρριψης γλυκόζης και αυξάνει την παραγωγή γλυκόζης. Το εκχύλισμα ροδιού πολυφαινολών αποδεικνύεται ότι μειώνει τα επίπεδα γλυκόζης σε διαβητικές. Οι συγκεντρώσεις PBG, σύμφωνα με τους Ehsan Gharib, Shideh Montasser Kouhsari, αυξήθηκαν 30 λεπτά μετά τη χορήγηση διαλύματος υδατανθράκων σε όλες τις ομάδες και στη συνέχεια μειώθηκαν. Η αύξηση στο επίπεδο PBG στα 30 λεπτά καταργήθηκε σημαντικά στις ομάδες PE + D σε σύγκριση με την ομάδα DC ($P < 0,001$). Υπήρξαν επίσης διαφορές στις τιμές PBG μεταξύ των ομάδων που υποβλήθηκαν σε αγωγή και της ομάδας DC στα 90 και 120 λεπτά μετά τη χορήγηση διαλύματος υδατανθράκων ($P < 0,001$). Η βελτίωση του OGTT μπορεί να οφείλεται στην καταστολή της εντερικής απορρόφησης της γλυκόζης από την ανθοκυανίνη και την κουερσετίνη, οι οποίες θα μπορούσαν να συμβάλουν στον μεταγευματικό γλυκαιμικό έλεγχο και στην αύξηση του σωματικού βάρους.

Συνολικά, τα τρέχοντα αποτελέσματα της μελέτης των Ehsan Gharib, Shideh Montasser Kouhsari αποδεικνύουν ότι η χορήγηση PE βελτιώνει τα επίπεδα συγκέντρωσης γλυκόζης στο αίμα, FFA και TG μέσω βελτίωσης της ευαισθησίας στην ινσουλίνη σε διαβητικούς αρουραίους Wistar που προκαλούνται από το Alloxan. Αυτά τα αποτελέσματα αποκαλύπτονται μέσω της ενίσχυσης της έκφρασης ινσουλίνης και της έκκρισης των β-κυττάρων του παγκρέατος, της αυξημένης έκφρασης των mRNA και των δραστηριοτήτων των IRS-1 και Akt, τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα αυξημένη πρόσληψη γλυκόζης και προάγουν την αποθήκευσή της ακολουθούμενη από διαμόρφωση της διαταραγμένης γλυκόλυσης και λιπόλυσης Αλλοξάνη-διαβητικοί αρουραίοι. (Ehsan Gharib, Shideh Montasser Kouhsari, 2019)

4.6 Αντιγηραντικές ιδιότητες

Οι επιστήμονες εντόπισαν ένα μόριο που, από μόνο του, κατάφερε να αποκαταστήσει την ικανότητα του κυττάρου να ανακυκλώνει τα συστατικά των ελαττωματικών μιτοχονδρίων: ουρολιθίνη Α. «Είναι το μόνο γνωστό μόριο που μπορεί να ξαναρχίσει τη διαδικασία καθαρισμού των μιτοχονδρίων, αλλιώς γνωστή ως μιτοφαγία», λέει ο Patrick Aebischer, συν-συγγραφέας της μελέτης. «Είναι μια εντελώς φυσική ουσία και το αποτέλεσμα είναι ισχυρό και μετρήσιμο».

Η ομάδα των Dongryeol Ryu, Laurent Mouchiroud, Pénélope A. Andreux, ξεκίνησε δοκιμάζοντας την υπόθεσή τους στον συνηθισμένο ύποπτο: τον νηματώδη *C. elegans*. Είναι ένα αγαπημένο θέμα δοκιμής μεταξύ των εμπειρογνομόνων γήρανσης, γιατί μετά από μόλις 8-10 ημέρες θεωρείται ήδη ηλικιωμένος. Η διάρκεια ζωής των σκουληκιών που εκτέθηκαν στην ουρολιθίνη Α αυξήθηκε περισσότερο από 45% σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου.

Αυτά τα αρχικά ενθαρρυντικά αποτελέσματα οδήγησαν την ομάδα να δοκιμάσει το μόριο σε ζώα που έχουν περισσότερα κοινά με τον άνθρωπο. Στις μελέτες τρωκτικών, όπως και με το *C. elegans*, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του αριθμού των μιτοχονδρίων, γεγονός που υποδηλώνει ότι λαμβάνει χώρα μια ισχυρή διαδικασία κυτταρικής ανακύκλωσης. Τα μεγαλύτερα ποντίκια, ηλικίας περίπου δύο ετών, έδειξαν 42% καλύτερη αντοχή ενώ τρέχουν από τα εξίσου παλιά ποντίκια στην ομάδα ελέγχου. Πριν ξεκινήσουν να εφοδιάζουν με ρόδια τα ποντίκια, αξίζει να σημειωθεί ότι ο καρπός δεν περιέχει ο ίδιος το θαυματουργό μόριο, αλλά μάλλον τον πρόδρομο του. Αυτό το μόριο μετατρέπεται σε ουρολιθίνη Α από τα μικρόβια που κατοικούν στο έντερο. Εξαιτίας αυτού, η ποσότητα της παραγόμενης ουρολιθίνης Α μπορεί να ποικίλλει ευρέως, ανάλογα με το είδος του ζώου και τη χλωρίδα που υπάρχει στο μικροβίο έντερο μερικά άτομα δεν παράγουν καθόλου. Εάν είστε ένας από τους άτυχους, είναι πιθανό ο χυμός ροδιού να μην σας κάνει καλό.

Για όσους δεν έχουν τα σωστά μικρόβια στα έντερα τους, ωστόσο, οι επιστήμονες εργάζονται ήδη σε μια λύση. Οι συν-συγγραφείς της μελέτης ίδρυσαν μια νεοσύστατη εταιρεία, την Amazentis, η οποία ανέπτυξε μια μέθοδο για την παροχή λεπτών βαθμονομημένων δόσεων ουρολιθίνης Α. Η εταιρεία διεξάγει επί του παρόντος πρώτες κλινικές δοκιμές που δοκιμάζουν το μόριο σε ανθρώπους σε ευρωπαϊκά νοσοκομεία. Η προσέγγιση των επιστημόνων του EPFL παρέχει μια εντελώς νέα παλέτα ευκαιριών για την καταπολέμηση του μυϊκού εκφυλισμού που λαμβάνει χώρα καθώς γερνάμε, και πιθανώς επίσης για την αντιμετώπιση άλλων επιπτώσεων της γήρανσης. Βοηθώντας τον οργανισμό να ανανεωθεί, η ουρολιθίνη Α θα μπορούσε να πετύχει, όπου τόσα πολλά φαρμακευτικά προϊόντα, τα περισσότερα από τα οποία έχουν προσπαθήσει να αυξήσουν τη μυϊκή μάζα, έχουν αποτύχει.

Ο Andreux, ο οποίος δημοσίευσε επίσης μια πρόσφατη ανακάλυψη σχετικά με τις αντιγηραντικές επιδράσεις ενός άλλου μορίου στο περιοδικό *Science*, υπογραμμίζει τη σημασία του παιχνιδιού που αλλάζει από αυτές τις μελέτες: «Η διατροφική προσέγγιση ανοίγει έδαφος που δεν έχει εξερευνηθεί ποτέ η παραδοσιακή φαρμακευτική αγωγή. Είναι μια πραγματική αλλαγή στο επιστημονικό παράδειγμα». (Dongryeol Ryu, Laurent Mouchiroud, Pénélope A Andreux, 2016)

5. ΒΙΟΔΡΑΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΡΟΔΙΟΥ

5.1 Αντιοξειδωτικά

Με τον όρο αντιοξειδωτική δράση εννοούμε τα μόρια εκείνα που περιλαμβάνονται σε ένα τρόφιμο και δρουν εναντίον της οξειδωσης άλλων μορίων του ανθρώπινου οργανισμού, ουσιαστικά ενάντια των ελεύθερων ριζών που απελευθερώνονται στον οργανισμό. Τα αντιοξειδωτικά έχουν την ικανότητα να προσβάλλουν και να απενεργοποιούν τις ελεύθερες ρίζες γιατί παράλληλα τα ίδια οξειδώνονται, τερματίζοντας έτσι την αλυσιδωτή αντίδραση. Επίσης, είναι μόρια που έχουν την ικανότητα να παρεμποδίζουν τις αντιδράσεις οξειδωσης άλλων μορίων. Οξειδωση είναι η χημική αντίδραση κατά την οποία μεταφέρονται ηλεκτρόνια από μία ουσία σε ένα οξειδωτικό μέσο. Έτσι, από τις αντιδράσεις οξειδωσης εξαιτίας της μεταφοράς ηλεκτρονίων προκύπτουν ελεύθερες ρίζες που είναι δραστικές και προκαλούν αλυσιδωτές αντιδράσεις. Επιπλέον, τα αντιοξειδωτικά μετατρέπουν τις ελεύθερες ρίζες που είναι βλαβερές ουσίες για τον οργανισμό, οι οποίες παράγονται από την ατελή καύση του οξυγόνου στον άνθρωπο σε ακίνδυνα υποπροϊόντα. Έτσι, η σημασία της διατροφής είναι πλέον αποδεδειγμένη και για αυτό έχει επισημανθεί ως το προληπτικό μέσο για διάφορα προβλήματα υγείας (π.χ. παχυσαρκία, διαβήτης, καρκίνος κ.λπ.). Τα αντιοξειδωτικά συστατικά της διατροφής έχουν συνδεθεί άμεσα με την πρόληψη της κυτταρικής καταστροφής εντός του οργανισμού, η οποία είναι βασικός παράγοντας της γήρανσης και της ανάπτυξης πολλών νόσων. (Y. Noda, T. Kaneyuka, A. Mori, L. Packer, 2002)

Αν και ο ανθρώπινος οργανισμός διαθέτει διάφορα ενζυμικά συστήματα για να εξισορροπήσει τις ελεύθερες ρίζες, η κύρια αντιμετώπισή τους γίνεται από τα διατροφικά αντιοξειδωτικά, όπως η βιταμίνη C και η βιταμίνη K, φαινολικά συστατικά β-καροτένιο, λυκοπένιο και σελήνιο. Το ρόδι είναι πλούσιο σε βιταμίνες K και C, φυλλικό οξύ, παντοθενικό οξύ, B6, μέταλλα, φυτικές ίνες και αντιοξειδωτικές ουσίες. Γνωστές αντιοξειδωτικές ουσίες είναι οι: ελλαγιτανίνες, φλαγονοειδή, ανθοκυανιδίνες, ανθοκυανινίνες, οιστρογονικές φλαβονόλες και φλαβόνες. Τα αντιοξειδωτικά χωρίζονται σε υδατοδιαλύτα-υδρόφιλα και λιποδιαλυτά-υδρόφοβα. Γενικά τα υδρόφιλα δρουν στο εσωτερικό του κυττάρου και το αίμα, ενώ το υδρόφοβα δρουν στις μεμβράνες των κυττάρων προστατεύοντας τις κυτταρικές μεμβράνες από την υπεροξειδωση των λιπιδίων. Έχει αποδειχθεί πως η κατανάλωση τροφίμων, που περιέχουν αντιοξειδωτικά, βοηθάει τον οργανισμό στην αντιμετώπιση των συνεπειών της οξειδωσης. Το ρόδι περιέχει μεγάλες ποσότητες αντιοξειδωτικών σε σχέση με άλλα φρούτα, αυτό συμβαίνει λόγω της παρουσίας των φαινολικών συστατικών. Τέλος, έχει γίνει γνωστό από έρευνες πως κυριαρχούν στο ρόδι οι ανθοκυανίνες, οι φλαβονόλες και οι φλαβονόνες όπως επίσης και οι φαινολικοί εστέρες και τα φαινολικά οξέα. (Moneim Ahmed E. Abdel, 2012)

5.2 Αντιοξειδωτική ικανότητα

Η αντιοξειδωτική δράση κάποιων ουσιών είναι η ικανότητα μίας ένωσης να περιορίζει σε σημαντικό βαθμό την οξειδωση. Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι εκτίμησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας ανάλογα με την εμφάνιση των ελεύθερων ριζών και τους τρόπους αντιμετώπισής τους και για τον περιορισμό τους. Έτσι, έχουν επικρατήσει στην διεθνή βιβλιογραφία αυτές οι ιδιότητες σαν αντιοξειδωτική ικανότητα ή δύναμη ή ως αντιοξειδωτική δυναμική. Επίσης, τα αντιοξειδωτικά δρουν με πολλούς τρόπους όπως αποτροπή σχηματισμού των ελεύθερων ριζών ή

διάσπαση των υπεροξειδίων και σχηματισμού χημικών ενώσεων με ιόντα. Έτσι, ανάλογα με την χημική αντίδραση που χρησιμοποιείται οι μέθοδοι που μετρούν την αντιοξειδωτική ικανότητα είναι 2:

1. Μετατροπή ατόμου υδρογόνου (HAT)
2. Μεταφορά ηλεκτρονίου (HT)

Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι μέθοδοι που μετρούν την ικανότητα ενός αντιοξειδωτικού να καταστείλει την δράση των ελεύθερων ριζών, οι οποίες δρουν μέσω της παροχής ατόμων υδρογόνου.

Στην δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται οι μέθοδοι που μετρούν την ικανότητα ενός εν δυνάμει αντιοξειδωτικού να μεταφέρει ηλεκτρόνια ώστε να περιορίσει την δράση ριζών και μετάλλων.

Οι αντιδράσεις μπορούν να γίνουν ταυτόχρονα αλλά το ποιος μηχανισμός θα επικρατήσει εξαρτάται από τα αντιοξειδωτικά, δηλαδή από την δομή και τις ιδιότητές του, την μέθοδο εκχύλισης και διαχωρισμού καθώς και την χρήση διαλυτικών μέσων. (M. Ozgen, Coskun Durgac, Sedat Serce, 2008)

5.3 Μέθοδοι αντιοξειδωτικής ικανότητας

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περισσότερο για τον προσδιορισμό της αντιοξειδωτικής ικανότητας είναι:

1. ORAC
2. TRAP
3. HORAC

Η μέθοδοι 1 και 2 είναι υπεύθυνες για να διαπιστώσουμε την ικανότητα ενός αντιοξειδωτικού να σταματάει την παραγωγή ελεύθερων ριζών μέσω της μεταφοράς ατόμων υδρογόνου. Ενώ η μέθοδος 3 μετρά την ικανότητα ενός αντιοξειδωτικού να αποτρέψει τον σχηματισμό χημικών ενώσεων από μέταλλα σε ελεύθερες ρίζες. Επίσης, και η μέθοδος FRAP χρησιμοποιείται για την μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών της ροδιάς. Χρησιμοποιείται ευρέως τα τελευταία χρόνια και αποτελεί άμεσο τρόπο υπολογισμού της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας. Πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι πως είναι απλή, γρήγορη καθώς και οικονομική αλλά και ακριβής. Χρησιμοποιεί τα αντιοξειδωτικά ως αναγωγικά μέσα σε μια οξειδοαναγωγική χρωματομετρική μέθοδο. Επιπλέον, αυτή η μέθοδος δεν απαιτεί κάποιο ακριβό εξοπλισμό, ούτε κάποια ιδιαίτερη εμπειρία από το προσωπικό καθώς παράλληλα και η ακρίβειά της την συνιστούν ευρέως χρησιμοποιούμενη. (W. Elfalleh, A. Ferchichi, Y. Yahia, 2012)

5.4 Μορφές οξυγόνου

Ελεύθερες ρίζες και αντιοξειδωτικά

Οι ελεύθερες ρίζες δημιουργούνται σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς μέσω αντιδράσεων οξειδωσης που αποτελούν μέρος του φυσιολογικού μεταβολισμού του ανθρώπου. Οι ελεύθερες ρίζες αποτελούνται από μονήρη ηλεκτρόνια που είναι πολύ ενεργά. Κάτω από συνθήκες όπως τραυματισμοί, περιβαλλοντική καταπόνηση και προσβολή από παθογόνους μικροοργανισμούς η συγκέντρωση αυτών των ριζών αυξάνονται επικίνδυνα πάνω από το φυσιολογικό όριο. Έτσι, αυτές οι μεγάλες ποσότητες μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες στον οργανισμό, οι οποίες βλάβες οφείλονται σε κάποιες αλλαγές στο DNA και στις μεμβράνες καθώς και σε κάποιες αλυσιδωτές αντιδράσεις που ενεργοποιούνται. Αυτές οι αντιδράσεις πραγματοποιούνται όταν μια ελεύθερη ρίζα που αντιδρά με κάποιο μόριο αποσπά από αυτό ένα ηλεκτρόνιο και το μετατρέπει έτσι σε μία καινούργια ελεύθερη ρίζα και στην συνέχεια αυτή με την σειρά της συνεχίζει το ακόλουθο μοτίβο. Τα μόρια του οξυγόνου που περιέχουν ένα άτομο οξυγόνου είναι πολύ δραστικές ενώσεις είτε μέσω της παρουσίας μιας ελεύθερης ρίζας είτε μέσω της αλλαγής της διαμόρφωσης του ατόμου του οξυγόνου. Για την αντιμετώπιση των μορφών του οξυγόνου χρησιμοποιούνται τα αντιοξειδωτικά. Αυτά μπορούν να αντιδράσουν με τις ελεύθερες ρίζες παραμένοντας σταθερά με την παρουσία του ηλεκτρονίου της ελεύθερης ρίζας. Έτσι, αποσπών τα ηλεκτρόνια της ελεύθερης ρίζας εμποδίζοντας τις αλυσιδωτές αντιδράσεις να πραγματοποιηθούν. Το χαρακτηριστικό της ιδιαιτερότητας των αντιοξειδωτικών που έχουν το ηλεκτρόνιο της ελεύθερης ρίζας είναι αποτέλεσμα της παρουσίας δεσμών-συμπλοκών έτσι ώστε το ηλεκτρόνιο της ελεύθερης ρίζας να μπορεί να μετατοπίζεται. (Vermerris and Nicholson, 2008)

5.5 Φαινολικές ουσίες

Οι φαινολικές ενώσεις ανήκουν στα φυσικά αντιοξειδωτικά και αποτελούν μία πολύ μεγάλη ομάδα ενώσεων. Είναι παράγωγα του βενζολίου με ένα ή περισσότερο υδροξύλια στον φαινολικό δακτύλιο και ανάλογα με την δομή του ανθρακικού σκελετού κατατάσσονται στα φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, στα στιβένια και στις λιγνάνες. Επίσης, οι φαινολικές ουσίες αποτελούν έναν μεγάλο αριθμό μορίων με λειτουργίες σχετικά με την αύξηση και ανάπτυξη των ζωντανών οργανισμών. Οι περισσότερες φαινολικές ουσίες έχουν μορφή εστέρων. Οι ταννίνες και οι λιγνίνες αποτελούν πολυμερή φαινολών. (Saeed Akhtar, Piero Sestili, Muhammad Riaz, 2016)

5.6 Αντιοξειδωτικές ικανότητες φαινολικών

Οι φαινολικές ουσίες παρουσιάζουν το ίδιο χαρακτηριστικό με τα αντιοξειδωτικά, δηλαδή έχουν την ιδιότητα να παρεμποδίζουν τις ελεύθερες μορφές οξυγόνου να δράσουν αρνητικά εναντίον των ζωντανών οργανισμών και να τους βλάψουν. Επίσης, παρεμποδίζουν να υπάρξει έλλειψη της βιταμίνης C (σκορβούτο) βοηθώντας παράλληλα την ομαλή λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος των ζωντανών οργανισμών. Το ρόδι είναι πλούσιο σε πολυφαινόλες και η μορφή τους σε χυμό επιδρά στην συγκέντρωση των πολυφαινολών. Αυτές έχουν ευεργετικές ιδιότητες ενάντια της στεφανιαίας νόσου, της λιτιδικής υπεροξειδωσης και της αρτηριοσκλήρυνσης. (J.D. Reed, C.G. Krueger, 2009)

5.7 Φαινολικές ενώσεις στα ρόδια

Σύμφωνα με την Noda et al 2002, η οποία ασχολήθηκε με τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες των καρπών της ροδιάς και των ανθοκυανίνων παρατηρήθηκε πως όλοι οι ιστοί των καρπών περιείχαν πολυφαινόλες με τις πιο υψηλές συγκεντρώσεις. Αυτές τις υψηλές συγκεντρώσεις τις βρίσκουμε στις μεμβράνες και τις χαμηλότερες στα σπέρματα. Επίσης, σε χυμό ροδιού που έχει παρασκευαστεί από την σύνθλιψη ολόκληρου καρπού, παρατηρήθηκαν πολυφαινόλες σε υψηλότερη συγκέντρωση (5 Mm) σε σύγκριση με άλλους χυμούς καρπών που θεωρούνται πλούσιοι σε αντιοξειδωτικά όπως σταφύλι 3,3 Mm και ακτινίδιο 2,2 Mm. Επίσης, στην ίδια μελέτη βγήκε το συμπέρασμα πως οι καρποί της ροδιάς περιέχουν πολυφαινόλες με υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα. Οι ανθοκυανίνες και οι ταννίνες της μεμβράνης του καρπού είναι τα αντιοξειδωτικά με την μεγαλύτερη συγκέντρωση. Ο χυμός του ροδιού έχει την υψηλότερη συγκέντρωση ολικών πολυφαινολών σε σχέση με τους χυμούς άλλων καρπών. (Α. Koutelidakis, 2016)

5.8 Φαινολικά και υγεία

Επιδημιολογικές έρευνες έχουν δείξει πως αυξημένη πρόσληψη φλαβονοειδών μειώνουν την εμφάνιση καρδιαγγειακών παθήσεων. Η αρτηριοσκλήρυνση αποτελεί μία από τις κυριότερες αιτίες αυτών των παθήσεων. Είναι μια φλεγμονώδης νόσος που χαρακτηρίζεται από αυξημένη συγκέντρωση λιπιδίων στο εσωτερικό των αρτηριών. Στα προχωρημένα στάδια της αρτηριοσκλήρυνσης παρατηρείται συσσώρευση κολλαγόνου και αιμοπεταλίων που με την ταυτόχρονη συσσώρευση λίπους μειώνουν την διάμετρο των αρτηριών που εμποδίζουν την λειτουργία του ενδοθηλίου με αποτέλεσμα την δυσκολία ροής του αίματος στους ιστούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθεί η αθηρωματική πλάκα προκαλώντας έτσι έμφραγμα. Έτσι, έχει γίνει γνωστό ότι τα φλαβονοειδή λειτουργούν ως αντιοξειδωτικά και μπορούν να αποτρέψουν την οξείδωση των λιπιδίων LDL ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Λειτουργούν επίσης ως προστατευτικά προς την α-τοκοφερόλη το οποίο είναι το κύριο αντιοξειδωτικό στην οξείδωση των LDL λιποπρωτεϊνών. Επίσης, άλλη μία ιδιότητα των φλαβονοειδών είναι να περιορίζουν την προσκόλληση των μονοκύτταρων στις αρτηρίες κατά την απόκριση της αρτηριοσκλήρυνσης. Επιπροσθέτως, σε μία έρευνα που έγινε σε ασθενής που έπασχαν από μυοκαρδιακή ισχαιμία βγήκε το συμπέρασμα πως η κατανάλωση χυμού ροδιού βοηθάει ώστε να μειωθεί η ισχαιμία που προκαλείται από το στρες.

Τα φλαβονοειδή έχουν και αντικαρκινικές ιδιότητες. Ο καρκίνος αποτελεί μία ασθένεια που οφείλεται και σε γεννητικούς παράγοντες και σε εξωγενείς παράγοντες όπως κάπνισμα, παχυσαρκία, έκθεση σε ακτινοβολία, έλλειψη σωματικής άσκησης και περιβαλλοντική ρύπανση. Ο ανθρώπινος οργανισμός διαθέτει πολλούς μηχανισμούς που ελέγχουν την λειτουργία των γονιδίων αλλά πολλές φορές αυτοί οι μηχανισμοί δεν επαρκούν ώστε να ελέγξουν όλα τα γονίδια. Η μετατροπή ενός φυσιολογικού κυττάρου σε καρκινικό έχει πολλά στάδια και χρειάζεται ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα για να συμβεί. Μέσα από έρευνες έχουμε στοιχεία που δείχνουν πως η κατανάλωση ροδιού εμποδίζει την φωσφορυλίωση που προκαλούν οι ακτίνες UV-A και UV-B στα κύτταρα του δέρματος και οδηγεί στην ανάπτυξη καρκίνου. Παράλληλα, βγήκε το συμπέρασμα πως ο χυμός του ροδιού μείωσε την παραγωγή κάποιων πρωτεϊνών που συνήθως δημιουργούνται όταν τα δερματικά κύτταρα εκτίθενται στην υπεριώδη ακτινοβολία. Έτσι, με αυτή την ιδιότητα το ρόδι βοηθάει τους μηχανισμούς του κυττάρου να διορθώσει κάποιες βλάβες

που ίσως έχουν γίνει στο DNA. Σε άλλη έρευνα φάνηκε πως το ελλαγιό οξύ του ροδιού παρεμποδίζει την ανάπτυξη όγκων στους πνεύμονες. (W. Vermeris, R. Nicholson, 2008)

5.9 Ασκορβικό οξύ

Το ασκορβικό οξύ ($C_6H_8O_6$) είναι μία ένωση μονοσακχαρίτη με καρβοξυλική ομάδα που έχει αντιοξειδωτικές ικανότητες. Η μορφή του L εναντιομερές είναι η γνωστή βιταμίνη C που παράγεται στα φυτά από το μονοπάτι της D-μαννόζης και της L-γαλακτόζης και ο ρόλος του είναι ως αντιοξειδωτικός μέσω της διαμόρφωσης και της ανάπτυξης των φυτών. (I. F. F. Benzie, J. J. Strain, 1999)

5.10 Αντιοξειδωτικός μηχανισμός ασκορβικού

Το ασκορβικό παρουσιάζει την αντιοξειδωτική του ικανότητα όταν βρίσκεται σε αντιδράσεις οξείδωσης. Πολλά οξειδωτικά μέσα, όπως η υδροξυλική ρίζα, περιέχουν ένα ασύζευκτο ηλεκτρόνιο κάνοντάς τη πολύ δραστική. Έτσι, μπορεί να προκαλέσει βλάβες τόσο στον άνθρωπο όσο και στα φυτά εξαιτίας της αλληλεπίδρασής της είτε με νουκλειικά οξέα είτε με πρωτεΐνες είτε με λιπίδια. Αυτές οι ρίζες είναι καταστροφικές αφού προκαλούν αλυσίδα αντιδράσεων. Επίσης, η αλληλεπίδραση των ελεύθερων ριζών με μόρια προκαλεί αλλαγές στα ίδια τα μόρια που μπορεί να είναι καταστροφικές για τον οργανισμό. Όμως, εδώ έρχεται το ασκορβικό οξύ το οποίο μπορεί να λειτουργήσει σαν δότης ηλεκτρονίων στο ασύζευκτο ζευγάρι ηλεκτρονίων των ελεύθερων ριζών μέσω της μετατροπής του σε ασκορβικό ιόν. Η οξειδωμένη μορφή του ασκορβικού (αφυδρογωμένο ασκορβικό) είναι σχετικά σταθερή, μη δραστική και δεν προκαλεί βλάβες στο κύτταρο. Όμως, παρόλα αυτά σε υπερεπάρκεια λειτουργεί ως κινητήριος μοχλός για την έναρξη αντιδράσεων ελεύθερων ριζών. (V. Valpuesta, M.A. Botella, 2004)

5.11 Καροτενοειδή

Τα καροτενοειδή είναι φυσικές χρωστικές που μεταβολίζονται από τα φυτά, τα φύκη και τα φωτοσυνθετικά βακτήρια τα οποία είναι υπεύθυνα για το κίτρινο, πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα στα φρούτα. Ταξινομούνται σε 2 λειτουργικές ομάδες οι οποίες είναι:

- Οι ξανθοφύλλες, που περιέχουν οξυγόνο ως λειτουργική ομάδα
- Τα καροτένια, που περιέχουν μόνο την υδρογονανθρική αλυσίδα χωρίς την ύπαρξη λειτουργικής ομάδας όπως το λυκοπένιο και το α και β καροτένιο

Τα φρούτα που περιέχουν και τα λαχανικά καροτενοειδή παίζουν σημαντικό ρόλο στην διατροφή καθώς επηρεάζουν τη δραστηριότητα της βιταμίνης A. Επίσης, τα καροτενοειδή είναι σημαντικά για τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες την διακυτταρική επικοινωνία και την ανοσολογική δραστηριότητα. Επίσης, μελέτες έχουν δείξει ότι τα καροτενοειδή συνδέονται με χαμηλότερη συχνότητα εμφάνισης καρκίνου, καρδιαγγειακών ασθενειών και σχηματισμού καταρράκτη. Τα καροτενοειδή βρίσκονται στα φύλλα που έχουν κίτρινο ή κόκκινο χρώμα και σε μεγάλο αριθμό φρούτων και άλλων σημείων των φυτών. (L.T. Vuong, Franke, Custer, 2006)

5.12 Φλαβονοειδή

Τα φλαβονοειδή αποτελούν την μεγαλύτερη ομάδα των φαινολικών ενώσεων. Είναι ενώσεις που περιέχουν υδροξύλια συνδεδεμένα σε 3 δακτύλους. Τα φλαβονοειδή αποτελούνται από τις παρακάτω υποομάδες:

- Φλαβόνες
- Ισοφλαβόνες
- Φλαβονόλες
- Φλαβονόνες
- Ανθοκυανίνες
- Προανθουκνιδίνες, οι οποίες διαφέρουν κυρίως στον ετεροκυκλικό C- δακτύλιο

Όλες αυτές οι υποομάδες των φλαβονοειδών προέρχονται από ένα κοινό δρόμο δημιουργίας. Τα φλαβονοειδή μπορεί να είναι μονομερή, διμερή ή ολιγομερή. Οι πολυμερείς ενώσεις ονομάζονται ταννίνες και ανάλογα με την δομή τους διαχωρίζονται σε συμπυκνωμένες και υδρολυόμενες ταννίνες. Οι συμπυκνωμένες ταννίνες είναι πολυμερή των φλαβονοειδών ενώ οι υδρολυόμενες περιέχουν συνήθως γαλλικό οξύ εστεροποιημένο με υδατάνθρακα. (Mohammad Reza, Mannan Hajimahmood, Behrooz Jannat, 2009)

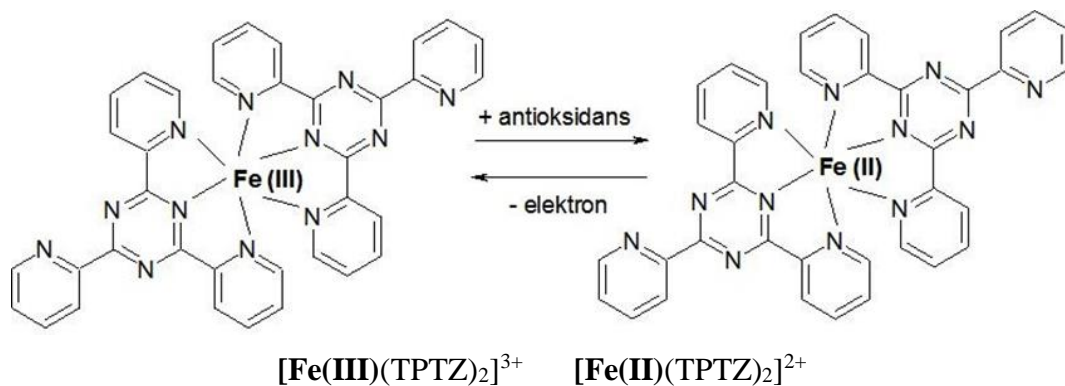
Μέρος Β • Πειραματικό

6. ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΟΔΡΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΡΟΔΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΟΥ

6.1 Μέθοδοι μέτρησης αντιοξειδωτικών-φαινολικών

- In vitro αντιοξειδωτική δράση – Μέθοδος FRAP

Η μέθοδος FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τους Benzie & Strain με σκοπό να μετρήσουν την αντιοξειδωτική ικανότητα του πλάσματος. Αργότερα τροποποιήθηκε ώστε να γίνει μια πιο γενική μέθοδος προσδιορισμού αντιοξειδωτικής ικανότητας ειδικά σε φυτικά εκχυλίσματα. Η μέθοδος αυτή βασίζεται σε αντίδραση μεταφοράς ηλεκτρονίου (ET) σύμφωνα με τους Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López. Η αντίδραση περιλαμβάνει την αναγωγή του άχρωμου συμπλόκου $\text{Fe(III)(TPTZ)}_2\text{Cl}_3$, ($\text{TPTZ}=2,4,6\text{-tri}[2\text{-pyridyl}]\text{-s-triazine}$), προς ένα έγχρωμο προϊόν. Η αντίδραση ανιχνεύει ουσίες που έχουν α-ναγωγικό δυναμικό $< 0,7 \text{ V}$, που είναι το αναγωγικό δυναμικό του TPTZ, συνεπώς η FRAP είναι μια κατάλληλη μέθοδος για την εκτίμηση της ικανότητας διατήρησης της αναγωγικής ισορροπίας στα κύτταρα και τους ιστούς. Η αναγωγική ικανότητα μιας ουσίας φαίνεται να σχετίζεται με το βαθμό υδροξυλίωσης και το βαθμό σύζευξης της, όπως για παράδειγμα στις πολυφαινόλες. Παρόλα αυτά η μέθοδος FRAP δε μπορεί να ανιχνεύσει ουσίες που δρουν μέσω προσφοράς υδρογόνου, ειδικά τις θειόλες και τις πρωτεΐνες. (M. Viuda-Martos, Y. Ruiz-Navajas, Fernández-López, 2011)



Εικόνα 6.1.1 «Αναγωγή του άχρωμου συμπλόκου Fe(III) προς έγχρωμο προϊόν Fe(II)»

- In vitro φαινολική δράση – Μέθοδος FOLLIN

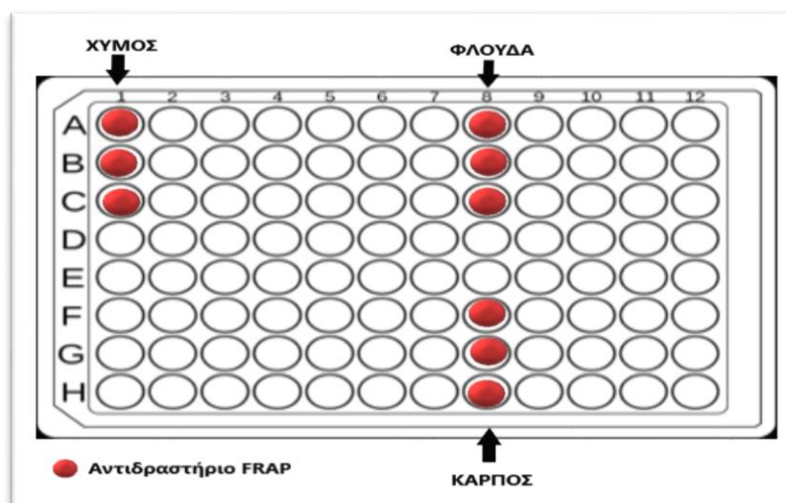
Οι φαινόλες που βρίσκονται στην φύση και το περιβάλλον παρουσιάζουν ενδιαφέρον ως αντιοξειδωτικά, για τη συνεισφορά τους στις αντιδράσεις αμαύρωσης, για το χρώμα και τη γεύση τους. Τα φαινολικά είναι τα συστατικά που ευθύνονται για την αντιοξειδωτική ικανότητα των περισσότερων προϊόντων που προέρχονται από τα φυτά και τους καρπούς τους, όπως ο οίνος. Η μέθοδος FCR έγινε πολύ δημοφιλής και χρησιμοποιείται ευρέως για την μέτρηση των ολικών φαινολικών συστατικών στον οίνο. Η μέθοδος FCR ουσιαστικά υπολογίζει την αναγωγική ικανότητα του δείγματος, κάτι που δεν σχετίζεται άμεσα με την ονομασία «μέθοδο ολικών φαινολών». Παρόλα αυτά πολλές δημοσιεύσεις συσχετίζουν την μέθοδο αυτή με τις μεθόδους

προσδιορισμού της αντιοξειδωτικής ικανότητας (DPPH, FRAP, ORAC) που αποτελούν αντιδράσεις μεταφοράς ηλεκτρονίων (ET), και συχνά βρίσκουν εξαιρετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ του ολικού φαινολικού προφίλ ενός προϊόντος με την αντίστοιχη αντιοξειδωτική του δράση. Η απόσπαση ενός φαινολικού πρωτονίου οδηγεί στο σχηματισμό ενός φαινολικού ανιόντος που ανάγει το αντιδραστήριο F-C σχηματίζοντας ένα βαθύ μπλε σύμπλοκο που απορροφά σε μήκος κύματος 750 nm. (V. L. Singleton, R. Orthofer, R.M. Lamuela-Raventós, 1999)

6.1.1 Πειραματικό πρωτόκολλο της πιλοτικής μας μελέτης

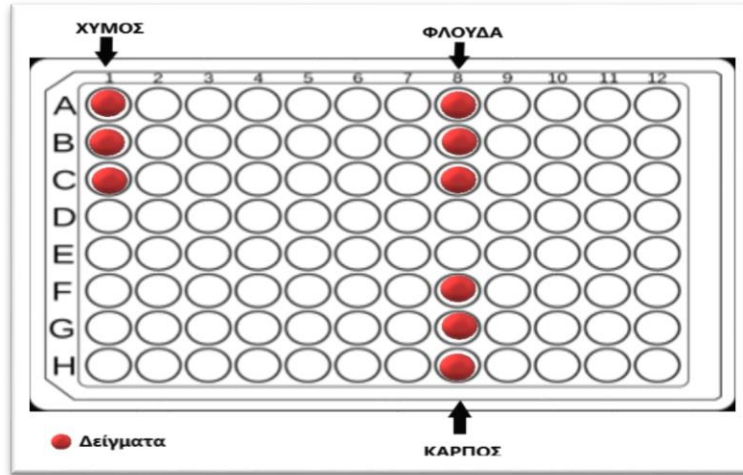
Πειραματική διαδικασία:

1. Πλύσιμο του ροδιού με απιονισμένο νερό
2. Διαχωρισμός των επιμέρους υποπροϊόντων (φλούδα, καρπός, χυμός)
3. Άλεση φλοιού και σύνθλιψη σπόρου-σπέρματος
4. Ξήρανση της φλούδας και του καρπού στους 60°C για 24 ώρες
5. Εκχύλιση της φλούδας και του καρπού με υδατική αιθανόλη (CH₃OH_(l)) σε δοχεία Duran(50ml)
6. Προετοιμασία δειγμάτων, δηλαδή τοποθέτηση 2g ξηρής μάζας φλούδας στο πρώτο δοχείο και 40 ml αιθανόλη (CH₃OH_(l)) και αντίστοιχα για τον καρπό
7. Ανάδευση για 5 min στο Vortex το κάθε διάλυμα
8. Τοποθετούνται τα δοχεία σε υδατόλουτρο υπερήχων για 40 min στους 70°C
9. Γίνεται διήθηση με ηθμό σε κωνικές φιάλες για το κάθε διάλυμα
10. Αποθήκευση των δειγμάτων στο ψυγείο
11. Παρασκευή διαλύματος TPTZ
12. Σε δοχείο duran βάζουμε 0,0234 g TPTZ και 7,5 ml διαλύματος HCl 40 Mm
13. Παρασκευή διαλύματος FeCl₃
14. Σε ποτήρι ζέσεως βάζουμε 0,27 g FeCl₃ και 50 ml dH₂O
15. Παρασκευή αντιδραστήριου FRAP
16. Σε ποτήρι ζέσεως 100 ml με 25 ml ρυθμιστικού διαλύματος προσθέτουμε 2,5 ml διαλύματος TPTZ και 2,5 ml διαλύματος FeCl₃
17. Τοποθετούμε 80 μl αντιδραστήριου FRAP σε όλες τις θέσεις του well-plate όπως φαίνεται στο σχήμα 6.1.2.1



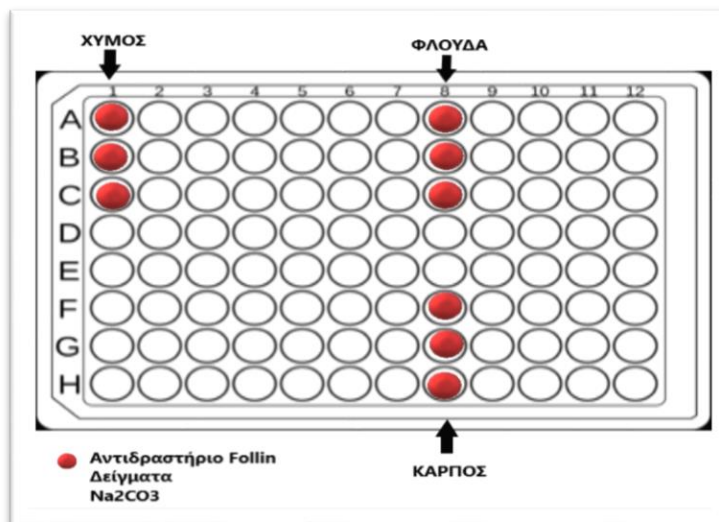
Σχήμα 6.1.2.1 «Τοποθέτηση αντιδραστήριου στο 96 well-plate»

18. Τοποθετούνται τα διαλύματα με τους δοκιμαστικούς σωλήνες στο στατό
19. Έπειτα γίνεται αραίωση (1/20) στο κάθε δοκιμαστικό σωλήνα με προσθήκη απιονισμένου νερού, δηλαδή για κάθε μέτρηση 0,05 ml δείγμα και 0,95 ml dH₂O
20. Γίνεται η τοποθέτηση 20 μl από το κάθε δείγμα στο plate και γίνεται επανάληψη 3 φορές όπως φαίνεται στο σχήμα 6.1.2.2



Σχήμα 6.1.2.2 «Τοποθέτηση δειγμάτων στο 96 well-plate»

21. Παραμονή του plate σε σκοτεινό μέρος για 30 min
22. Φωτομέτρηση στα 595 nm
23. Καταγραφή των αποτελεσμάτων
24. Παρασκευή διαλύματος Na₂CO₃
25. Σε ποτήρι ζέσεως 100 ml βάζουμε 7,5 g Na₂CO₃ και 100 ml dH₂O
26. Στις αντίστοιχες κυψελίδες όπως φαίνεται στο σχήμα 6.1.2.3 τοποθετείται δείγμα 50 μl, αντιδραστήριο FOLLIN 20 μl και Na₂CO₃ 20 μl



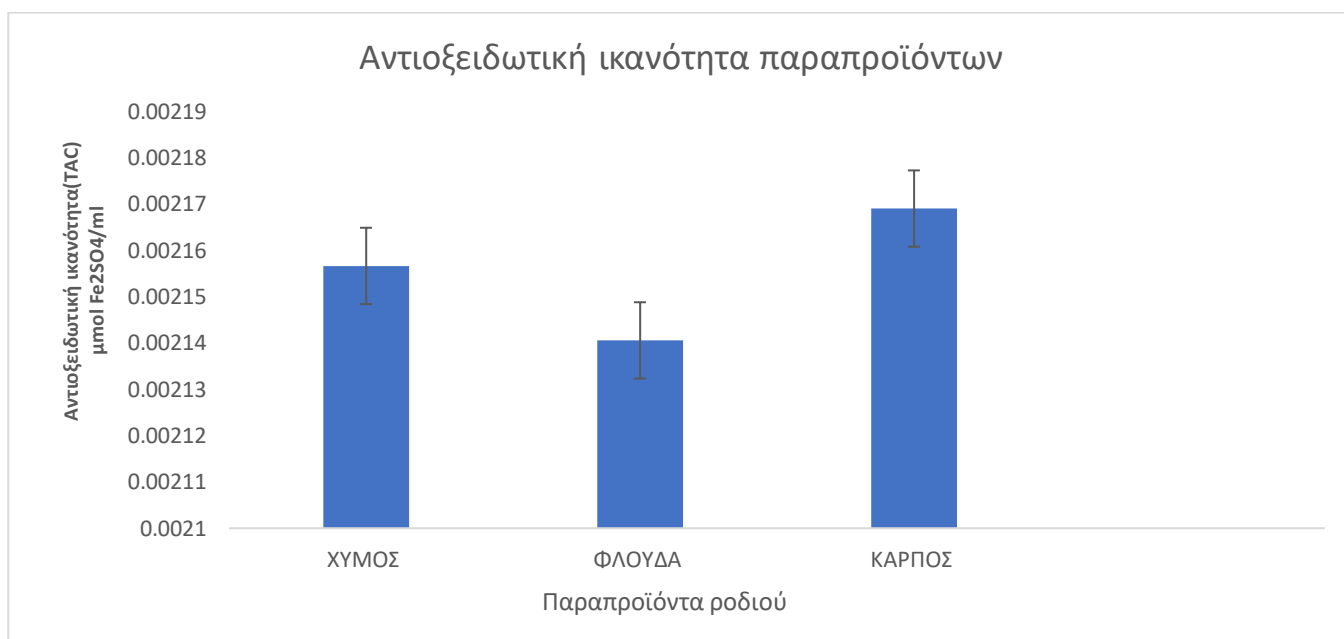
Σχήμα 6.1.2.3 «Τοποθέτηση δειγμάτων, αντιδραστηρίου Follin και Na₂CO₃ στο 96 well-plate»

27. Παραμονή του plate σε σκοτεινό μέρος για 30 min
28. Φωτομέτρηση στα 765 nm
29. Καταγραφή αποτελεσμάτων

6.2 Διαγράμματα και πίνακας της πιλοτικής μελέτης των παραπροϊόντων του ροδιού

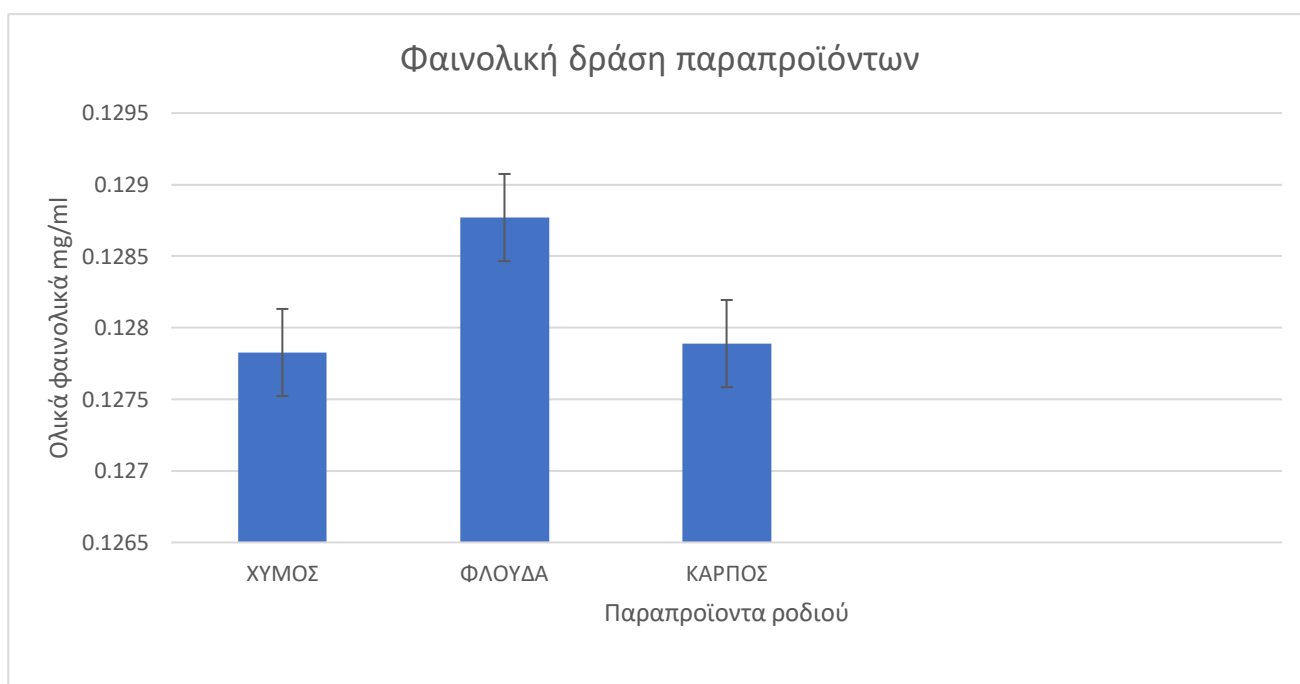
Πίνακας 6.3.1: Ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των παραπροϊόντων με βάση την απορρόφησή τους

TOTAL	FRAP	
Παραπροϊόντα	ΜΟ $\mu\text{mol/ml}$	Τυπική απόκλιση
ΧΥΜΟΣ	0,0022	0,0126
ΦΛΟΥΔΑ	0,0021	0,0085
ΚΑΡΠΟΣ	0,0022	0,0037



Πίνακας 6.3.2: Ολικά φαινολικά των παραπροϊόντων με βάση την απορρόφησή τους και η ποσότητα του γαλλικού οξέος σε $\mu\text{g}/\text{ml}$ που καθορίζει την φαινολική δράση τους

TOTAL PHENOLICS	FOLIN	
Παραπροϊόντα	$\mu\text{g gallic acid } \mu\text{g}/\text{mL}$	Τυπική απόκλιση
ΧΥΜΟΣ	0,1278	0,0053
ΦΛΟΥΔΑ	0,1288	0,0660
ΚΑΡΠΟΣ	0,1279	0,0080



7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της πιλοτικής μελέτης που αφορά τα υποπροϊόντα του ροδιού και πώς αυτά σχετίζονται με τα αντιοξειδωτικά και φαινόλικά τους χαρακτηριστικά. Στον πίνακα 6.3.1 παρατηρούμε πως ο καρπός του ροδιού έχει τη μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα, μετά ακολουθεί ο χυμός και τέλος η φλούδα με μικρή διαφορά ανάμεσα στις τιμές τους. Αυτό εξηγείται διότι ο καρπός του ροδιού είναι πλούσιος σε φλαβονοειδή και συγκεκριμένα ταννίνες, ανθοκυανίνες και ελαγικό οξύ, οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη δέσμευση των ελεύθερων ριζών, επίσης παράγονται από τον οργανισμό μας μέσω της διαδικασίας του μεταβολισμού. Επίσης σε πολύ κοντινή τιμή είναι και ο χυμός, αυτό εξηγείται γιατί περιέχει μεγάλο ποσοστό σε ανθοκυανίνες και ταννίνες που δρουν προστατευτικά κατά της δημιουργίας αθηρωμάτωσης των αρτηριών, που σχετίζεται με την αντιοξειδωτική δράση.

Στον πίνακα 6.3.2 παρατηρούμε πως η φλούδα του ροδιού έχει τη μεγαλύτερη ποσότητα φαινολικών, και τέλος ο καρπός με τον χυμό με μικρή διαφορά ανάμεσα στις τιμές τους. Αυτό εξηγείται διότι η φλούδα του ροδιού είναι πλούσια σε παράγωγα βενζολίου και περιέχει μεγάλη ποσότητα από λιγνάνες και στιβένια, καφεϊκό οξύ και χλωρογενικό οξύ, οι οποίες είναι οι κύριες ουσίες που απαρτίζουν τα φαινολικά οξέα ως κατά συνέπεια δικαιολογούν τη φαινολική δράση της φλούδας. Έπειτα ακολουθεί ο χυμός σε μικρή διαφορά τιμής με τον καρπό, ο χυμός που από όσο γνωρίζουμε περιέχει ουσίες όπως η λουτελίνη, η κερσετίνη, η κεμπφερόλη και η ναριζενίνη που απαρτίζουν τη μεγάλη χημική κατηγορία των φλαβονοειδών που συναντώνται στο φυτικό βασίλειο και χαρακτηρίζουν την υψηλή αντιοξειδωτική δράση.

Τέλος αναγκαίο είναι να συνεχιστούν οι δοκιμές πάνω στα παραπροϊόντα του ροδιού για να προκύψει ένα επιστημονικά ορθό συμπέρασμα με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την δική μας πιλοτική μελέτη. Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν οι βιομηχανίες παραγωγής και καλλιέργειας του χυμού ροδιού να προβούν σε διαδικασίες αξιοποίησης όλων των υποπροϊόντων του ροδιού χωρίς να θεωρούνται απόβλητα, διότι όπως παρουσιάστηκε στη παραπάνω έρευνα έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε βιοενεργά και ευεργετικά συστατικά, όπως τα αντιοξειδωτικά και τα φαινολικά, τα οποία είναι απαραίτητα για τον ανθρώπινο οργανισμό. Στο μέλλον είναι απαραίτητο να γίνουν επιπλέον μελέτες για να γίνει ευρέως γνωστή η ευεργετική δράση των υποπροϊόντων του ροδιού και να προβούν οι βιομηχανίες στις εξής ενέργειες που αναφέρθηκαν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ Αντωνίου Ε. Κουτελιδάκη στη «Διατροφή του Ανθρώπου». (2017). 1–36.
- Ahmed E. Abdel Moneim. (2012). Antioxidant activities of Punica granatum (pomegranate) peel extract on brain of rats. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(2). <https://doi.org/10.5897/jmpr11.500>
- Anunciato, T. P., & da Rocha Filho, P. A. (2012). Carotenoids and polyphenols in nutraceuticals, nutraceuticals, and cosmeceuticals. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 11(1), 51–54. <https://doi.org/10.1111/j.1473-2165.2011.00600.x>
- Arai, S. (1996). Studies on functional foods in japan-state of the art. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 60(1), 9–15. <https://doi.org/10.1271/bbb.60.9>
- Atmosphere, M. (n.d.). *Συσκευασία Τροφίμων Μαθησιακοί Στόχοι*.
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1999). Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods in Enzymology*, 299(1995), 15–27. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99005-5](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99005-5)
- Bloch, A., & Thomson, C. A. (1995). Position of the American Dietetic Association. Phytochemicals and Functional Foods. In *Journal of the American Dietetic Association* (Vol. 95, Issue 4, pp. 493–496). [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(95\)00130-1](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(95)00130-1)
- Britton, G. (2008). Functions of Intact Carotenoids. *Carotenoids*, 4, 189–212. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-7499-0_10
- Catania, P., Comparetti, A., De Pasquale, C., Morello, G., & Vallone, M. (2020). Effects of the extraction technology on pomegranate juice quality. *Agronomy*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/agronomy10101483>
- Colombo, E., Sangiovanni, E., & Dell’Agli, M. (2013). A review on the anti-inflammatory activity of pomegranate in the gastrointestinal tract. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/247145>
- Conidi, C., Drioli, E., & Cassano, A. (2020). Perspective of membrane technology in pomegranate juice processing: A review. *Foods*, 9(7), 1–25. <https://doi.org/10.3390/foods9070889>
- Coppens, P., Da Silva, M. F., & Pettman, S. (2006). European regulations on nutraceuticals, dietary supplements and functional foods: A framework based on safety. *Toxicology*, 221(1), 59–74. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2005.12.022>
- de Andrade Lima, M., Kestekoglou, I., Charalampopoulos, D., & Chatzifragkou, A. (2019). Supercritical fluid extraction of carotenoids from vegetable waste matrices. *Molecules*, 24(3). <https://doi.org/10.3390/molecules24030466>
- Elfalleh, W. (2012). Total phenolic contents and antioxidant activities of pomegranate peel, seed, leaf and flower. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(32), 4724–4730. <https://doi.org/10.5897/jmpr11.995>
- Ferrazzano, G. F., Scioscia, E., Sateriale, D., Pastore, G., Colicchio, R., Pagliuca, C., Cantile, T., Alcidi, B., Coda, M., Ingenito, A., Scaglione, E., Cicatiello, A. G., Volpe, M. G., Stasio, M. Di, Salvatore, P., & Pagliarulo, C. (2017). *In_Vitro_Antibacterial_Activity_of_Pomegranate_Jui.pdf*. 2017.
- Gallardo, G., Guida, L., Martinez, V., López, M. C., Bernhardt, D., Blasco, R., Pedroza-Islas, R., & Hermida, L. G. (2013). Microencapsulation of linseed oil by spray drying for functional food application. *Food Research International*, 52(2), 473–482. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.020>

- Gao, H., Cheng, N., Zhou, J., Wang, B., Deng, J., & Cao, W. (2014). Antioxidant activities and phenolic compounds of date plum persimmon (*Diospyros lotus* L.) fruits. *Journal of Food Science and Technology*, *51*(5), 950–956. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0591-x>
- Gaur, S., & Agnihotri, R. (2014). Green tea: A novel functional food for the oral health of older adults. *Geriatrics and Gerontology International*, *14*(2), 238–250. <https://doi.org/10.1111/ggi.12194>
- Gharib, E., & Kouhsari, S. M. (2019). Study of the antidiabetic activity of *Punica granatum* L. Fruits aqueous extract on the alloxan-diabetic wistar rats. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, *18*(1), 358–368. <https://doi.org/10.22037/ijpr.2019.2324>
- Goula, A. M., & Lazarides, H. N. (2015). Integrated processes can turn industrial food waste into valuable food by-products and/or ingredients: The cases of olive mill and pomegranate wastes. *Journal of Food Engineering*, *167*, 45–50. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.01.003>
- He, F. J., & Chen, J. Q. (2013). Consumption of soybean, soy foods, soy isoflavones and breast cancer incidence: Differences between Chinese women and women in Western countries and possible mechanisms. *Food Science and Human Wellness*, *2*(3–4), 146–161. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2013.08.002>
- Hollman, P. C. H., & Katan, M. B. (1999). Dietary flavonoids: Intake, health effects and bioavailability. *Food and Chemical Toxicology*, *37*(9–10), 937–942. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(99\)00079-4](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(99)00079-4)
- Howell, A. B., & Souza, D. H. D. (2017). The Pomegranate: Effects on Bacteria and Viruses That Influence Human Health 1. Introduction: Pomegranates and Their Effects on Human Bacteria 2. Evidence for Pomegranate in Controlling Bacteria That Affect the. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2013*(Figure 1), 1–14.
- Ismail, T., Akhtar, S., Sestili, P., Riaz, M., Ismail, A., & Labbe, R. G. (2016). Antioxidant, Antimicrobial and Urease Inhibitory Activities of Phenolics-Rich Pomegranate Peel Hydro-Alcoholic Extracts. *Journal of Food Biochemistry*, *40*(4), 550–558. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12250>
- John, K. M. M., Bhagwat, A. A., & Luthria, D. L. (2017). Swarm motility inhibitory and antioxidant activities of pomegranate peel processed under three drying conditions. *Food Chemistry*, *235*, 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.143>
- Jones, P. J., & Jew, S. (2007). Functional food development: concept to reality. *Trends in Food Science and Technology*, *18*(7), 387–390. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.03.008>
- Kostka, T., Ostberg-potho, J. J., Briviba, K., Matsugo, S., Winterhalter, P., & Esatbeyoglu, T. (n.d.). *Anthocyanin and Copigment Fractions — Free Radical Scavenging Activity and Influence on Cellular Oxidative Stress*.
- Koutelidakis, A. (2016). Grape Pomace: A Challenging Renewable Resource of Bioactive Phenolic Compounds with Diversified Health Benefits. *MOJ Food Processing & Technology*, *3*(1), 262–265. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2016.03.00065>
- Kowalska, K., & Olejnik, A. (2016). Beneficial effects of cranberry in the prevention of obesity and related complications: Metabolic syndrome and diabetes - A review. *Journal of Functional Foods*, *20*, 171–181. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.11.001>
- Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., Griel, A. E., & Etherton, T. D. (2002). Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *American Journal of Medicine*, *113*(9 SUPPL. 2), 71–88. [https://doi.org/10.1016/s0002-9343\(01\)00995-0](https://doi.org/10.1016/s0002-9343(01)00995-0)

- Küster-Boluda, I., & Vidal-Capilla, I. (2017). Consumer attitudes in the election of functional foods. *Spanish Journal of Marketing - ESIC*, 21, 65–79. <https://doi.org/10.1016/j.sjme.2017.05.002>
- KV, D., & D, R. (2016). Pomegranate Processing and Value Addition: Review. *Journal of Food Processing & Technology*, 07(03). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000565>
- Kwak, N. S., & Jukes, D. J. (2001). Functional foods. Part 1: The development of a regulatory concept. *Food Control*, 12(2), 99–107. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(00\)00028-1](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(00)00028-1)
- Lansky, E. P., & Newman, R. A. (2007). Punica granatum (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of Ethnopharmacology*, 109(2), 177–206. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.09.006>
- Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., & Cheng, S. (2006). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chemistry*, 96(2), 254–260. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.033>
- Madrigal-Carballo, S., Rodriguez, G., Krueger, C. G., Dreher, M., & Reed, J. D. (2009). Pomegranate (*Punica granatum*) supplements: Authenticity, antioxidant and polyphenol composition. *Journal of Functional Foods*, 1(3), 324–329. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2009.02.005>
- Melgarejo-Sánchez, P., Núñez-Gómez, D., Martínez-Nicolás, J. J., Hernández, F., Legua, P., & Melgarejo, P. (2021). Pomegranate variety and pomegranate plant part, relevance from bioactive point of view: a review. *Bioresources and Bioprocessing*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40643-020-00351-5>
- Milner, J. A. (2000). Functional foods: The US perspective. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(6 SUPPL.), 1654–1659. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1654s>
- Nair, V., Dai, Z., Khan, M., & Ciolino, H. P. (2011). Pomegranate extract induces cell cycle arrest and alters cellular phenotype of human pancreatic cancer cells. *Anticancer Research*, 31(9), 2699–2704.
- Naveena, B. M., Sen, A. R., Kingsly, R. P., Singh, D. B., & Kondaiah, N. (2008). Antioxidant activity of pomegranate rind powder extract in cooked chicken patties. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(10), 1807–1812. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01708.x>
- Negi, P. S., Jayaprakasha, G. K., & Jena, B. S. (2003). Antioxidant and antimutagenic activities of pomegranate peel extracts. *Food Chemistry*, 80(3), 393–397. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00279-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00279-0)
- Noda, Y., Kaneyuki, T., Mori, A., & Packer, L. (2002). Antioxidant activities of pomegranate fruit extract and its anthocyanidins: Delphinidin, cyanidin, and pelargonidin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1), 166–171. <https://doi.org/10.1021/jf0108765>
- Ozgen, M., Durgaç, C., Serçe, S., & Kaya, C. (2008). Chemical and antioxidant properties of pomegranate cultivars grown in the Mediterranean region of Turkey. *Food Chemistry*, 111(3), 703–706. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.043>
- P. A. Silva, Y., Borba, B. C., Pereira, V. A., Reis, M. G., Caliari, M., Brooks, M. S. L., & Ferreira, T. A. P. C. (2019). Characterization of tomato processing by-product for use as a potential functional food ingredient: nutritional composition, antioxidant activity and bioactive compounds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 70(2), 150–160. <https://doi.org/10.1080/09637486.2018.1489530>
- Pereira De Melo, I. L., Bonifácio, E., De Carvalho, T., & Mancini-Filho, J. (2014). Journal of Human Nutrition & Food Science Pomegranate Seed Oil (*Punica Granatum* L.): A Source of Punicic Acid (Conjugated α -Linolenic Acid). *J Hum Nutr Food Sci*, 2(1), 1–11.

- Reza, M., Ardekani, S., Hajimahmoodi, M., Reza Oveisi, M., Sadeghi, N., Jannat, B., Ranjbar, A. M., Gholam, N., & Moridi, T. (2011). Comparative Antioxidant Activity and Total Flavonoid Content of Persian Pomegranate (*Punica granatum* L.) Cultivars. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, *10*(3), 519–524.
- Ryu, D., Mouchiroud, L., Andreux, P. A., Katsyuba, E., Moullan, N., Nicolet-Dit-Félix, A. A., Williams, E. G., Jha, P., Lo Sasso, G., Huzard, D., Aebischer, P., Sandi, C., Rinsch, C., & Auwerx, J. (2016). Urolithin A induces mitophagy and prolongs lifespan in *C. elegans* and increases muscle function in rodents. *Nature Medicine*, *22*(8), 879–888. <https://doi.org/10.1038/nm.4132>
- Shahidi, F. (2004). Functional foods: Their role in health promotion and disease prevention. *Journal of Food Science*, *69*(5), 146–149. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb10727.x>
- Sreekumar, S., Sithul, H., Muraleedharan, P., Azeez, J. M., & Sreeharshan, S. (2014). 686921. *BioMed Research International*, 2014.
- Steinmetz, K. A., & Potter, J. D. (1991). *Vegetables, fruit, and cancer. I. Epidemiology*. *2*, 325–357.
- Suleria, H. A. R., Butt, M. S., Khalid, N., Sultan, S., Raza, A., Aleem, M., & Abbas, M. (2015). Garlic (*Allium sativum*): Diet based therapy of 21st century-a review. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, *5*(4), 271–278. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(14\)60782-9](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60782-9)
- Valpuesta, V., & Botella, M. A. (2004). Biosynthesis of L-ascorbic acid in plants: New pathways for an old antioxidant. *Trends in Plant Science*, *9*(12), 573–577. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2004.10.002>
- Vardin, H., & Fenercioglu, H. (2003). Study on the development of pomegranate juice processing technology: Clarification of pomegranate juice. *Nahrung - Food*, *47*(5), 300–303. <https://doi.org/10.1002/food.200390070>
- Vermerris, W., & Nicholson, R. (2006). Biosynthesis of phenolic compounds. *Phenolic Compound Biochemistry*, 63–149. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5164-7_3
- Vroegrijk, I. O. C. M., van Diepen, J. A., van den Berg, S., Westbroek, I., Keizer, H., Gambelli, L., Hontecillas, R., Bassaganya-Riera, J., Zondag, G. C. M., Romijn, J. A., Havekes, L. M., & Voshol, P. J. (2011). Pomegranate seed oil, a rich source of punicalic acid, prevents diet-induced obesity and insulin resistance in mice. *Food and Chemical Toxicology*, *49*(6), 1426–1430. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.03.037>
- Vuong, L. T., Franke, A. A., Custer, L. J., & Murphy, S. P. (2006). *Momordica cochinchinensis* Spreng. (gac) fruit carotenoids reevaluated. *Journal of Food Composition and Analysis*, *19*(6–7), 664–668. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.02.001>
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas-Barberá, E., & Pérez-Álvarez, J. A. (2011). Antioxidant properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) bagasses obtained as co-product in the juice extraction. *Food Research International*, *44*(5), 1217–1223. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.057>
- Hasperué, J. H., Rodoni, L. M., Guardianelli, L. M., Chaves, A. R., & Martínez, G. A. (2016). Use of LED light for Brussels sprouts postharvest conservation. *Scientia Horticulturae*, *213*(1974), 281–286. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.004>
- Κοντογιάννη, Μερóπη, Γιαννακούλια Μαρία, Καρατζή Καλλιόπη, Φ. Ε., Χαλκιάς, Μ., Λάλου, Π., Μανωλέσου, Α., Λάλου, Π., Λαγουμιντζής, Γ., Βλαχόπουλος, Γ., Κουτσογιάννης, Κ., Εγχειρίδιο Κλινικής Διατροφής. In Εκδόσεις Κάλλιπος (Vol. 01). https://repository.kalipos.gr/bitstream/11419/5356/1/00_master_document_corrected_links-KOY.pdf
- Σωτηρούδης, Θ.Γ. (1954). Αντιοξειδωτικά και Υγεία. 207–225.

Συστάσεις διατροφής, «Τα βιοενεργά συστατικά της διατροφής», Αντώνης Κουτελιδακης,
(2015)

Συστάσεις διατροφής, «Κάνε την τροφή σου φάρμακο», Κωνσταντίνα Αποστολοπούλου, (2016)