



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Πτυχιακή Εργασία: «Μελέτη της αντιοξειδωτικής και αντιμικροβιακής δράσης ενός βιολειτουργικού αφεψήματος που περιέχει εκχύλισμα του μανιταριού *Cordyceps militaris*»

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΑΛΕΞΑΝΔΡΗ

ΑΕΜ:02322

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: **ΟΛΓΑ ΓΚΟΡΤΖΗ**

ΒΟΛΟΣ, 2025

Θέμα Πτυχιακής Εργασίας: «Μελέτη της αντιοξειδωτικής και αντιμικροβιακής δράσης ενός βιολειτουργικού αφεψήματος που περιέχει εκχύλισμα του μανιταριού *Cordyceps militaris*»

Αγγλικός Τίτλος: «Investigation of the antioxidant and antimicrobial activity of a biofunctional decoction containing an extract of the fungus *Cordyceps militaris*»

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

1. Όλγα Γκορτζή, Καθηγήτρια, Επιβλέπουσα
2. Ιωάννης Βαγγέλας, Αναπληρωτής Καθηγητής, Μέλος
3. Παναγιώτης Μαδέσης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Μέλος

Πρόλογος- Ευχαριστίες:

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη ενός βιολειτουργικού ροφήματος με χρήση φυτικών εκχυλίσμάτων και εκχύλισμα μανιταριού *Cordyceps militaris*. Το ρόφημα αναπτύχθηκε με τη χρήση εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού, goji berries, εκχύλισμα φλοιού εσπεριδοειδών και εκχύλισμα του μανιταριού *Cordyceps militaris* και μελετήθηκε ως προς την αντιοξειδωτική του ικανότητα, το επίπεδο των ολικών φαινολικών και της αντιμικροβιακής του δράσης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Όλγα Γκορτζή για την υποστήριξή της καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Ιωάννη Βαγγέλα για την βοήθεια του στην εξέταση του μικροβιακού ελέγχου του ροφήματος και τους κυρίους Παναγιώτη Μαδέση και Αθανάσιο Σφουγγάρη που μας επέτρεψαν να χρησιμοποιήσουμε τον εξοπλισμό των εργαστηρίων τους. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα Αλέξανδρο Κολώνα για την βοήθεια που μου προσέφερε για την πραγματοποίηση της πτυχιακής μου διατριβής.

Περιεχόμενα

Πρόλογος- Ευχαριστίες:	3
Κατάλογος Πινάκων	7
Πίνακας Εικόνων	7
Περίληψη	9
Abstract	10
KEY-WORDS:	10
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Λειτουργικά Τρόφιμα	12
1.1 Ορισμός	12
1.2 Ιστορία	12
1.3 Βιοενεργά συστατικά	13
1.4 Νομοθεσία	14
1.5 Προοπτικές	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Λειτουργικά Συστατικά	15
2.1 Ελεύθερες ρίζες	15
2.2 Οξειδωτικό στρες	15
2.3 Αντιοξειδωτικά	15
2.3.1 Πολυφαινόλες	17
2.3.2 Καροτενοειδή	22
3.1 Covid 19	23
3.2 Long Covid	24
3.3 Υπερτροφές	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Φυτικά εκχυλίσματα	26
4.1 Πράσινο τσάι	26
4.2 Goji Berry	30
4.3 <i>Cordyceps militaris</i>	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Απόβλητα Εσπεριδοειδών	41
Οφέλη για την υγεία	42
Τοξικότητα	43
Προοπτικές	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Εκχύλιση και μέθοδοι προσδιορισμού αντιοξειδωτικής ικανότητας και ολικών φαινολικών	44
6.1 Γενικά Στοιχεία	44
6.2 Υδατική Εκχύλιση	44
6.3 Εκχύλιση με Υπερήχους	45
6.4 Προσδιορισμός αντιοξειδωτικών	45
6.5 Προσδιορισμός Ολικών Φαινολικών Ενώσεων	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. Μικροβιολογικός Έλεγχος	46
7.1 Γενικά Στοιχεία	46
7.2 Μέθοδος Μικροβιολογικού Ελέγχου.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. Οργανοληπτικός έλεγχος	48
8.1 Ανάλυση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών.....	48
Επιρροή του κοινού.....	49
Εκτίμηση οργανοληπτικού χαρακτήρα.....	49
Μεταποίηση και σύνθεση νέων τροφίμων	50
ΣΚΟΠΟΣ.....	51
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.Υλικά και Μέθοδοι ανάλυσης	52
9.1 Υλικά	52
9.2 Όργανα	52
9.3 Δείγματα & Μέθοδοι ανάλυσης	52
9.4 Εκχύλιση με υπερήχους.....	55
9.5 Εκχύλιση με θερμική επεξεργασία	55
9.6 Παραγωγή Δειγμάτων	56
9.7 Προσδιορισμός pH	59
9.8 Χαρακτηρισμός χρώματος.....	60
9.9 Προσδιορισμός αντιοξειδωτικών- μέθοδος DPPH	61
9.10 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών- μέθοδος Folin Ciocalteu	62
9.11 Οργανοληπτικός έλεγχος.....	64
9.12 Έλεγχος μικροβιολογικού φορτίου.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. Αποτελέσματα.....	67
10.1 Προσδιορισμός Ολικών Φαινολικών	67
10.2 Προσδιορισμός αντιοξειδωτικής ικανότητας	68
10.3 Μέτρηση pH.....	69

10.4 Μέτρηση Χρώματος	70
10.5 Αντιμικροβιακός έλεγχος	70
10.6 Οργανοληπτικός Έλεγχος	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11.....	80
Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων.....	80
Συζήτηση-Μελλοντική Έρευνα	86
Βιβλιογραφία.....	86

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Ευεργετικές ιδιότητες τροφών	11
Πίνακας 2: Βιοενεργά συστατικά και οφέλη για την υγεία	13
Πίνακας 3: Παραδείγματα Φυσικών Αντιοξειδωτικών	16
Πίνακας 4: Παραδείγματα πολυφαινόλων και πηγές	17
Πίνακας 5: Αναλυτική σύσταση φύλλων πράσινου τσαγιού	27
Πίνακας 6: Σύσταση καρπών goji berry	31
Πίνακας 7: Χημική Σύσταση <i>Cordyceps militaris</i> με υδατική εκχύλιση	Error! Bookmark not defined.

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Χημική σύσταση ανθοκυανίνων	19
Εικόνα 2: Δομή κατεχίνης	20
Εικόνα 3: Δομή επικατεχίνης	20
Εικόνα 4: Δομή γαλλικής επικατεχίνης και γαλλικής επιγαλλοκατεχίνης	20
Εικόνα 5: Χημικός τύπος κερσετίνης	21
Εικόνα 6: Μορφές φαινολικών οξέων, ανάλογα με τη θέση των υποκαταστατών στον υδροξυκινηνικό δακτύλιο	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 7: Μορφές φαινολικών οξέων, ανάλογα με τη θέση των υποκαταστατών στον υδροξυβενζοϊκό δακτύλιο	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 8: Παραδείγματα μοριακής δομής καροτενοειδών	23
Εικόνα 9: Τροφές και covid 19	25
Εικόνα 10: Χημική σύσταση πράσινου τσαγιού	27
Εικόνα 11: Πίνακας θρεπτικών στοιχείων σε 85g ξηρών goji berries	32
Εικόνα 12: Υπολείμματα Εσπεριδοειδών	42
Εικόνα 13: Μοριακή Δομή Κορντισεπίνης	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 15: Αποξηραμένα μανιτάρια <i>Cordyceps militaris</i>	53
Εικόνα 17: Μαλτοδεξτρίνη	53
Εικόνα 18: Στέβια	54
Εικόνα 19: Δείγματα πριν την εκχύλιση	54
Εικόνα 21: Διαδικασία υπερήχησης	55
Εικόνα 22: Δείγμα 1	57
Εικόνα 23: Δείγμα 2	57
Εικόνα 24: Δείγμα 3	58
Εικόνα 25: Δείγμα 4	58
Εικόνα 26: Τελικό ρόφημα	59
Εικόνα 27: Αντιδραστήριο Folin Ciocalteu	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 28: Διάλυμα Folin Ciocalteu	63
Εικόνα 29: Αντίδραση οξείδωσης με το αντιδραστήριο Folin Ciocalteu	64
Εικόνα 30: Μικροβιολογικός Έλεγχος	66
Εικόνα 31: Τρυβλία αποικιών μετά από επώαση	71
Εικόνα 32: Τελικό ρόφημα	72
Εικόνα 33: Νερό Βρύσης	72

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη αφορά την αξιολόγηση των αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών ικανοτήτων, ενός λειτουργικού ροφήματος που περιέχει εκχυλίσματα φυτικής προέλευσης, πράσινο τσάι, goji berry, και κυρίως εκχύλισμα μανιταριού *Cordyceps militaris*. Για την παραγωγή του ροφήματος μελετήθηκαν δύο διαφορετικοί τρόποι εκχύλισης, υδατική εκχύλιση με θερμική επεξεργασία και υδατική εκχύλιση με υπερήχηση. Έπειτα από οργανοληπτικό έλεγχο, που πραγματοποιήθηκε για την μελέτη της οργανοληπτικής αποδοχής, δημιουργήθηκε το τελικό ρόφημα που περιείχε εκχύλισμα πράσινου τσαγιού με φλούδες λεμονιού και πορτοκαλιού, εκχύλισμα goji berry και εκχύλισμα μανιταριού *Cordyceps militaris*. Το τελικό ρόφημα προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu και οι συγκεντρώσεις του κυμαίνονταν 3,68-4,68 mg GAE/10 ml, ενώ η αντιοξειδωτική του ικανότητα εκτιμήθηκε με τη μέθοδο DPPH και αποδείχθηκε αρκετά υψηλή, 70,37-86,24%. Τέλος, πραγματοποιήθηκε οργανοληπτική δοκιμή από μια ομάδα 10 ατόμων διαφόρων ηλικιών, η οποία έδειξε ότι το ρόφημα που δημιουργήθηκε έφερε την αποδοχή των καταναλωτών.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:

Λειτουργικό ρόφημα, πράσινο τσάι, goji berry, εκχύλιση, οργανοληπτικός έλεγχος.

Abstract

The present study evaluates the antioxidant and antimicrobial properties of a functional beverage containing plant extracts, green tea, goji berry, and especially mushroom extract of *Cordyceps militaris*. For the beverage production, two methods were studied, water extraction with heat and water extraction with ultrasound. After, the organoleptic testing, which was used for testing the organoleptic approval, the final beverage was created that contained the extract of green tea with lemon and orange peels, the extract of goji berry and the extract of the mushroom *Cordyceps militaris*. The final beverage was determined with the method of Folin-Ciocalteu and the concentrations were ranging from 3,68-4,68 mg GAE/10 ml, while the antioxidant properties were evaluated with the method of DPPH and were proven quite high, 70,37-86,24%. Finally, an organoleptic testing was held with a group of 10 people with different ages, which showed that the beverage created, brought the acceptance of the consumers.

KEY-WORDS:

Functional beverage, green tea, goji berry, extraction, organoleptic test.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την εποχή του Ιπποκράτη ήταν γνωστή η σχέση της διατροφής με την υγεία του ανθρώπου, μάλιστα, ο «πατέρας» της Ιατρικής είχε εμβαθύνει στην αξία της διατροφής και είχε αναφέρει ότι «Εν τροφή φαρμακεύει άριστον, εν τροφή φαρμακεύει φλαύρον», δηλαδή ότι στην τροφή κρύβεται το καλύτερο φάρμακο αλλά και το πιο βλαβερό δηλητήριο. Στο έργο του, αναφέρονται τρόποι για την διατήρηση ενός υγιεινού τρόπου ζωής και αποφυγής ασθενειών, ενώ μεγάλη βαρύτητα δίνει στην ιαματική δύναμη της φύσης. Παρόμοιες απόψεις με αυτές του Ιπποκράτη διατυπώνονται και στην παραδοσιακή κινέζικη ιατρική. Οι τροφές υγείας και «θεραπείας» έχουν μακρά παράδοση στους ανατολικούς πολιτισμούς, ιδιαίτερα στην Κίνα, όπου τα τρόφιμα και τα φάρμακα θεωρούνταν εξίσου σημαντικά για την πρόληψη και τη θεραπεία ασθενειών (Yao et al., 2023). Ένα μεγάλο κεφάλαιο της κινέζικης ιατρικής αποτελούν τα κινέζικα διαιτητικά φάρμακα γνωστά και ως «βρώσιμα κινέζικα φάρμακα» ή «φαρμακευτική τροφή». Στην κατηγορία αυτή, ανήκουν τροφές όπως τα δημητριακά, τα λαχανικά, τα φρούτα, οι ξηροί καρποί, αλλά και διάφορα βότανα (Yao et al., 2012). Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε μερικά οφέλη για την υγεία ορισμένων κοινών τροφών:

Πίνακας 1: Ευεργετικές ιδιότητες τροφών

Ξηροί καρποί	Πλούσιοι σε πρωτεΐνη, ωμέγα-3 λιπαρά οξέα και αντιοξειδωτικά. Βελτιώνουν την λειτουργία του εγκεφάλου και συμβάλλουν στην καλή υγεία της καρδιάς. Έχουν αντιφλεγμονώδη δράση.
Δημητριακά	Πλούσια σε φυτικές ίνες, βιταμίνες, ιχνοστοιχεία και αντιοξειδωτικά. Βοηθούν στην υγεία της καρδιάς και του πεπτικού συστήματος.
Φυλλώδη Λαχανικά	Περιέχουν σίδηρο, βιταμίνες Α, Κ και C, καθώς και ιχνοστοιχεία. Έχουν αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση. Βελτιώνουν τις γνωστικές ικανότητες και ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα.
Φρούτα του Δάσους	Πολύ καλή πηγή βιταμινών και ιχνοστοιχείων. Πλούσια σε αντιοξειδωτικά. Ενισχύουν το ανοσοποιητικό. Βοηθούν στην καλή λειτουργία του εγκεφάλου.
Πράσινο τσάι	Πλούσιο σε αντιοξειδωτικά. Περιέχει κατεχίνες, που έχουν αντιφλεγμονώδη και αντικαρκινική δράση. Ενισχύουν τον μεταβολισμό και την καλή λειτουργία του εγκεφάλου.

Τα τελευταία χρόνια, οι ανάγκες των καταναλωτών έχουν επιβάλλει τη δημιουργία νέων τροφίμων που προσφέρουν οφέλη στην υγεία πέρα από την κάλυψη των βασικών αναγκών. Οι γρήγοροι ρυθμοί ζωής, σε συνδυασμό με το άγχος, έχουν αρνητικές επιδράσεις στην υγεία, με αποτέλεσμα την αύξηση των χρόνιων παθήσεων και των αυτοάνοσων νοσημάτων (Betoret et al., 2011). Μετά την πανδημία του Covid-19, πολλοί είναι αυτοί που έχουν στραφεί σε νέες θεραπευτικές μεθόδους, όπως για παράδειγμα τη χρήση φυτικών εκχυλισμάτων, ενώ

παράλληλα προωθείται ένας πιο υγιής τρόπος ζωής βασισμένος στην υγιεινή διατροφή. Για το λόγο αυτό, η αγορά των λειτουργικών τροφίμων συνεχώς και αυξάνεται, καθώς οι καταναλωτές αναζητούν τρόπους να βελτιώσουν την υγεία τους (Gul et al., 2016).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Λειτουργικά Τρόφιμα

1.1 Ορισμός

Ως λειτουργικά τρόφιμα ορίζονται οι τροφές που έχουν ευεργετικές ιδιότητες για την υγεία των καταναλωτών, δηλαδή είναι τρόφιμα που παρέχουν οφέλη πέραν της κάλυψης των θερμιδικών αναγκών του ατόμου. Συνήθως, περιέχουν βιολογικά ενεργά συστατικά που συμβάλλουν στην βελτίωση της υγείας ή στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης ορισμένων νοσημάτων (Siró et al., 2008).

Οι κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται τα λειτουργικά τρόφιμα είναι:

1. Τα συμβατικά λειτουργικά τρόφιμα, τα οποία αφορούν φυσικά τρόφιμα με βιολογικά ενεργά συστατικά, για παράδειγμα τα φρούτα και τα λαχανικά, που περιέχουν αντιοξειδωτικά.
2. Τα ενισχυμένα ή εμπλουτισμένα τρόφιμα, δηλαδή τρόφιμα που έχουν εμπλουτιστεί με πρόσθετα θρεπτικά συστατικά, όπως είναι οι χυμοί εμπλουτισμένοι με βιταμίνη C ή φολικό οξύ, αλλά και οι μαργαρίνες με πρόσθετες στερόλες.
3. Τα τροποποιημένα προϊόντα, τα οποία αφορούν τρόφιμα που έχουν υποστεί τροποποίηση και ένα συστατικό τους έχει μειωθεί, αφαιρεθεί ή αντικατασταθεί με κάποιο άλλο, συνήθως αφορούν τρόφιμα που καλύπτουν συγκεκριμένες διατροφικές ανάγκες.
4. Τα νεοφανή τρόφιμα, αποτελούν μία νέα κατηγορία και προκύπτουν έπειτα από την εφαρμογή τεχνικών μοριακής βιολογίας και γενετικής τροποποίησης των σπόρων και των φυτών καλλιέργειας.
5. Τα τροφοφάρμακα, είναι μια γενικότερη κατηγορία λειτουργικών τροφίμων στην οποία συμπεριλαμβάνονται συμπληρώματα διατροφής, βότανα και αρωματικά φυτά που έχουν αποδεδειγμένα όφελος στην υγεία (Κουτελιδάκης, 2015).

1.2 Ιστορία

Τα λειτουργικά τρόφιμα πρωτοεμφανίστηκαν στην Ιαπωνία στα μέσα του 1980 και περιέγραφαν γενικότερα τρόφιμα με ευεργετικές ιδιότητες. Από το 1990 και έπειτα, η ιαπωνική κυβέρνηση εισήγαγε κανόνες για την δημιουργία μιας κατηγορίας τροφίμων με ισχυρισμούς υγείας, τα τρόφιμα αυτά ονομάστηκαν FOSHU (Foods for Specified Health Uses) (Siró et al., 2008). Αρχικά, τα τρόφιμα αυτά ήταν προϊόντα διατροφής με ειδικά συστατικά που είχαν ευεργετικές ιδιότητες για τον πληθυσμό σε συμβατικές μορφές. Όμως, από το 2001, η Ιαπωνική κυβέρνηση όρισε ότι τα λειτουργικά τρόφιμα μπορούν να λάβουν την μορφή καψουλών ή δισκίων (Κουτελιδάκης, 2015).

Στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, τα λειτουργικά τρόφιμα άρχισαν να εμφανίζονται τη δεκαετία του 1990. Το 1995, στην Ευρώπη ξεκίνησε ένα τετραετές ευρωπαϊκό πρόγραμμα για τα λειτουργικά τρόφιμα, ενώ το 1996 ο FDA (Food and Drug Association) ενέκρινε το πρώτο πρόσθετο τροφίμων (Michael Heasman & Julian Mellentin, 2001).

Από το 1988 έως το 1998, κυκλοφόρησαν περισσότερα από 1700 λειτουργικά τρόφιμα στην Ιαπωνία, ενώ στη Γερμανία το 1999 και το 2000 υπήρχαν 305 είδη λειτουργικών προϊόντων διατροφής. Στις αρχές του 2000, η Η.Π.Α αντιπροσώπευε το 50% της αγοράς των λειτουργικών τροφίμων παγκοσμίως (Κοκοτάς Ν., 2008).

Στην Ελλάδα υπήρχε πάντα συσχέτιση της διατροφής με την προαγωγή της υγείας. Στην παραδοσιακή ιατρική γινόταν χρήση βοτάνων για την αντιμετώπιση ασθενειών, όπως για παράδειγμα η κατανάλωση αφεψημάτων βοτάνων όπως το χαμομήλι για την καταπολέμηση του βήχα κ.α. Τα λειτουργικά τρόφιμα εμφανίστηκαν στην ελληνική αγορά στις αρχές του 2000, τα πρώτα προϊόντα που κυκλοφόρησαν αφορούσαν τρόφιμα που μειώνουν την χοληστερόλη. Σήμερα, κυκλοφορούν διάφορα προϊόντα με πιο δημοφιλή τα γαλακτοκομικά εμπλουτισμένα με πρωτεΐνες (Tsartsou et al., 2021).

1.3 Βιοενεργά συστατικά

Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στα συστατικά των τροφίμων που μπορούν να επιτελέσουν μια συγκεκριμένη λειτουργία εντός του οργανισμού και να παρέχουν διάφορα οφέλη στην υγεία του ανθρώπου.

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται μερικά από τα βιολογικά ενεργά χαρακτηριστικά και σε ποια τρόφιμα παρατηρούνται, καθώς και πιθανά οφέλη για την υγεία.

Πίνακας 2:Βιοενεργά συστατικά και οφέλη για την υγεία

Βιοενεργά συστατικά	Πηγή	Οφέλη στην υγεία
Καροτενοειδή		
α- καροτένιο, β- καροτένιο	Φρούτα, λαχανικά	Αντιοξειδωτική δράση
Λουτεΐνη	Πράσινα λαχανικά	Μείωση εμφάνισης εκφυλισμού της ωχράς κηλίδας
Λυκοπένιο	Τομάτες	Αντικαρκινική δράση
Πολυφαινόλες		
Ανθοκυανίνες	Φρούτα	Αντιοξειδωτική, αντικαρκινική δράση
Κατεχίνες	Τσαϊ	Αντιοξειδωτική, αντικαρκινική δράση
Φλαβόνες	Φρούτα, Λαχανικά, σπόροι	Αντιοξειδωτική, αντικαρκινική δράση
Φλαβονόνες	Κίτρο	Αντιοξειδωτική, αντικαρκινική δράση
Λιγνάνες	Λιναρόσπορος, σίκαλη, Λαχανικά	Αντικαρκινική δράση, βοηθούν την λειτουργία των νεφρών
Τανίνες	Φρούτα του δάσους, κακάο, κρασί	Μειώνουν τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων
Φυτοστερόλες		
Εστέρες στανολόν	Καλαμπόκι, φυτικά έλαια	Μειώνουν τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων
Λιπαρά οξέα		
Ω₃-Λιπαρά	Ιχθυέλαια	Βελτίωση πνευματικών λειτουργιών και όρασης
Προβιοτικά/ Πρεβιοτικά		

Φρουτο-ολιγοσακχαρίτες	Κρεμμύδια	Βελτιώνουν την υγεία του πεπτικού συστήματος
Lactobacillus	Γαλακτοκομικά προϊόντα	Βελτιώνουν την υγεία του πεπτικού συστήματος

1.4 Νομοθεσία

Στην Ευρώπη δεν υπάρχει ενιαίο νομοθετικό πλαίσιο για τα λειτουργικά τρόφιμα στα κράτη μέλη της. Κατά τη δεκαετία του 1990, οπότε ξεκίνησε η μελέτη για τα λειτουργικά τρόφιμα στην Ευρώπη δημιουργήθηκε το πρόγραμμα FUFOSE (Functional Food Science in Europe), όπου συμφωνήθηκε η χρήση του όρου «λειτουργικά τρόφιμα», όμως δεν κατατέθηκε κάποια σχετική νομοθεσία όσον αφορά την παραγωγή τους. Ωστόσο, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Ασφάλειας Τροφίμων, EFSA (European Food Safety Authority), έχει ορίσει διάφορους κανονισμούς για την προστασία των καταναλωτών όσον αφορά προϊόντα που φέρουν ισχυρισμούς υγείας. Σύμφωνα με τις οδηγίες, 90/496/ΕΟΚ και 2000/13/ΕΚ ορίζεται το ρυθμιστικό πλαίσιο, ώστε να μην παραπλανούνται οι καταναλωτές από ψευδείς ισχυρισμούς υγείας. Στο πλαίσιο αυτό, αναφέρεται ότι οι ισχυρισμοί υγείας μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο εφόσον υπάρχει επιστημονική αξιολόγηση και έγκριση από την ευρωπαϊκή επιτροπή, ενώ απαγορεύεται η χρήση λέξεων, όπως είναι η «θεραπεία», «αγωγή» και «πρόληψη» ασθενειών. Το πλαίσιο αυτό αναθεωρήθηκε το 2006 με τον κανονισμό 1924/2006, άρθρο 13 διασφαλίζοντας ότι οι ισχυρισμοί υγείας που χρησιμοποιούνται έχουν ελεγχθεί και είναι προϊόν έρευνας, ώστε να προστατεύονται οι καταναλωτές από λανθασμένους ισχυρισμούς (Dominguez Diaz et al., 2020).

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, το θεσμικό πλαίσιο όσον αφορά τα τρόφιμα ορίζεται από τον FDA (Food and Drug Administration) κάθε τρόφιμο πρέπει να τηρεί τις προϋποθέσεις που ορίζονται από τη νομοθεσία DSHEA (Dietary Supplement Health and Education Act) η οποία θεσπίστηκε το 1994. Σύμφωνα με αυτήν την νομοθεσία, επιτρέπεται η διάθεση νέων προϊόντων ως διαιτητικά πρόσθετα, όχι όμως ως συμβατικά τρόφιμα, χωρίς να είναι απαραίτητη η έγκριση από τον FDA. Ωστόσο, για να κυκλοφορήσει ένα νέο προϊόν θα πρέπει να υπάρχουν οι κατάλληλες επισημάνσεις στην ετικέτα, ώστε να προστατεύεται ο καταναλωτής από παραπλανητικές πληροφορίες. Τέλος, είναι απαραίτητο πριν ένα τρόφιμο χαρακτηριστεί ως λειτουργικό, να έχουν πραγματοποιηθεί κλινικές δοκιμές ώστε να έχουν διερευνηθεί οι ισχυρισμοί υγείας και να υπάρχουν πειραματικές αποδείξεις της λειτουργικότητάς του (Roberfroid, 2000).

1.5 Προοπτικές

Η ζήτηση των λειτουργικών τροφίμων, συνεχώς και αυξάνεται. Οι καταναλωτές τα τελευταία χρόνια έχουν στραφεί σε προϊόντα που προσφέρουν οφέλη πέρα από την κάλυψη των θερμιδικών αναγκών, το προσδόκιμο ζωής έχει αυξηθεί και φαινόμενα όπως η πανδημία του κορονοϊού έχουν εμφανιστεί, η ζήτηση για προϊόντα που ενισχύουν το ανοσοποιητικό και προάγουν την καλή λειτουργία του οργανισμού έχει αυξηθεί δραματικά. Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, η αγορά των λειτουργικών τροφίμων κοστολογείται στα 117 δισεκατομμύρια δολάρια (Egbuna et, 2020). Στην Ευρώπη αγγίζει τα 65 δισεκατομμύρια δολάρια με ρυθμό ανάπτυξης 8,5%. Συνεπώς, αναμένεται να ξεπεράσει τα 500 δισεκατομμύρια δολάρια παγκοσμίως έως το 2030. Τα πιο γνωστά λειτουργικά τρόφιμα που κυκλοφορούν, αυτήν την περίοδο, αφορούν: γιαούρτι ενισχυμένο με προβιοτικά, που συμβάλλει στην καλή λειτουργία του πεπτικού συστήματος, μαργαρίνη πλούσια σε φυτοστερόλες, που βοηθάει στη

μείωση της χοληστερόλης και ενεργειακές μπάρες και ποτά πλούσια σε πρωτεΐνη που βοηθούν στην μείωση του αισθήματος της πείνας (Granato et al., 2020). Επιπλέον, τα τελευταία χρόνια μελετώνται συνεχώς τρόφιμα με ισχυρισμούς υγείας που αφορούν την μείωση της κόπωσης, του stress και τη βελτίωση των γνωστικών λειτουργιών, καθώς οι ανάγκες του σύγχρονου ανθρώπου έχουν αλλάξει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Λειτουργικά Συστατικά

2.1 Ελεύθερες ρίζες

Ο όρος «ελεύθερη ρίζα» αναφέρεται σε κάθε άτομο ή μόριο που έχει ένα ή περισσότερα ασύζευκτα ηλεκτρόνια. Οι ελεύθερες ρίζες έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν ηλεκτρόνια από άλλες ενώσεις, είναι εξαιρετικά δραστικές ενώσεις. Πολλές φορές, οι ελεύθερες ρίζες δρουν και ως δότες ηλεκτρονίων, ανάλογα με το εάν δρουν ως δότες ή ως δέκτες ηλεκτρονίων, χωρίζονται σε οξειδωτικά ή αναγωγικά μόρια. Οι πιο σημαντικές ελεύθερες ρίζες που παρατηρούνται είναι οι ρίζες υδροξυλίου, ανιόντων υπεροξειδίου, υπεροξειδία του υδρογόνου, υποχλωριώδη, μονοξειδίου του αζώτου και υπεροξεινιτρώδους. Τα μόρια αυτά προκαλούν εκφυλισμό των κυττάρων, καθώς καταστρέφουν βιολογικά μόρια, όπως πρωτεΐνες, DNA, λιπίδια και υδατάνθρακες. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες για την υγεία του ατόμου. Συνήθως, η δημιουργία τους οφείλεται σε έκθεση σε διαφορετικές φυσικοχημικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα το κάπνισμα, η κατανάλωση αλκοόλ, η ακτινοβολία και ορισμένα φάρμακα. Επίσης, μπορεί να οφείλεται σε ενδογενείς παράγοντες, όπως είναι οι κυτταρικές αντιδράσεις, ή σε παθολογικές καταστάσεις, όπως είναι η γήρανση, το άγχος και οι ασθένειες. Για την εξουδετέρωση των ελευθέρων ριζών είναι πολύ σημαντική η κατανάλωση μιας διατροφής πλούσιας σε αντιοξειδωτικά (Γαλάρης Δ., 2015).

2.2 Οξειδωτικό στρες

Η έννοια του οξειδωτικού στρες χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ανισορροπία που προκύπτει μεταξύ της παραγωγής ελεύθερων ριζών και τις αντιοξειδωτικής άμυνας του οργανισμού και έχει ως αποτέλεσμα βλάβες στα κύτταρα. Το οξειδωτικό στρες φέρεται να συνδέεται με πολλές ασθένειες, όπως είναι οι ισχαιμικές ασθένειες, οι φλεγμονώδεις ασθένειες και ο καρκίνος. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι οι ελεύθερες ρίζες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη γήρανση ενώ το οξειδωτικό στρες εμφανίζεται αυξημένο κατά τη διαδικασία της γήρανσης, αφού ο κύριος μηχανισμός της αφορά το DNA και τη συσσώρευση κυτταρικών και λειτουργικών βλαβών. Για να ελεγχθούν οι οξειδωτικές βλάβες είναι απαραίτητη η επαρκής αντιοξειδωτική άμυνα, η οποία οφείλεται στη βέλτιστη πρόσληψη αντιοξειδωτικών θρεπτικών συστατικών (Sies H., 2015).

2.3 Αντιοξειδωτικά

Τα αντιοξειδωτικά είναι μόρια που έχουν την δυνατότητα να εξουδετερώνουν τις ελεύθερες ρίζες, με αυτό τον τρόπο μειώνουν τις κυτταρικές βλάβες, καθυστερούν την γήρανση και προστατεύουν τον οργανισμό από ασθένειες. Σύμφωνα με τον Halliwell (2007), ως αντιοξειδωτικό ορίζεται κάθε ουσία που καθυστερεί, αποτρέπει ή εξαλείφει το οξειδωτικό στρες. Πέρα από το να εξουδετερώνουν τις ελεύθερες ρίζες, τα αντιοξειδωτικά έχουν την

ικανότητα να ενεργοποιούν παράγοντες μεταγραφής που επάγουν την έκφραση αντιοξειδωτικών ενζύμων (Jones, 2006). Ανάλογα με τον μηχανισμό δράσης τους τα αντιοξειδωτικά χωρίζονται σε πρωτοταγή και δευτεροταγή. Στα πρωτοταγή αντιοξειδωτικά ανήκουν οι φαινολικές ενώσεις. Τα πρωτοταγή αντιοξειδωτικά δρουν δίνοντας άτομα υδρογόνου στις ελεύθερες ρίζες. Ο μηχανισμός δράσης περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα:



(Roberfroid & Calderon, 1990)

Τα δευτεροταγή αντιοξειδωτικά δρουν δεσμεύοντας οξυγόνο, αντιδρώντας με αυτό και ελαττώνοντας την συγκέντρωσή του. Στα δευτεροταγή αντιοξειδωτικά ανήκουν το ασκορβικό οξύ και τα καροτενοειδή. Επιπλέον, τα δευτεροταγή αντιοξειδωτικά δρουν σχηματίζοντας χημικούς δεσμούς με μέταλλα, όπως είναι ο σίδηρος και ο χαλκός, τα οποία έχουν την τάση να δημιουργούν ελεύθερες ρίζες (Roberfroid & Calderon, 1990).

Στη συνέχεια, ένας ακόμα διαχωρισμός των αντιοξειδωτικών αφορά την προέλευσή τους. Τα αντιοξειδωτικά χωρίζονται σε φυσικά και συνθετικά.

Φυσικά αντιοξειδωτικά

Τα φυσικά αντιοξειδωτικά λαμβάνονται από τις τροφές και έχουν την ικανότητα να προστατεύουν τον οργανισμό από τις ελεύθερες ρίζες. Τα πιο γνωστά φυσικά αντιοξειδωτικά είναι οι τοκοφερόλες (βιταμίνη Ε), το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), τα φλαβονοειδή, τα φαινολικά οξέα και τα καροτενοειδή (Neha K. et al, 2019).

Πίνακας 3: Παραδείγματα Φυσικών Αντιοξειδωτικών

1.Βιταμίνη C(Ασκορβικό οξύ)	Υδατοδιαλυτή. Εξουδετερώνει ελεύθερες ρίζες και αναγεννά τη βιταμίνη Ε.	Πορτοκάλια, ακτινίδια, πιπεριές, φράουλες.
2. Βιταμίνη Ε (Τοκοφερόλες)	Λιποδιαλυτή. Προστατεύει κυτταρικές μεμβράνες από οξείδωση.	Ελαιόλαδο, αμύγδαλα, ηλιόσποροι, αβοκάντο.
3. Βιταμίνη Α	Ενισχύει την όραση και προστατεύει από οξειδωτικό στρες.	Καρότα, γλυκοπατάτες, σπανάκι.

4. Φλαβονοειδή	Αντιφλεγμονώδη, αντιοξειδωτικά, καρδιοπροστατευτικά.	Μούρα, μαύρο τσάι, κόκκινο κρασί.
5. Καροτενοειδή	Βοηθούν στην όραση και την κυτταρική προστασία.	Καρότα, τομάτες, κολοκύθα.
6. Πολυφαινόλες	Προστατεύουν από καρκίνο και καρδιοπάθειες.	Σταφύλια, πράσινο τσάι, σοκολάτα.
7. Κερσετίνη	Φλαβονοειδές με αντιφλεγμονώδη δράση.	Κρεμμύδια, μανιτάρια, μήλα.

Συνθετικά αντιοξειδωτικά

Πρόκειται για αντιοξειδωτικά τα οποία συντίθενται βιομηχανικά και μιμούνται τη δράση των φυσικών αντιοξειδωτικών. Χρησιμοποιούνται κυρίως ως πρόσθετα σε τρόφιμα για να παρατείνουν την διάρκεια ζωής τους και να προλαμβάνουν την αλλοίωση τους. Ωστόσο, έρευνες έχουν αποδείξει ότι τα συνθετικά αντιοξειδωτικά είναι κατώτερης ποιότητας από τα φυσικά. Παρ' όλο που έχει εγκριθεί η χρήση τους από διεθνείς οργανισμούς, όπως ο FDA, ορισμένα συνθετικά αντιοξειδωτικά έχει αποδειχθεί ότι προκαλούν αλλεργικές αντιδράσεις, ορμονικές διαταραχές και αυξάνουν τις πιθανότητες εμφάνισης καρκίνου. Για το λόγο αυτό, η χρήση τους ελέγχεται αυστηρά και επιτρέπονται μόνο σε συγκεκριμένες ποσότητες.

2.3.1 Πολυφαινόλες

Μια ένωση ανήκει στην κατηγορία των πολυφαινολών εάν έχει μια υδροξυλομάδα (-OH) προσδεμένη σε έναν βενζολικό δακτύλιο. Οι ενώσεις αυτές έχουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση, καθώς εξουδετερώνουν τις ελεύθερες ρίζες. Εντοπίζονται στα φυτοχημικά και προσλαμβάνονται στον οργανισμό μέσω της διατροφής. Πέρα από την αντιοξειδωτική τους δράση, εμφανίζουν πολλαπλά οφέλη για την υγεία, διότι μειώνουν την αρτηριακή πίεση, προστατεύουν από νευροεκφυλιστικές νόσους και αναστέλλουν την ανάπτυξη καρκινικών κυττάρων (Γαλάρης Δ., 2015).

Πίνακας 4: Παραδείγματα πολυφαινολών και πηγές

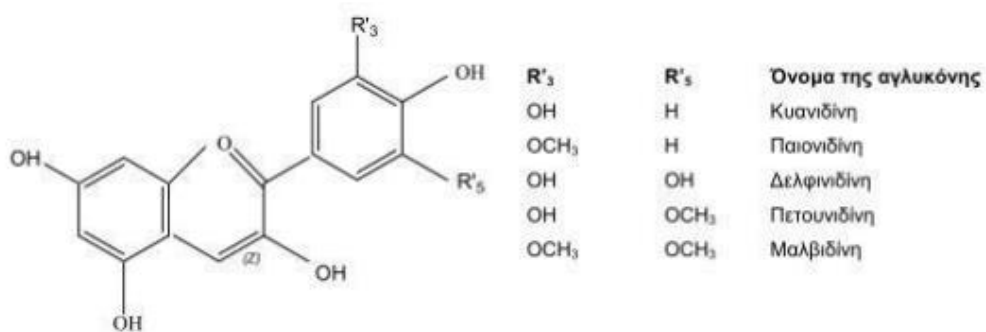
ΕΝΩΣΕΙΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΗΓΕΣ
ΦΛΑΒΑΝΟΛΕΣ		
Επικατεχίνη		
Κατεχίνη		Τσάι, κόκκινο κρασί
Επιγαλλοκατεχίνη		

Ταξιφολίνη Ναριγκίνη	ΦΛΑΒΟΝΟΝΕΣ	Κίτρο
Καμπερόλη Κερσετίνη Μυρισετίνη	ΦΛΑΒΟΝΟΛΕΣ	Πράσινα λαχανικά, ελαιόλαδο, τσάι, κρασί
Απιγενίνη Χρυσίνη	ΦΛΑΒΟΝΕΣ	Φλούδες φρούτων
Κυανιδίνη Απιγενιδίνη Μαλβιδίνη	ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	Φλούδες φρούτων, φρούτα του δάσους, κόκκινο κρασί
Καφεϊκό οξύ p- κουμαρικό οξύ Χλωρογενικό οξύ	ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ ΟΞΕΑ	Ελαιόλαδο, κρασί, σταφύλια, πράσινα λαχανικά

(Γαλάρης Δ., 2015)

Ανθοκυανίνες

Οι ανθοκυανίνες χαρίζουν το χρώμα στα περισσότερα λουλούδια, φρούτα και λαχανικά. Αποτελούν μια κατηγορία φυσικών βιοδραστικών ενώσεων που εντοπίζεται σε ποτά και τρόφιμα και ανήκουν σε ομάδα χρωστικών που διαλύεται στο χυμό των επιδερμικών ιστών φρούτων, λαχανικών, αλλά και λουλουδιών. Τα χρώματα που χαρακτηρίζουν τα τρόφιμα πλούσια σε ανθοκυανίνες είναι μωβ, μπλε, ροζ και κόκκινο. Είναι μόρια ανθεκτικά σε συνθήκες οξειδωσης και σχηματίζουν σύμπλοκα με άλλα φλαβονοειδή αυξάνοντας την σταθερότητα της δομής τους (Mattioli R. et al, 2020).



Εικόνα 1: Συντακτικοί τύποι ανθοκυανίνων

Κατεχίνες

Οι κατεχίνες ανήκουν στην κατηγορία των φλαβονοειδών και αποτελούνται από δύο πολυφαινολικούς αρωματικούς δακτυλίους και υδροξύλια. Χωρίζονται στις:

Ελεύθερες κατεχίνες

(+) κατεχίνη (+C)

(+) γαλοκατεχίνη (+GC)

(-) επικατεχίνη (EC)

(-) επιγαλλοκατεχίνη (EGC)

Γαλοϋλοκατεχίνες

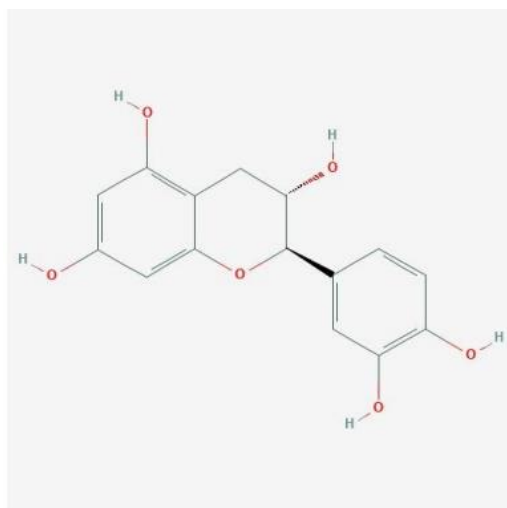
(-) γαλλική επικατεχίνη (ECG)

(-) γαλλική επιγαλλοκατεχίνη (EGCG)

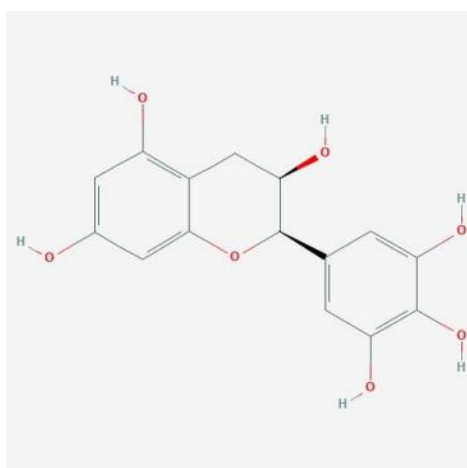
(-) γαλλική γαλκατεχίνη (GCG)

Και κάποια ακόμα δευτερεύοντα παράγωγα.

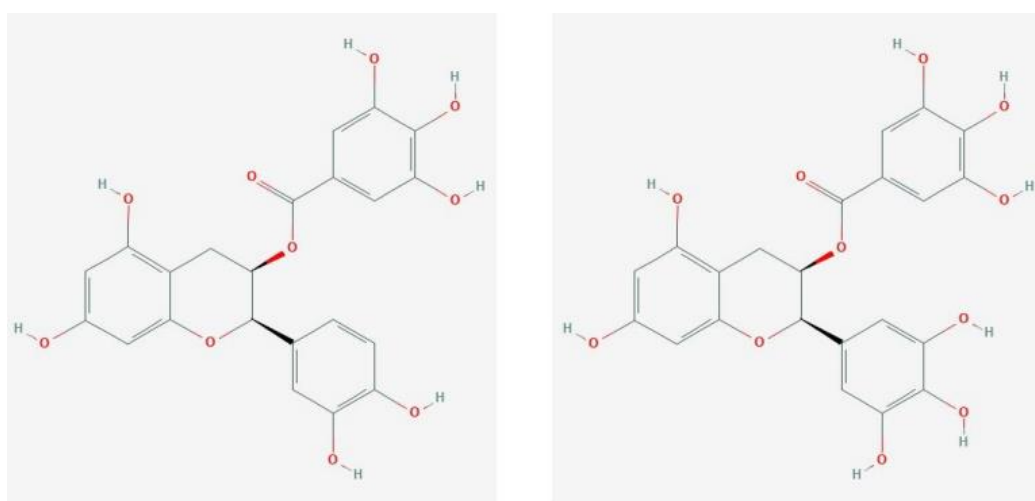
Ανάλογα με την μορφή τους χωρίζονται σε θετική(+) και αρνητική(-). Η θετική (+) κατεχίνη είναι ισχυρό αντιοξειδωτικό, ενώ η αρνητική(-) κατεχίνη προκαλεί οξείδωση και βλάβη σε κύτταρα.



Εικόνα 2: Δομή κατεχίνης



Εικόνα 3: Δομή επικατεχίνης

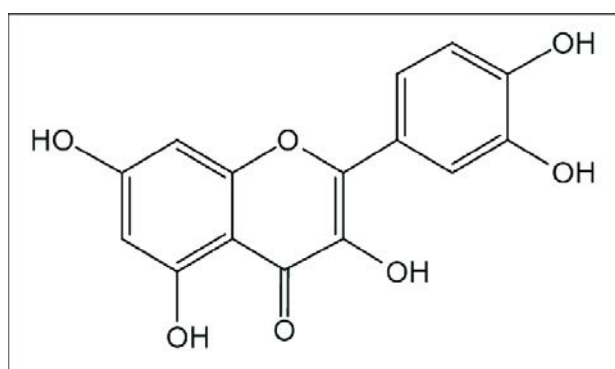


Εικόνα 4: Δομή γαλλικής επικατεχίνης και γαλλικής επιγαλλοκατεχίνης

Οι κατεχίνες πέρα από την αντιοξειδωτική τους δράση, παρουσιάζουν αντικαρκινικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες. Χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια στη θεραπεία πολλών ασθενειών. Μερικά από τα οφέλη των κατεχινών στην υγεία περιλαμβάνουν την μείωση κινδύνου καρδιοπαθειών, διότι μειώνουν την αρτηριακή πίεση και ρυθμίζουν την χοληστερόλη και την βελτίωση της εγκεφαλικής λειτουργίας, καθώς βοηθούν στην αύξηση της συγκέντρωσης και τη βελτίωση της μνήμης. Η πιο ισχυρή κατεχίνη είναι η γαλλική επιγαλλοκατεχίνη (EGCG) και βρίσκεται κυρίως στο πράσινο τσάι (Zhao T. et al,2022).

Κερσετίνη

Η κερσετίνη ανήκει στις φλαβονόλες και αποτελεί ένα κοινό συστατικό της καθημερινής διατροφής του ανθρώπου καθώς βρίσκεται σε πληθώρα τροφών. Συνήθως, παρουσιάζεται συζευγμένη με υπολείμματα σακχάρου, για αυτό και έχει τη μορφή γλυκοσίδων. Διαλύεται εύκολα σε λιπίδια αλλά είναι σχεδόν αδιάλυτη στο νερό. Ο χημικός τύπος της κερσετίνης είναι $C_{15}H_{10}O_7$.

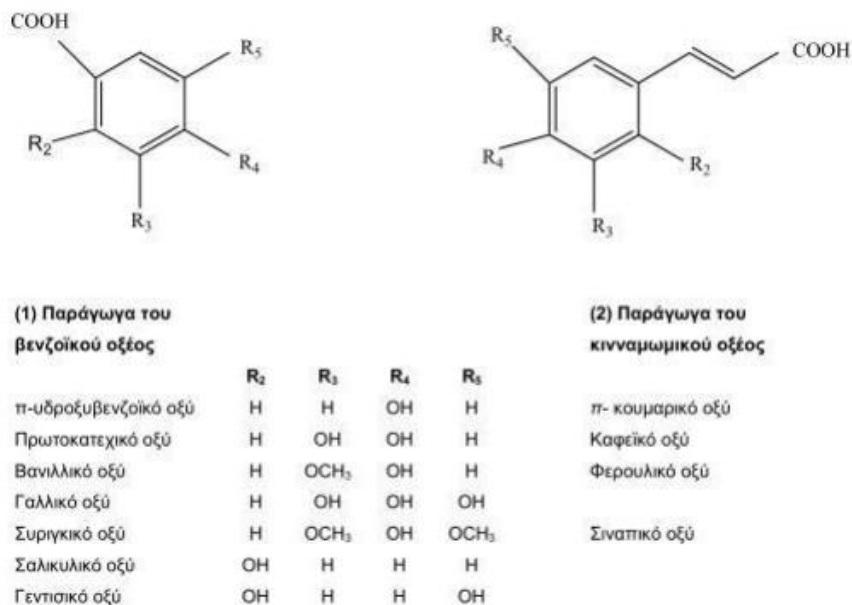


Εικόνα 5: Χημικός τύπος κερσετίνης

Η κερσετίνη έχει αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, αντιμικροβιακές και αντικαρκινικές ιδιότητες. Σύγχρονες μελέτες έχουν αποδείξει τα οφέλη της κερσετίνης στην υγεία, έχουν διεξαχθεί έρευνες *in vivo* και *in vitro*, όπου αποδεικνύεται ότι η κερσετίνη δρα ως θεραπευτικός παράγοντας για νευροεκφυλιστικές παθήσεις, για ασθένειες όπως ο διαβήτης, ο καρκίνος και γενικότερες φλεγμονές του οργανισμού. Είναι μία ουσία πολλά υποσχόμενη για τη σύγχρονη Ιατρική (Deerika, Maurya PK.,2022).

Φαινολικά Οξέα

Τα φαινολικά οξέα ανήκουν σε μία από τις σημαντικότερες ομάδες δευτερογενών μεταβολιτών και βιοενεργών συστατικών και είναι ευρέως διαδεδομένα στο φυτικό βασίλειο. Η μορφή με την οποία συναντώνται στη φύση είναι αυτή των εστέρων ή των γλυκοζιτών σχηματίζοντας δεσμούς με άλλες φυσικές ενώσεις, όπως είναι τα τερπένια, η λιγνίνη, η κυτταρίνη, οι αλκοόλες κ.α. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα υδροξυβενζοϊκά (C_6-C_1) και υδροξυκιναμικά (C_6-C_3) οξέα.

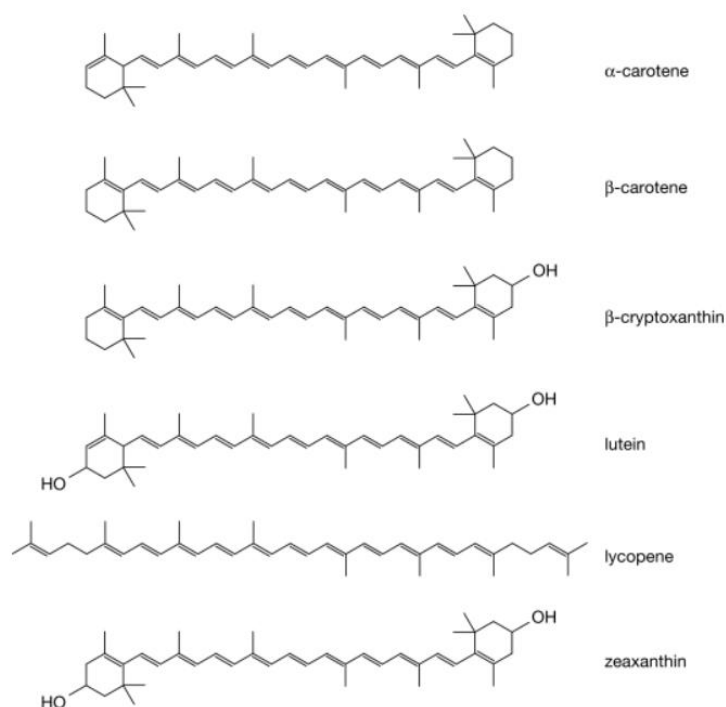


Εικόνα 6:Μορφές φαινολικών οξέων, ανάλογα με τη θέση των υποκαταστατών στον υδροξυκινναμικό και βενζοϊκό δακτύλιο

Τα φαινολικά οξέα συναντώνται σε πολλά τρόφιμα, τα πιο γνωστά φαινολικά οξέα είναι το καφεϊκό οξύ, το φερούλικό οξύ και το p-κουμαρικό. Έχουν υψηλή αντιοξειδωτική δράση μειώνοντας τις βλαβερές συνέπειες της οξείδωσης των θρεπτικών συστατικών. Επιπλέον, παρουσιάζουν αντικαρκινική, αντιφλεγμονώδη και αντιμικροβιακή δράση (Mehany et al, 2021) (Akanchise & Angelova, 2023).

2.3.2 Καροτενοειδή

Τα καροτενοειδή αποτελούν μια λιποδιαλυτή προβιταμίνη, η οποία εντοπίζεται σε μεγάλες ποσότητες στα φρούτα και στα λαχανικά. Τα κύρια καροτενοειδή που εντοπίζονται στα φρούτα και τα λαχανικά είναι η α-καροτίνη, η β-καροτίνη, β-κρυπτοξανθίνη, λυκοπένιο, λουτεΐνη και βιολαξανθίνη. Είναι φυσικές χρωστικές και απαντώνται σε έναν μεγάλο αριθμό φυτικών ιστών. Στα μανιτάρια, το πιο διαδεδομένο καροτενοειδές είναι η β-καροτίνη. Τα καροτενοειδή είναι κυρίως γνωστά, διότι προσδίδουν το κόκκινο, το κίτρινο και το πορτοκαλί χρώμα στους οργανισμούς.



Εικόνα 7: Παραδείγματα μοριακής δομής καροτενοειδών

Τα καροτενοειδή έχουν αποδειχθεί με βάση κλινικών μελετών ότι έχουν αντιοξειδωτική δράση μειώνοντας την πιθανότητα εμφάνισης καρδιαγγειακών νόσων. Επιπλέον, έχουν αντικαρκινική δράση και προάγουν την σωστή λειτουργία των κυττάρων (Langi P. et al, 2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Covid 19 & Υπερτροφές

3.1 Covid 19

Η πανδημία του κορονοϊού SARS-COV-2, γνωστή και ως COVID-19 έφερε επανάσταση στην ιατρική. Η οξεία αναπνευστική λοίμωξη που οφείλεται στον SARS-COV-2 στοίχισε τη ζωή εκατομμύρια ανθρώπων ανά τον κόσμο και συνεχίζει να ταλαιπωρεί ανθρώπους καθημερινά. Η πανδημία που ξεκίνησε το 2019 από μια επαρχία της Κίνας και εξαπλώθηκε ταχύτατα σε όλο τον κόσμο αποτέλεσε μια μεγάλη πρόκληση για την ανθρωπότητα. Ο ιός που μεταδίδεται από σωματίδια, προκαλεί πληθώρα συμπτωμάτων, μερικά από αυτά είναι παρόμοια με της γρίπης, τα κύρια συμπτώματα είναι βήχας, πονόλαιμος, πυρετός, συνάχι, πονοκέφαλος, μυαλγία, κόπωση, απώλεια γεύσης και όσφρησης και γαστρεντερολογικές διαταραχές (A.V. Raveendran et, 2021). Η ανάρρωση από ήπια μόλυνση διαρκεί 7-10 μέρες, ενώ σε σοβαρές περιπτώσεις μπορεί να διαρκέσει έως και 6 εβδομάδες. Σε σοβαρές περιπτώσεις μπορεί να χρειαστεί διασωλήνωση, καθώς ο ιός μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα σε ζωτικά όργανα ιδιαίτερα σε ανθρώπους που ανήκουν σε ευπαθείς ομάδες. Η έλλειψη αποτελεσματικής θεραπείας οδήγησε πολλούς ανθρώπους στην αναζήτηση εναλλακτικών θεραπειών, όπως για παράδειγμα η χρήση βοτάνων και εκχυλισμάτων και η κατανάλωση τροφών με ισχυρισμούς υγείας για την τόνωση του ανοσοποιητικού τους συστήματος και για να καταπραΰνουν τα συμπτώματα της ασθένειας. Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρήθηκε, τα συμπτώματα να

συνεχίζουν να εμφανίζονται για αρκετό διάστημα μετά την νόσηση, το σύνδρομο αυτό ονομάστηκε long-Covid. Κατά την περίοδο της πανδημίας, ο υποχρεωτικός εγκλεισμός άλλαξε τα δεδομένα σε αρκετές βιομηχανίες, καθώς επηρεάστηκαν πολλές από τις καθημερινές συνήθειες των καταναλωτών. Μία από τις βιομηχανίες που υπέστη μεγάλες αλλαγές είναι η βιομηχανία τροφίμων.

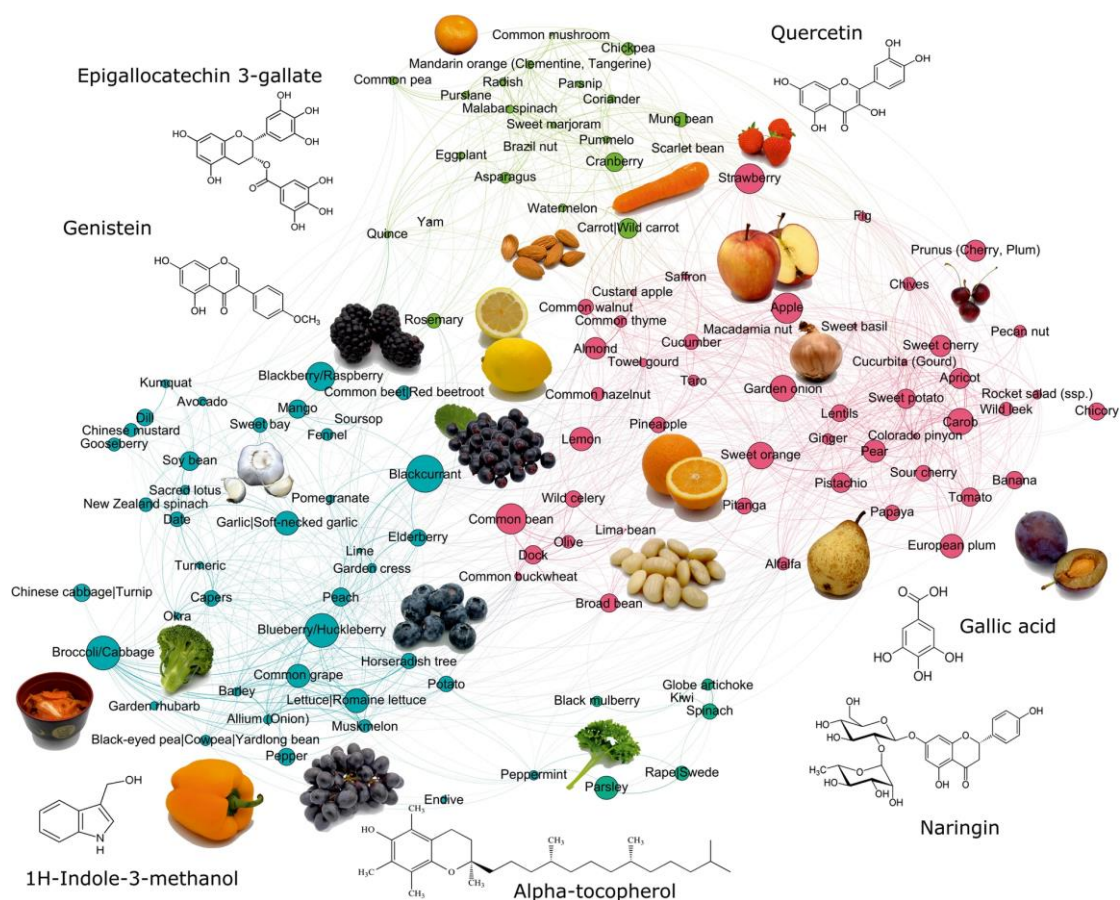
3.2 Long Covid

Το σύνδρομο long Covid αναφέρεται στα επίμονα συμπτώματα που συνεχίζουν να εμφανίζονται έως και μήνες μετά την αρχική μόλυνση από τον ιό SARS-COV-2. Τα άτομα με long Covid δεν εμφανίζουν ιικό φορτίο και τις περισσότερες φορές είναι αρνητικοί σε τεστ PCR, παρόλα αυτά τα συμπτώματα επιμένουν για πολύ καιρό μετά την ανάρρωση. Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Ιταλία, το 87% των ατόμων που πήραν εξιτήριο από το νοσοκομείο έπειτα από θετική διάγνωση Covid 19 συνέχισαν να εμφανίζουν τουλάχιστον ένα σύμπτωμα έως και 60 μέρες μετά την ανάρρωση. Τα πιο δημοφιλή από αυτά ήταν η κόπωση, η δύσπνοια και ο πόνος στις αρθρώσεις (A.V. Raveendran et, 2021). Μεγάλο ενδιαφέρον φέρει το γεγονός ότι πολλοί ασθενείς ανέφεραν ότι μετά την νόσηση παρουσιάζουν προβλήματα συγκέντρωσης, απώλεια μνήμης και ψυχικές διαταραχές, όπως άγχος και κατάθλιψη. Τα συμπτώματα που συνδέονται με γνωστικές λειτουργίες αναφέρονται συχνά ως brain fog. Τα άτομα που επηρεάζονται από το brain fog αισθάνονται δυσκολία να επανέλθουν στην καθημερινότητά τους, καθώς εμφανίζουν εμφανίζουν αίσθημα σύγχυσης, δυσκολία λήψης αποφάσεων και εκτέλεσης καθημερινών δραστηριοτήτων. Παρόλο που έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες δεν έχει εξακριβωθεί ακόμη ο ακριβής λόγος εμφάνισης του φαινομένου. Ο μηχανισμός λειτουργίας του φαινομένου αυτού μπορεί να οφείλονται σε νευροφλεγμονή, απώλεια φαιάς ουσίας, μικροαγγειακό τραυματισμό, δυσλειτουργία του εγκεφαλικού στελέχους, ήπιας μορφής εγκεφαλοπάθειας, διαταραχές στα αντιληπτικά συστήματα και ψυχικές διαταραχές (Orfei, M. D., et al , 2022). Προς το παρόν δεν υπάρχει θεραπεία για το σύνδρομο long covid, ωστόσο διεξάγονται συνεχώς νέες κλινικές μελέτες για την αντιμετώπιση των συμπτωμάτων. Λόγω της έλλειψης ιατρικής θεραπείας, πολλοί καταναλωτές αναζητούν εναλλακτικές θεραπείες μέσω της κατανάλωσης τροφίμων με ισχυρισμούς υγείας, για την καταπολέμηση των συμπτωμάτων της ασθένειας.

3.3 Υπερτροφές

Ως υπερτροφές ή “superfoods” ορίζονται τα τρόφιμα που περιέχουν βιοενεργά συστατικά, όπως για παράδειγμα αμινοξέα ή λιπαρά οξέα, που είναι χρήσιμα για τον ανθρώπινο οργανισμό. Ανήκουν στην κατηγορία των λειτουργικών τροφίμων, αλλά συνήθως αναφέρονται σε φυσικά προϊόντα που δεν έχουν υποστεί επεξεργασία. Πολλά φυτικά προϊόντα κατατάσσονται σε αυτήν την κατηγορία, όπως για παράδειγμα φρούτα (goji berries, εσπεριδοειδή, ρόδι, αβοκάντο), λαχανικά, δημητριακά (κινόα, τσία), φύλλα (πράσινο τσάι, moringa), μανιτάρια (*Cordyceps militaris*). Τα τρόφιμα αυτά βάση ερευνών ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα και βοηθούν στην προαγωγή της καλής λειτουργίας του οργανισμού. Για το λόγο αυτό, πολλοί είναι οι καταναλωτές που στράφηκαν στην αγορά προϊόντων “superfoods” για την ενίσχυση του οργανισμού τους, προσπαθώντας να θωρακίσουν τον οργανισμό τους από λοιμώξεις και να μειώσουν την επίδραση των συμπτωμάτων. Σύμφωνα με κλινικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν κατά την διάρκεια της πανδημίας για την πρόληψη και την μείωση της εξάπλωσης του ιού SARS-COV-2, παρατηρήθηκε ότι τα φλαβονοειδή,

όπως η ρουτίνη, η κερσετίνη, η κουρκουμίνη δρουν αποτελεσματικά κατά της εξάπλωσης του ιού, διότι παγιδεύουν ένα ένζυμο κλειδί για την αντιγραφή του ιού. Ενδιαφέρον έχουν επιδείξει, επίσης, οι ερευνητές σε τροφές πλούσιες σε βιταμίνες A, D,C και E, ψευδάργυρο, φολικό οξύ, σίδηρο και σελήνιο. όπως είναι τα μανιτάρια, διότι παρατηρήθηκε ότι αυξάνουν την ανοσολογική αντίδραση σε ανθρώπους που νοσούν από COVID-19 (Luo C et. al, 2019).



Εικόνα 8: Τροφές και covid 19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Φυτικά εκχυλίσματα

4.1 Πράσινο τσάι

Το τσάι (βοτανικά: *Camelia sinensis*) είναι ένα από τα αρχαιότερα και δημοφιλέστερα ροφήματα στον κόσμο. Πρόκειται για έναν αειθαλή θάμνο που ανήκει στην οικογένεια *Theaceae*, μπορεί να φτάσει σε ύψος έως και 10 μέτρα, όμως στις φυτείες δεν ξεπερνά τα 1,20 μέτρα και τα φύλλα του είναι γυαλιστερά, σκουροπράσινα, ωοειδή ή λογχοειδή. Τα άνθη μπορεί να είναι λευκά, ροζ ή κόκκινα και έχουν πέντε πέταλα. Για τον πολλαπλασιασμό του χρησιμοποιούνται σπόρος ή παραφυάδες. Η καλλιέργεια του ξεκίνησε στην Κίνα και στη συνέχεια διαδόθηκε και σε άλλες χώρες της Ασίας, όπως η Ταϊβάν και η Ιαπωνία, σήμερα καλλιεργείται σε πάνω από 45 χώρες παγκοσμίως . Ανάλογα με την διαδικασία ζύμωσης των φύλλων του διακρίνεται σε 6 κατηγορίες: στο πράσινο τσάι, το μαύρο τσάι, το λευκό τσάι, το κίτρινο τσάι, το σκούρο τσάι και το οολόνγκ. Το πράσινο τσάι ήταν το πρώτο που ανακαλύφθηκε, καθώς τα φύλλα του πράσινου τσαγιού καταναλώνονται χωρίς να υποστούν ζύμωση. Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια δεν είναι αρκετά διαδεδομένη. Το φυτό μπορεί να καλλιεργηθεί σε διάφορα κλίματα προτιμά περιοχές με υψόμετρο άνω των 1000 μέτρων και ασβεστολιθικές εκτάσεις. Εμφανίζει υψηλές ανάγκες σε νερό και χρειάζεται εδάφη με καλή αποστράγγιση. Το κλίμα επηρεάζει την ποιότητα και την ποσότητα της παραγωγής.

Το πράσινο τσάι έχει 15-20% περιεκτικότητα πρωτεϊνών, μερικά από τα αμινοξέα του πράσινου τσαγιού είναι η τρυπτοφάνη, η τυροσίνη, η θειονίνη και το γλουταμικό οξύ. Επιπλέον, περιέχει ιχνοστοιχεία όπως το μαγνήσιο, το μαγγάνιο, το ασβέστιο, ο σίδηρος, ο χαλκός και το σελήνιο. Είναι πλούσιο σε στερόλες και λιπίδια, όπως το λινολεϊκό οξύ και τις βιταμίνες B2, B3 και C. Αξίζει να σημειωθεί ότι είναι καλή πηγή μακροστοιχείων, για παράδειγμα φωσφόρου και ιωδίου. Το βασικό στοιχείο του πράσινου τσαγιού είναι η περιεκτικότητά του σε πολυφαινόλες, η οποία αποτελεί το 30% της ξηρής μάζας του. Οι κύριες πολυφαινόλες που εντοπίζονται στο τσάι είναι οι κατεχίνες, αξίζει να σημειωθεί ότι το πράσινο τσάι περιέχει περισσότερες κατεχίνες από το μαύρο ή το οολόνγκ (Zhao T. et al, 2022).

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται όλα τα στοιχεία που εντοπίζονται στο πράσινο τσάι:



Εικόνα 9: Χημική σύνθεση των φύλλων του πράσινου τσαγιού (Rady et al, 2018)

Αναλυτικότερα, η σύσταση των φύλλων του πράσινου τσαγιού είναι:

Πίνακας 5: Αναλυτική σύσταση φύλλων πράσινου τσαγιού

Σύσταση φύλλων πράσινου τσαγιού	
Συστατικά	Σύσταση σε ξηρό βάρος %
Πολυφαινόλες	36
Μέθυλο-ξανθίνες	3,5
Αμινοξέα	4
Οργανικά οξέα	1,5
Καροτενοειδή	<0,1
Πτητικά συστατικά	<0,1
Υδατάνθρακες	25
Πρωτεΐνες	15
Λιγνίνη	6,5
Λιπίδια	2
Χλωροφύλλη	0,5
Τέφρα	5

Η επιγαλλοκατεχίνη-3-γαλλική (EGCG), η κύρια κατεχίνη του πράσινου τσαγιού, δρα ως ισχυρό αντιοξειδωτικό. Δεσμεύει ελεύθερες ρίζες και μειώνει την παραγωγή αντιδραστικών ειδών οξυγόνου (ROS), προστατεύοντας τα κύτταρα από οξειδωτικό στρες (Cao κ.ά., 2023). Επιπλέον, ενεργοποιεί ενδοκυτταρικά αντιοξειδωτικά ένζυμα όπως η σουπεροξειδική δισμουτάση (SOD) και η καταλάση, ενισχύοντας την ενδογενή άμυνα του οργανισμού (Yang

κ.ά., 2020). Μέσω αυτών των μηχανισμών, η EGCG συμβάλλει στη μείωση της κυτταρικής βλάβης που συνδέεται με γήρανση και χρόνιες παθήσεις.

Η EGCG και άλλες κατεχίνες καταστέλλουν την ενεργοποίηση του μεταγραφικού παράγοντα NF-κΒ, ο οποίος είναι κεντρικός στη ρύθμιση της φλεγμονώδους απόκρισης (Chu κ.ά., 2021). Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η παραγωγή προφλεγμονωδών κυτοκινών, όπως TNF-α, IL-6 και IL-1β. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της χρόνιας φλεγμονής που σχετίζεται με καρδιαγγειακά νοσήματα, μεταβολικές διαταραχές και νευροεκφυλιστικές παθήσεις (Hu κ.ά., 2022).

Το πράσινο τσάι επηρεάζει θετικά το μεταβολισμό λιπιδίων και γλυκόζης. Η EGCG μειώνει τη σύνθεση τριγλυκεριδίων στο ήπαρ και αυξάνει την οξείδωση λιπαρών οξέων, ενώ παράλληλα βελτιώνει την ευαισθησία στην ινσουλίνη (Kuriyama, 2020). Μελέτες δείχνουν ότι η τακτική κατανάλωση πράσινου τσαγιού μπορεί να μειώσει τα επίπεδα LDL χοληστερόλης και να αυξήσει την HDL, ενώ παράλληλα βοηθά στη σταθεροποίηση του σακχάρου στο αίμα (Yang κ.ά., 2020).

Οι κατεχίνες και η L-θεανίνη συμβάλλουν στη διατήρηση της νευρωνικής λειτουργίας μέσω μείωσης του οξειδωτικού στρες και της φλεγμονής στον εγκέφαλο. Η EGCG προάγει την απομάκρυνση τοξικών πρωτεϊνών, όπως η αμυλοειδής πλάκα, που σχετίζεται με τη νόσο Alzheimer, και ενισχύει την πλαστικότητα των συνάψεων (Cao κ.ά., 2023). Επιπλέον, η L-θεανίνη αυξάνει τα επίπεδα GABA και σεροτονίνης, συμβάλλοντας στη μείωση του άγχους και στη βελτίωση της γνωστικής λειτουργίας (Chu κ.ά., 2021).

Η EGCG επηρεάζει πολλαπλά στάδια της καρκινογένεσης. Προάγει την απόπτωση των καρκινικών κυττάρων μέσω ενεργοποίησης κασπασών και καταστολής πρωτεϊνών επιβίωσης, ενώ ταυτόχρονα αναστέλλει την αγγειογένεση που τροφοδοτεί τους όγκους (Hu κ.ά., 2022). Παράλληλα, τροποποιεί σηματοδοτικά μονοπάτια όπως PI3K/Akt και MAPK, περιορίζοντας τον πολλαπλασιασμό των καρκινικών κυττάρων. Με αυτόν τον τρόπο, το πράσινο τσάι αποτελεί σημαντικό φυσικό συστατικό με αντικαρκινικές ιδιότητες, αν και η αποτελεσματικότητά του σε ανθρώπους απαιτεί περαιτέρω κλινικές μελέτες.

Οφέλη για την υγεία

Οι ευεργετικές ιδιότητες του πράσινου τσαγιού οφείλονται κυρίως στις πολυφαινόλες, στη θειανίνη και την καφεΐνη. Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες και έχει αποδειχθεί η συνεισφορά των κατεχινών στην υγεία λόγω της αντιοξειδωτικής τους δράσης. Ο μηχανισμός δράσης των ουσιών αυτών βασίζεται στην αναστολή της υπεροξειδωτικής λιπιδίων χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης (LDL) που καταλύεται από χαλκό. Το πράσινο τσάι παρουσιάζει οφέλη στην υγεία, βοηθώντας στην πρόληψη πολλών ασθενειών, όπως για παράδειγμα ο διαβήτης, ενώ βοηθάει και στην τόνωση του ανοσοποιητικού. Σύμφωνα με μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε ποντίκια, παρατηρήθηκε ότι η κατανάλωση εκχυλίσματος είχε ως αποτέλεσμα την εξουδετέρωση ελεύθερων ριζών αυξάνοντας τα ένζυμα υπεροξειδική δισμουτάση (SOD), η καταλάση, η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης (GSH-Px) και αναγωγάση γλουταθειόνης (GSH-Rd), τα ένζυμα αυτά έχουν αποδεδειγμένη αντιοξειδωτική δράση και προστατεύουν τον εγκέφαλο από νευροεκφυλιστικές νόσους, όπως το Alzheimer και η νόσος Parkinson (Musial C. et al, 2020). Επιπλέον, μεγάλο ενδιαφέρον φέρουν οι έρευνες για τις αντικαρκινικές ιδιότητες του τσαγιού που έχουν μελετηθεί, έχουν αποδείξει ότι μπορεί να έχει θεραπευτική δράση σε πολλές μορφές καρκίνου καθώς καταστέλλει τη δημιουργία όγκων.

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, έχει αποδειχθεί ότι η συχνή κατανάλωση τσαγιού μειώνει τον κίνδυνο καρκίνου σε αρκετά όργανα. Επιπλέον, βοηθάει στην καταπολέμηση των καρδιαγγειακών παθήσεων. Παράλληλα, εμφανίζει ισχυρή αντιμικροβιακή δράση, καθώς σύμφωνα με έρευνες εμποδίζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, διαταράσσοντας την κυτταρική μεμβράνη των βακτηρίων και καταστέλλοντας ένζυμα που είναι απαραίτητα για την επιβίωση των βακτηρίων. Η αντιμικροβιακή δράση του πράσινου τσαγιού έχει μελετηθεί εκτεταμένα και υπάρχουν πολλά παραδείγματα από κλινικές μελέτες που αποδεικνύουν την δράση του, ειδικότερα έχει αποδειχθεί ότι αντιμετωπίζει αποτελεσματικά τα Gram θετικά βακτήρια, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, αλλά και τα Gram αρνητικά βακτήρια, *Escherichia coli*. Σε μικρότερο βαθμό αντιμετωπίζει τους μύκητες, όπως *Candida albicans*. Ορισμένες μελέτες έχουν αποδείξει ότι μπορεί να προκαλέσει αναστολή ιικών πρωτεϊνών, για το λόγο αυτό εμφανίζει μεγάλο ενδιαφέρον η χρήση του σε ασθενείς με covid-19 (Zhao et al, 2022).

Το πράσινο τσάι αποτελεί ένα από τα πιο καταναλισκόμενα ροφήματα παγκοσμίως και αναγνωρίζεται ως λειτουργικό τρόφιμο λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε βιοδραστικές ενώσεις (Yang κ.ά., 2020). Η τακτική κατανάλωσή του έχει συσχετιστεί με σημαντικά οφέλη για την υγεία, κυρίως μέσω μηχανισμών που περιλαμβάνουν αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση.

Η σύσταση του πράσινου τσαγιού περιλαμβάνει πολυφαινόλες, κατεχίνες, καφεΐνη και αμινοξέα. Οι κατεχίνες, κυρίως η επιγαλλοκατεχίνη-3-γαλλική (EGCG), θεωρούνται το σημαντικότερο βιοδραστικό συστατικό με ισχυρή αντιοξειδωτική δράση (Chu et al., 2021). Επιπλέον, περιέχει L-θεανίνη, η οποία επηρεάζει τη νευρική λειτουργία, καθώς και μικρές ποσότητες βιταμινών και ανόργανων στοιχείων.

Οι κατεχίνες δρουν ως ισχυρά αντιοξειδωτικά, μειώνοντας την παραγωγή ελεύθερων ριζών και προστατεύοντας τα κύτταρα από οξειδωτική βλάβη (Cao et al., 2023). Παράλληλα, το πράσινο τσάι φαίνεται να επηρεάζει τη μεταβολική υγεία, ρυθμίζοντας τα λιπίδια του αίματος και βελτιώνοντας την ευαισθησία στην ινσουλίνη (Hu et al., 2022). Κλινικές μελέτες δείχνουν ότι η κατανάλωσή του σχετίζεται με μειωμένο κίνδυνο καρδιαγγειακών νοσημάτων και βελτίωση γνωστικών λειτουργιών (Kuriyama, 2020).

Το πράσινο τσάι αποτελεί πηγή πολυφαινολών με ισχυρή αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση, προσφέροντας σημαντικά οφέλη για την καρδιαγγειακή και μεταβολική υγεία. Η ένταξή του στη διατροφή μπορεί να συμβάλλει στην πρόληψη χρόνιων νοσημάτων, ωστόσο απαιτούνται περισσότερες κλινικές μελέτες για την τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων.

Τοξικότητα

Σύμφωνα με μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε ποντίκια, έγινε γνωστό ότι η κατανάλωση πράσινου τσαγιού δεν αποτελεί κίνδυνο για την υγεία. Ειδικότερα, στις εκχυλίσσεις πράσινου τσαγιού παρατηρήθηκαν συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, όπως αρσενικό (As), μόλυβδο (Pb) και κάδμιο (Cd), αλλά τα επίπεδα τους δεν αποτελούν κίνδυνο για την υγεία των καταναλωτών (Kamil Jurowski, 2023). Στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε αρουραίους, με βάση τις αιματολογικές τους παραμέτρους, παρατηρήθηκε ότι η κατανάλωση εκχυλίσματος πράσινου τσαγιού δεν επέφερε σημαντικές ανεπιθύμητες παρενέργειες, οι μοναδικές ανωμαλίες που καταγράφηκαν κατά την ημερήσια κατανάλωση 400 mg/kg για 28 συνεχόμενες ημέρες αφορούσαν μικρές διακυμάνσεις στον αριθμό των λεμφοκυττάρων και των αιμοπεταλίων,

χωρίς να εγείρουν ανησυχία (Owunari A. Georgewill, 2023). Η μοναδική προφύλαξη για την υγεία σύμφωνα με μελέτες που διεξήχθησαν στο United States Pharmacopeia αφορά ανθρώπους με προβλήματα στο ήπαρ, όπου η κατανάλωση εκχυλίσματος με συγκέντρωση άνω των 500 mg/kg ημερησίως μπορεί να προκαλέσει ηπατοτοξικότητα (Park Ks, 2018). Παρόλο που δεν εμφανίζονται σημαντικές παρενέργειες, είναι σημαντικό να υπάρχει προσοχή κατά την κατανάλωση πράσινου τσαγιού από ευπαθείς ομάδες, όπως είναι οι έγκυες, τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι (Zhao, 2022).

Προοπτικές

Το πράσινο τσάι αποτελεί μία από τις πιο πολυχρησιμοποιημένες λειτουργικές τροφές/ροφήματα παγκοσμίως. Τα ενδιαφέροντα για τις προοπτικές του, ως παράγοντα δημόσιας υγείας, συμπληρώματος διατροφής και πρώτης ύλης για φαρμακοτεχνολογικές εφαρμογές, έχουν αυξηθεί σημαντικά τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Αυτό οφείλεται κυρίως στην υψηλή συγκέντρωση κατεχινών με αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις και πιθανώς αντικαρκινικές ιδιότητες (Chu et al., 2017).

Οι κύριες βιοδραστικές ενώσεις στο πράσινο τσάι είναι οι κατεχίνες, οι οποίες δρουν ως ισχυροί αντιοξειδωτικοί παράγοντες, αλλά και ως ρυθμιστές σηματοδοτικών μονοπατιών (NF-κB, MAPK) που σχετίζονται με φλεγμονή, απόπτωση και προαγωγή όγκου σε προκλινικά μοντέλα. Τα in-vitro και ζωικά δεδομένα δείχνουν πολλαπλούς μηχανισμούς δράσης, αντικαρκινική πρόληψη, αναστολή αγγειογένεσης, βελτίωση λειτουργίας ενδοθηλίου και τροποποίηση του μικροβιώματος, που καθιστούν τις κατεχίνες ελπιδοφόρο μοριακό στόχο (Chu et al., 2017).

Ορισμένες μεγάλες προοπτικές μελέτες και δοκιμές φάσης II δείχνουν συσχέτιση μεταξύ υψηλής κατανάλωσης και μειωμένου κινδύνου εμφάνισης ή επανεμφάνισης συγκεκριμένων όγκων. Ωστόσο, τα αποτελέσματα μεταξύ διαφορετικών τύπων καρκίνου και πληθυσμών δεν είναι ομοιόμορφα. Επομένως, απαιτούνται καλά σχεδιασμένες τυχαιοποιημένες μελέτες με μεγαλύτερο αριθμό δείγματος (Fujiki et al., 2018).

Η καλλιέργεια πράσινου τσαγιού εμφάνιζε πάντα μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς οι ευεργετικές του ιδιότητες είναι γνωστές εδώ και χιλιάδες χρόνια. Παρόλο που στην Ελλάδα το πράσινο τσάι είναι ένα δημοφιλές ρόφημα, η καλλιέργεια του δεν προτιμάται. Αυτό, ίσως να οφείλεται στην προτίμηση των Ελλήνων καλλιεργητών για αυτοφυείς ποικιλίες όπως ο Σιδηρίτης (*Sideritis* sp., Οικογένεια: Lamiaceae). Ωστόσο, σύμφωνα με τις κλιματικές ανάγκες του φυτού θα μπορούσε να καλλιεργηθεί στην Ελλάδα. Τα τελευταία χρόνια, πολλές βιομηχανίες λανσάρουν προϊόντα με πράσινο τσάι, καθώς αποτελεί ένα προϊόν οργανοληπτικά αποδεκτό από μια μεγάλη μερίδα του πληθυσμού. Επιπλέον, είναι μια σχετικά φθηνή πρώτη ύλη με πολλά θετικά οφέλη για τον οργανισμό και ευρεία χρήση. Τα προϊόντα που παράγονται με βάση το πράσινο τσάι είναι υψηλής ποιότητας και έχουν εφαρμογές τόσο στην βιομηχανία τροφίμων, όσο και στη φαρμακευτική, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε κατεχίνες και φλαβονοειδή.

4.2 Goji Berry

Προέλευση

Τα goji berries κατάγονται από την Ασία και ανήκουν στο γένος *Lycium*, και στην οικογένεια των *Solanaceae*. Το μήκος του καρπού είναι συνήθως 1-2 εκατοστά, το χρώμα του κυμαίνεται από πορτοκαλί έως βαθύ κόκκινο και η συγκομιδή του πραγματοποιείται στα τέλη καλοκαιριού με αρχές φθινοπώρου, μετά την συγκομιδή οι καρποί αποξηραίνονται για να είναι έτοιμοι για κατανάλωση. Παραδοσιακά, μετά την αποξήρανση οι καρποί μαγειρεύονταν πριν καταναλωθούν, όμως πλέον είναι κοινή η κατανάλωση του αποξηραμένου καρπού χωρίς να έχει υποστεί περαιτέρω επεξεργασία. Τα τελευταία χρόνια, έχει αυξηθεί η δημοτικότητα τους λόγω των ευεργετικών τους ιδιοτήτων, αφού σε πολλές χώρες κατατάσσονται στην κατηγορία των *superfoods* (Ma ZF et al, 2019).

Χημική σύσταση

Οι καρποί goji berry είναι πλούσιοι σε βιοενεργά συστατικά, για το λόγο αυτό εμφανίζουν υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα. Η χημική τους σύνθεση περιλαμβάνει μία ποικιλία ενώσεων όπως φαινολικά, πολυσακχαρίτες, βιταμίνες, σάκχαρα, αμινοξέα, οργανικά οξέα, λιπαρά οξέα και τερπένια (Kumar N., 2023). Οι υδατοδιαλυτοί πολυσακχαρίτες θεωρούνται ως τα πιο σημαντικά βιοενεργά συστατικά των goji berries και αποτελούν και παράμετρος αξιολόγησης της ποιότητας τους (Vidovic B., 2022). Συνοπτικά, τα κυριότερα φυτοχημικά που περιέχονται στους καρπούς goji berry είναι:

Πίνακας 6: Σύσταση καρπών goji berry

ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΡΠΩΝ
Βιταμίνες (C και B2)
Βηταΐνη
Καροτενοειδή (β-καροτένιο, ζεαξανθίνη, λουτεΐνη)
Μέταλλα (σίδηρο, ψευδάργυρο, χαλκό και σελήνιο)
Πολυσακχαρίτες
Φλαβονοειδή

(Kumar N., 2023)

Ειδικότερα, τα κυριότερα βιοδραστικά που περιέχονται στους καρπούς είναι

Θερμίδες	349 kcal
Σάκχαρα	45.61 g.
Πρωτεΐνη	14.26 g.
Ίνες	13 gr.
Λίπος	0.39 g.
Βιταμίνη Α	150% της RDI (Recommended Daily Intake)
Χαλκός	84% της RDI
Σελήνιο	75% της RDI
Βιταμίνη Β2	63% της RDI
Σίδηρος:	42% της RDI
Βιταμίνη C	27% της RDI
Κάλιο:	21% της RDI
Ψευδάργυρος:	15% της RDI

Εικόνα 10: Πίνακας θρεπτικών στοιχείων σε 85g ξηρών goji berries

Το goji berry είναι ένα φυτό που χρησιμοποιείται παραδοσιακά στην κινεζική ιατρική και έχει γνωρίσει διεθνή αναγνώριση λόγω των πιθανών βιολειτουργικών του ιδιοτήτων. Πρόκειται για έναν καρπό με υψηλή περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, φλαβονοειδή, βιταμίνες και ιχνοστοιχεία, τα οποία του προσδίδουν αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη και ανοσοενισχυτική δράση (Vidovic B., 2022).

Το goji berry περιέχει:

- Πρωτεΐνες και αμινοξέα: Περιέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα, συμβάλλοντας στη διατήρηση της μυϊκής μάζας και της κυτταρικής λειτουργίας.
- Πολυσακχαρίτες (Lycium barbarum polysaccharides, LBP): Κυρίως υπεύθυνοι για τις ανοσοτροποποιητικές και αντιοξειδωτικές του δράσεις.
- Βιταμίνες και ιχνοστοιχεία: Βιταμίνες C και E, σελήνιο, ψευδάργυρο και σίδηρο, που ενισχύουν την αντιοξειδωτική άμυνα του οργανισμού.
- Καροτενοειδή: Λουτεΐνη και ζεαξανθίνη, με ευεργετική δράση για την υγεία των ματιών.

Οι πολυσακχαρίτες και τα φλαβονοειδή του goji berry μειώνουν το οξειδωτικό στρες και προστατεύουν τα κύτταρα από βλάβες που προκαλούνται από ελεύθερες ρίζες. Έρευνες δείχνουν ότι η κατανάλωση goji berry αυξάνει τα επίπεδα αντιοξειδωτικών ενζύμων όπως η υπεροξειδική δισμουτάση (SOD) και μειώνει την υπεροξειδωση λιπιδίων και την κυτταρική βλάβη (Vidovic B., 2022).

Οι LBP ενισχύουν τη λειτουργία του ανοσοποιητικού και ενεργοποιούν τα T-λεμφοκύτταρα και τα φυσικά φονικά κύτταρα (NK cells), αυξάνουν την παραγωγή κυτοκινών που ρυθμίζουν την ανοσοαπόκριση και συμβάλλουν στην προστασία από λοιμώξεις και φλεγμονές.

Μελέτες σε ζώα και ανθρώπους δείχνουν ότι το goji berry μειώνει τη λιπιδαιμία και τα επίπεδα χοληστερόλης, προστατεύει το ήπαρ από τοξικές βλάβες και φλεγμονή, ενώ μπορεί να μειώσει την αρτηριακή πίεση και να βελτιώσει την αγγειακή λειτουργία.

Επιπρόσθετα, η αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδης δράση των συστατικών του goji berry συνδέεται με μείωση της νευρωνικής φθοράς και προστασία από νευροεκφυλιστικά νοσήματα, αλλά και βελτίωση της μνήμης και της γνωστικής λειτουργίας σε μελέτες σε ζώα (Vidovic B., 2022).

Το goji berry αποτελεί λειτουργικό τρόφιμο με πολυδιάστατη βιολειτουργική δράση, κυρίως λόγω των πολυσακχαριτών, των καροτενοειδών και των αντιοξειδωτικών του συστατικών. Η κατανάλωσή του μπορεί να προσφέρει αντιοξειδωτική προστασία, ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος και υποστήριξη της καρδιαγγειακής και νευρολογικής υγείας.

Η περαιτέρω έρευνα, ιδίως κλινικές μελέτες σε ανθρώπους, είναι απαραίτητη για την τεκμηρίωση της βιολειτουργικής του αξίας και την ανάπτυξη στοχευμένων διατροφικών εφαρμογών (Vidovic B., 2022).

Οφέλη για την υγεία

Τα goji berries χρησιμοποιούνταν κατά βάση στην παραδοσιακή κινέζικη ιατρική για την πρόληψη και θεραπεία παθήσεων όπως η υπέρταση, ο διαβήτης, η ανοσοανεπάρκεια και η υπερλιπιδαιμία (Kumar N., 2023). Σύγχρονες μελέτες έχουν αποδείξει ότι η συστηματική κατανάλωση goji berry έχει πολλαπλά οφέλη για την υγεία ενός ατόμου. Οι ευεργετικές τους ιδιότητες αποδίδονται στην ικανότητά τους να αναπλάθουν και να συμβάλλουν στην καλή λειτουργία του ήπατος και στην ρύθμιση της χοληστερόλης, βελτιώνοντας την καρδιακή υγεία. Επιπλέον, βελτιώνουν το ανοσοποιητικό σύστημα, διότι περιέχουν βιοδραστικούς πολυσακχαρίτες που ενισχύουν την λειτουργία των λευκών αιμοσφαιρίων. Παράλληλα, οι πολυσακχαρίτες που περιέχουν βοηθούν στην μείωση εμφάνισης καρκινικών κυττάρων, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην αντιμετώπιση των παρενεργειών που εμφανίζονται από χημειοθεραπείες ή θεραπείες με ακτινοβολία. Ως σημαντικότερη ωφέλεια αναφέρεται η αντιοξειδωτική ικανότητα που εμφανίζουν τα φλαβονοειδή συστατικά τους, τα οποία μειώνουν το οξειδωτικό στρες συντελώντας στην αντιμετώπιση ενός φάσματος νευρολογικών παθήσεων, ενισχύοντας την πνευματική διαύγεια. Ειδικότερα, η κατανάλωση goji berries έχει συνδεθεί με την αύξηση κυτταροκινών, που ενισχύουν τον πολλαπλασιασμό των T- κυττάρων και συμβάλλουν στην καταπολέμηση ιών και βακτηρίων. Σύμφωνα με έρευνες, τα εκχυλίσματα goji berries έχουν δείξει ανασταλτική δράση σε καλλιέργειες βακτηρίων, όπως *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* και *Salmonella typhimurium*. Τέλος, πρόσφατες έρευνες αποδεικνύουν την αντικτική δράση των εκχυλισμάτων έναντι ιών, όπως της γρίπης και του covid-19 (Vidovic B. et al, 2022).

Τοξικότητα

Η κατανάλωση των καρπών goji berry ξεπερνά τα 2500 χρόνια, για το λόγο αυτό έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες όσον αφορά την ασφάλεια κατανάλωσης των καρπών. Έπειτα, από κλινικές μελέτες που διεξήχθησαν σε αρουραίους δεν εμφανίστηκε τοξικότητα ακόμα και μετά

την κατανάλωση της μέγιστης δόσης 10ml/kg ημερησίως. Ωστόσο, σε σπάνιες περιπτώσεις εμφανίστηκαν φαινόμενα ηπατοτοξικότητας. Σε μεγάλες ποσότητες, ίσως προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις σε ανθρώπους που ανήκουν σε ευπαθείς ομάδες. Συνιστάται η κατανάλωση 10-30 γρ./ ημέρα για ενήλικες (Potterat O., 2010).

Προοπτικές

Το goji berry είναι φυτό που παραδοσιακά χρησιμοποιείται στην κινεζική ιατρική και έχει ενταχθεί στην κατηγορία των «superfoods» λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε καροτενοειδή, πολυσακχαρίτες και φαινολικές ενώσεις (Ma, 2019). Η αυξανόμενη ζήτηση για λειτουργικά τρόφιμα και φυσικά αντιοξειδωτικά έχει ενισχύσει το ενδιαφέρον για την εμπορική αξιοποίηση του καρπού τόσο διεθνώς όσο και στην Ευρώπη.

Μελέτες έχουν δείξει ότι τα goji berries διαθέτουν σημαντική αντιοξειδωτική δράση, καθώς και πιθανές νευροπροστατευτικές και ανοσορρυθμιστικές ιδιότητες (Vidović et al., 2022). Επιπλέον, περιέχουν υψηλά επίπεδα ζεαξανθίνης, ουσίας που σχετίζεται με την υγεία της όρασης (Ma, 2019). Ωστόσο, οι περισσότερες κλινικές δοκιμές είναι περιορισμένες σε μέγεθος και διάρκεια, γεγονός που καθιστά αναγκαία την διεξαγωγή μελετών (Zeng et al., 2023).

Η παγκόσμια αγορά goji berry παρουσιάζει σταθερή ανάπτυξη, με εκτιμήσεις για μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης (CAGR) 4–6% για την επόμενη δεκαετία, κυρίως λόγω της ζήτησης για superfoods και φυσικά συστατικά σε προϊόντα υγείας και ευεξίας (Research And Markets, 2024). Στην Ευρώπη, καταγράφεται ενδιαφέρον για βιολογικά πιστοποιημένα προϊόντα, ενώ η Ελλάδα εμφανίζει δυναμική σε πιλοτικές καλλιέργειες, ειδικά σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα (Benchennouf et al., 2016).

Τα τελευταία χρόνια, η καλλιέργεια goji berry κερδίζει συνεχώς έδαφος στην Ελλάδα. Οι Έλληνες αγρότες αναζητούν συνεχώς τρόπους για να αυξήσουν το εισόδημά τους και η καλλιέργεια καρπών goji berry κεντρίζει το ενδιαφέρον, καθώς όλο και περισσότερο οι αγοραστές αναζητούν τροφές πλούσιες σε φυσικά αντιοξειδωτικά. Πέρα από την κατανάλωση των αποξηραμένων καρπών, ενδιαφέρον φέρει και η μεταποίηση καθώς υπάρχει δυνατότητα κατανάλωσης και του χυμού. Το μεγάλο ενδιαφέρον των καταναλωτών για προϊόντα superfoods και οι προοπτικές χρήσης των ενεργών συστατικών τους στη φαρμακευτική, στη βιομηχανία τροφίμων και στην κοσμετολογία έχει οδηγήσει στην αυξανόμενη έρευνα γύρω από τις αντικαρκινικές, ανοσοενισχυτικές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες των καρπών goji berry.

Οι κυριότερες προκλήσεις περιλαμβάνουν την έλλειψη σαφούς κλινικής τεκμηρίωσης για συγκεκριμένες υγειονομικές αξιώσεις, τη μεταβλητότητα στη χημική σύσταση ανάλογα με τις καλλιεργητικές συνθήκες και τις απαιτήσεις συμμόρφωσης με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την υγεία των καταναλωτών (Zeng κ.ά., 2023).

Συνολικά, οι προοπτικές του goji berry είναι θετικές, ιδίως σε προϊόντα προστιθέμενης αξίας και βιολογικής πιστοποίησης. Παρ' όλα αυτά, απαιτείται επένδυση σε έρευνα, πρότυπα ποιότητας και στρατηγικό μάρκετινγκ ώστε να αξιοποιηθεί πλήρως η δυναμική της αγοράς.

4.3 *Cordyceps militaris*

Προέλευση

Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον όσον αφορά τις ευεργετικές του ιδιότητες συγκεντρώνει το *Cordyceps militaris*. Πρόκειται για ένα είδος κινέζικου μανιταριού, που ανήκει στο φύλο *Ascomycota*. Τα μανιτάρια έχουν μακρά παράδοση στην παραδοσιακή ασιατική ιατρική λόγω της ικανότητάς τους να τονώνουν το ανοσοποιητικό σύστημα (Karol Jejrý jedrejko, 2021). Στο γένος *Cordyceps* spp. ανήκουν τα είδη *Cordyceps sinensis* και *Cordyceps militaris*. Το είδος *Cordyceps sinensis* εντοπίζεται κυρίως σε υψίπεδα στην περιοχή της Κίνας και του Θιβέτ και σπανιότερα στην Ευρώπη, είναι ένα εντομοφάγο μανιτάρι που ζει παρασιτώντας σε βάρος larva εντόμων, δηλαδή επιτίθεται σε προνύμφες εντόμων των γενών *Thitarodes* spp και *Lepidoptera* spp. και δημιουργεί μυκηλιακές υφές. Αποτελεί ένα αναγνωρισμένο διατροφικό συμπλήρωμα από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τροφίμων και από το 2015 ανήκει στην κινέζικη Φαρμακοποιία, κυρίως λόγω της περιεκτικότητας σε αδενοσίνη. Η συγκομιδή του γίνεται από το Μάιο έως τον Ιούνιο και στη συνέχεια αποξηραίνεται. Οι κάτοικοι των περιοχών στις οποίες εμφανίζεται ως ενδημικό είδος καταναλώνουν τα αποξηραμένα μέρη ως ρόφημα βράζοντας τα σε ζεστό νερό. Κατά την Παραδοσιακή Κινέζικη ιατρική, η κατανάλωση αυτού του ροφήματος βοηθά στην προσαρμογή του σώματος στις δύσκολες συνθήκες που παρουσιάζονται στα υψηλά υψόμετρα, όπως χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, υψηλή ατμοσφαιρική πίεση και χαμηλά επίπεδα οξυγόνου. Λόγω του περιορισμού στην καλλιέργεια του, οι επιστήμονες έδειξαν ενδιαφέρον στην μελέτη του είδους *Cordyceps militaris* και στην ικανότητα αυτού να παραχθεί μέσα σε ένα εργαστήριο in vitro. Με βάση μελετών που διεξήχθησαν προέκυψε ότι το *Cordyceps militaris* είναι μια εναλλακτική του *Cordyceps sinensis* και δεν διαφέρει σημαντικά σε ποιοτικά και ποσοτικά ενεργά συστατικά (Shweta et al, 2023).

Τα κύρια βιοδραστικά συστατικά του *C. militaris* περιλαμβάνουν την κορντισεπίνη, πολυσακχαρίτες, νουκλεοζίτες και πολυφαινόλες, τα οποία είναι υπεύθυνα για μια σειρά από ευεργετικές δράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό.

Η αντιοξειδωτική του δράση προστατεύει τα κύτταρα από βλάβες που προκαλούνται από ελεύθερες ρίζες, ενώ η ανοσορυθμιστική του ικανότητα ενισχύει την ενεργοποίηση μακροφάγων και φυσικών φονικών κυττάρων, προάγοντας την άμυνα του οργανισμού. Επιπλέον, η αντιφλεγμονώδης και αντικαρκινική δράση του *C. militaris*, κυρίως μέσω της κορντισεπίνης, συνδέεται με την αναστολή φλεγμονωδών παραγόντων και την πρόκληση απόπτωσης σε καρκινικά κύτταρα (Cui, J., D., 2014).

Παράλληλα, μελέτες δείχνουν ότι μπορεί να ρυθμίζει τα επίπεδα γλυκόζης και την ευαισθησία στην ινσουλίνη, να βελτιώνει την καρδιαγγειακή λειτουργία μέσω μείωσης της LDL χοληστερόλης και της αρτηριακής πίεσης, και να αυξάνει την φυσική αντοχή και την παραγωγή ATP, ενισχύοντας τη μιτοχονδριακή λειτουργία.

Ο *C. militaris* είναι ένας εντομοπαθογόνος μύκητας με πολυάριθμες βιολειτουργικές ιδιότητες, οι οποίες αποδίδονται κυρίως στα βιοδραστικά συστατικά του, όπως η κορντισεπίνη (3'-deoxyadenosine), οι πολυσακχαρίτες και οι πολυφαινόλες. Η κορντισεπίνη έχει αναγνωριστεί για τις ισχυρές αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις και αντικαρκινικές δράσεις της (Tan κ.ά., 2020).

Ο *C. militaris* παρουσιάζει ισχυρή αντιοξειδωτική δράση, προστατεύοντας τα κύτταρα από βλάβες που προκαλούνται από ελεύθερες ρίζες. Η κορντισεπίνη, ως κύριο βιοδραστικό

συστατικό, έχει αναφερθεί ότι μειώνει τις φλεγμονώδεις αντιδράσεις μέσω της αναστολής του NF-κB και άλλων σηματοδοτικών μονοπατιών .

Μελέτες έχουν δείξει ότι τα εκχυλίσματα του *C. militaris* ενισχύουν την ανοσολογική απόκριση, προάγοντας την παραγωγή κυτοκινών και την ενεργοποίηση μακροφάγων και φυσικών φονικών κυττάρων (NK cells) (Lee et al., 2020).

Η κορντισεπίνη έχει αναγνωριστεί για τις αντικαρκινικές της ιδιότητες, προκαλώντας απόπτωση σε καρκινικά κύτταρα και αναστέλλοντας την ανάπτυξή τους (Tuli et al., 2014).

Ο *C. militaris* έχει αναφερθεί ότι βελτιώνει την ευαισθησία στην ινσουλίνη και μειώνει τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, καθιστώντας τον ενδιαφέρον για τη διαχείριση του διαβήτη.

Ο μύκητας φαίνεται να αυξάνει την παραγωγή ATP και βελτιώνει τη μιτοχονδριακή λειτουργία, ενισχύοντας την αερόβια ικανότητα και τη φυσική αντοχή. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται παραδοσιακά για την ενίσχυση της σωματικής απόδοσης

Ο *C. militaris* αποτελεί έναν βιολειτουργικό μύκητα με πολυδιάστατες δράσεις, καθιστώντας τον σημαντικό τόσο για τη διατροφική υποστήριξη όσο και για φαρμακευτικές εφαρμογές.

Χημική σύσταση

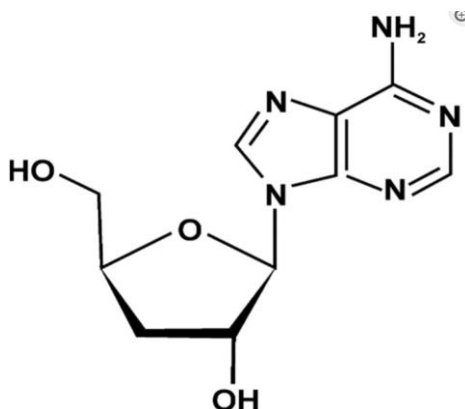
Το *Cordyceps militaris* είναι πλούσιο σε βιοενεργά συστατικά όπως νουκλεοζίτες και πολυσακχαρίτες. Οι κύριες νουκλεοζίτες που εντοπίζονται στο *Cordyceps militaris* είναι η κορντισεπίνη και η αδενοσίνη. Έπειτα από ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε αποξηραμένα μέρη του *Cordyceps militaris*, σε θερμοκρασία αποξήρανσης 60°C, προέκυψε η παρακάτω χημική σύσταση.

Πίνακας 7: Χημική Σύσταση *Cordyceps militaris* με υδατική εκχύλιση

ΒΙΟΔΡΑΣΤΙΚΗ ΕΝΩΣΗ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	
	Μυκήλιο	Καρποφόρα Σώματα
Κορντισεπίνη	1,74 (mg/g)	5,28 (mg/g)
D-μαννιτόλη	5,2 (mg/kg)	4,7 (mg/kg)
Εργοθειονίνη	130,6 (mg/kg)	782,3 (μg/g)
GABA	68,6-180,1 (mg/kg)	756,30 (μg/g)
Λοβαστατίνη	37,7-57,3 (mg/kg)	2,76 (μg/g)
BITAMINEΣ		
Βιταμίνη Α	100 mg/kg	96 mg/kg
Βιταμίνη Ε (τοκοφερόλες)	1,3 mg/kg	3,6 mg/kg
Βιταμίνη Β2	0,32 mg/kg	0,16 mg/kg
Βιταμίνη Β3	15,2 mg/kg	4,9 mg/kg
Βιταμίνη C	Δεν ανιχνεύθηκε	<2 mg/kg
ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ		
Μαγνήσιο	3414 mg/kg	4227 mg/kg
Θείο	2558 mg/kg	5088 mg/kg
Κάλιο	12,183 mg/kg	15,938 mg/kg
Σελήνιο	<0,5 mg/kg	0,4 mg/kg

Σίδηρος	9 mg/kg	31 mg/kg
Ασβέστιο	11 mg/kg	797 mg/kg
Ψευδάργυρος	10 mg/kg	Δεν ανιχνεύθηκε
ΘΡΕΠΤΙΚΑ		
Πρωτεΐνη	39,5%	59,8%
Λίπη	2,2%	8,8%
Υδατάνθρακες	39,6%	29,1%

Η δραστική ουσία που εμφανίζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι η κορντισεπίνη, 3-δεοξαδενοσίνη, η οποία αποτελεί έναν βιομεταβολίτη με πολλαπλές δράσεις. Το κύριο χαρακτηριστικό της είναι ότι δρα ως ανάλογο νουκλεοτιδίου, μιας και έχει παρόμοια σύνθεση με την αδενοσίνη, με μόνη διαφορά την έλλειψη ενός υδροξυλίου (Cui, J., D., 2014).



Εικόνα 11: Μοριακή Δομή Κορντισεπίνης

Μέθοδος Καλλιέργειας in vitro

Για την in vitro καλλιέργεια του *C. militaris* χρησιμοποιείται θρεπτικό υλικό, συνήθως PDA (Potato-dextrose-agar) που περιέχει 20 γραμμάρια γλυκόζης ανά λίτρο, 3 γραμμάρια υδροξειδίου του καλίου ανά λίτρο και 1,5 γραμμάρια θειικό μαγνήσιο ανά λίτρο. Έπειτα, από τη λήψη σπορίων από βιώσιμο υλικό γίνεται καλλιέργεια σε πλάκα Petri για 13 ημέρες στους 25°C και στη συνέχεια αποθηκεύεται στους 4°C για υποκαλλιέργεια. Από την πλάκα PDA κόβεται ένα εκατοστό σε φέτες με έναν αποστειρωμένο κυλινδρικό κόφτη, ώστε να χρησιμοποιηθεί ως εμβόλιο. Η καλλιέργεια μεταφέρεται σε δοχείο καλλιέργειας 500ml και διαμέτρου 8,5 cm και ύψος 14 cm, στο δοχείο τοποθετούνται έντομα, καθώς το μανιτάρι επιβιώνει παρασιτώντας από προνύμφες εντόμων. Τα εμβόλια αναπτύσσονται στους 25°C σε συνθήκες σκότους, σε υγρασία 70% για 5-7 ημέρες. Μετά την δημιουργία λευκού μυκηλίου και την επικάλυψη των υποστρωμάτων, η καλλιέργεια διατηρείται για 49 ημέρες σε περιβάλλον με φως, θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C και σχετική υγρασία 90% (Shweta et, 2023). Τέλος, τα καρποφόρα σώματα αποξηραίνονται και αποθηκεύονται σε συνθήκες περιβάλλοντος.

Οφέλη για την υγεία

Οι ευεργετικές ιδιότητες του *C. militaris* είναι γνωστές εδώ και χιλιάδες χρόνια, πέρα όμως από την υψηλή διατροφική αξία, πολλές μελέτες έχουν αποδείξει την αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή ικανότητα που παρουσιάζει. Οι αντιοξειδωτικές του ικανότητες βασίζονται σε μια ποικιλία δευτερογενών μεταβολιτών που εμπεριέχει, όπως είναι τα φαινολικά οξέα και τα τερπένια, τα οποία έχουν την ικανότητα να εξουδετερώνουν ελεύθερες ρίζες και να καταπολεμούν το οξειδωτικό στρες. Ειδικότερα, μελέτες έδειξαν ότι το εκχύλισμα *C. militaris* έχει την ικανότητα να προστατεύει τα μιτοχόνδρια αυξάνοντας την δράση της καταλάσης (CAT), της δισμουτάσης υπεροξειδίου (SOD) και της γλουταθειόνης υπεροξειδάσης (GPx). Τα ένζυμα αυτά προστατεύουν τα μιτοχόνδρια από τυχόν βλάβες που μπορούν να προκύψουν και αναστέλλουν το μιτοχονδριακό οίδημα. Η αντιοξειδωτική δράση του εκχυλίσματος *C. militaris* του προσδίδει επιπλέον αντιγηραντική ιδιότητα, διότι βοηθάει στην μείωση των κυτταρικών βλαβών. Παράλληλα, εμφανίζει υποσχόμενες προοπτικές η χρήση της κορντισεπίνης στην μελέτη κατά του καρκίνου. Σύμφωνα με έρευνες το εκχύλισμα *C. militaris* αυξάνει την ενζυμική δράση των πρωτεασών όπως και των τελομερασών, οι οποίες έχουν αποδεδειγμένη αντικαρκινική δράση. Στο υδατικό εκχύλισμα *C. militaris* παρουσιάζεται αυξημένη συγκέντρωση της πρωτεΐνης Fas, η οποία συνδέεται με την απόπτωση δηλαδή την νέκρωση των καρκινικών κυττάρων, προστατεύοντας με αυτόν τον τρόπο τον οργανισμό. Η αντικαρκινική και αντιοξειδωτική ιδιότητα που εμφανίζει συνδέονται επίσης με αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες. Οι φλεγμονές που μπορεί να προέρχονται από ποικίλους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως είναι η ακτινοβολία, οι τοξίνες, το στρες κ.α. . Οι αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες βοηθούν στην μείωση των φλεγμονών που πολλές φορές συνδέονται με χρόνιες παθήσεις. Η κατανάλωσή του βοηθάει στη ρύθμιση του σακχάρου και του μεταβολισμού, βελτιώνοντας την ευαισθησία στην ινσουλίνη και συμβάλλοντας στον έλεγχο του σακχάρου στο αίμα. Επιπλέον, η κορντισεπίνη ενισχύει την παραγωγή μορίων ενέργειας (ATP) και χρησιμοποιείται ως φυσικό εργογόνο συμπλήρωμα, μειώνοντας την κόπωση και αυξάνοντας την αντοχή. Παράλληλα, υποστηρίζει την μνήμη και τη συγκέντρωση, ενώ μελετάται και η δράση του στην αντιμετώπιση νευροεκφυλιστικών νόσων, όπως είναι το Alzheimer και το Parkinson. Η δράση του *C. militaris* επεκτείνεται, καθώς εμφανίζει αντιβακτηριακές ιδιότητες, αποτρέποντας την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών όπως είναι το *E. coli* και η *Salmonella typhi*. Ειδικότερα, η κορντισεπίνη διαταράσσει τη σύνθεση RNA και πρωτεϊνών των βακτηρίων, μειώνει το σχηματισμό βιοφίλμ των βακτηρίων και προκαλεί οξειδωτικό στρες στα βακτήρια που οδηγεί στην κυτταρική λύση τους. Τέλος, η αντικτική δράση του *C. militaris* είναι ένα από τα πιο σημαντικά πεδία της βιοδραστικότητάς του, κυρίως χάρη στην κορντισεπίνη, αλλά και άλλων πολυσακχαριτών και νουκλεοτιδίων. Η κορντισεπίνη φέρει την ικανότητα να αναστέλλει ένζυμα που σχετίζονται με τον πολλαπλασιασμό των ιών. Πρόσφατες μελέτες, έχουν αποδείξει ότι φέρει την ικανότητα να δεσμεύει πρωτεΐνες ιών, όπως είναι ο SARS-CoV-2 και να αναστέλλει την πρωτεάση που απαιτείται για τον πολλαπλασιασμό του ιού. Η αντικτική του δράση μελετάται συνεχώς και η χρήση του φέρει πολλές προοπτικές, καθιστώντας το υποψήφιο για συμπληρωματική θεραπεία ιογενών λοιμώξεων (Cui, J., D., 2014)(Karol Jejry jedrejko, 2021).

Τοξικότητα

Σύμφωνα με την κλινική μελέτη που διεξήχθη από τους Atcharaporn Ontawong, όπου μελετήθηκε η κατανάλωση ροφήματος που περιείχε *Cordyceps militaris* σε υγιείς ενήλικες άνδρες και γυναίκες, προέκυψε ότι το μανιτάρι *C. militaris* δεν αποτελεί κίνδυνος για την υγεία. Στο πείραμα μελετήθηκε η κατανάλωση έως και 2,85 mg κορντισεπίνης σε διάστημα 8

εβδομάδων και παρατηρήθηκε ότι από την κατανάλωση αυτή δεν θα μπορούσε να δημιουργηθεί βλάβη σε ζωτικά όργανα, οπότε είναι ασφαλές για χρήση. Παρόλα αυτά έχουν παρατηρηθεί πιθανές παρενέργειες, όπως γαστρεντερικές διαταραχές, ναυτία, εμετό, διάρροια, και αλλεργικές αντιδράσεις, δερματικά εξανθήματα, κνησμός, πρήξιμο. Επιπλέον, δεν υπάρχουν αντενδείξεις για την κατανάλωση *C. militaris* κατά την περίοδο της εγκυμοσύνης και του θηλασμού, διότι δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες για πιθανές παρενέργειες (Karol Jejry jedrejko, 2021).

Προοπτικές

Το *C. militaris* εμφανίζει μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον λόγω της ικανότητας του να καλλιεργείται *in vitro* και των ποικίλων ευεργετικών ιδιοτήτων του. Ήδη η κορντισεπίνη χρησιμοποιείται ευρέως ως συμπλήρωμα διατροφής για την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος, την αντιγήρανση και την προαγωγή της γενικής υγείας και της ευεξίας. Η χρήση του εκχυλίσματος για την παρασκευή λειτουργικών ροφημάτων εμφανίζει πολλές προοπτικές, διότι κλινικές μελέτες σε υγιείς ενήλικες έχουν αποδείξει ότι η ανάπτυξη λειτουργικών ποτών που περιέχουν κορντισεπίνη παρουσιάζουν την ικανότητα ενίσχυσης των φυσικών κυττάρων-δολοφόνων και μείωσης των φλεγμονωδών κυτοκινών, υποδεικνύοντας ανοσορρυθμιστικά οφέλη. Το *C. militaris* θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε εναλλακτικά ή συμπληρωματικά σχήματα θεραπείας για χρόνια αναπνευστικά νοσήματα, ιογενείς λοιμώξεις, μεταβολικά και νευροεκφυλιστικά νοσήματα. Το χαμηλό κόστος παραγωγής του δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας νέας αγοράς φυσικών τροποφαρμάκων.

Πιο αναλυτικά, το *C. militaris* είναι ένας φαρμακευτικός μύκητας που έχει προσελκύσει σημαντικό επιστημονικό και εμπορικό ενδιαφέρον λόγω των βιοδραστικών συστατικών του, με κυριότερη την κορδυκεψίνη.

Η κορδυκεψίνη έχει παρουσιάσει αντικαρκινική, αντιφλεγμονώδη και ανοσορρυθμιστική δράση σε προκλινικές μελέτες, με μηχανισμούς που περιλαμβάνουν αναστολή πολλαπλασιασμού καρκινικών κυττάρων και τροποποίηση της ανοσολογικής απόκρισης (Chou et al., 2024). Μία τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή με υγιείς ενήλικες έδειξε ότι η κατανάλωση ποτού που περιείχε εκχύλισμα *C. militaris* ($\geq 2,85$ mg κορδυκεψίνης ανά δόση) αύξησε τη δραστηριότητα των NK κυττάρων και μείωσε προ-φλεγμονώδεις κυτταροκίνες χωρίς παρενέργειες (Ontawong κ.ά., 2024). Παρ' όλα αυτά, απαιτούνται μεγαλύτερες, μακροχρόνιες κλινικές δοκιμές για να τεκμηριωθεί η ασφάλεια και αποτελεσματικότητα του μύκητα.

Η παραγωγή κορδυκεψίνης σε βιομηχανική κλίμακα αποτελεί πρόκληση λόγω χαμηλών αποδόσεων σε παραδοσιακές μεθόδους καλλιέργειας. Πρόσφατες εξελίξεις περιλαμβάνουν μεταβολική μηχανική και ετερολογική έκφραση σε μικροοργανισμούς όπως *Saccharomyces cerevisiae* και *Yarrowia lipolytica*, επιτρέποντας παραγωγή σε γραμμάρια ανά λίτρο (Peng et al., 2024) (Li et al., 2024).

Αυτές οι τεχνικές κάνουν εφικτή την ανάπτυξη φαρμακευτικών προϊόντων και συμπληρωμάτων σε μεγάλη κλίμακα.

Το *C. militaris* χρησιμοποιείται ήδη σε συμπληρώματα διατροφής, ροφήματα και προϊόντα ευεξίας λόγω της ενέργειας και αντοχής που φαίνεται να προσφέρει (Chou et al., 2024). Μελέτες δείχνουν ότι εκχυλίσματα *C. militaris* μπορούν να λειτουργήσουν ως φυσικά

ενισχυτικά υγείας σε ζώα παραγωγής, μειώνοντας την ανάγκη για αντιβιοτικά και βελτιώνοντας παραμέτρους ανάπτυξης (Pi et al., 2024).

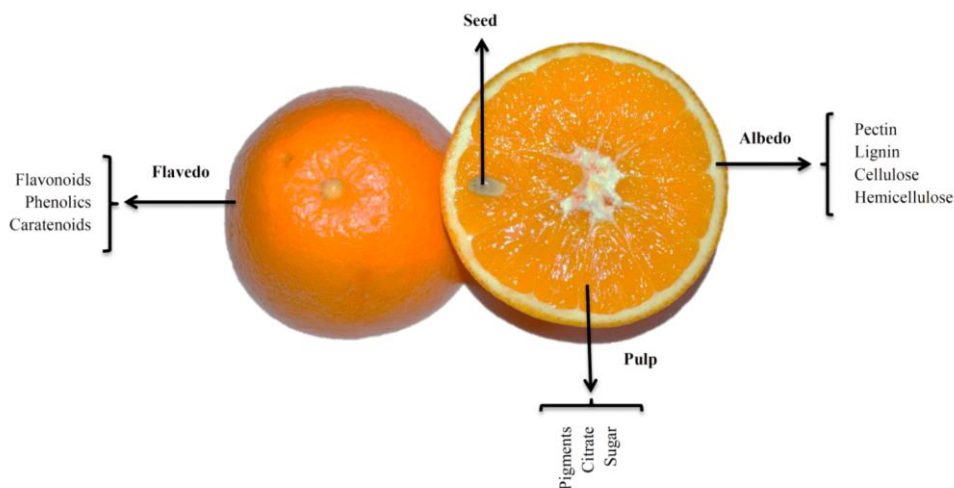
Παρόλο που τα πρώιμα δεδομένα για την ασφάλεια είναι θετικά, απαιτείται περαιτέρω αξιολόγηση. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, προϊόντα που περιέχουν *C. militaris* συχνά κατατάσσονται ως Novel Food, γεγονός που συνεπάγεται ανάγκη για έγκριση πριν από τη διάθεση στην αγορά (European Commission, 2024).

Οι προοπτικές του *C. militaris* είναι ιδιαίτερα ευοίωνες λόγω της φαρμακολογικής του δράσης και των δυνατοτήτων βιομηχανικής παραγωγής. Ωστόσο, η πλήρης αξιοποίησή του εξαρτάται από την πρόοδο σε κλινικές δοκιμές, βελτιστοποίηση βιοπαραγωγής και συμμόρφωση με το κανονιστικό πλαίσιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Απόβλητα Εσπεριδοειδών

Τα εσπεριδοειδή εμφανίζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, διότι αποτελούν καλλιέργειες με μεγάλη παραγωγή παγκοσμίως. Μια μέση ετήσια παραγωγή πορτοκαλιών, για παράδειγμα, αγγίζει τους 70 εκατομμύρια τόνους, ενώ τα λεμόνια είναι περίπου στους 12 εκατομμύρια τόνους, από αυτά περίπου το 33% θα υποστεί βιομηχανική επεξεργασία. Κατά την παραγωγή ροφημάτων από εσπεριδοειδή περίπου το 45-60% της μάζας του καρπού απορρίπτεται με αποτέλεσμα να παράγονται εκατομμύριο τόνοι αποβλήτων. Τα απόβλητα αυτά είναι πλούσια σε βιοενεργά και θρεπτικά συστατικά και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά σε ροφήματα και προϊόντα διατροφής προστίθοντας αξία στα προϊόντα.. Στην Ελλάδα, περίπου 200.000 τόνοι αποβλήτων που προέρχονται από βιομηχανίες χυμοποίησης και γενικότερα μεταποίησης εσπεριδοειδών καταλήγουν σε χώρους ταφής γνωστούς ως ΧΥΤΑ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του περιβάλλοντος και την δημιουργία εστιών μόλυνσης, ενώ πολύτιμοι πόροι μένουν αναξιοποίητοι (Αναστασιάδης Α., 2020). Τα εσπεριδοειδή ανήκουν στην οικογένεια Rutaceae και στο γένος Citrus. Η καταγωγή τους είναι από την Ασία, αλλά έχουν εξαπλωθεί σε όλο τον κόσμο. Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια εσπεριδοειδών είναι μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες, με μεγάλη οικονομική και εξαγωγική σημασία.

Τα απόβλητα εσπεριδοειδών αποτελούνται από τα φυτικά μέρη τα οποία δεν μπορούν να αξιοποιηθούν άμεσα κατά την μεταποίηση, δηλαδή το εξωτερικό περίβλημα του καρπού, περικάρπιο, και σπόροι. Τα κύρια προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας που παραλαμβάνονται είναι σάκχαρα, αιθέρια έλαια, πηκτίνες, πολυφαινόλες και καροτενοειδή. Ειδικότερα, ο φλοιός των εσπεριδοειδών περιέχει διαιτητικές ίνες, όπως πηκτίνη, κόμμεα, κυτταρίνη και λιγνίνη. Στα λεμόνια, το ποσοστό των διαιτητικών ινών στον φλοιό ανέρχεται στα 14g ανά 100g και στα πορτοκάλια ανέρχεται έως και 57g ανά 100g. Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στην εκχύλιση των φλοιών των εσπεριδοειδών εστιάζεται στις πολυφαινόλες, διότι οι φλοιοί εμφανίζουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή από ότι το εδώδιμο μέρος του κορμού. Το μεγαλύτερο ποσοστό των πολυφαινολών αποτελούν οι φλαβονόες και μαζί με τις υπόλοιπες πολυφαινόλες αποτελούν το 0,91-4,92% του ξηρού βάρους του φλοιού. Τα κυριότερα φλαβονοειδή είναι η νεοεριοκιτρίνη, η ναριγκίνη και η νεοεσπεριδίνη, η περιεκτικότητά τους ανέρχεται σε πάνω από 1000 mg ανά 100g ξηρού βάρους φλοιού. Πέρα από τα φλαβονοειδή, στους φλοιούς περιέχονται επίσης φαινολικά οξέα, για παράδειγμα καφεϊκό, φερουλικό, σιναπικό, π-κουμαρικό και χλωρογενικό. Επιπλέον, περιέχονται καροτενοειδή, οι χρωστικές του φλοιού στις οποίες οφείλεται και το χρώμα του. Τα πιο άφθονα καροτενοειδή στους φλοιούς είναι το α-καροτένιο, το β-καροτένιο, η λουτεΐνη, η ζεαξανθίνη και η β-κρυπτοξανθίνη. Η περιεκτικότητα των καροτενοειδών κυμαίνεται από 10 έως 204 mg ανά 100g ξηρού βάρους φλοιού. Τέλος, κατά την εκχύλιση του φλοιού παραλαμβάνεται και το αιθέριο έλαιο, το οποίο είναι αρωματικό μίγμα ουσιών, που αποτελείται από 85-99% πτητικά συστατικά, δηλαδή μονοτερπένια, σεσκιτερπενικοί υδρογονάνθρακες και οξυγονομενά παραγωγά τους, αλδεΐδες, κετόνες, οξέα, αλκοόλες και εστέρες, και 1-15% μη πτητικά συστατικά. Στα πτητικά συστατικά, ειδικότερα, στα μονοτερπένια ανήκει το λιμονένιο που αποτελεί το 73,9%-97% β/β του αιθέριου ελαίου (Rivas et al, 2008; Angel Siles Lopez et al, 2010).



Εικόνα 12: Υπολείμματα Εσπεριδοειδών

Ο βιολειτουργικός ρόλος των αποβλήτων των εσπεριδοειδών αναφέρεται στις βιολογικά ενεργές ουσίες που περιέχονται σε φλούδες, κουκούτσια, υπολείμματα σάρκας και άλλα υποπροϊόντα της επεξεργασίας των εσπεριδοειδών, και πώς μπορούν να αξιοποιηθούν για ωφέλιμους σκοπούς.

Τα υποπροϊόντα των εσπεριδοειδών περιλαμβάνουν φλούδες, κουκούτσια και σάρκα που δεν χρησιμοποιούνται στην κατανάλωση ή στην παραγωγή χυμών. Περιέχουν κυρίως πολυφαινόλες και флаβονοειδή, όπως η ηεραιο-φλαβόνη (hesperidin), η ναρίγγενη (naringin) και η κερσετίνη (quercetin), κερί και αιθέρια έλαια: κυρίως λιμονένιο, που δίνει το χαρακτηριστικό άρωμα, διαλυτές και αδιάλυτες φυτικές ίνες, βιταμίνες, μέταλλα και ιχνοστοιχεία (Angel Siles Lopez et al, 2010).

Οι флаβονοειδείς ενώσεις δρουν ως αντιοξειδωτικά, μειώνοντας το οξειδωτικό στρες και την καταστροφή των κυττάρων από τις ελεύθερες ρίζες. Οι πολυφαινόλες μπορούν να μειώσουν φλεγμονές και να ενισχύσουν την ανοσολογική απόκριση. Τα αιθέρια έλαια, όπως το λιμονένιο, έχουν αντιβακτηριακή και αντιμυκητιακή δράση. Οι πηκτίνες και οι διαλυτές ίνες προάγουν την ανάπτυξη ωφέλιμων βακτηρίων στο έντερο και βελτιώνουν την πέψη.

Κάποια флаβονοειδή από φλούδες εσπεριδοειδών έχουν δείξει ότι αναστέλλουν τον πολλαπλασιασμό καρκινικών κυττάρων σε in vitro μελέτες.

Συνοψίζοντας, τα απόβλητα των εσπεριδοειδών είναι πλούσια σε βιοδραστικά συστατικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υγεία, διατροφή, καλλυντικά και βιομηχανία. Η αξιοποίησή τους μπορεί να μειώσει και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της βιομηχανίας των εσπεριδοειδών.

Οφέλη για την υγεία

Τα προϊόντα που προκύπτουν από την χρήση αποβλήτων εσπεριδοειδών περιέχουν μεγάλες ποσότητες ενώσεων υψηλής προστιθέμενης αξίας. Τα βιοενεργά συστατικά που εντοπίζονται στα φυτικά μέρη των εσπεριδοειδών παρουσιάζουν πολλά οφέλη για την υγεία των ανθρώπων.

Τα φυσικά αντιοξειδωτικά που περιέχονται στο εκχύλισμα τους έχουν αποδεδειγμένες αντικαρκινικές ιδιότητες. Η εσπεριδίνη είναι από τα φυτοχημικά που παρουσιάζουν χημειοθεραπευτικές ιδιότητες, διότι δρα ως αντικαρκινικός παράγοντας για πολλούς τύπους καρκίνου. Ο τρόπος δράσης της βασίζεται στην διακοπή του κυτταρικού κύκλου και την επιδιόρθωση του DNA σε διάφορα καρκινικά κύτταρα. Είναι γνωστό ότι η εσπεριδίνη μεταβάλλει αρκετούς μοριακούς δείκτες που σχετίζονται με την καρκινογένεση, όπως είναι οι κινάσες, οι φλεγμονώδεις κυτοκίνες, οι παράγοντες μεταγραφής και τα δραστικά είδη οξυγόνου. Παράλληλα, πολλαπλά είναι τα οφέλη για τις γνωστικές λειτουργίες, διότι οι φλαβόνες που εντοπίζονται στο εκχύλισμα έχει αποδειχθεί ότι έχουν την ικανότητα να προστατεύουν τον εγκέφαλο από νευροεκφυλιστικές ασθένειες, όπως είναι ή νόσος Parkinson και το Alzheimer. Επιπλέον, τα αιθέρια έλαια, όπως το λιμονένιο, εμφανίζει αντιμικροβιακές ιδιότητες με δράση κατά μικροοργανισμών, όπως *E. Coli* και *Salmonella*. Τα φλαβονοειδή που περιέχονται φέρουν αντιφλεγμονώδη δράση και μπορούν να βοηθήσουν στην μείωση συμπτωμάτων χρόνιων παθήσεων. Τέλος, οι τελευταίες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί δείχνουν ότι τα φλαβονοειδή των εσπεριδοειδών δρουν ανασταλτικά στην είσοδο και πολλαπλασιασμό των ιών στα κύτταρα, ειδικότερα η εσπεριδίνη δείχνει ικανότητα δέσμευσης των πρωτεϊνών του SARS-CoV-2, εμποδίζοντας τη σύνδεση με υποδοχείς (Rafiq et al., 2018).

Τοξικότητα

Το εκχύλισμα εσπεριδοειδών χρησιμοποιείται εδώ και πολλούς αιώνες χωρίς να έχει εμφανίσει δείγματα τοξικότητας. Έπειτα από μελέτες που έχουν διεξαχθεί, το εκχύλισμα που προέρχεται από την εκχύλιση της φλούδας των εσπεριδοειδών είναι απολύτως ασφαλές για την υγεία. Παρ' όλα αυτά λόγω της υψηλής ποσότητας σε γεωργικά φάρμακα που εντοπίζονται συνήθως στις φλούδες των καρπών θα πρέπει πάντα να γίνεται καλός καθαρισμός πριν την εκχύλιση (Rafiq et al., 2018)(Rivas et al, 2008; Angel Siles Lopez et al, 2010).

Προοπτικές

Τα τελευταία χρόνια, η έννοια της κυκλικής οικονομίας συνεχώς “κερδίζει” έδαφος, μιας και η ανακύκλωση έχει γίνει αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας. Με τις νέες διατάξεις και τα νέα μέτρα που προκύπτουν από την κοινή περιβαλλοντική πολιτική μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι βιομηχανίες ψάχνουν συνεχώς τρόπο για να μειώσουν το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Η αξιοποίηση των αποβλήτων για την απομόνωση προϊόντων προστιθέμενης αξίας φέρει πολλές προοπτικές και αποτελεί την λύση στο πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τις βιομηχανίες τροφίμων. Έχουν ποικίλες δυνατότητες αξιοποίησης στη φαρμακοβιομηχανία, στην κοσμετολογία, στην βιομηχανία τροφίμων και στην παραγωγή ενέργειας. Πέρα από την εκχύλιση βιοενεργών συστατικών, όπως τα φλαβονοειδή και τις πολυφαινόλες, τα υπολείμματα εσπεριδοειδών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιομεθανίου, αξιοποιούμενο για παραγωγή ενέργειας, αλλά και για την παραγωγή οργανικού λιπάσματος. Η ανάπτυξη βιομηχανιών “zero-waste”, όπου όλα τα υποπροϊόντα αξιοποιούνται αποτελούν το μέλλον (Das et al, 2007).

Η βιομηχανία εσπεριδοειδών παράγει σημαντικές ποσότητες υποπροϊόντων (φλοιοί, πούλπα, σπέρματα) με υψηλό οργανικό φορτίο και βιοδραστικά συστατικά. Οι πρόσφατες ανασκοπήσεις δείχνουν ότι τα απόβλητα εσπεριδοειδών μπορούν να τροφοδοτήσουν ολοκληρωμένα βιοδυλιστήρια, παράγοντας υλικά, συστατικά τροφίμων και βιοενέργεια με

θετικό αποτύπωμα όταν εφαρμοστούν κατάλληλες «πράσινες» τεχνικές εκχύλισης και προεπεξεργασίες (Medina-Herrera et al., 2024)(Cinardi et al., 2025) (Divyasakthi et al., 2025).

Οι φλοιοί πορτοκαλιού/γκρέιπφρουτ αποτελούν την κυριότερη βιομηχανική πηγή πηκτίνης. Οι σύγχρονες «πράσινες» μέθοδοι (υπέρηχοι, μικροκύματα) αυξάνουν απόδοση/ποιότητα με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και χημικών. Πρόσφατες εκτιμήσεις κύκλου ζωής υποδεικνύουν ότι θερμο-υπερηχητική εκχύλιση μπορεί να βελτιώσει το περιβαλλοντικό προφίλ έναντι της συμβατικής όξινης μεθόδου (Di Clemente et al., 2025).

Το d-λιμονένιο ανακτάται από φλοιούς/πηκτικά. Η βελτιστοποίηση ξήρανσης/άλεσης και ήπια εκχυλιστικά σχήματα αυξάνουν την απόδοση, ενώ η ανάκτηση λιμονενίου βοηθά και την επόμενη βιοενεργειακή μετατροπή, μειώνοντας την ανασταλτική του δράση (Battista et al., 2020).

Τα φλαβονοειδή παρουσιάζουν αντιοξειδωτικές/μεταβολικές δράσεις με εφαρμογές σε τρόφιμα-υγείας και φαρμακευτικά προϊόντα (Li et al., 2022), (Xu et al., 2025).

Τα κλάσματα πηκτίνης/κυτταρίνης/λιγνίνης των φλοιών υποστηρίζουν βιοδιασπώμενες μεμβράνες και «ενεργές» συσκευασίες με αντιμικροβιακή δράση, αντικαθιστώντας μερικώς τα συμβατικά πλαστικά. Πειραματικές διατυπώσεις δείχνουν βελτιωμένη μηχανική αντοχή και ικανότητα δέσμευσης υγρασίας/οξυγόνου, με προοπτικές κλιμάκωσης για κλάδους τροφίμων και καλλυντικών (Bertolo κ.ά., 2025).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Εκχύλιση και μέθοδοι προσδιορισμού αντιοξειδωτικής ικανότητας και ολικών φαινολικών

6.1 Γενικά Στοιχεία

Γενικότερα, η εκχύλιση είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για την παραλαβή μιας ένωσης από ένα διάλυμα, με τη χρήση ενός διαλύτη, ή για το διαχωρισμό στερεού μίγματος στα συστατικά του, ή για τον καθαρισμό μιας ένωσης από ανεπιθύμητες προσμίξεις. Υπάρχουν τρεις τύποι εκχύλισης: α) Εκχύλιση Υγρού-Υγρού, β) Εκχύλιση Στερεού-Υγρού, γ) Εκχύλιση Στερεής Φάσης. Σύμφωνα με την σύσταση του υλικού που εκχυλίζεται χρησιμοποιούνται διαφορετικές τεχνικές, όπως είναι η υποβοήθηση με υπερήχους ή μικροκύματα και η απόσταξη.

6.2 Υδατική Εκχύλιση

Συνήθως για την παρασκευή ροφημάτων χρησιμοποιείται η μέθοδος Στερεού-Υγρού, όπου επιτυγχάνεται η αφαίρεση των επιθυμητών συστατικών του Στερεού, σε επαφή με έναν Υγρό διαλύτη που διαλύει αυτά τα συστατικά. Η χρήση του νερού ως διαλύτη είναι αρκετά κοινή κατά την παρασκευή αφεψημάτων. Δύο είναι οι πιο γνωστές διαδικασίες υδατικής εκχύλισης φυτικών δρογών, η έγχυση και η αφέψηση. Η διαδικασία της έγχυσης περιλαμβάνει την επαφή του φυτικού υλικού με ψυχρό ή συνθεστέρα με βραστό νερό για περιορισμένο χρόνο (10-30 min), με τη θερμοκρασία να μειώνεται σταδιακά. Το διάλυμα του υδατικού εκχυλίσματος παραλαμβάνεται μέσω της διήθησης και τα φυτικά μέρη απομακρύνονται. Τα διαλύματα που παραλαμβάνονται με την διεργασία της έγχυσης είναι ασταθή και μπορούν να μολυνθούν εύκολα, γι' αυτό θα πρέπει να γίνεται απευθείας κατανάλωση. Από την άλλη πλευρά, η αφέψηση περιλαμβάνει την κατεργασία των φυτικών μερών με νερό σε σημείο βρασμού και διατήρηση της υψηλής θερμοκρασίας για περίπου 15-45 min. Η παραλαβή του διαλύματος

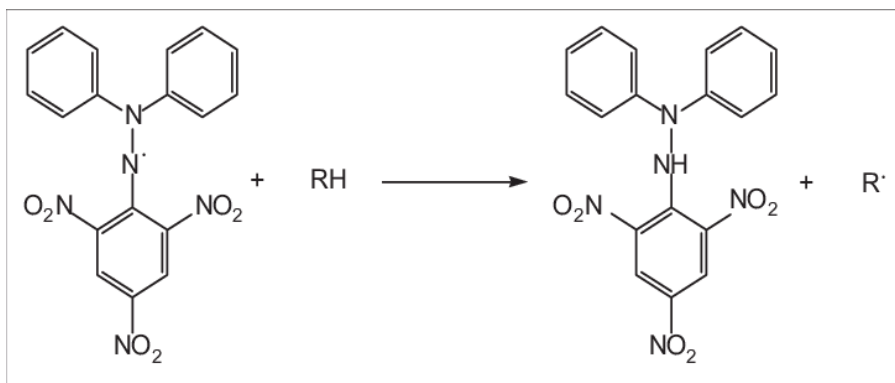
γίνεται με διήθηση και τα φυτικά μέρη απομακρύνονται. Και στις δύο περιπτώσεις, είναι πολύ σημαντική η επιλογή της θερμοκρασίας και του χρόνου, για την παραλαβή των επιθυμητών συστατικώνreference?.

6.3 Εκχύλιση με Υπερήχους

Στην υποβοηθούμενη με υπέρηχους εκχύλιση το μείγμα Στερεού-Υγρού τοποθετείται σε λουτρό υπέρηχων, για την καλύτερη απομόνωση των βιοδραστικών. Αυτή η τεχνική είναι πολύ δημοφιλής στην Βιομηχανία Τροφίμων, διότι επιτρέπει την καλύτερη απομόνωση των βιοενεργών συστατικών. Οι υπέρηχοι είναι διαμήκη, ελαστικά κύματα με συχνότητα μεγαλύτερη από 20 kHz, δηλαδή μεγαλύτερη συχνότητα από αυτή που γίνεται αντιληπτή από τον άνθρωπο. Η εκχύλιση με τη βοήθεια υπέρηχων λειτουργεί με βάση την αρχή της ακουστικής σπηλαίωσης, η οποία είναι ένα δυναμικό φαινόμενο που προκαλείται από τη διάδοση υπερηχητικών κυμάτων μέσα από ένα υγρό μέσο και προκαλεί διάρρηξη των κυτταρικών τοιχωμάτων, μείωση του μεγέθους των σωματιδίων και αύξηση της επαφής με τον διαλύτη (Shams et al., 2015). Τα κύματα των υπέρηχων έχουν ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό φυσαλίδων σπηλαίωσης (cavitation bubbles), δηλαδή τη δημιουργία κενών εντός του μέσου. Η διάδοση των υπέρηχων προκαλεί κίνηση του υγρού λόγω συμπίεσης και αραιώσης, κατά τη διάρκεια της αραιώσης οι φυσαλίδες που σχηματίζονται αυξάνονται σε μέγεθος, ενώ κατά τη διάρκεια της συμπίεσης μειώνονται. Όταν οι φυσαλίδες έρχονται σε επαφή με την επιφάνεια ενός στερεού υλικού καταρρέουν και απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας που δημιουργούν μικροπίδακες, με αποτέλεσμα την εξαγωγή των φυτικών ενώσεων από διάφορα μείγματα.

6.4 Προσδιορισμός αντιοξειδωτικών

Για τον προσδιορισμό των αντιοξειδωτικών ουσιών που περιέχονται σε ένα μείγμα χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές. Οι πιο διαδεδομένες φασματοφωτομετρικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται βασίζονται στην ικανότητα των αντιοξειδωτικών ενώσεων να εξουδετερώνουν ελεύθερες ρίζες. Η πιο δημοφιλής μέθοδος από αυτές είναι η μέθοδος DPPH (2,2 -διφαινυλο-1-πικρυλ-υδραζύλιο), η σταθερή ρίζα DPPH αλληλοεπιδρά με τα αντιοξειδωτικά μόρια και αδρανοποιείται. Η ρίζα DPPH σε διάλυμα μεθανόλης έχει χρώμα μωβ με μέγιστη απορρόφηση τα 517 nm, όταν ανάγεται παρουσιάζει αλλαγή χρώματος από μωβ σε κίτρινο. Σε αρχική κατάσταση το μόριο DPPH έχει ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο στο άτομο αζώτου του μορίου. Όταν μια ουσία φέρει αντιοξειδωτικές ικανότητες και προστίθεται στο διάλυμα DPPH, τότε το ελεύθερο ηλεκτρόνιο σταθεροποιείται, η ελεύθερη ρίζα εξουδετερώνεται και το διάλυμα αλλάζει χρώμα. Η ποσότητα του DPPH που έχει εξουδετερωθεί μπορεί να μετρηθεί με φασματοφωτόμετρο, η μείωση στην απορρόφηση δείχνει την αντιοξειδωτική ικανότητα της ουσίας που εξετάζεται. Η μέθοδος αυτή είναι γρήγορη, ασφαλής και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως στην επιστήμη τροφίμων και στην φαρμακολογία για τον προσδιορισμό των αντιοξειδωτικών φυσικών ή συνθετικών ενώσεων (Huang et al., 2005).



Εικόνα 13 :Δομή της ρίζας DPPH και εξουδετέρωση της από αντιοξειδωτικό

6.5 Προσδιορισμός Ολικών Φαινολικών Ενώσεων

Η εκτίμηση των ολικών φαινολικών είναι μία από τις συνηθέστερες μεθόδους προσδιορισμού της αντιοξειδωτικής ικανότητας ουσιών και συχνά χρησιμοποιείται για την ανάλυση φυτικών εκχυλισμάτων, τροφίμων, ποτών και άλλων προϊόντων. Οι φαινόλες περιλαμβάνουν μια ποικιλία ενώσεων, όπως είναι τα φλαβονοειδή και τα φαινολικά οξέα, τα οποία παρουσιάζουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση και μπορούν να προσφέρουν προστασία έναντι βλαβών που προκύπτουν από το οξειδωτικό στρες. Για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολικών χρησιμοποιείται η μέθοδος Folin-Ciocalteu. Η μέθοδος προσδιορισμού του ολικού φαινολικού περιεχομένου (total phenolic content) βασίζεται σε μια αντίδραση οξείδωσης-αναγωγής με βάση το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu. Το αντιδραστήριο αποτελείται από ένα σύμπλοκο μείγμα φωσφομολυβδενικών και φωσφοβολφραμικών οξέων, τα οποία αντιδρούν με τις φαινολικές ενώσεις, με αποτέλεσμα την εμφάνιση μπλε χρώματος στο μείγμα, το οποίο μπορεί να προσδιορισθεί με τη βοήθεια φασματοφωτόμετρου. Η ένταση του χρώματος είναι ανάλογη του φαινολικού περιεχομένου και τα τελικά αποτελέσματα, δηλαδή η συγκέντρωση των φαινολικών εκφράζεται με βάση μια πρότυπη καμπύλη αναφοράς (Huang et al., 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. Μικροβιολογικός Έλεγχος

7.1 Γενικά Στοιχεία

Ο μικροβιολογικός έλεγχος είναι ένα από τα σημαντικότερα τμήματα για την διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων. Μέσω του μικροβιολογικού ελέγχου παρατηρείται η επώαση μικροοργανισμών, γίνεται ταυτοποίηση και ποσοτικοποίηση και κρίνεται αν το προϊόν μπορεί να εμφανίσει πιθανούς κινδύνους για την υγεία των καταναλωτών.

7.2 Μέθοδος Μικροβιολογικού Ελέγχου

Για τον προσδιορισμό του μικροβιακού φορτίου σε ένα προϊόν, συχνότερα, γίνεται καλλιέργεια σε θρεπτικά υποστρώματα, όπου παρατηρείται η ανάπτυξη αποικιών. Το θρεπτικό μέσο που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι στερεό ή υγρό, και αποτελεί πηγή θρεπτικών ουσιών για την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Τα θρεπτικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια μπορεί να είναι ευρέος φάσματος μικροοργανισμών ή εκλεκτικά, τα οποία ευνοούν συγκεκριμένα είδη μικροοργανισμών και αναστέλλουν την ανάπτυξη άλλων ειδών. Έπειτα από επώαση σε ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας, γίνεται η εκτίμηση του μικροβιακού φορτίου και η ταυτοποίηση των μικροβίων. Για την ταχύτερη αξιολόγηση, έχουν αναπτυχθεί μοριακές

τεχνικές που επιτρέπουν την ανίχνευση γενετικού υλικού παθογόνων με ακρίβεια (Τούμα Χ., 1988).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. Οργανοληπτικός έλεγχος

8.1 Ανάλυση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών

Οι κύριες ανθρώπινες αισθήσεις που εμπλέκονται στην οργανοληπτική αξιολόγηση των τροφίμων είναι η όραση, η ακοή, η αφή, η γεύση και η όσφρηση. Η σχετική σημασία των μεμονωμένων αισθήσεων ποικίλλει ανάλογα με παράγοντες όπως ο τύπος των τροφίμων.

Τα πρότυπα κατανάλωσης τροφίμων έχουν διαμορφωθεί από την ανάγκη να εξασφαλιστεί η απαραίτητη για τη ζωή πρόσληψη θρεπτικών ουσιών. Οι ανεπτυγμένες χώρες διαθέτουν επαρκή προσφορά και ποικιλία, ώστε η απόλαυση του φαγητού να έχει κυρίαρχη επίδραση στην επιλογή των τροφίμων. Πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν αυτή την απόλαυση, αλλά η αλληλεπίδραση των τροφίμων με τις ανθρώπινες αισθήσεις και η συνακόλουθη αντίληψη της οργανοληπτικής ποιότητας είναι πρωταρχικής σημασίας (Kilcast,1996).

Όταν γίνεται η αρχική αγορά τροφίμων, είναι πιθανό να έχουν επιδράσει στους καταναλωτές πολλοί παράγοντες που δεν σχετίζονται με τις αισθήσεις, όπως για παράδειγμα η έκθεση μέσω της διαφήμισης, η τοποθέτηση στα ράφια των σούπερ μάρκετ και η συσκευασία. Η επαναλαμβανόμενη αγορά αυτού του προϊόντος, ωστόσο, εξαρτάται κυρίως από το πόσο απολαμβάνεται η οργανοληπτική του ποιότητα. Η αντίληψη αυτής της ποιότητας μπορεί επίσης να έχει επηρεαστεί από τις προσδοκίες, οι οποίες μπορεί να έχουν δημιουργηθεί, για παράδειγμα, από την ισχυρή εικόνα της μάρκας, την ελκυστική συσκευασία και την εκτύπωση ή την υψηλή τιμή. Εάν οι προσδοκίες δεν ικανοποιηθούν, θα επιλεγούν άλλα προϊόντα (Kilcast,1996).

Ενώ διαφορετικά τρόφιμα μπορεί να έχουν διαφορετικά βασικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, η γεύση είναι γενικά ο πιο σημαντικός οργανοληπτικός παράγοντας που καθορίζει την επιλογή των τροφίμων. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι πιθανών ελαττωμάτων γεύσης, αλλά η παρουσία μιας γεύσης που είναι εντελώς ξένη προς το συγκεκριμένο τρόφιμο, ή η αλλοίωση, είναι ιδιαίτερα σοβαρή.

Οι κύριες ανθρώπινες αισθήσεις που εμπλέκονται στην οργανοληπτική αξιολόγηση των τροφίμων είναι η όραση, η ακοή, η αφή, η γεύση και η όσφρηση. Η σχετική σημασία των μεμονωμένων αισθήσεων ποικίλλει ανάλογα με παράγοντες όπως ο τύπος των τροφίμων, κατάσταση κατανάλωσης και η ψυχολογική κατάσταση του καταναλωτή. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι οι διαφορετικές αισθητηριακές λειτουργίες δεν λειτουργούν απαραίτητα ανεξάρτητα, και οι αλληλεπιδράσεις είναι συχνές (Kilcast,1996).

Γεύση

Ο κύριος παράγοντας επιλογής ενός τροφίμου είναι η γεύση, η οποία προσδιορίζεται μέσω των αισθητήρων της γλώσσας. Η γεύση αποτελεί μια σύνθετη αίσθηση που αποτελείται από απλές κατηγορίες γεύσεων όπως είναι η αλμυρή, η γλυκιά, η πικρή και η ξινή. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη μάσηση της τροφής δεν συντελείται διαχωρισμός των παραπάνω γεύσεων, αλλά ένας συνδυασμός αυτών που γίνεται αποδεκτός ή όχι από τον καταναλωτή (Breslin,1997).

Όψη και χρώμα

Η όψη και το χρώμα ενός τροφίμου, η εμφάνιση του δηλαδή, αποτελεί την πρώτη επαφή του καταναλωτή με το τρόφιμο. Παράγοντες όπως η έκθεσή του τροφίμου στο φως, στην θερμότητα και στον αέρα έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση μεταβολών στο χρώμα του τροφίμου. Οι μεταβολές αυτές έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή της σύστασης του προϊόντος

από φρέσκο σε χαλασμένο. Επιπρόσθετα, η όψη και το χρώμα αποτελούν βασικούς παράγοντες αξιολόγησης της ποιότητας, της ωριμότητας και της φθοράς ενός τροφίμου (Breslin, 1997).

Οσμή

Η οσμή ενός τροφίμου αποτελεί βασικό παράγοντα στην αποδοχή και στην αντίληψη της γεύσης ενός τροφίμου και προσδιορίζεται από τις πτητικές ουσίες του προϊόντος που προέρχονται είτε από το ίδιο το τρόφιμο είτε από πρόσθετες αρωματικές ενώσεις (Noble, 1990).

Υφή και μάσηση

Η υφή ενός τροφίμου περιλαμβάνει όλα τα μηχανικά, γεωμετρικά και επιφανειακά χαρακτηριστικά ενός προϊόντος που γίνονται αντιληπτά μέσω μηχανικών, απτικών και, κατά περίπτωση, οπτικών και ακουστικών υποδοχέων. Μια σημαντική πτυχή αυτού του ορισμού είναι η αναγνώριση της σημασίας άλλων αισθητηριακών λειτουργιών (Kohyama, 2007).

Επιρροή του κοινού

Οι οργανοληπτικές ιδιότητες ενός τροφίμου αποτελούν καθοριστικό στοιχείο για την αποδοχή του από τους καταναλωτές. Για τον λόγο αυτό, οι βιομηχανίες τροφίμων δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στην αξιολόγηση της οργανοληπτικής αποδοχής των νέων προϊόντων. Έτσι, κατά την ανάπτυξη και την προώθηση ενός καινοτόμου προϊόντος στην αγορά, λαμβάνονται υπόψη όχι μόνο τα συστατικά που το συνθέτουν, αλλά και η επίδρασή του στους καταναλωτές. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ολοκληρωμένων οργανοληπτικών δοκιμών από ομάδα αξιολογητών, καθώς και με τη χρήση αναλυτικών μεθόδων όπως η φασματοφωτομετρία και η χρωματομετρία (Meiselman, 2015).

Εκτίμηση οργανοληπτικού χαρακτήρα

Η χρήση της οργανοληπτικής αξιολόγησης παρουσιάζει συνεχή αύξηση τα τελευταία χρόνια, γεγονός που συνδέεται τόσο με την ανάπτυξη νέων τροφίμων όσο και με την εξέλιξη της βιομηχανικής επεξεργασίας τους. Πρόκειται για μια επιστημονική διαδικασία ανάλυσης, μέτρησης και ερμηνείας της ανθρώπινης αντίδρασης απέναντι σε προϊόντα, μέσω των αισθήσεων της γεύσης, της αφής, της όσφρησης, της ακοής και της όρασης. Παράλληλα με την ανθρώπινη αξιολόγηση, αξιοποιούνται και τεχνικές μέθοδοι για την ανάλυση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, όπως η εξέταση του χρώματος και της υφής, που περιλαμβάνει μετρήσεις σκληρότητας και ελαστικότητας. Ωστόσο, οι ατομικές διαφορές μεταξύ καταναλωτών καθιστούν τις υποκειμενικές κρίσεις δύσκολες στην αντικειμενική ερμηνεία. Για τον λόγο αυτό, απαιτείται λεπτομερής καταγραφή και παρουσίαση των αποτελεσμάτων κάθε ανάλυσης. Τέλος, η συλλογή δεδομένων από τυχαία δείγματα καταναλωτών συμβάλλει στη διαμόρφωση μιας πιο αξιόπιστης και αμερόληπτης εικόνας για την αποδοχή ή μη του προϊόντος, επιτρέποντας την ασφαλέστερη στατιστική τεκμηρίωση (Lawless & Heymann, 2010).

Μεταποίηση και σύνθεση νέων τροφίμων

Η επεξεργασία τροφίμων συνδέεται άμεσα με τον μετασχηματισμό τους, με σκοπό τόσο τη βελτίωση της γεύσης όσο και την κάλυψη αναγκών που σχετίζονται με την αποθήκευση και τη συντήρησή τους. Με τον όρο «επεξεργασία τροφίμων» νοείται κάθε διαδικασία κατά την οποία ένα τρόφιμο μεταβάλλεται από την αρχική, φυσική του μορφή σε μια διαφορετική κατάσταση. Η δημιουργία ενός νέου προϊόντος στη βιομηχανία τροφίμων, όπως για παράδειγμα ενός ροφήματος ξεκινά με τη διαμόρφωση μιας εξειδικευμένης συνταγής. Η συνταγή αυτή περιλαμβάνει ένα συγκεκριμένο σύνολο συστατικών σε προκαθορισμένες αναλογίες, με στόχο την παραγωγή ενός προϊόντος που θα παρουσιάζει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά στην καλύτερη δυνατή μορφή του. Οι κύριες αρχές της επεξεργασίας περιλαμβάνουν αρχικά τη διερεύνηση και την ορθή επιλογή των πρώτων υλών, καθώς και τον καθορισμό των κατάλληλων μεθόδων επεξεργασίας, προκειμένου να επιτευχθεί η ανάπτυξη του νέου προϊόντος, στην προκειμένη περίπτωση ενός βιολειτουργικού ροφήματος. Τέλος, κρίνεται αναγκαία η ύπαρξη προτύπων, όπως ορισμένα βιολειτουργικά αφεψήματα που κυκλοφορούν ήδη στο εμπόριο, τα οποία λειτουργούν ως σημεία αναφοράς και κατευθύνουν τους ερευνητές στη διαδικασία σχεδιασμού και διαμόρφωσης του νέου τροφίμου (Botelho, 2018).

ΣΚΟΠΟΣ

Στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε, μελετήθηκε η βιολειτουργική δράση ουσιών φυτικής προέλευσης, όπως η κορντισεπίνη, οι κατεχίνες, οι φλαβόνες κ.α., μέσω της παραγωγής ενός ροφήματος και της εκτίμησης της αντιοξειδωτικής και αντιμικροβιακής ιδιότητας των συστατικών του. Τέλος, πραγματοποιήθηκε οργανοληπτικός έλεγχος με τη χρήση εθελοντών για την εκτίμηση της αποδοχής του ροφήματος, ώστε να αναλυθούν οι προοπτικές παραγωγής του σε εμπορική κλίμακα.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. Υλικά και Μέθοδοι ανάλυσης

9.1 Υλικά

- Νερό βρύσης
- Αντιδραστήριο DPPH σε μορφή σκόνης
- Μεθανόλη (3,9 ml, 25 mg L⁻¹)
- Αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu
- Ανθρακικό Νάτριο Na₂CO₃ (25% w/v)
- Σκόνη nutrient agar NA, Nahragar APHA ISO
- Neogen Potato Dextrose Agar
- Μαλτοδεξτρίνη, Tereos Syral G 190, MANIS CHEMICALS
- Στέβια, sweet stevia 1:2, Only Bio

9.2 Όργανα

- Αναλυτικός ζυγός 4 δεκαδικών KERN ALS 220-4
- Hielscher UP 200St (200Watt, 26kHz) Ultrasonic processor
- Θερμική πλάκα & Αναλογικός Αναδευτήρας MS300HS, Medine
- Ψηφιακό Πεχάμετρο, EUTECH pH 5+
- Χρωματόμετρο Konica Minolta CR-300
- Φασματοφωτόμετρο JASCO V-630
- Χωνί Buchner
- Ποτήρι ζέσεως
- Κωνική φιάλη 200ml

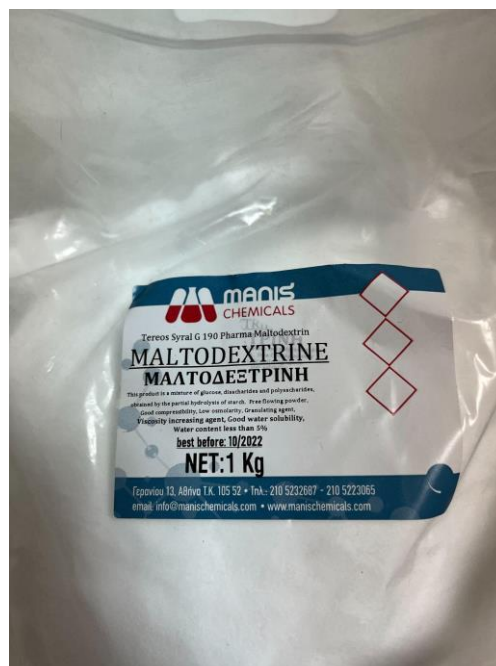
9.3 Δείγματα & Μέθοδοι ανάλυσης

Για την ανάπτυξη του ροφήματος προηγήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση κατά την οποία αξιολογήθηκαν διάφοροι τρόποι εκχύλισης για την επιλογή της βέλτιστης. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι φύλλα και δρόγες πράσινου τσαγιού (*Camelia sinensis*), αποξηραμένα μανιτάρια του γένους *Cordyceps militaris*, αποξηραμένοι καρποί goji berry (*Lycium barbarum*) και τέλος φλούδες εσπεριδοειδών, συγκεκριμένα πορτοκάλι (*Citrus sinensis*) και λεμόνι (*Citrus limon*), αφού έγινε καλή πλύση των καρπών για την αποφυγή υπολειμματικότητας γεωργικών φαρμάκων. Ακολουθήθηκαν δυο πρωτόκολλα εκχύλισης με διαλύτη το νερό, το πρώτο πρωτόκολλο αφορά εκχύλιση με τη χρήση υπερήχων και το δεύτερο εκχύλιση με θερμική επεξεργασία. Στη συνέχεια έγιναν μετρήσεις αντιοξειδωτικών με τη μέθοδο DPPH και μετρήσεις ολικών φαιολικών με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε έλεγχος μικροβιολογικού φορτίου και οργανοληπτική αξιολόγηση για την επιλογή του ροφήματος με τα πιο επιθυμητά χαρακτηριστικά. Ακόμα για την βελτίωση της οργανοληπτικής αποδοχής προστέθηκαν στο δείγμα ποσότητες γλυκαντικής ουσίας φυτικής προέλευσης, στέβια. Η στέβια προέρχεται από το φυτό *Stevia rebaudiana*, περιέχει μία ουσία που ονομάζεται στεβιόλη και έχει μεγαλύτερη γλυκαντική ικανότητα από τη ζάχαρη. Χρησιμοποιείται εκτεταμένα ως εναλλακτικό γλυκαντικό, διότι δεν περιέχει υδατάνθρακες και δεν επηρεάζει τη γλυκόζη στο αίμα κατά την κατανάλωση, ακόμη περιέχει ελάχιστες θερμίδες, το γεγονός αυτό την καθιστά ιδανικό υποκατάστατο της ζάχαρης. Τέλος, στο μείγμα προστέθηκε μαλτοδεξτρίνη, ένας πολυσακχαρίτης που παράγεται από φυτικό άμυλο και

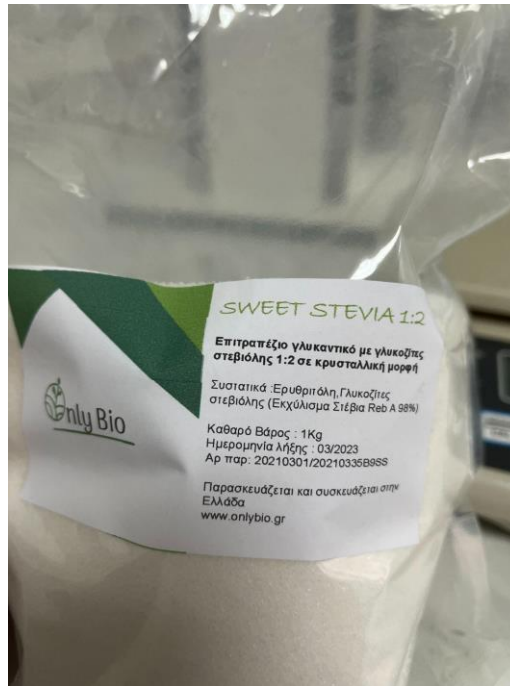
χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων για την βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τροφίμων, όπως είναι η υφή.



Εικόνα 14: Αποξηραμένα μανιτάρια *Cordyceps militaris*



Εικόνα 15: Μαλτοδεξτρίνη



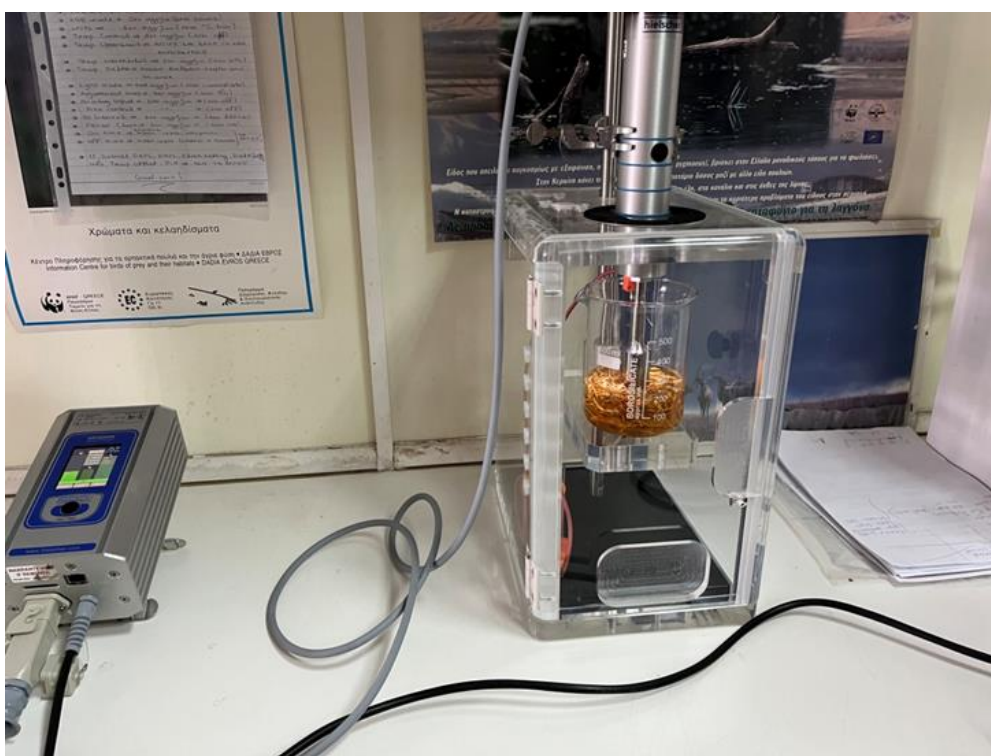
Εικόνα 16: Στέβια



Εικόνα 17: Δείγματα πριν την εκχύλιση

9.4 Εκχύλιση με υπερήχους

Για την εκχύλιση με υπερήχους, χρησιμοποιήθηκε το όργανο της Hielscher UP 200St (200Watt, 26kHz) ultrasonic processor. Για το πρωτόκολλο της υπερήχησης ζυγίστηκαν 10 γραμμάρια φυτικής ουσίας πράσινου τσαγιού, 10 γραμμάρια δείγματος μανιταριού, 5 γραμμάρια goji berry και 20 γραμμάρια ξύσματος εσπεριδοειδών (10 γραμμάρια πορτοκάλι και 10 γραμμάρια λεμόνι). Τα δείγματα τοποθετήθηκαν ξεχωριστά σε ποτήρια ζέσεως beaker με 200 mL νερό και υποβλήθηκαν σε λουτρό υπερήχων. Η εκχύλιση αποτελούνταν από 6 κύκλους επαναλήψεων με διάρκεια κύκλου υπερήχων 50 δεύτερα και 30 δεύτερα διαλείμματος μεταξύ των κύκλων σε σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στη συνέχεια, τα εκχυλίσματα τοποθετήθηκαν σε ογκομετρικές φιάλες των 200mL, με τη βοήθεια διηθητικών χαρτιών και χωνιού Buchner, και αναμείχθηκαν με διαφορετικές αναλογίες για την εκτίμηση της οργανοληπτικής τους αποδοχής αλλά και των χαρακτηριστικών τους.



Εικόνα 18: Διαδικασία υπερήχησης

9.5 Εκχύλιση με θερμική επεξεργασία

Το πρωτόκολλο που ακολουθήθηκε για την υδατική εκχύλιση με θερμική επεξεργασία διαφέρει ανάλογα με το φυτικό υλικό. Αρχικά, για το πράσινο τσάι πραγματοποιήθηκαν δύο πρωτόκολλα εκχύλισης, κατά το πρώτο τοποθετήθηκαν 10 γραμμάρια φυτικού υλικού πράσινου τσαγιού σε 200mL νερό, ενώ στο δεύτερο πρωτόκολλο τοποθετήθηκαν μαζί με τα 10 γραμμάρια πράσινου τσαγιού και 20 γραμμάρια ξύσμα εσπεριδοειδών (10 γραμμάρια λεμονιού και 10 γραμμάρια πορτοκαλιού) σε 200mL νερό στους 75°C για 45 λεπτά. Για το goji berry χρησιμοποιήθηκαν 5 γραμμάρια σε 100 ml νερό στους 65°C για 30 λεπτά. Τέλος, για το μανιτάρι τοποθετήθηκαν 5 γραμμάρια σε 200 ml νερό στους 70°C για 5 λεπτά. Τα δείγματα

τοποθετήθηκαν σε ποτήρια ζέσεως επάνω σε θερμαντικές πλάκες. Κατά το πέρας των εκχυλίσεων έγινε η παραλαβή των εκχυλισμάτων με διηθητικά χαρτιά, η τοποθέτηση τους σε ογκομετρικές φιάλες των 200mL και η ανάμειξη τους με διαφορετικές συγκεντρώσεις ώστε να εκτιμηθεί η οργανοληπτική τους αποδοχή και να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις των αντιοξειδωτικών, των ολικών φαινολικών, του pH και του χρώματος.



Εικόνα 19: Διαδικασία θερμικής εκχύλισης

9.6 Παραγωγή Δειγμάτων

Τα δείγματα που προετοιμάστηκαν/παρασκευάστηκαν από την ανάμειξη των εκχυλισμάτων ήταν τέσσερα.

ΔΕΙΓΜΑ 1: Τα εκχυλίσματα του πράσινου τσαγιού, του *Cordyceps militaris* και του goji berry προήλθαν από υδατική εκχύλιση με θερμική επεξεργασία. Κατά την εκχύλιση του πράσινου

τσαγιού τοποθετήθηκαν και φλούδες εσπεριδοειδών στο ίδιο δοχείο. Η αναλογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν 1:1:0,5.



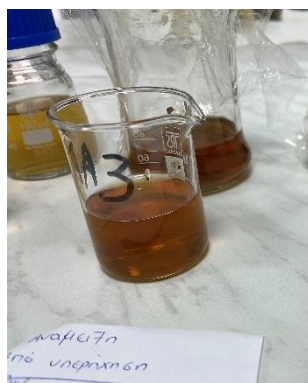
Εικόνα 20: Δείγμα 1

ΔΕΙΓΜΑ 2: Τα εκχυλίσματα του πράσινου τσαγιού, του *Cordyceps militaris* και του goji berry προήλθαν από υδατική εκχύλιση με θερμική επεξεργασία και κατά την εκχύλιση του πράσινου τσαγιού τοποθετήθηκαν φλούδες εσπεριδοειδών. Η αναλογία ανάμιξης που χρησιμοποιήθηκε ήταν 1:1:1.



Εικόνα 21: Δείγμα 2

ΔΕΙΓΜΑ 3: Τα εκχυλίσματα του πράσινου τσαγιού, του *Cordyceps militaris* και του goji berry προήλθαν από υδατική εκχύλιση με υπερήχηση. Η αναλογία που χρησιμοποιήθηκε για το δείγμα ήταν 1:1:1.



Εικόνα 22: Δείγμα 3

ΔΕΙΓΜΑ 4: Τα εκχυλίσματα προέρχονται από υδατική εκχύλιση με θερμική επεξεργασία, κατά την εκχύλιση του πράσινου τσαγιού τοποθετήθηκαν φλούδες εσπεριδοειδών. Η αναλογία ανάμιξης πράσινου τσαγιού, goji berry και *Cordyceps militaris* ήταν 1:1:0,5.



Εικόνα 23: Δείγμα 4

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν οργανοληπτικοί έλεγχοι από τα μέλη του εργαστηρίου στα τέσσερα ροφήματα που αναπτύχθηκαν με βάση διαφορετικές αναλογίες των εκχυλισμάτων. Από τον οργανοληπτικό έλεγχο αυτό, επιλέχθηκε το Δείγμα 4 για περαιτέρω μελέτη με αναλογία 1:1:0,5,

- 1 πράσινο τσάι, 1 goji berry, 0,5 *Cordyceps militaris*

Στο δείγμα αυτό αποφασίστηκε η προσθήκη μαλτοδεξτρίνης σε ποσότητα 2 gr για την βελτίωση του “σώματος” του ροφήματος, δηλαδή της υφής και 0,1 gr στέβια, για την βελτίωση της γεύσης. Για την ομογενοποίηση του τελικού ροφήματος, αφού προστέθηκαν η μαλτοδεξτρίνη και η στέβια έγινε ανάδευση του μείγματος στους 40°C στις 1500 στροφές για πέντε λεπτά.



Εικόνα 24: Τελικό ρόφημα

9.7 Προσδιορισμός pH

Η μέτρηση του pH έγινε με ψηφιακό πεχάμετρο, EUTECH pH 5+. Τα ηλεκτρόδια του πεχάμετρου προσδιορίζουν την ενεργότητα των ιόντων υδρογόνου στο μείγμα. Για την ρύθμιση του πεχάμετρου χρησιμοποιήθηκαν δύο ρυθμιστικά διαλύματα, ένα με $\text{pH}=7$ και το άλλο με $\text{pH}=7,3$. Αρχικά, έγινε η μέτρηση τεσσάρων διαφορετικών μειγμάτων και αφού έγινε η επιλογή του τελικού μείγματος πραγματοποιήθηκαν 5 διαφορετικές μετρήσεις εξαρτώμενες από το χρόνο την 1^η, την 3^η, την 5^η, την 7^η και την 9^η ημέρα από την ημέρα παρασκευής. Κατά τη μέτρηση του pH χρησιμοποιήθηκε απιονισμένο νερό για τον καθαρισμό των ηλεκτροδίων μεταξύ των μετρήσεων. Όταν η τιμή του pH είναι μεγαλύτερη του 7 το διάλυμα θεωρείται αλκαλικό, ενώ όταν είναι μικρότερη θεωρείται όξινο.



Εικόνα 25: Μέτρηση pH

9.8 Χαρακτηρισμός χρώματος

Επιπροσθέτως, έγινε μέτρηση του χρώματος με το χρωματόμετρο Konica Minolta CR-300. Με αυτόν τον τρόπο προσδιορίστηκε το χρώμα του ροφήματος με βάση το φάσμα του φωτός. Η χρωματομετρία χρησιμοποιεί το χρωματικό μοντέλο CIEL a^*b^* για τον ποσοτικό προσδιορισμό του χρώματος στην αξιολόγηση των τροφίμων. Το χρωματικό αυτό μοντέλο προσομοιάζει την ανθρώπινη αντίληψη των χρωματικών διαφορών και αποτελεί έναν ομοιόμορφο οπτικά χρωματικό χώρο. Το κάθε χρώμα περιγράφεται με βάση τρεις παράγοντες και παρουσιάζεται σε τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων. Ο παράγοντας L αφορά την φωτεινότητα και παίρνει τιμές από το (0) που είναι το μαύρο έως (100) για το λευκό. Ο παράγοντας a αναφέρεται σε αποχρώσεις του πράσινου για αρνητικές τιμές (-) και του κόκκινου για θετικές τιμές (+). Ο τελευταίος παράγοντας b αφορά αποχρώσεις του μπλε για αρνητικές τιμές (-) και του κίτρινου για θετικές τιμές (+) (Yam & Papadakis, 2004).

Για τη βαθμονόμηση του οργάνου πριν τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε η πρότυπη πλάκα CR-A43 (Minolta, 1995).



Εικόνα 26: Μέτρηση με Χρωματόμετρο

9.9 Προσδιορισμός αντιοξειδωτικών- μέθοδος DPPH

Για την εκτίμηση των αντιοξειδωτικών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος DPPH και στα 4 ροφήματα, ενώ στο τελικό ρόφημα έγιναν χρονοεξαρτώμενες μετρήσεις την 1^η, την 3^η, την 5^η, την 7^η και την 9^η ημέρα έπειτα από την ημέρα παρασκευής. Για την πραγματοποίηση της μεθόδου παρασκευάστηκε το διάλυμα της DPPH⁺, δηλαδή έγινε ανάμειξη του αντιδραστηρίου DPPH σε μορφή σκόνης με μεθανόλη (3,9 ml, 25 mg L⁻¹), το διάλυμα καλύφθηκε με αλουμινόχαρτο διότι είναι φωτοευαίσθητο. Στη συνέχεια, έγινε ανάμειξη με 0,1 ml του δείγματος, μετά την ανάμειξη τα δείγματα παρέμειναν για 30 λεπτά στο σκοτάδι, όπου πραγματοποιήθηκε η αντίδραση και παρατηρήθηκε η αλλαγή χρώματος του διαλύματος από μωβ σε κίτρινο, έπειτα έγινε η μέτρηση της απορρόφησης με τη χρήση φασματοφωτόμετρου στα 517nm. Μετά την παραλαβή των μετρήσεων της απορρόφησης έγινε η επεξεργασία των δεδομένων, παρασκευάζοντας πρότυπη καμπύλη αναφοράς. Για την μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο χρησιμοποιήθηκε ένα “τυφλό” διάλυμα, 1 ml μεθανόλης. Η % αναστολή της DPPH υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση:

$$\text{Αναστολή DPPH}\% = (A_{\text{DPPH}} - A_{\text{Sample}} / A_{\text{DPPH}}) \times 100$$

A_{DPPH} : η απορρόφηση του τυφλού δείγματος (περιέχει όλα τα αντιδραστήρια εκτός από το δείγμα)

A_{sample} : η απορρόφηση του δείγματος



ΕΙΚΟΝΑ 27: Αντιδραστήριο DPPH

9.10 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών- μέθοδος Folin Ciocalteu

Η μέθοδος βασίζεται στην χρήση του αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu σε ένα beaker τοποθετήθηκαν 1 ml δείγματος, 1 ml μεθανόλης και 1 ml αντιδραστηρίου Folin Ciocalteu, έπειτα από 3 λεπτά προστέθηκαν και 2 ml ανθρακικού νατρίου. Το μείγμα τοποθετήθηκε για 1 ώρα σε σκοτεινό θάλαμο και στη συνέχεια έγινε μέτρηση με τη χρήση φασματοφωτόμετρου JASCO V-630 στα 725nm. Η μέθοδος αυτή πραγματοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολικών και στα 4 ροφήματα, ενώ στο τελικό έγιναν 5 μετρήσεις εξαρτώμενες από το χρόνο, την 1^η, την 3^η, την 5^η, την 7^η και την 9^η ημέρα. Μετά την παραλαβή των μετρήσεων από το φασματοφωτόμετρο έγινε η δημιουργία της καμπύλης αναφοράς με συγκεκριμένες γνωστές συγκεντρώσεις γαλλικού οξέος και έπειτα τα αποτελέσματα των δειγμάτων εκφράστηκαν με βάση την καμπύλη αναφοράς. Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκαν πέντε πρότυπα διαλύματα γαλλικού οξέος με συγκεντρώσεις 1.0-10 mg/l παρασκευασμένα σε φιάλες των 25 ml, στις φιάλες προστέθηκε 1 ml από το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu σε κάθε φιάλη. Μετά από 3 λεπτά προστέθηκαν 2 ml από το υδατικό διάλυμα Na_2CO_3 (25% w/v). Έπειτα, προστέθηκε νερό στις φιάλες έως την χαραγή και τοποθετήθηκαν σε σκοτεινό θάλαμο για μία ώρα. Ως “τυφλό” δείγμα χρησιμοποιήθηκαν όλα τα αντιδραστήρια εκτός του γαλλικού οξέος.

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης χρησιμοποιήθηκε η καμπύλη βαθμονόμησης ($y=0,0911x + 0,0532$ και $R^2=0,9856$). Η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών στο ρόφημα αναφέρθηκε ως χιλιοστόγραμμα ισοδύναμων γαλλικού οξέος (gallic acid equivalent, GAE) ανά ml.



Εικόνα 28: Διάλυμα Folin Ciocalteu

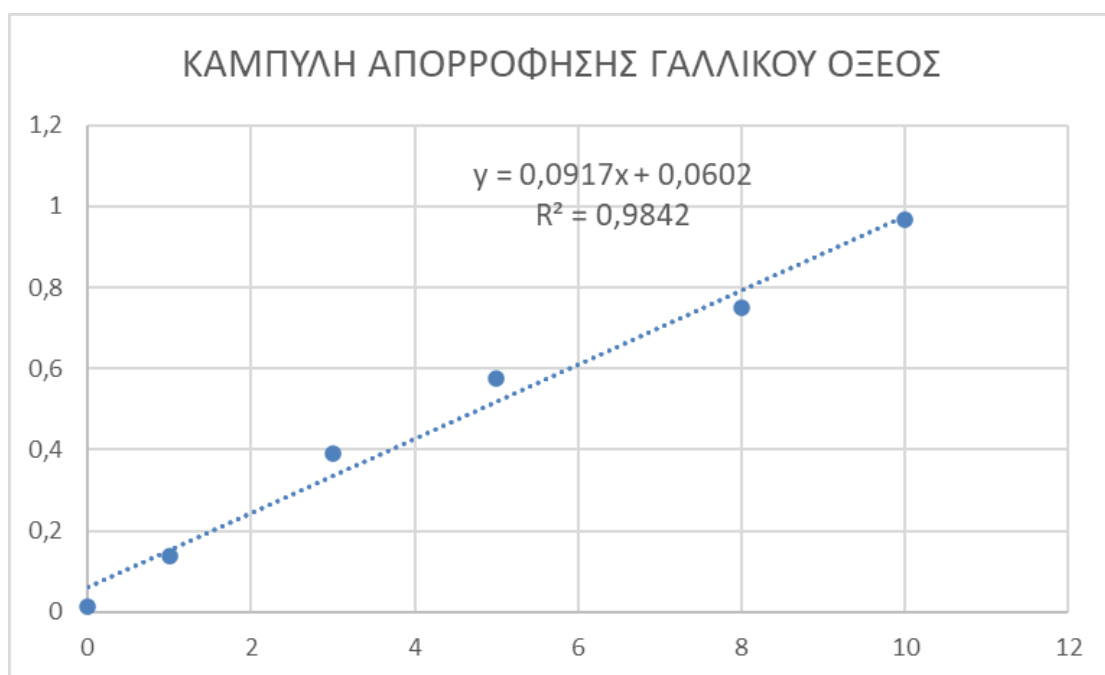
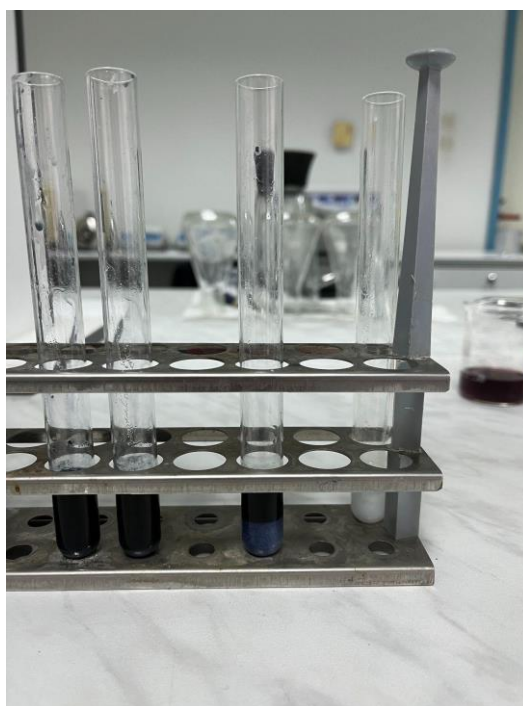


Figure 6 Πρότυπη καμπύλη γαλλικού οξέος $y=ax+b$



Εικόνα 28: Αντίδραση οξείδωσης με το αντιδραστήριο Folin Ciocalteu

9.11 Οργανοληπτικός έλεγχος

Για την επιλογή του τελικού ροφήματος καθοριστικό λόγο εκτός από τα βιολογικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων είχε η οργανοληπτική αποδοχή. Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν οργανοληπτικές δοκιμές από τα μέλη του εργαστηρίου στα 4 ροφήματα που αναπτύχθηκαν με τις ίδιες πρώτες ύλες αλλά με διαφορετικό τρόπο εκχύλισης ή διαφορετικές αναλογίες μεταξύ των συστατικών τους. Τα δείγματα που μελετήθηκαν ήταν: ρόφημα 1 Μετά την πρώτη οργανοληπτική αξιολόγηση επιλέχθηκε το τελικό ρόφημα για περαιτέρω διερεύνηση. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο και διαμοιράστηκε σε μέλη της πανεπιστημιακής κοινότητας μαζί με μια μικρή ποσότητα δείγματος για την αξιολόγηση της οργανοληπτικής αποδοχής.

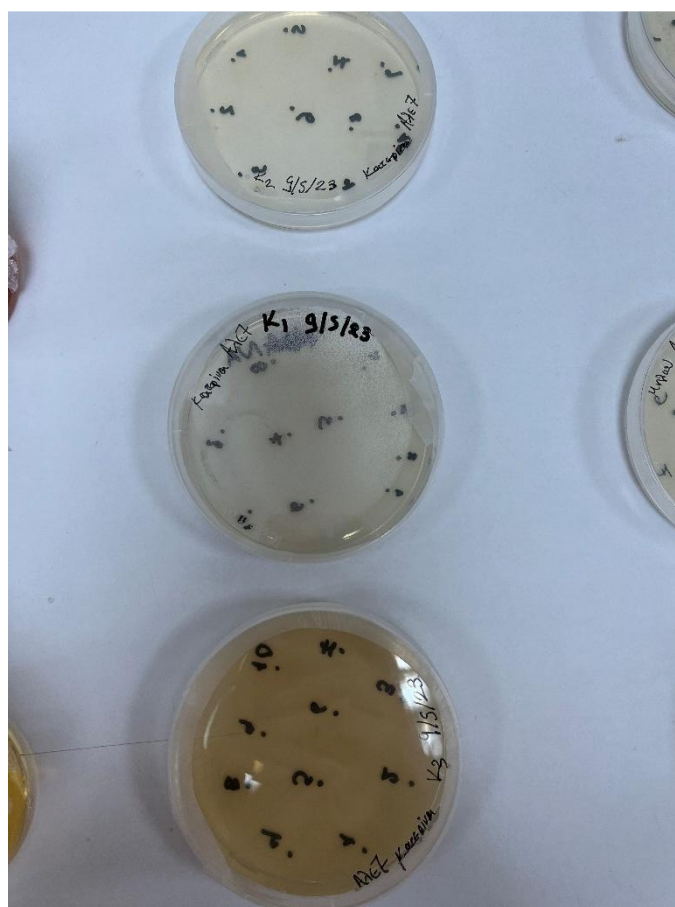


Εικόνα 29: Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν για τον οργανοληπτικό έλεγχο στο εργαστήριο

Οι ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την οργανοληπτική αξιολόγηση αφορούσαν τη γεύση, την επίγευση, το άρωμα, την ομοιογένεια, την υφή, την οξύτητα, την γλυκύτητα και τη συνολική αποδοχή.

9.12 Έλεγχος μικροβιολογικού φορτίου

Για τον έλεγχο της ασφάλειας του ροφήματος πραγματοποιήθηκε εκτίμηση συνολικού μικροβιακού φορτίου, με την παρασκευή στερεού θρεπτικού διαλύματος. Παρασκευάστηκαν 6 τρυβλία θρεπτικών υποστρωμάτων, 5 εκ των οποίων με χρήση σκόνης nutrient agar NA, Nahrargar APHA ISO και ένα με χρήση σκόνης LB για την ανάπτυξη βακτηρίων, Neogen Potato Dextrose Agar. Εκτός από το τελικό ρόφημα εξετάστηκαν για την παρουσία μικροβιακού φορτίου και το εκχύλισμα του πράσινου τσαγιού με τις φλούδες εσπεριδοειδών, το εκχύλισμα του *Cordyceps militaris*, το εκχύλισμα goji berry και το νερό που χρησιμοποιήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια παραγωγής του ροφήματος. Τα θρεπτικά υποστρώματα παρασκευάστηκαν με τη χρήση 500mL απιονισμένου νερού σύμφωνα με τις αναλογίες που αναγράφονται στην ετικέτα, έπειτα το διάλυμα τοποθετήθηκε στο αυτόκαυστο στους 121°C για 15 λεπτά σε 3 ατμόσφαιρες μέχρι να έρθει σε αέρια φάση και έπειτα σταθερή μείωση της θερμοκρασίας στους 60 °C για επαναφορά υγρής φάσης. Σε κάθε τρυβλίο τοποθετήθηκαν 20 ml θρεπτικού υλικού, τα οποία στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στο θάλαμο με ασηπτικές συνθήκες για τη δημιουργία του υποστρώματος. Για τον προσδιορισμό ύπαρξης μικροβιακού φορτίου στα δείγματα τοποθετήθηκαν σε συγκεκριμένες θέσεις εντός των τρυβλίων σταγόνες από τα δείγματα και στη συνέχεια έγινε μεταφορά των τρυβλίων στον θάλαμο νηματικής ροής για την μελέτη ανάπτυξης μικροοργανισμών σε διάστημα 48 ωρών.



Εικόνα 30: Μικροβιολογικός Έλεγχος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. Αποτελέσματα

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκε η ανάπτυξη ενός βιολειτουργικού ροφήματος με την χρήση φυτικών εκχυλισμάτων. Ειδικότερα, έγινε προσδιορισμός των ολικών φαινολικών, της αντιοξειδωτικής ικανότητας, του pH και του χρώματος. Τέλος, έγινε οργανοληπτική αξιολόγηση για την μέτρηση της οργανοληπτικής αποδοχής του τελικού ροφήματος.

10.1 Προσδιορισμός Ολικών Φαινολικών

Για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολικών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Folin-Ciocalteu. Η συνολική περιεκτικότητα των ολικών φαινολικών κυμαίνεται από 3,68-4,68 mg GAE/10 ml. Την μεγαλύτερη συγκέντρωση εμφανίζει το δείγμα της υπερήχησης, όμως απορρίφθηκε από τον οργανοληπτικό έλεγχο.

	ΡΟΦΗΜΑ 1	ΡΟΦΗΜΑ 2	ΡΟΦΗΜΑ 3	ΡΟΦΗΜΑ 4
Απορρόφηση	0,398	0,401	0,489	0,410
Συγκέντρωση (mg GAE/10 mL)	3,68	3,72	4,68	3,81

Το τελικό ρόφημα (4) έχει συγκέντρωση 3,81 mg GAE/10 ml.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις, χρονοεξαρτώμενες, σε χρόνους 1, 3, 5, 7, 9 ημερών.

ΤΕΛΙΚΟ ΡΟΦΗΜΑ (ΡΟΦΗΜΑ 4)

	MEPA 1	MEPA 3	MEPA 5	MEPA 7	MEPA 9
Συγκέντρωση 1 (mg GAE/10 mL)	3,81±0,06	3,67±0,08	3,78±0,05	3,51±0,19	3,67±0,18
Συγκέντρωση 2 (mg GAE/10 mL)	3,73±0,06	3,76±0,08	3,73±0,05	3,89±0,19	3,93±0,18
Συγκέντρωση 3 (mg GAE/10 mL)	3,69±0,06	3,61±0,08	3,67±0,05	3,75±0,19	3,59±0,18
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	3,75±0,06	3,68±0,08	3,73±0,05	3,72±0,19	3,73±0,18

Με βάση τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε μικρή μεταβολή μεταξύ των δειγμάτων. Ο μέσος όρος ήταν 3,73 mg GAE/10 ml, το πέρασμα του χρόνου δεν επηρέασε ιδιαίτερα την συγκέντρωση σε ολικά φαινολικά.

10.2 Προσδιορισμός αντιοξειδωτικής ικανότητας

Για τον προσδιορισμό της αντιοξειδωτικής ικανότητας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος DPPH, η οποία βασίζεται στην αντίδραση της ελεύθερης ρίζας DPPH με ενώσεις του μείγματος που περιέχουν αντιοξειδωτικές ικανότητες.

	ΡΟΦΗΜΑ 1	ΡΟΦΗΜΑ 2	ΡΟΦΗΜΑ 3	ΡΟΦΗΜΑ 4
Απορρόφηση	0,101	0,112	0,052	0,099
%DPPH scavenging	73,28	70,37	86,24	73,81

Από τις μετρήσεις των δειγμάτων, η αντιοξειδωτική ικανότητα των δειγμάτων κυμαίνεται από 70,37-86,24. Την μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα παρουσίασε το δείγμα που προήλθε από την υπερήχηση. Ωστόσο, το δείγμα αυτό απορρίφθηκε από τον οργανοληπτικό έλεγχο λόγω της δυσάρεστης γεύσης του.

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις χρονοεξαρτώμενες, την 1η, την 3η, την 5η, την 7η και την 9η ημέρα.

ΤΕΛΙΚΟ ΡΟΦΗΜΑ (ΡΟΦΗΜΑ 4)					
	ΜΕΡΑ 1	ΜΕΡΑ 3	ΜΕΡΑ 5	ΜΕΡΑ 7	ΜΕΡΑ 9
Απορρόφηση 1	0,099	0,121	0,249	0,260	0,311
Απορρόφηση 2	0,095	0,123	0,239	0,267	0,306
Απορρόφηση 3	0,104	0,131	0,241	0,270	0,318

ΤΕΛΙΚΟ ΡΟΦΗΜΑ (ΡΟΦΗΜΑ 4)

	ΜΕΡΑ 1	ΜΕΡΑ 3	ΜΕΡΑ 5	ΜΕΡΑ 7	ΜΕΡΑ 9
%DPPH scavenging 1	73,81±1,19	67,99±1,40	34,13±1,40	31,22±1,36	17,72±1,59
%DPPH scavenging 2	74,87±1,19	67,46±1,40	36,77±1,40	29,37±1,36	19,05±1,59
%DPPH scavenging 3	72,49±1,19	65,34±1,40	36,24±1,40	28,57±1,36	15,87±1,59
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	73,72±1,19	66,93±1,40	35,71±1,40	29,72±1,36	17,55±1,59

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ιδιαίτερη μείωση της αντιοξειδωτικής ικανότητας μετά την 3η ημέρα.

10.3 Μέτρηση pH

Η μέτρηση του pH πραγματοποιήθηκε με τη χρήση πεχάμετρου.

	ΡΟΦΗΜΑ 1	ΡΟΦΗΜΑ 2	ΡΟΦΗΜΑ 3	ΡΟΦΗΜΑ 4
pH	5,62	5,81	5,71	5,82

Τα τέσσερα ροφήματα που αναπτύχθηκαν παρουσίασαν όξινο pH με τιμές που κυμαίνονταν από 5,62-5,82. Οι διαφορές που παρουσίασαν τα δείγματα ήταν πολύ μικρές. Την υψηλότερη τιμή την παρουσίασε το ρόφημα 4 δηλαδή το ρόφημα που επιλέχθηκε από τον οργανοληπτικό έλεγχο.

Στη συνέχεια, έγιναν χρονοεξαρτώμενες μετρήσεις pH, την 1η, την 3η, την 5η, την 7η και την 9η ημέρα.

ΤΕΛΙΚΟ ΡΟΦΗΜΑ (ΡΟΦΗΜΑ 4)

	ΜΕΡΑ 1	ΜΕΡΑ 3	ΜΕΡΑ 5	ΜΕΡΑ 7	ΜΕΡΑ 9
pH 1	5,82±0,07	5,78±0,03	5,87±0,07	5,89±0,20	5,81±0,10
pH 2	5,74±0,07	5,83±0,03	5,78±0,07	5,61±0,20	5,90±0,10
pH 3	5,87±0,07	5,79±0,03	5,91±0,07	5,99±0,20	5,71±0,10
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	5,81±0,07	5,80±0,03	5,85±0,07	5,83±0,20	5,81±0,10

Τα αποτελέσματα έδειξαν μικρή μεταβολή κατά το πέρασμα των ημερών. Ο μέσος ορός ήταν 5,83.

10.4 Μέτρηση Χρώματος

Η μέτρηση του χρώματος έγινε με το χρωματόμετρο Minolta CR-300 και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν με βάση 3 παράγοντες, L*, a* και b*.

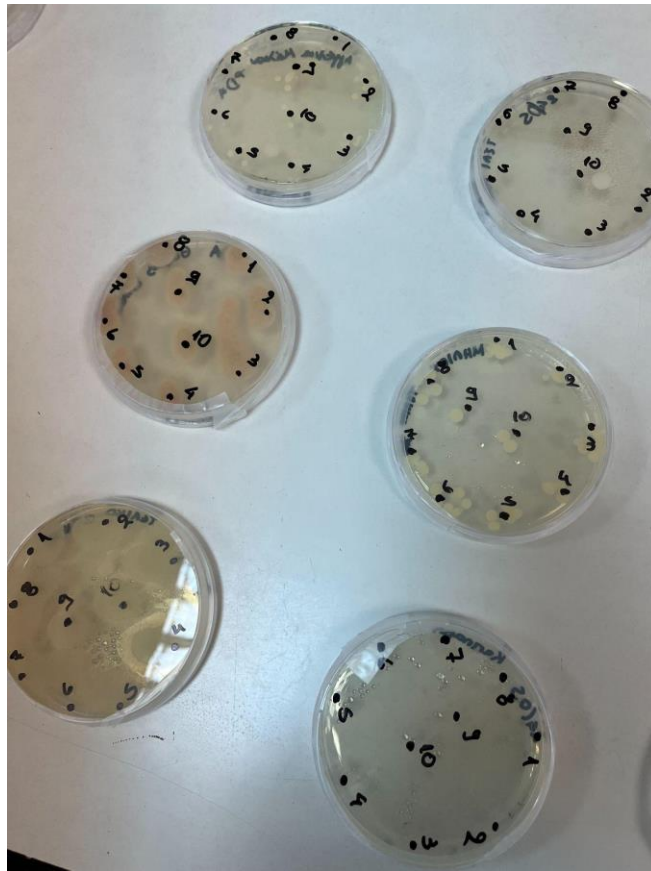
ΔΕΙΓΜΑ	L*	a*	b*
1	17.11	1.32	14.10
2	28.32	1.20	15.57
3	25.47	2.03	15.21
4	16.53	1.36	14.43

Η μέτρηση του χρώματος και στα 4 ροφήματα δεν εμφάνισε μεγάλες διαφορές. Η μεγαλύτερη διαφορά εμφανίζεται στην φωτεινότητα των χρωμάτων. Τα δείγματα εμφάνιζαν κόκκινους υποτόνους, το οποίο οφείλεται στο εκχύλισμα goji berry.

10.5 Αντιμικροβιακός έλεγχος

Τα αποτελέσματα του μικροβιακού ελέγχου έδειξαν την παρουσία μικροβιακού φορτίου. Αυτό οφείλεται στην χρήση του νερού βρύσης που χρησιμοποιήθηκε κατά την παραγωγή του ροφήματος. Τα εκχυλίσματα που τοποθετήθηκαν στα τρυβλία εμφάνισαν διαφορετική ανάπτυξη βακτηρίων, παρά την χρήση του ίδιου νερού βρύσης. Το γεγονός αυτό φαίνεται να οφείλεται στις διαφορετικές συνθήκες παραγωγής των εκχυλισμάτων. Ειδικότερα, το πράσινο τσάι που υπέστη βρασμό σε υψηλότερη θερμοκρασία και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα

εμφάνισε μικρότερη ανάπτυξη μικροοργανισμών σε σχέση με το μανιτάρι *Cordyceps militaris* και το goji berry. Η παρουσία μικροβιακού φορτίου στο νερό βρύσης αλλοίωσε τα αποτελέσματα, για το λόγο αυτό προτείνεται η χρήση απιονισμένου νερού.



Εικόνα 31: Τρυβλία αποικιών μετά από επώαση



Εικόνα 32: Τελικό ρόφημα



Εικόνα 33: Νερό Βρύσης

10.6 Οργανοληπτικός Έλεγχος

Για την ανάπτυξη του τελικού ροφήματος πραγματοποιήθηκαν δύο οργανοληπτικοί έλεγχοι. Ο πρώτος έλεγχος έγινε από τα μέλη του εργαστηρίου, συγκρίνοντας διαφορετικές αναλογίες των εκχυλισμάτων και την μέθοδο εκχύλισης. Από τον έλεγχο αυτό προέκυψε το τελικό ρόφημα που μελετήθηκε, το οποίο θεωρήθηκε το περισσότερο οργανοληπτικά αποδεκτό. Ο δεύτερος οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε από ένα τυχαίο πλήθος ατόμων διαφορετικών ηλικιακών ομάδων, στο οποίο διαμοιράστηκαν ερωτηματολόγια για την οργανοληπτική

αξιολόγηση του τελικού ροφήματος. Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν η γεύση, η επίγευση, το χρώμα, η μυρωδιά και η υφή, παρακάτω αναφέρονται τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου.

Κατά την προετοιμασία των δειγμάτων σημειώθηκαν οι παρακάτω παρατηρήσεις από τα μέλη του εργαστηρίου.

ΔΕΙΓΜΑ 1: Πολύ ελαφριά γεύση, σαν νερό. Δεν αφήνει κάποια ιδιαίτερη επίγευση.

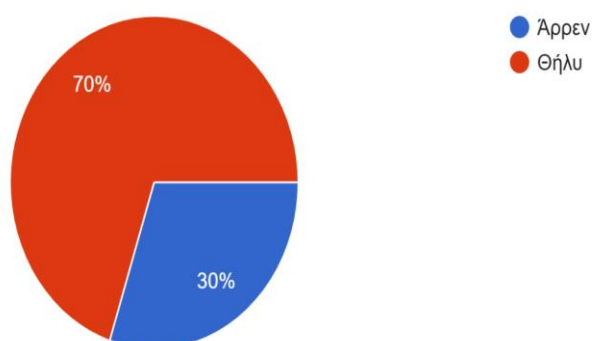
ΔΕΙΓΜΑ 2: Ελαφριά γεύση, πιο έντονη επίγευση του μανιταριού.

ΔΕΙΓΜΑ 3: Πολύ έντονη η γεύση του μανιταριού, με δυσάρεστη επίγευση.

ΔΕΙΓΜΑ 4: Ευχάριστη γεύση, επίγευση τσαγιού και goji berry, φρουτώδες άρωμα.

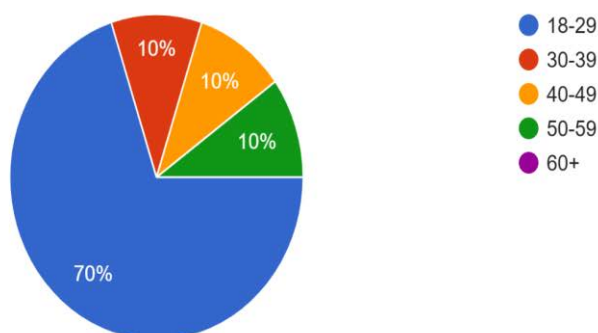
2. ΦΥΛΟ

10 απαντήσεις

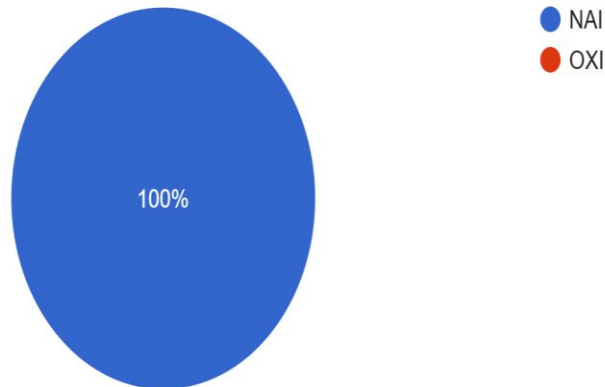


3. ΗΛΙΚΙΑ

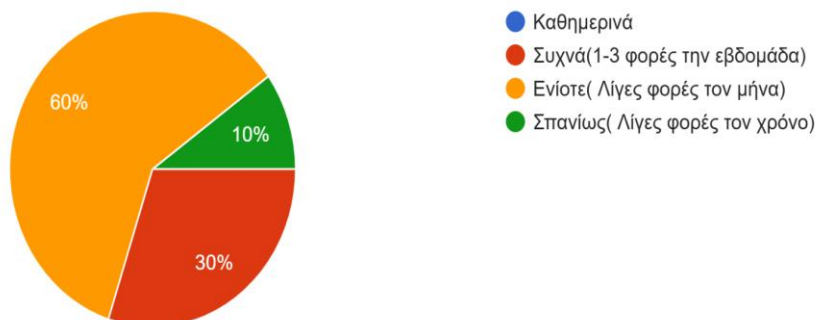
10 απαντήσεις



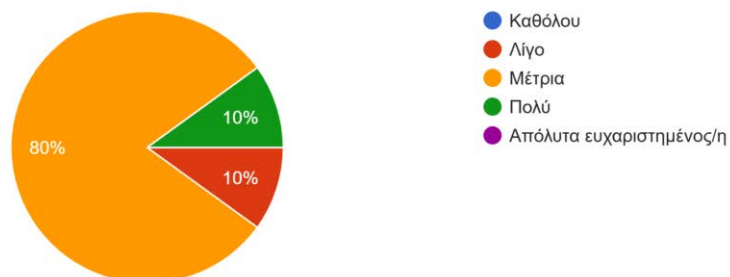
4. Καταναλώνεται ροφήματα αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών(πράσινο τσάι κ.α.);
10 απαντήσεις



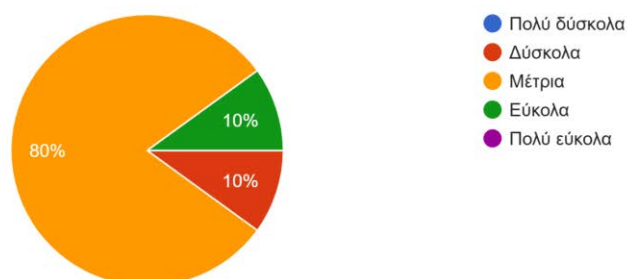
5. Αν ναι πόσο συχνά καταναλώνετε ροφήματα φαρμακευτικών/αρωματικών φυτών;
10 απαντήσεις



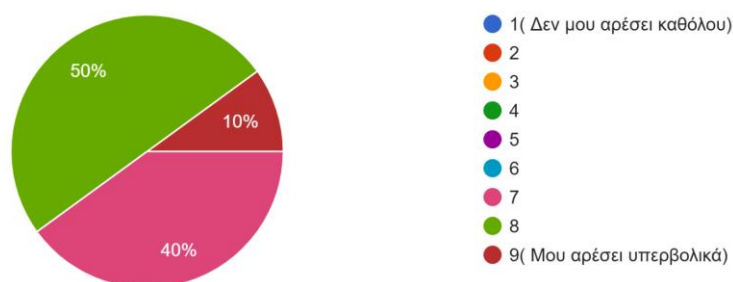
6. Πόσο ικανοποιημένος/η είστε με τα ροφήματα φαρμακευτικών/αρωματικών φυτών που υπάρχουν στο εμπόριο;
10 απαντήσεις



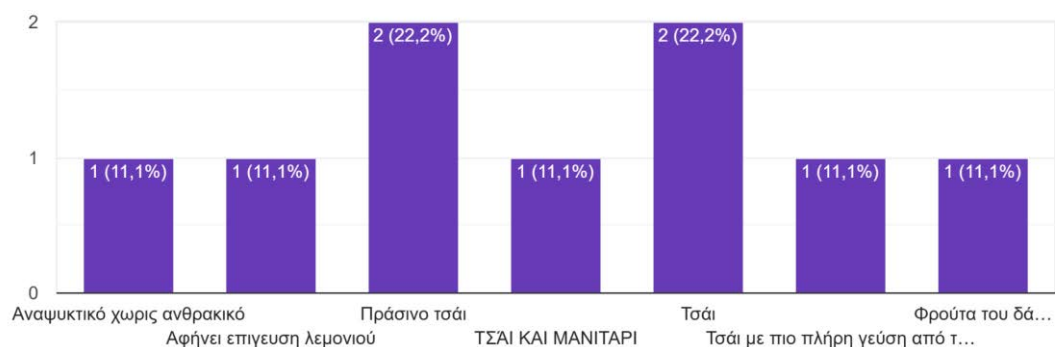
7.Πόσο εύκολα βρίσκετε ροφήματα με αρωματικά/φαρμακευτικά φυτά με τα χαρακτηριστικά που επιθυμείτε;
10 απαντήσεις



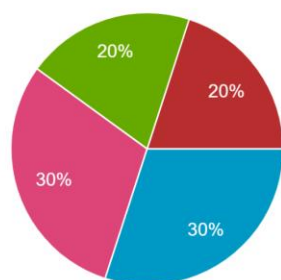
8.Γεύση:
10 απαντήσεις



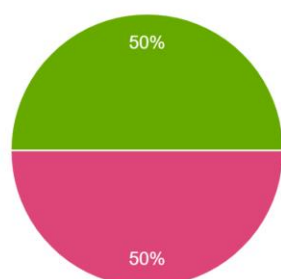
9.Τι σας θυμίζει η γεύση του ροφήματος;
9 απαντήσεις



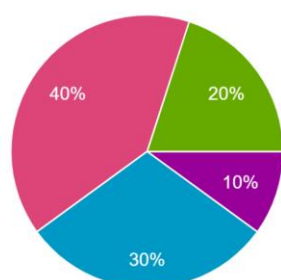
10.Επίγευση:
10 απαντήσεις



11.Χρώμα:
10 απαντήσεις

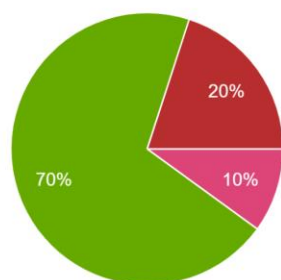


12.Άρωμα:
10 απαντήσεις



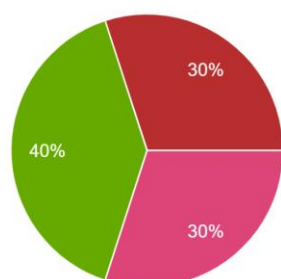
13.Ομοιογένεια/Διαλυτότητα:

10 απαντήσεις



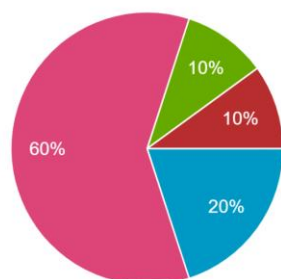
14.Σώμα/ Υφή (Mouthfeel)

10 απαντήσεις



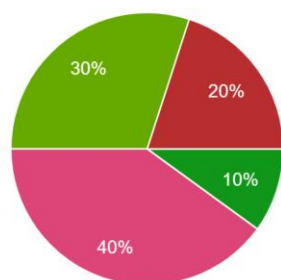
15.Οξύτητα:

10 απαντήσεις



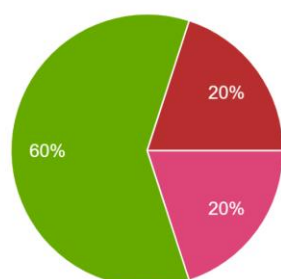
16.Γλυκύτητα:

10 απαντήσεις



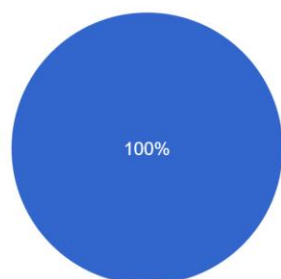
17.Συνολική αποδοχή:

10 απαντήσεις



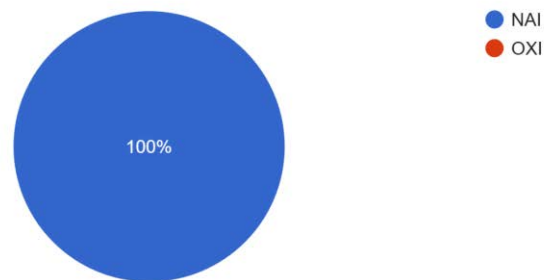
18.Θα αγοράζατε το συγκεκριμένο ρόφημα;

10 απαντήσεις



19.Θα προτιμούσατε το συγκεκριμένο ρόφημα από άλλα ροφήματα αρωματικών/φαρμακευτικών φυτών του εμπορίου;

10 απαντήσεις



Τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου ήταν ενθαρρυντικά. Το ρόφημα που αναπτύχθηκε έφερε 100% αποδοχή από το κοινό. Τα βασικά χαρακτηριστικά όπως η γεύση και η επίγευση άφησαν τους δοκιμαστές ικανοποιημένους, με το 100 % των δοκιμαστών να δηλώνουν ότι θα αγόραζαν το συγκεκριμένο ρόφημα ξανά και ειδικότερα, θα προτιμούσαν το συγκεκριμένο ρόφημα από άλλα ροφήματα αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών που κυκλοφορούν στο εμπόριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης ανέδειξαν ότι το αφέψημα με εκχύλισμα *C. militaris* παρουσιάζει σημαντική αντιοξειδωτική δράση, συγκρίσιμη με εκείνη που έχει αναφερθεί σε προηγούμενες έρευνες για πολυσακχαρικά εκχυλίσματα του μανιταριού. Η δράση αυτή πιθανώς οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις και στην παρουσία της κορδισεπίνης, ουσίας με τεκμηριωμένη βιοδραστικότητα σύμφωνα με τη βιβλιογραφία. Όσον αφορά στην αντιμικροβιακή δραστηριότητα, παρατηρήθηκε αναστολή ανάπτυξης Gram-θετικών βακτηρίων, γεγονός που συμφωνεί με τη βιβλιογραφία, σύμφωνα με την οποία οι βιοενεργές ενώσεις του *C. militaris* επηρεάζουν κυρίως τη δομή του κυτταρικού τοιχώματος. Ωστόσο, η δράση έναντι Gram-αρνητικών βακτηρίων ήταν περιορισμένη, πιθανόν λόγω της προστατευτικής εξωτερικής μεμβράνης τους. Τα ευρήματα αυτά καταδεικνύουν τη δυνατότητα αξιοποίησης του αφεψήματος ως βιολειτουργικό προϊόν, αν και απαιτούνται περαιτέρω μελέτες *in vivo* για την επιβεβαίωση της βιοδιαθεσιμότητας και της ασφάλειας.

Η ανάπτυξη βιολειτουργικών ροφημάτων αποτελεί ένα από τα πλέον δυναμικά πεδία της σύγχρονης έρευνας στα λειτουργικά τρόφιμα, καθώς οι καταναλωτές αναζητούν όλο και περισσότερο προϊόντα που συνδυάζουν ευχάριστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά με αποδεδειγμένα οφέλη για την υγεία. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ενσωμάτωση φυσικών εκχυλισμάτων πλούσιων σε βιοδραστικές ενώσεις, όπως φαινολικές ενώσεις, φλαβονοειδή, καροτενοειδή και πολυσακχαρίτες, τα οποία συμβάλλουν στην αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή άμυνα του οργανισμού.

Στην παρούσα μελέτη αναπτύχθηκε ένα καινοτόμο ρόφημα που περιείχε εκχύλισμα πράσινου τσαγιού, φλούδες πορτοκαλιού και λεμονιού, εκχύλισμα goji berry και εκχύλισμα του φαρμακευτικού μανιταριού *C. militaris*. Ο συνδυασμός αυτός είχε ως στόχο να συνδυάσει υψηλή περιεκτικότητα σε βιοδραστικές ενώσεις με ευχάριστο οργανοληπτικό προφίλ. Η μέτρηση των ολικών φαινολικών ενώσεων με τη μέθοδο Folin–Ciocalteu έδειξε τιμή 3,81 mg GAE/10 ml, ενώ η αντιοξειδωτική ικανότητα με τη μέθοδο DPPH ανήλθε στο 73,81%. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι το ρόφημα μπορεί να θεωρηθεί πλούσιο σε αντιοξειδωτικές ενώσεις, με σημαντικές πιθανές επιδράσεις στην πρόληψη βλαβών από οξειδωτικό στρες.

Τα δεδομένα τοποθετούνται σε ένα πλαίσιο όπου η βιβλιογραφία έχει αναδείξει τον *C. militaris* ως μανιτάρι με αξιοσημείωτη βιοδραστικότητα, το πράσινο τσάι ως μία από τις πλουσιότερες πηγές κατεχινών με τεκμηριωμένη αντιοξειδωτική και αντικαρκινική δράση, τα goji berries ως υπερτροφή με υψηλή περιεκτικότητα σε καροτενοειδή και πολυσακχαρίτες και τα εσπεριδοειδή ως σημαντικές πηγές φλαβονοειδών με αντιοξειδωτική και καρδιοπροστατευτική δράση.

Η ενσωμάτωση αυτών των συστατικών σε ένα ενιαίο προϊόν ενισχύει τη θεωρία ότι οι συνέργειες μεταξύ βιοδραστικών ενώσεων μπορούν να έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην αντιοξειδωτική ισχύ από ότι η κάθε πηγή ξεχωριστά.

Η μέτρηση των ολικών φαινολικών ενώσεων αποτελεί ένα σημαντικό δείκτη της αντιοξειδωτικής δυναμικής ενός προϊόντος, καθώς οι φαινολικές ενώσεις είναι γνωστές για την ικανότητά τους να δρουν ως δότες ηλεκτρονίων ή υδρογόνων, εξουδετερώνοντας τις ελεύθερες ρίζες και αποτρέποντας την έναρξη αλυσιδωτών αντιδράσεων λιπιδικής υπεροξείδωσης (Rice-Evans κ.ά., 1997). Η συγκέντρωση των 3,81 mg GAE/10 ml που καταγράφηκε στο παρόν

ρόφημα δείχνει ότι το προϊόν μπορεί να καταταχθεί στα «πλούσια σε φαινολικά» αφεψήματα, συγκρίσιμο με αντίστοιχα φυτικά εκχυλίσματα.

Η βιβλιογραφία δείχνει ότι τα εκχυλίσματα *C. militaris* περιέχουν ποικιλία φαινολικών, αν και οι πολυσακχαρίτες και η κορδισεπίνη θεωρούνται οι κυριότερες βιοδραστικές ουσίες (Miao et al., 2022). Τιμές ολικών φαινολικών που έχουν καταγραφεί για υδατικά εκχυλίσματα *C. militaris* κυμαίνονται συνήθως από 0,5–2 mg GAE/ml, ανάλογα με το πρωτόκολλο εκχύλισης (Li et al., 2006). Συνεπώς, η συμβολή του μανιταριού στο τελικό ρόφημα είναι σημαντική, αλλά μάλλον λειτουργεί ενισχυτικά σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα φυτικά εκχυλίσματα.

Το πράσινο τσάι είναι μια από τις πλουσιότερες πηγές κατεχινών (κυρίως EGCG), με συγκεντρώσεις φαινολικών που μπορούν να φτάσουν τα 24–90 mg GAE/100 ml ανάλογα με την ποικιλία και τις συνθήκες παρασκευής (Zuo et al., 2002). Σε σχέση με αυτά τα δεδομένα, η συμβολή του πράσινου τσαγιού στη συνολική φαινολική περιεκτικότητα του ροφήματος είναι πιθανότατα καθοριστική.

Τα goji berries έχουν αναφερθεί ότι περιέχουν σημαντικές ποσότητες φαινολικών και φλαβονοειδών, με τιμές που κυμαίνονται από 20–50 mg GAE/100 g ξηρής μάζας (Zhang et al., 2020). Σε υδατικά εκχυλίσματα, οι τιμές είναι χαμηλότερες, ωστόσο η παρουσία καρτενοειδών (λυκοπένιο, ζεαξανθίνη) και πολυσακχαριτών προσδίδει σημαντική βιοδραστικότητα που μπορεί να ενισχύσει τη συνολική αντιοξειδωτική δράση του ροφήματος.

Οι φλούδες πορτοκαλιού και λεμονιού αποτελούν πλούσιες πηγές φλαβονοειδών, με συγκεντρώσεις που σε εκχυλίσματα μεθανόλης ή αιθανόλης μπορεί να υπερβαίνουν τα 100 mg GAE/g ξηρής φλούδας (González-Molina et al., 2010). Αν και η εκχύλιση με νερό είναι λιγότερο αποδοτική, η παρουσία έστω και μικρών ποσοτήτων συμβάλλει ουσιαστικά στο συνολικό φαινολικό φορτίο, αλλά και στην οργανοληπτική ισορροπία.

Η τιμή 3,81 mg GAE/10 ml για το τελικό ρόφημα είναι χαμηλότερη από την περιεκτικότητα σε καθαρά αφεψήματα πράσινου τσαγιού, αλλά σημαντικά υψηλότερη από μονοσυστατικά εκχυλίσματα *Cordyceps*. Αυτό δείχνει ότι η προσθήκη εσπεριδοειδών και goji berries, σε συνδυασμό με το τσάι, λειτουργεί ενισχυτικά για το συνολικό φαινολικό προφίλ. Σημαντικό είναι επίσης ότι οι φαινολικές ενώσεις σε μίγματα μπορεί να εμφανίζουν συνέργεια, δηλαδή η αντιοξειδωτική ισχύς τους να υπερβαίνει το άθροισμα των επιμέρους δράσεων (Bouayed & Bohn, 2010).

Συνεπώς, μπορούμε να πούμε ότι το ρόφημα που μελετήθηκε όχι μόνο ενσωματώνει σημαντική ποσότητα φαινολικών ενώσεων, αλλά και επιτυγχάνει ένα λειτουργικό μίγμα συστατικών που αυξάνει την πιθανή βιοδραστικότητα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς η παρουσία πολλών πηγών αντιοξειδωτικών ενδέχεται να συμβάλει στη βελτίωση της βιοδιαθεσιμότητας, αφού διαφορετικές ενώσεις χρησιμοποιούν διαφορετικούς μηχανισμούς απορρόφησης και μεταβολισμού στον οργανισμό (Manach et al., 2004).

Η μέθοδος DPPH είναι μία από τις πλέον καθιερωμένες in vitro μεθόδους αξιολόγησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας φυτικών εκχυλισμάτων και τροφίμων. Βασίζεται στην ικανότητα των αντιοξειδωτικών ενώσεων να εξουδετερώνουν το σταθερό ριζικό DPPH•, οδηγώντας σε μείωση της απορρόφησης στο 517 nm (Brand-Williams et al., 1995). Το ποσοστό αναστολής 73,81% που καταγράφηκε στο παρόν ρόφημα δείχνει σημαντική αντιοξειδωτική δυναμική, η οποία συγκρίνεται ευνοϊκά με πληθώρα αντίστοιχων εκχυλισμάτων από βότανα, φρούτα και φαρμακευτικά μανιτάρια.

Η υψηλή τιμή που παρατηρήθηκε οφείλεται πιθανότατα στον συνδυασμό πολλών πηγών αντιοξειδωτικών, κατεχινών από το πράσινο τσάι, φλαβονοειδών από τα εσπεριδοειδή, καροτενοειδών και πολυσακχαριτών από τα goji berries, καθώς και κορδισεπίνης, πολυσακχαριτών και φαινολικών από το *C. militaris*. Αυτή η πολυπλοκότητα επιτρέπει ένα ευρύτερο φάσμα δράσης ενάντια στις ελεύθερες ρίζες.

Η αντιοξειδωτική δράση του *C. militaris* έχει αναφερθεί σε αρκετές μελέτες. Ο Li et al. (2006) βρήκαν ότι υδατικά εκχυλίσματα *Cordyceps* εμφάνιζαν αναστολή DPPH της τάξης 30–50%, χαμηλότερη σε σχέση με αιθανολικά εκχυλίσματα. Σε άλλη μελέτη, εκχυλίσματα πολυσακχαριτών από *C. militaris* εμφάνισαν αναστολή 60–70% ανάλογα με τη συγκέντρωση (Miao et al., 2022). Συγκριτικά, το 73,81% του παρόντος ροφήματος υποδηλώνει ότι η συνδυαστική παρουσία και άλλων συστατικών ενισχύει σημαντικά την αντιοξειδωτική ισχύ σε σχέση με μονοσυστατικά εκχυλίσματα μανιταριών.

Το πράσινο τσάι αποτελεί πρότυπο αναφοράς για την αντιοξειδωτική δράση. Αναλύσεις με DPPH έχουν δείξει ποσοστά αναστολής που κυμαίνονται από 60% έως και 95%, ανάλογα με τη συγκέντρωση εκχυλίσματος, την ποικιλία και τη θερμοκρασία εκχύλισης (Zuo et al., 2002)(Cabrera et al., 2006). Η τιμή του παρόντος ροφήματος (73,81%) βρίσκεται μέσα σε αυτό το εύρος, υποδεικνύοντας ότι η συμβολή του πράσινου τσαγιού είναι ουσιαστική. Ωστόσο, σε συνδυασμό με τα άλλα συστατικά, το τελικό προϊόν εμφανίζει ισχυρή αντιοξειδωτική δράση ακόμα και σε σχετικά ήπιες συνθήκες εκχύλισης.

Τα goji berries παρουσιάζουν αναστολή DPPH που κυμαίνεται από 40% έως 75%, ανάλογα με το εκχύλισμα (υδατικό ή αιθανολικό) και την προέλευση του δείγματος (Zhang et al., 2020). Ιδιαίτερα οι πολυσακχαρίτες του *Lycium barbarum* φαίνεται να συμβάλλουν σημαντικά, πέρα από τις φαινολικές ενώσεις. Συγκρινόμενο με αυτά τα δεδομένα, το 73,81% που μετρήθηκε στο τελικό ρόφημα βρίσκεται στο ανώτερο εύρος, γεγονός που δείχνει ότι η παρουσία goji berries συμβάλλει ουσιαστικά στη συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα.

Οι φλούδες εσπεριδοειδών είναι πλούσιες σε φλαβονοειδή με τεκμηριωμένη αντιοξειδωτική δράση. Σύμφωνα με τους González-Molina et al. (2010), τα εκχυλίσματα από φλούδες πορτοκαλιού μπορούν να φτάσουν ποσοστά αναστολής DPPH έως 80%, ενώ τα εκχυλίσματα λεμονιού κινούνται σε παρόμοια επίπεδα. Έτσι, η προσθήκη φλούδων στο παρόν ρόφημα ενισχύει πιθανότατα την αντιοξειδωτική του ισχύ και προσφέρει πολυπλοκότητα στο προφίλ δράσης.

Ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η συνέργεια μεταξύ διαφορετικών κατηγοριών αντιοξειδωτικών. Όπως έχει δείξει η μελέτη των Bouayed & Bohn (2010), οι συνδυασμοί πολυφαινόλων, καροτενοειδών και βιταμινών οδηγούν συχνά σε υπερπρόσθετη αντιοξειδωτική δράση, η οποία υπερβαίνει το άθροισμα των μεμονωμένων επιδράσεων. Αυτό πιθανότατα ισχύει και για το ρόφημα που μελετήθηκε, όπου ο συνδυασμός *C. militaris*, πράσινου τσαγιού, goji berries και εσπεριδοειδών ενισχύει την τελική δράση.

Εντάσσοντας το αποτέλεσμα στο πλαίσιο της βιβλιογραφίας, μπορούμε να πούμε ότι:

- Είναι υψηλότερο από τις περισσότερες αναφερόμενες τιμές για μονοσυστατικά εκχυλίσματα *C. militaris*.
- Βρίσκεται εντός του εύρους που έχει καταγραφεί για πράσινο τσάι και goji berries.

- Είναι συγκρίσιμο με τις τιμές φλούδων εσπεριδοειδών.
- Υποδεικνύει πιθανή συνέργεια που ενισχύει την τελική αντιοξειδωτική δυναμική.

Το εύρημα αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία διότι δείχνει ότι η ανάπτυξη σύνθετων βιολειτουργικών προϊόντων μπορεί να ξεπεράσει σε απόδοση τα μονοσυστατικά σκευάσματα, ενισχύοντας το επιχείρημα υπέρ των πολυσυστατικών λειτουργικών τροφίμων (Shahidi & Ambigaipalan, 2015).

Παρόλα αυτά, αν και η μέθοδος DPPH αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής δράσης, δεν πρέπει να αγνοούνται οι περιορισμοί της. Η *in vitro* δράση δεν αντικατοπτρίζει πλήρως τη βιοδιαθεσιμότητα και τη βιολογική δράση *in vivo* (Apak et al., 2016). Πολλές φαινολικές ενώσεις υφίστανται εκτεταμένο μεταβολισμό στο ήπαρ και στο έντερο, με αποτέλεσμα η πραγματική αντιοξειδωτική τους δράση στον οργανισμό να διαφέρει από αυτή που παρατηρείται σε χημικές δοκιμασίες. Για το λόγο αυτό, αν και η τιμή 73,81% είναι ενθαρρυντική, θα πρέπει να συμπληρωθεί με περαιτέρω δοκιμές.

Το *C. militaris* είναι γνωστό όχι μόνο για τις αντιοξειδωτικές, αλλά και για τις αντιμικροβιακές του ιδιότητες. Εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει ότι εκχυλίσματα από *C. militaris* παρουσιάζουν σημαντική ανασταλτική δράση έναντι Gram-θετικών και Gram-αρνητικών βακτηρίων, καθώς και ορισμένων μυκήτων (Zhu et al., 2019). Η παρουσία βιοδραστικών ενώσεων, όπως η κορδισεπίνη, φαίνεται να συμβάλλει σε αυτό, καθώς έχει αποδειχθεί ότι επιδρά σε μηχανισμούς αναστολής της σύνθεσης RNA σε μικροοργανισμούς (Das et al., 2010).

Σε μελέτη των Ng & Wang (2005), τα εκχυλίσματα *Cordyceps* έδειξαν σημαντική ανασταλτική δράση έναντι του *Staphylococcus aureus* και του *Escherichia coli*. Αυτές οι παρατηρήσεις υποστηρίζουν την ιδέα ότι η ενσωμάτωση *C. militaris* σε τρόφιμα μπορεί να ενισχύσει τη μικροβιακή σταθερότητα και να συμβάλει στη λειτουργικότητά τους.

Τα goji berries περιέχουν πολυσακχαρίτες, καροτενοειδή και φαινολικά, που παρουσιάζουν επίσης αντιμικροβιακή δράση. Σε μελέτη των Chang et al. (2018), εκχυλίσματα goji έδειξαν σημαντική ανασταλτική δράση έναντι παθογόνων όπως *Staphylococcus aureus* και *Candida albicans*. Αν και τα αποτελέσματα διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του εκχυλίσματος (αιθανολικό ή υδατικό), η παρουσία τους σε ένα σύνθετο ρόφημα ενισχύει την πιθανότητα συνεργιστικών αποτελεσμάτων.

Οι φλούδες πορτοκαλιού και λεμονιού είναι πλούσιες σε αιθέρια έλαια (κυρίως λιμονένιο) και φλαβονοειδή, που έχουν αντιμικροβιακή δράση. Σε έρευνα των Fisher & Phillips (2008), αιθέρια έλαια εσπεριδοειδών έδειξαν δράση έναντι *E. coli* O157:H7, *Salmonella enterica* και *Listeria monocytogenes*. Η δράση αυτή αποδίδεται στη διαταραχή της ακεραιότητας της μικροβιακής μεμβράνης και στη διαρροή κυτταρικών περιεχομένων.

Ο συνδυασμός αυτών των τεσσάρων συστατικών (*Cordyceps*, πράσινο τσάι, goji, εσπεριδοειδή) δημιουργεί ένα πολυπαραγοντικό πλέγμα αντιμικροβιακής δράσης. Σε *in vitro* επίπεδο, η συνέργεια είναι πιθανό να προσφέρει κάλυψη έναντι ευρέος φάσματος μικροοργανισμών. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη διατροφική βιομηχανία, καθώς ενισχύει την ασφάλεια και παρατείνει τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος χωρίς τη χρήση συνθετικών συντηρητικών (Burt, 2004).

Η ανάπτυξη ενός λειτουργικού ροφήματος δεν περιορίζεται μόνο στη βιοδραστικότητα αλλά πρέπει να συνδυάζεται και με οργανοληπτική αποδοχή από τον καταναλωτή. Όπως έδειξε ο αισθητηριακός έλεγχος που διεξήχθη, η ισορροπία γεύσεων είναι κρίσιμη. Το πράσινο τσάι από μόνο του έχει έντονη και συχνά πικρή γεύση λόγω των κατεχινών, ενώ τα εκχυλίσματα μανιταριών όπως το *Cordyceps militaris* μπορεί να προσδίδουν επίγευση γης (Martínez-Monzó et al., 2021).

Η προσθήκη φλούδων πορτοκαλιού και λεμονιού, καθώς και goji berries, προσφέρει γλυκόξινη και φρουτώδη διάσταση, που εξισορροπεί τις πιο «δύσκολες» γεύσεις. Αυτό συνάδει με τις αρχές ανάπτυξης νέων ροφημάτων όπου η αποδοχή βασίζεται στη γευστική αρμονία (Tuorila & Hartmann, 2020).

Σε έρευνα των Wiseman et al. (2018), καταναλωτές προτίμησαν ροφήματα πράσινου τσαγιού που είχαν εμπλουτιστεί με φρούτα, καθώς μείωνε την πικράδα. Παρόμοια, οι Huang et al. (2020) έδειξαν ότι η ενσωμάτωση εσπεριδοειδών σε λειτουργικά ροφήματα ενισχύει την αποδοχή, καθώς το άρωμα και η οξύτητα συνδέονται με «φρεσκάδα».

Η θετική αξιολόγηση του παρόντος ροφήματος από οργανοληπτικής πλευράς είναι κρίσιμη, καθώς δείχνει ότι μπορεί να γεφυρώσει την υγεία με την ευχαρίστηση, μια παράμετρο που συχνά αποτελεί πρόκληση στη βιομηχανία λειτουργικών τροφίμων.

Η αγορά λειτουργικών τροφίμων και ροφημάτων παρουσιάζει σταθερή ανάπτυξη τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Οι καταναλωτές δείχνουν αυξημένο ενδιαφέρον για προϊόντα που προσφέρουν επιπλέον οφέλη υγείας, πέραν της βασικής θρέψης. Ιδιαίτερα τα ποτά αποτελούν προτιμώμενη κατηγορία, καθώς συνδέονται με καθημερινή κατανάλωση και εύκολη ενσωμάτωση στη διατροφή (Granato et al., 2020).

Το ρόφημα που μελετήθηκε πληροί σημαντικά κριτήρια, όπως φυσική προέλευση συστατικών, επιστημονικά τεκμηριωμένες αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες και αποδεκτό οργανοληπτικό προφίλ. Το αναπτυγμένο ρόφημα παρουσιάζει αξιοσημείωτη αντιμικροβιακή δράση, η οποία ενισχύεται από τη συνέργεια μεταξύ των τεσσάρων κύριων συστατικών. Επιπλέον, διαθέτει οργανοληπτική αποδοχή, στοιχείο που του δίνει εμπορικό πλεονέκτημα σε σχέση με άλλα λειτουργικά τρόφιμα που συχνά υπολείπονται σε γεύση.

Η προοπτική ανάπτυξης στην αγορά είναι θετική, αρκεί να υπάρξουν περαιτέρω μελέτες για την τεκμηρίωση των ισχυρισμών υγείας, βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας για μείωση κόστους και εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών συσκευασίας για διατήρηση της δραστικότητας.

Η συμβολή της παρούσας μελέτης είναι ότι προσφέρει ένα λειτουργικό ρόφημα που συνδυάζει υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα, αντιμικροβιακή δράση και γευστική ισορροπία, ανοίγοντας τον δρόμο για νέα προϊόντα που θα γεφυρώνουν επιστημονικά τεκμηριωμένα οφέλη υγείας με αποδοχή από το καταναλωτικό κοινό.

Η παρούσα μελέτη ανέδειξε ότι το αναπτυγμένο ρόφημα που περιέχει εκχυλίσματα *C. militaris*, πράσινου τσαγιού, goji berries και φλούδες εσπεριδοειδών παρουσιάζει σημαντική αντιοξειδωτική ικανότητα (DPPH 73,81%) και υψηλή περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά (3,81 mg GAE/10 ml). Τα ευρήματα αυτά καταδεικνύουν ότι το προϊόν μπορεί να λειτουργήσει ως πηγή φυσικών αντιοξειδωτικών ενώσεων, ικανών να εξουδετερώσουν τις ελεύθερες ρίζες που προκαλούνται από οξειδωτικό στρες. Επιπλέον, η πολυπλοκότητα των συστατικών

δημιουργεί συνέργειες που ενισχύουν τόσο την αντιοξειδωτική όσο και την αντιμικροβιακή δράση.

Η αντιμικροβιακή ικανότητα του ροφήματος υποστηρίζεται από τις γνωστές ιδιότητες των επιμέρους συστατικών. Οι πολυσακχαρίτες και η κορδισεπίνη του *C. militaris*, οι κατεχίνες του πράσινου τσαγιού, οι φαινολικές ενώσεις και τα καροτενοειδή των goji berries, καθώς και τα αιθέρια έλαια και φλαβονοειδή των εσπεριδοειδών συμβάλλουν στην αναστολή ανάπτυξης βακτηρίων και μυκήτων. Η συνέργεια αυτή καθιστά το ρόφημα ενδιαφέρον για την ασφάλεια τροφίμων, την επέκταση της διάρκειας ζωής και τη λειτουργικότητα χωρίς προσθήκη συνθετικών συντηρητικών.

Ο οργανοληπτικός έλεγχος έδειξε ότι η προσθήκη φρούτων και εσπεριδοειδών εξισορροπεί την πικράδα του τσαγιού και τις επίγευσεις μανιταριού, δημιουργώντας ένα προϊόν ευχάριστο στην κατανάλωση. Η ισορροπία αυτή είναι κρίσιμη για την εμπορική επιτυχία, καθώς οι καταναλωτές τείνουν να προτιμούν ροφήματα που συνδυάζουν γεύση και λειτουργικότητα.

Παρόλα αυτά, η μελέτη παρουσιάζει περιορισμούς. Οι in vitro μέθοδοι (Folin-Ciocalteu, DPPH) δεν αντικατοπτρίζουν πλήρως τη βιοδιαθεσιμότητα και τη δράση in vivo των φαινολικών και πολυσακχαριτών. Επιπλέον, η ποσοτικοποίηση των επιμέρους βιοδραστικών ενώσεων δεν καλύφθηκε σε βάθος, γεγονός που περιορίζει τη δυνατότητα σύνδεσης συγκεκριμένων συστατικών με τη δράση του ροφήματος.

Το ρόφημα που αναπτύχθηκε αποδεικνύει ότι είναι δυνατό να δημιουργηθούν σύνθετα βιολειτουργικά προϊόντα που συνδυάζουν αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή δράση με γευστική αποδοχή, ανοίγοντας νέους δρόμους για λειτουργικά τρόφιμα. Η συνέργεια μεταξύ διαφορετικών φυσικών συστατικών ενισχύει τη δράση του προϊόντος, καθιστώντας το υποψήφιο για περαιτέρω ανάπτυξη στην αγορά και για κλινική αξιολόγηση.

Συμπερασματικά, το ρόφημα που αναπτύχθηκε κατά την παρούσα μελέτη φέρει υψηλή συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων, η οποία προσδίδει στο ρόφημα αντιοξειδωτική δράση και το καθιστά ικανό να εξουδετερώσει τις ελεύθερες ρίζες που προκύπτουν από το οξειδωτικό στρες. Ο οργανοληπτικός έλεγχος που διεξήχθη τόνισε την σημασία των σωστών αναλογιών κατά την παραγωγή καινοτόμων ροφημάτων για την σωστή ισορροπία των γεύσεων και την παραγωγή ενός οργανοληπτικά αποδεκτού προϊόντος. Ειδικότερα, το τελικό ρόφημα που μελετήθηκε περιείχε εκχύλισμα πράσινου τσαγιού με φλούδες πορτοκαλιού και λεμονιού, εκχύλισμα goji berry και εκχύλισμα μανιταριού *Cordyceps militaris*. Η περιεκτικότητά του ροφήματος σε ολικά φαινολικά μετρήθηκε με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu στα 3,81 mg GAE/10 ml. Επιπλέον, έγινε ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας με τη μέθοδο DPPH στα 73,81%. Αυτές οι συγκεντρώσεις είναι ικανές για να χαρακτηριστεί το ρόφημα που αναπτύχθηκε ότι φέρει ευεργετικές ιδιότητες. Συνεπώς, φέρει ενδιαφέρον η περαιτέρω μελέτη ανάπτυξης του προϊόντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

Συζήτηση-Μελλοντική Έρευνα

Η αγορά των λειτουργικών ροφημάτων παρουσιάζει ραγδαία αύξηση. Οι καταναλωτές αναζητούν συνεχώς καινοτόμα προϊόντα που φέρουν ευεργετικές ιδιότητες, καθώς οι σύγχρονοι ρυθμοί ζωής έχουν αυξήσει τα ποσοστά χρόνιων παθήσεων και των νευροεκφυλιστικών νόσων. Συνεπώς, φέρει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον η έρευνα και η ανάπτυξη προϊόντων που φέρουν οφέλη για την υγεία, ενισχύοντας τον οργανισμό και προστατεύοντας τον από λοιμώξεις, όπως για παράδειγμα από τον ιό SARS-CoV-2. Παρότι το ρόφημα που αναπτύχθηκε χρειάζεται περαιτέρω μελέτη για να αποδειχθεί, η επίδραση του σε ιογενείς λοιμώξεις, φέρει μια πληθώρα βιοδραστικών που το ταξινομούν σε βιολειτουργικό ρόφημα. Είναι πολύ σημαντικό, ακόμη, να προστεθεί ότι το κόστος παραγωγής του ροφήματος είναι αρκετά χαμηλό, καθιστώντας το ιδανικό για παραγωγή σε επίπεδο Βιομηχανίας.

Επιπλέον, μελλοντικές κατευθύνσεις περιλαμβάνουν την διεξαγωγή κλινικών ή κυτταρικών μελετών για την εκτίμηση της βιοδιαθεσιμότητας και της αντιοξειδωτικής δράσης *in vivo* και ποσοτικοποίηση βιοδραστικών ενώσεων, όπως κορδισεπίνη, κατεχίνες, για λεπτομερή σύνδεση δραστικότητας-συστατικού.

Επιπρόσθετα, είναι σημαντικό να επιτευχθεί βελτιστοποίηση της παραγωγής και της συσκευασίας, ώστε να διατηρείται η δραστικότητα των ενώσεων και να μειώνεται το κόστος. Τέλος, θα πρέπει να αναπτυχθούν προϊόντα ευρείας κατανάλωσης, αξιοποιώντας τις τάσεις για *superfoods* και φυσικά συστατικά.

Συνολικά, το ρόφημα που αναπτύχθηκε αποδεικνύει ότι είναι δυνατό να δημιουργηθούν σύνθετα βιολειτουργικά προϊόντα που συνδυάζουν αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή δράση με γευστική αποδοχή, ανοίγοντας νέους δρόμους για λειτουργικά τρόφιμα. Η συνέργεια μεταξύ διαφορετικών φυσικών συστατικών ενισχύει τη δράση του προϊόντος, καθιστώντας το υποψήφιο για περαιτέρω ανάπτυξη στην αγορά και για κλινική αξιολόγηση.

Βιβλιογραφία

Akanchise, T. and Angelova, A., 2023. Potential of Nano-Antioxidants and Nanomedicine for Recovery from Neurological Disorders Linked to LongCOVID Syndrome. *Antioxidants*, 12(2), 393.

Amiya K. Ghoshal, Tom H. Rushmore, Pedro Buc-Calderon, Marcel Roberfroid, Emmanuel Farber, 1990. Prevention by free radical scavenger AD5 of prooxidant effects of choline deficiency. *Free Radical Biology and Medicine*, 8(1), 3-7.

- Apak, R., Özyürek, M., Güçlü, K., Çapanoğlu, E., 2016. Antioxidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-based assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(5), 997–1027.
- Battista F. Barampouti, E. M. Mai, S. Bolzonella, D. Malamis, D., 2020. Limonene recovery, volatile fatty acids, and biogas production from citrus peel waste: Process performance and inhibition mitigation. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(27), 10179–10189.
- Benchenouf A. et al., 2016. Phytochemical analysis and antioxidant activity of *Lycium barbarum* cultivated in Crete (Greece). *Pharm Biol.*, 55(1), 596-602.
- Bertolo M. R. V., Pereira T. S. dos Santos, F. V. Facure, M. H. M. dos Santos, F. Teodoro, K. B. R. Mercante, L. A. And Correa D. S., 2025. Citrus wastes as sustainable materials for active and intelligent food packaging: Current advances. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24, e70144.
- Betoret E., Betoret N., Vidal D., Fito P., 2011. Functional foods development: Trends and technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 22, 498–508.
- Botelho R. A., 2018. Food formulation and not processing level: Conceptual divergences between public health and food science and technology sectors. *Critical reviews in food science and nutrition*, 639-650.
- Bouayed, J. and Bohn T., 2010. Exogenous antioxidants—Double-edged swords in cellular redox state. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 3(4), 228–237.
- Brand-Williams W., Cuvelier M. E. And Berset C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25–30.
- Breslin P. A., 1997. Salt enhances flavour by suppressing bitterness. *Nature*, 387(6633), 563-563.
- Burt S., 2004. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—A review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253.
- Cabrera C., Artacho R. and Giménez R., 2006. Beneficial effects of green tea—A review. *Journal of the American College of Nutrition*, 25(2), 79–99.
- Cao S. Y., Li B. Y., Gan R. Y., Xu X. Y., Zheng J., & Li H. B., 2023. Green tea polyphenols and their health benefits: An updated review. *Food & Function*, 14(3), 1234–1250.
- Chang H. C., Huang G. J., and Agrawal D. C., 2018. Antimicrobial and antioxidant activities of *Lycium barbarum* extracts. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(2), 451–460.
- Chou Y.-C., Hsu C.-Y., and Chou C.-C, 2024. Current progress regarding *Cordyceps militaris*, its metabolites production, and biological functions. *Applied Sciences*, 14(11), 4610.
- Chu C., Deng J., Man Y., and Qu Y., 2017. Green Tea Extracts Epigallocatechin-3-gallate for Different Treatments. *BioMed research international*, 2017:5615647.
- Cinardi G D'Urso PR, Arcidiacono C, Muradin M, Ingrao C., 2025. A systematic literature review of environmental assessments of citrus processing systems, with a focus on the drying phase. *Science of the Total Environment*, 974:179219.
- Cui J. D., 2014. Biotechnological production and applications of *Cordyceps militaris*, a valued traditional Chinese medicine. *Critical Reviews in Biotechnology*, 35(4), 475–484.

- Das A. et al., 2007. An update on microbial carotenoid production: application of recent metabolic engineering tools. *Applied Microbiol Biotechnol.*, 77(3):505-12.
- Diniz L. R. L., El Shabrawy H. A., Souza M. T. de S., Duarte A. B. S., Datta, S. And de Sousa D. P., 2021. Catechins: Therapeutic Perspectives in COVID-19-Associated Acute Kidney Injury. *Molecules*, 26(19), Art.19.
- Das S. K., Masuda M., Sakurai A., and Sakakibara M., 2010. Medicinal uses of the mushroom *Cordyceps militaris*: Current state and prospects. *Fitoterapia*, 81(8), 961–968.
- Deepika, Maurya PK. Health Benefits of Quercetin in Age-Related Diseases, 2022. *Molecules*, 27(8):2498.
- Di Clemente Natalia, la Cava Enzo, Sgroppo Sonia, Gómez-Zavaglia Andrea and Gerbino Esteban, 2024. Sustainability assessment of pectin extraction from *Citrus paradisi* peel to support the encapsulation of lactic acid bacteria. *Applied Food Research*, 5(31):100716.
- Dhiman K, Dureja, Anamika Gupta. Free radical scavenging potential and total phenolic and flavonoid content of *Ziziphus mauritiana* and *Ziziphus nummularia* fruit extracts, *International Journal of Green Pharmacy*, 2012.
- Divyasakthi M, Sarayu YCL, Shanmugam DK, Karthigadevi G, Subbaiya R, Karmegam N, Kaaviya JJ, Chung WJ, Chang SW, Ravindran B, Khoo KS. A , 2025. Review on Innovative Biotechnological Approaches for the Upcycling of Citrus Fruit Waste to Obtain Value-Added Bioproducts. *Food Technol Biotechnol.*, 63(2):238-261.
- Dominquez Diaz L., Fernandez-Ruiz V.& Camara M., 2020. An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labelling. *Journal of Functional Foods*, 68:103896.
- European Commission, 2024. Novel Food Catalogue. https://ec.europa.eu/food/safety/novel-food_en
- Fisher K., and Phillips C. A., 2008. Potential antimicrobial uses of essential oils in food: Is citrus the answer? *Trends in Food Science & Technology*, 19(3), 156–164.
- Fujiki H., Watanabe, T. Sueoka, E. Rawangkan, A. And Suganuma, M., 2018. Cancer Prevention with Green Tea and Its Principal Constituent, EGCG: from Early Investigations to Current Focus on Human Cancer Stem Cells. *Molecules and cells*, 41(2), 73–82.
- González-Molina E., Moreno D. A. And García-Viguera C., 2010. A new drink rich in healthy bioactives combining lemon and pomegranate juices. *Food Chemistry*, 119(1), 136–144.
- Granato D., Barba F.J., Bursać Kovačević, D. Lorenzo, J.M. Cruz, A.G. Putnik, P., 2020. Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 11, 93–118.
- Gul K., Singh A.K., Jabeen R., 2016. Nutraceuticals and Functional Foods: The Foods for the Future World. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56, 2617–2627.
- Heasman M. and Mellentin J., 2001. *The Functional Foods Revolution* . Routledge, London.
- Hu J., Webster D., Cao J., Shao A. and Wang, J., 2022, Effects of green tea consumption on metabolic syndrome: A systematic review. *Nutrients*, 14(6), 1230.
- Huang D, Ou B, Prior RL, 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J Agric Food Chem*, 53(6):1841-56.

- Huang S., Xu M., Wu C., Wang Y. and Jin Y., 2020. Sensory evaluation of functional beverages with citrus extracts. *Food Quality and Preference*, 83, 103902.
- Hu Y., He B. and Liu Q., 2024. Advancing *Cordyceps militaris* industry: Gene manipulation and sustainable biotechnological strategies. *Bioengineering*, 11(8), 783.
- Jędrejko K. J., Lazur J. And Muszyńska B., 2021. *Cordyceps militaris*: An Overview of Its Chemical Constituents in Relation to Biological Activity. *Foods*, 10(11), Art. 11.
- Jones DP, 2006. Redefining oxidative stress. *Antioxid Redox Signal.*, (9-10):1865-79.
- Jurowski K, Kondratowicz-Pietruszka E, Krośniak M., 2024. The Control and Comprehensive Safety Assessment of Heavy Metal Impurities (As, Pb, and Cd) in Green Tea *Camellia sinensis* (L.) Samples (Infusions). *Poland Biol Trace Elem*, 202(1):387-396.
- Kilcast D., 1996. Organoleptic assessment. In: Katan, L.L. (eds) *Migration from Food Contact Materials*. Springer, Boston.
- Kohyama K. S., 2007. Textural evaluation of rice cake by chewing and swallowing measurements on human subjects. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 71(2), 358-365.
- Kuriyama S., 2020. The relation between green tea consumption and cardiovascular disease risk factors. *Journal of Epidemiology*, 30(1), 1–10.
- Langi P., Kiokias S., Varzakas T., Proestos C., 2018. Carotenoids: From Plants to Food and Feed Industries. In: Barreiro, C., Barredo, J.L. (eds) *Microbial Carotenoids. Methods in Molecular Biology*, 1852:57-71.
- Lawless H. T. and Heymann H., 2010. *Food Science Text Series. Sensory Evaluation of Food*, 4419-6488.
- Lee C. T., Huang K. S., Sha, J. F., Chen J. R., Kuo W. S., Shen G., Grumezescu A. M., Holban A. M., Wang Y. T., Wang J. S., Hsiang Y. P., Lin Y. M., Hsu, H. H. And Yang, C. H., 2020. Trends in the Immunomodulatory Effects of *Cordyceps militaris*: Total Extracts, Polysaccharides and Cordycepin. *Frontiers in pharmacology*, 11, 575704.
- Li S. P., Li P., Dong T. T. and Tsim K. W., 2006. Anti-oxidation activity of different types of natural *Cordyceps sinensis* and cultured *Cordyceps mycelia*. *Phytomedicine*, 13(6), 428–433.
- Li P., Yao X., Zhou Q., Meng X., Zhou T. and Gu Q., 2022. Citrus Peel Flavonoid Extracts: Health-Beneficial Bioactivities and Regulation of Intestinal Microecology in vitro. *Frontiers in nutrition*, 9, 888745.
- Li X., Wang H. and Zhang Y., 2024) Prospects for cordycepin biosynthesis in microbial cell factories. *Frontiers in Chemical Engineering*, 6, 1446454.
- Luo C, Xu X, Wei X, Feng W, Huang H, Liu H, Xu R, Lin J, Han L, Zhang D. , 2019. Natural medicines for the treatment of fatigue: Bioactive components, pharmacology, and mechanisms. *Pharmacol Res.*, 148:104409.
- Ma ZF, Zhang H, Teh SS, Wang CW, Zhang Y, Hayford F, Wang L, Ma T, Dong Z, Zhang Y, Zhu Y., 2019. Goji Berries as a Potential Natural Antioxidant Medicine: An Insight into Their Molecular Mechanisms of Action. *Oxid Med Cell Longev*, 2019:2437397.
- Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C. and Jiménez L., 2004. Polyphenols: Food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727–747.

- Martínez-Monzó J., García-Segovia P. and Albors-Garrigós J., 2021. Mushroom-based products as meat substitutes: A review. *Food Hydrocolloids*, 117, 106664.
- Mattioli R, Francioso A, Mosca L, Silva P. Anthocyanins, 2020. A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. *Molecules*, 25(17):3809.
- Medina-Herrera N., Martínez-Ávila G. C. G., Robledo-Jiménez C. L., Rojas R., and Orozco-Zamora B. S., 2024. From Citrus Waste to Valuable Resources: A Biorefinery Approach. *Bio-mass*, 4(3), 784-808.
- Mehany T., Khalifa I., Barakat H., Althwab S. A., Alharbi Y. M. and El- Sohaimy S., 2021. Polyphenols as promising biologically active substances for preventing SARS-CoV-2: A review with research evidence and underlying mechanisms. *Food Bioscience*, 40, 100891.
- Meiselman H. L., 2015. A review of the current state of emotion research in product development. *Food Research International*, 76, 192-199.
- Miao M., Zhang B. and Chen H., 2022. Structural elucidation and activities of *Cordyceps militaris* polysaccharides: A review. *Frontiers in Nutrition*, 9, 898674.
- Musial C, Kuban-Jankowska A, Gorska-Ponikowska M., 2020. Beneficial Properties of Green Tea Catechins. *Int J Mol Sci.*, 21(5):1744.
- Neha K, Haider MR, Pathak A, Yar MS, 2019. Medicinal prospects of antioxidants: A review. *Eur J Med Chem*, 178:687-704.
- Ng T. B. and Wang H. X., 2005. Pharmacological actions of *Cordyceps*, a prized folk medicine. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 57(12), 1509–1519.
- Noble A. C., 1990. The sensory evaluation of wine. In G. Charalambous. *Food Flavors: Generation, Analysis and Process Influence*. Elsevier Science, London.
- Olatunde Ahmed et al., 2020. Carotenoids as functional bioactive compounds." *Functional foods and nutraceuticals: bioactive components, formulations and innovations*. Cham: Springer International Publishing., pp. 415-444.
- Ogar Faith Onyedikachi, Owunari Abraham Georgewill and Victor Tamunotonye Ibubeleye, 2023. Toxicological Effect of Green Tea (*Camelia Sinensis*) on Haematological Parameters in Wistar Rats. *Asian Journal of Research in Medical and Pharmaceutical Sciences* 12 (3):39-45.
- Ontawong A., Pengnet S., Thim-Uam A., Munkong N., Narkprasom N., Narkprasom K., Amornlerdpison D., 2024. A randomized controlled clinical trial examining the effects of *Cordyceps militaris* beverage on the immune response in healthy adults. *Scientific Reports*, 14, 7994.
- Orfei M. D., Porcari D. E., D’Arcangelo S., Maggi F., Russignaga D. and Ricciardi E., 2022. A New Look on Long-COVID Effects: The Functional Brain Fog Syndrome. *Journal of Clinical Medicine*, 11(19), 5529.
- Park K., 2018. Nonclinical and Clinical Safety Studies on Green Tea Extracts. 2(4).
- Peng T., Xie T. and Guo J., 2024. Advances in biosynthesis and metabolic engineering strategies of cordycepin. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1386855.

- Pi C.-C., Chen H.-H., Lin C.-C. and Lee M.-T., 2024. Synergistic fermentation of *Cordyceps militaris* and herbal extracts as a natural growth promoter in pigs. *BMC Veterinary Research*, 20, 338.
- Potterat O., 2010. Goji (*Lycium barbarum* and *L. chinense*): Phytochemistry, pharmacology and safety in the perspective of traditional uses and recent popularity. *Planta Med.*, 76(1):7-19.
- Rady I., Mohamed H., Rady M., Siddiqui IA, Mukhtar H., 2018. Cancer preventive and therapeutic effects of EGCG, the major polyphenol in green tea, *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5:1-23.
- Rafiq S., Kaul R., Sofi S. A., Bashir N., Nazir F. and Ahmad Nayik G., 2018. Citrus peel as a source of functional ingredient: A review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(4), 351–358.
- Raveendran AV, Jayadevan R, Sashidharan S., 2021. Long COVID: An overview. *Diabetes Metab Syndr.*, 15(3):869-875.
- Research And Markets, 2024. Goji berries market size, competitors & forecast to 2029. <https://www.researchandmarkets.com/report/goji-berry>
- Rice-Evans C. A., Miller N. J. and Paganga G., 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2(4), 152–159.
- Rivas B., Torrado A., Torre P., Converti A. and Domínguez J. M., 2008. Submerged citric acid fermentation on orange peel autohydrolysate. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(7), 2380–2387.
- Roberfroid M. B., 2000. Concepts and strategy of functional food science: The European perspective. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(6), 1660S-1664S.
- Shahidi F. and Ambigaipalan P., 2015. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *Journal of Functional Foods*, 18(Part B), 820–897.
- Shams K. A., Abdel-Azim N. S., Saleh I. A., Hegazy M. F., El-Missiry M. M., Hammouda F. M. and TahrirE., 2015. Green technology: economically and environmentally innovative methods for extraction of medicinal & aromatic plants (MAP) in Egypt. *J. Chem. Pharm. Res.*, 7(5), 1050-1074.
- Shweta Salik Abdullah, Komal Abhinandan Kumar, 2023. A brief review on the medicinal uses of *Cordyceps militaris*, *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine*, 7:100228.
- Sies H., 2015. Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine. *Redox Biol.*, 4:180-3.
- Siró I., Kápolna E., Kápolna B., Lugasi A., 2008. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review. *Appetite* 51, 456–467.
- Tan L., Song X., Ren Y., Wang M., Guo C., Guo D., Gu Y., Li Y., Cao Z. and Deng Y., 2020. Anti-inflammatory effects of cordycepin: A review. *Phytotherapy research*, 25(3):1284-1297
- Tuli H. S., Sandhu S. S. and Sharma A. K., 2014. Pharmacological and therapeutic potential of *Cordyceps* with special reference to *Cordycepin*. *3 Biotech*, 4(1), 1–12.
- Tuorila H. and Hartmann C., 2020. Consumer responses to novel and unfamiliar foods. *Current Opinion in Food Science*, 33, 1–8.

- Tsartsou E., Proutsos N., Papadopoulos I., Tzouvelekas V., Castanas E., Kampa M., 2021. Consumers' attitude toward dietary supplements and functional food: a prospective survey in a Greek population sample. *Hormones* 20, 177–188.
- Vidović B. B. et al., 2022. Health benefits and applications of goji berries in functional food products. *Food Research International*, 156, 111192.
- Wiseman S., Henson S. and Appleton K., 2018. Consumer acceptance of green tea beverages with added fruit extracts. *Food Research International*, 107, 477–484.
- Xu Y., He P., He B. and Chen Z., 2025. Bioactive flavonoids metabolites in citrus species: their potential health benefits and medical potentials. *Frontiers in pharmacology*, 16, 1552171.
- Yao C., Hao R., Pan S., Wang Y., 2012. Functional Foods Based on Traditional Chinese Medicine. In Bouayed J, ed. *Nutrition Well-Being and Health Chapter 8*; InTech. Europa, pp. 179–200.
- Yao R., He C., Xiao P., 2023. 'Food and medicine continuum' in the East and West: Old tradition and current regulation. *Chinese Herbal Medicines* 15, 6–14.
- Yang C. S., Wang H., Sheridan Z. P. and Chen L., 2020. Studies on prevention of obesity, metabolic syndrome, diabetes, cardiovascular diseases and cancer by tea. *Journal of Food and Drug Analysis*, 28(1), 14–25.
- Zeng X., et al., 2023. Efficacy and safety of *Lycium barbarum* (goji berry) on human health: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1103463.
- Zhao T, Li C, Wang S, Song X., 2022. Green Tea (*Camellia sinensis*): A Review of Its Phytochemistry, Pharmacology, and Toxicology. *Molecules*, 27(12):3909.
- Zhang M., Chen H. and Huang J., 2020. Nutritional and phytochemical composition of goji berry (*Lycium barbarum* L.) and their health benefits. *Journal of Functional Foods*, 65, 103–735.
- Zhu R., Wang Y., Zhang L. and Guo Q., 2019. Antibacterial activity of *Cordyceps militaris* extracts and related mechanisms. *Journal of Ethnopharmacology*, 231, 1–9.
- Zuo Y., Chen H. and Deng Y., 2002. Simultaneous determination of catechins, caffeine and gallic acids in green, oolong, black and pu-erh teas using HPLC. *Food Chemistry*, 82(2), 245–255.
- Γάλαρης Δ., 2015. Ελεύθερες Ρίζες και Οξειδωτικό Στρες [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
- Κοκοτάς Ν., 2008. Διερεύνηση των παραγόντων που επιδρούν στην κατανάλωση Βιολειτουργικών Τροφίμων και των απαιτούμενων στρατηγικών μάρκετινγκ. Μεταπτυχιακή διατριβή, Γεωπονική Σχολή ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Κουτελιδάκης Α., 2015. Λειτουργικά Τρόφιμα. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Τούμα Ν. Χάιθαμ, 1988. MICROBIOLOGICAL CONTROL OF ANTIBACTERIAL AGENTS., Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

