



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ»**

**ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ
ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΟΡΙΣΜΕΝΑ
ΑΥΤΟΦΥΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ ΤΗΣ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Αλέξανδρος Βεγγόπουλος

Επιβλέπων καθηγητής: Νικόλαος Γκουγκουλιάς

Λάρισα 2020

Thesis: Study of the polyphenols content and antioxidant activity on some native aromatic and medicinal plants of Thessaly

Μέλη Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΓΚΟΥΓΚΟΥΛΙΑΣ
ΕΛΕΝΗ ΒΟΓΙΑΤΖΗ
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΛΦΟΥΝΤΖΟΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με αφορμή την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους με βοήθησαν αυτά τα 2 χρόνια.

Αρχικά ένα μεγάλο ευχαριστώ στον καθηγητή μου κ. ΓΚΟΥΓΚΟΥΛΙΑ ΝΙΚΟΛΑΟ, ο οποίος μου ανάθεσε τη συγκεκριμένη εργασία και ο οποίος ήταν δίπλα μου με το ενδιαφέρον και τις άρτιες επιστημονικές του γνώσεις λύνοντας οποιαδήποτε απορία μου.

Επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στην καθηγήτρια μου και υπεύθυνη του προγράμματος κυρία ΒΟΓΙΑΤΖΗ ΕΛΕΝΗ, η οποία και πάλι, μετά από αρκετά χρόνια όντας ήμουν φοιτητής της, μου πρόσφερε τις πολύτιμες γνώσεις της πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο μελέτης.

Ακόμη θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ, σε όλους τους καθηγητές μου, οι οποίοι με ζήλο εμπλούτισαν της γνώσεις μου, ο καθένας με το μάθημα του.

Επίσης να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου, με τους οποίους συνεργάστηκα σε πολλές εργασίες στα πλαίσια του προγράμματος.

Τέλος, ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στη γυναίκα μου Κατερίνα και στα δυο παιδιά μου Κωνσταντίνο και Μαρία, για την υπομονή τους στις πολλές ώρες απουσίας μου από κοντά τους λόγω δουλειάς, παρακολούθησης μαθημάτων και διαβάσματος.

	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	σελ.
	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
	ABSTRACT	7
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ	
	ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΕΣ	
1.1	ΓΕΝΙΚΑ	8
1.2	ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ	10
1.3	ΤΑΞΙΝΟΜΙΣΗ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ	12
1.3.1	ΜΗ ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΕΙΣ ΦΑΙΝΟΛΕΣ	12
1.3.2	ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΕΙΣ ΦΑΙΝΟΛΕΣ	16
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ	
	ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ-ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ	
2.1	ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ	28
2.2	ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ	30
2.3	ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΡΙΖΕΣ	34
2.4	ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ	36
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ	
	ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ	
3.1	ΓΕΝΙΚΑ	41
3.2	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ	42
3.3	ΑΥΤΟΦΥΗ ΦΥΤΑ ΤΟΥ ΠΗΛΙΟΥ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ	44
3.3.1	ΤΣΟΥΚΝΙΔΑ	44
3.3.2	ΜΑΙΝΤΑΝΟΣ	45
3.3.3	ΑΓΡΙΟΜΑΡΟΥΛΟ	46
3.3.4	ΖΟΧΟΣ	46
3.3.5	ΔΥΟΣΜΟΣ	47
3.3.6	ΜΑΡΑΘΟΣ	48
3.3.7	ΣΕΛΙΝΟ	49
3.3.8	ΆΝΗΘΟΣ	50
3.3.9	ΡΟΚΑ ΑΓΡΙΑ	50
3.3.10	ΛΑΠΑΘΟ	51

3.3.11	ΚΡΙΤΑΜΟ	51
3.3.12	ΑΓΡΙΟΡΑΔΙΚΟ	52
3.3.13	ΑΝΤΙΔΙ	52
3.3.14	ΆΓΡΙΟ ΣΕΣΚΟΥΛΟ	53
3.3.15	ΛΕΜΟΝΟΘΥΜΑΡΟ	53
3.3.16	ΜΕΛΙΣΣΟΧΟΡΤΟ	54
3.3.17	ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ	54
3.3.18	ΡΙΓΑΝΗ	55
3.3.19	ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟ	56
3.3.20	ΣΙΔΕΡΙΤΗΣ	56
3.3.21	ΆΓΡΙΟ ΣΙΝΑΠΙ	57
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ	
	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
4.1	ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ	58
4.2	ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ	58
4.3	ΧΗΜΙΚΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ	58
4.3.1	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΩΝ	58
4.3.2	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΗ ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΩΝ ΦΑΙΝΟΛΩΝ	59
4.3.3	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΩΝ ΦΑΙΝΟΛΩΝ	60
4.3.4	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ DRPH	60
4.3.5	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΝΑΣΤΟΛΗΣ (IC₅₀)	62
4.4	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	62
4.5	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	63
4.6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	71
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετήθηκαν 22 αυτοφυή αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά του Πηλίου ως προς την περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες, φλαβονοειδείς φαινόλες, μη φλαβονοειδείς φαινόλες και την αντιοξειδωτική ενεργητικότητα DPPH. Οι ολικές φαινόλες των φυτών που μελετήθηκαν κυμάνθηκαν από (10.32 - 56.33) g (GAE)/kg ξηρό βάρος του φυτού, οι φλαβονοειδείς φαινόλες κυμάνθηκαν από (6.49 – 38.86) g (GAE)/kg ξηρό βάρος φυτού, οι μη φλαβονοειδείς φαινόλες κυμάνθηκαν από (3.50 – 17.47) g (GAE)/kg ξηρό βάρος του φυτού. Η αντιοξειδωτική ενεργητικότητα με την μέθοδο DPPH των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών που μελετήθηκαν κυμάνθηκε από (17.12 – 39.53) $\mu\text{mol DPPH/g}$ ξηρό βάρος. Η συσχέτιση μεταξύ των φαινολικών κλασμάτων και την αντιοξειδωτικής ενεργητικότητας ήταν μέτρια. Τα αποτελέσματα μας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απομόνωση των φαινολικών ενώσεων από τα φυτά προς παρασκευή σκευασμάτων για φαρμακευτικούς σκοπούς.

ABSTRACT

22 natural aromatic and medicinal plants of Pelion were studied on the total phenols, flavonoid phenols and non-flavonoid phenols content and the antioxidant activity DPPH. The total phenol content of the plants studied ranged from (10.32 - 56.33) g (GAE) / kg dry plant weight, the flavonoid phenol content ranged from (6.49 - 38.86) g (GAE) / kg dry plant weight, the non-flavonoid phenol content ranged from (3.50 - 17.47) g (GAE) / kg dry weight of the plant. The antioxidant activity DPPH of the aromatic and medicinal plants studied ranged from (17.12 - 39.53) $\mu\text{mol DPPH} / \text{g dry weight}$. The correlation between phenolic fractions and antioxidant activity was moderate. Our results can be used to isolate phenolic compounds from the plants for the preparation of preparations for pharmaceutical purposes.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΕΣ

1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα φυτά από μόνα τους μπορούν να συνθέτουν ενώσεις με αντιοξειδωτική δράση, όπως οι φαινολικές ενώσεις, τα αλκαλοειδή, τα τερπενοειδή και άλλα. Οι φαινολικές ενώσεις οι οποίες εκχυλίζονται με οργανικούς διαλύτες ανήκουν στην ομάδα των λιποειδών. Εκεί κατατάσσονται πολλές ενώσεις με όμοιο γνώρισμα τους την ύπαρξη ενός τουλάχιστον αρωματικού δακτυλίου. Ανάλογα με τον αριθμό των φαινολικών δακτυλίων που περιέχουν στο μόριο τους οι φαινολικές ενώσεις χωρίζονται σε ομάδες. Φαινολικές ενώσεις με ένα φαινολικό δακτυλίο ονομάζονται απλές φαινόλες ενώ ενώσεις με δυο ή και περισσότερους δακτυλίους ονομάζονται πολυφαινόλες (Δημόπουλος και Αντωνοπούλου, 2009).

Τα ελεύθερα ριζικά (ROS) όταν κάνουν την εμφάνιση τους στον ανθρώπινο οργανισμό αποτελούν αιτία δημιουργίας πολλών ασθενειών. Οι φαινολικές ενώσεις στα φυτά με την αντιοξειδωτική τους δράση επιδρούν ευνοϊκά (Holiman et al., 1996) ενάντια:

- ❖ στις λοιμώξεις που προέρχονται από ιούς
- ❖ στον καρκίνο
- ❖ στις αγγειοκαρδιακές παθήσεις καθώς μειώνουν τα ποσοστά χοληστερόλης και σακχάρου στο αίμα
- ❖ στην αθηρωματοσκλήρυνση και τον γηρασμό
- ❖ Βοηθούν θετικά στην πέψη των μακροθρεπτικών συστατικών
- ❖ Έχουν αντιαλλεργιακές ιδιότητες
- ❖ Έχουν αντιβακτηριδιακή και αντιμικροβιακή δράση

Από τις φαινολικές ενώσεις, κάποιες ευθύνονται για το χρώμα και τη γεύση των φυτών και τον φρούτων, κάποιες άλλες βοηθούν το φυτό ενάντια σε εχθρούς και ασθένειες ενώ για τις ποιο πολλές ακόμη δεν έχουν καταλήξει ακριβώς στον τρόπο λειτουργίας τους (Shahidi et al., 1992; Shahidi, 1997; Croft, 1999).

Πάνω από 8.000 ενώσεις φαινολών έχουν ερευνηθεί έως σήμερα. Ανάλογα με την χημική τους δομή χωρίζονται σε 15 κατηγορίες.

Αυτές είναι οι βενζινοκινόνες, οι απλές φαινόλες, οι ακετοφαινόλες, τα φαινολικά οξέα, οι κουμαρίνες, οι ισοκουμαρίνες, οι λιγνίνες, οι λιγνάνες, οι νεολιγνάνες, οι ξανθόνες, τα φλαβονοειδή, τα φαινολοπροπανοειδή, τα φαινυλοξικά οξέα, οι χρωμόνες και τα στυλβένια.

Οι πολυφαινόλες μπορεί να έχουν απλή δομή (φαινολικά οξέα) ή και τρομερά πολύπλοκη και πολυμερή (ταννίνες). Στα φυτά τις συναντάμε συζευγμένες με υδατάνθρακες με τη βοήθεια των υδροξυλίων. Οι φυσικές πολυφαινόλες συνήθως βρίσκονται σε μορφή συνδεδεμένη με έναν ή περισσότερους υδατάνθρακες όπως π.χ. η λακτόζη, η ξυλόζη, η γλυκόζη ή με αμίνες, με λιπίδια ή και με κάποιες άλλες φαινολικές ενώσεις.

Οι σπουδαιότερες κατηγορίες φαινολικών ενώσεων είναι τα φαινολικά οξέα, τα φλαβονοειδή, οι απλές φαινόλες, τα λιγνάνια, οι λιγνίνες, τα στυλβένια και οι ταννίνες (Harborne et al., 1993). Το μεγαλύτερο πλήθος φαινολών που συναντάμε στα φυτά είναι οι απλές φαινόλες, τα φλαβονοειδή και τα φαινολικά οξέα. Τα δύο πρώτα κατέχουν και το μεγαλύτερο μερίδιο φαινολικών ενώσεων στα φυτά. Ανάλογα με την χημική δομή και την πολικότητα τους είναι διαλύτες και έχουν μικρά μοριακά βάρη. Η κατηγορία των φλαβονοειδών είναι από τις πιο διαδεδομένες και αριθμεί περίπου 5000 ενώσεις οι οποίες χωρίζονται σε 13 υποομάδες.

Οι φυτικοί οργανισμοί βοηθιούνται σημαντικά από τις φαινολικές ενώσεις ώστε να έχουν σωστή λειτουργία. Μια από τις πιο σημαντικές λειτουργίες των φαινολικών ενώσεων είναι ότι προστατεύουν το φυτικό κύτταρο από την οξειδωση, λόγω των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων τους (Solecka & Kacperska, 2003).

Οι φαινολικές ενώσεις παίζουν σημαντικό ρόλο και στην αναπαραγωγή των φυτών καθώς και οι ανθοκυανιδίνες δίνουν στα άνθη των φυτών τον έντονο χρωματισμό τους ο οποίος και προσελκύει τα έντομα για επικονίαση (Wink, 2003).

Πολλά φυτά δημιουργούν συνέχεια φαινυλπροπανοειδή τα οποία είναι τα φλαβονοειδή και τα υδροξυκινναμικά οξέα. Σε περιπτώσεις βιοτικού και αβιοτικού στρες όπως χαμηλή θερμοκρασία, έλλειψη θρεπτικών ουσιών, τραυματισμούς, υπερϊώδης ακτινοβολία παρουσιάζεται υψηλή συγκέντρωση πολυφαινολών στα φυτά (Sakihama et al., 2002). Ο σχηματισμός των πολυφαινολών έχει συνδυαστεί με κάποιους μηχανισμούς των φυτών, όπως η φωτοσύνθεση, η πρωτεϊνοσύνθεση, η λήψη θρεπτικών συστατικών και η ενζυμική δραστηριότητα (Robbins, 2003). Κάποια φυτά παρουσιάζουν αλληλοπάθεια η οποία οφείλεται στο ότι τα φυτά αυτά αποβάλλουν φλαβονοειδή σε κοντινά φυτά διαφορετικού είδους και έτσι δυσκολεύουν

την ανάπτυξη και την εκβλάστηση των σπόρων τους (Dreosti, 2000; Μαργαρίτη, 2005).

1.2. ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Η διαδικασία σύνθεσης όλων των φαινολικών ουσιών ξεκινά με δυο παράλληλες διαδικασίες: με τη γλυκόλυση και με τη μεταβολική οδό των φωσφορικών πεντοζών, μιας διαδικασίας παρόμοιας με τη γλυκόλυση (Βογιατζή και Γκουγκουλιάς, 2017) (Εικόνα 1.1). Πιο συγκεκριμένα:

Βήμα 1^ο :

Με τη διαδικασία της γλυκόλυσης, η γλυκόζη μετατρέπεται σε 6-φωσφορική γλυκόζη, η οποία στη συνέχεια διασπάται σε 6-φωσφορική φρουκτόζη και 6-φωσφογλυκονικό οξύ.

Βήμα 2^ο :

Με τη διαδικασία της γλυκόλυσης η 6-φωσφορική φρουκτόζη μετατρέπεται σε 3-φωσφορική γλυκεριναλδεύδη.

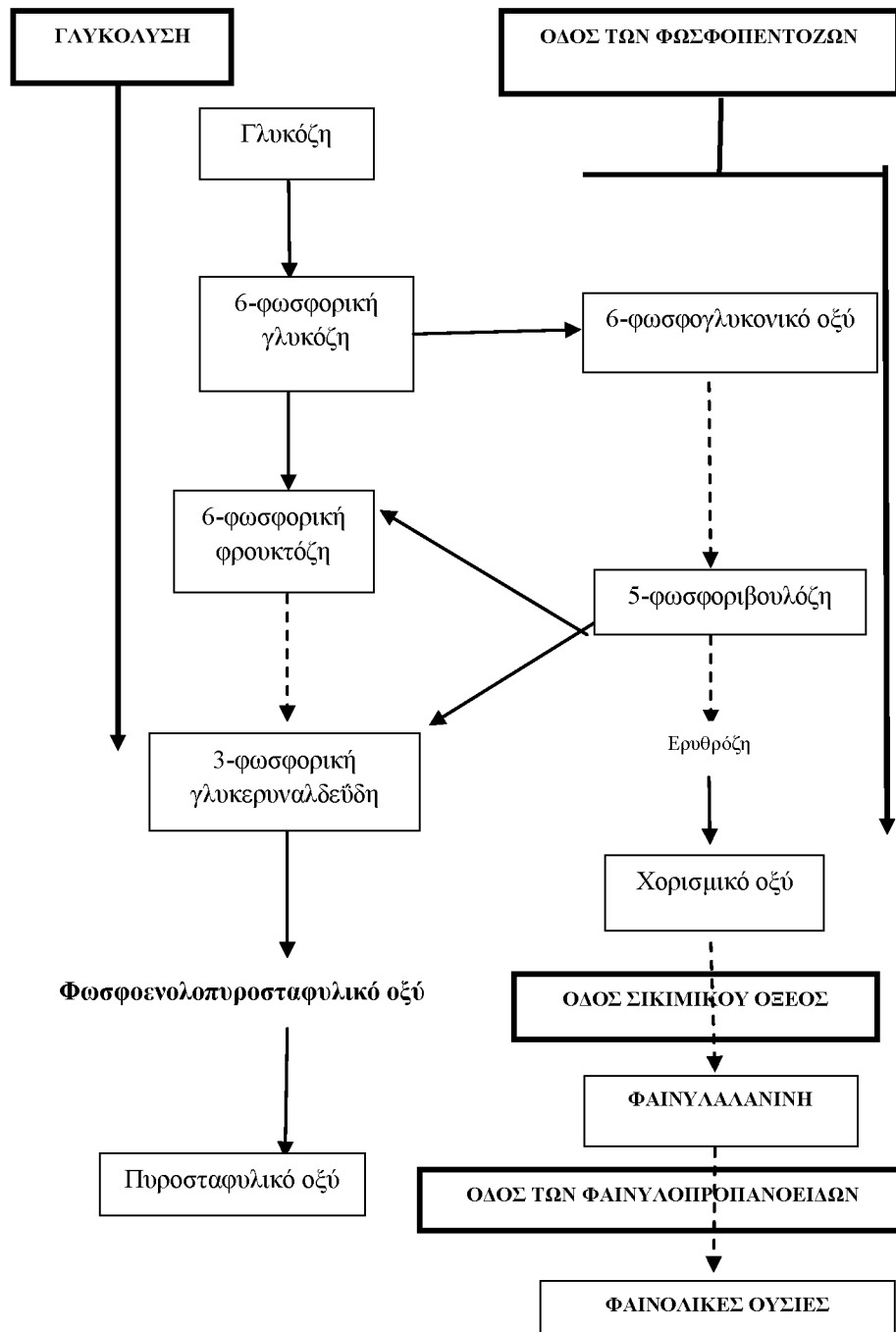
Από το 1^ο Βήμα, με την παραγωγή του 6-φωσφογλυκονικού οξέος, ξεκινά η διαδικασία της μεταβολικής οδού των φωσφορικών πεντοζών, κατά την οποία το 6-φωσφογλυκονικό οξύ αποκαρβοξυλιώνεται οξειδωτικά προς 5-φωσφοριβουλόζη. Στη συνέχεια, η 5-φωσφοριβουλόζη είτε διασπάται σε 6-φωσφορική φρουκτόζη και 3-φωσφορική γλυκεριναλδεύδη, είτε διασπάται σε **ερυθρόζη**. Η 6-φωσφορική φρουκτόζη και η 3-φωσφορική γλυκεριναλδεύδη επανακάμπτουν στη διαδικασία της γλυκόλυσης και μαζί με τις αντίστοιχες ουσίες (6-φωσφορική φρουκτόζη και 3-φωσφορική γλυκεριναλδεύδη) μετατρέπονται σε **φωσφοενολοπυροσταφυλικό οξύ**.

Βήμα 3^ο :

Με τη διαδικασία της γλυκόλυσης, το παραγόμενο φωσφοενολοπυροσταφυλικό οξύ είτε μετατρέπεται σε **πυροσταφυλικό οξύ**, οπότε και τερματίζεται η διαδικασία της γλυκόλυσης, είτε συμπυκνώνεται σε **χορισμικό οξύ**, το οποίο εισέρχεται στη μεταβολική οδό των φωσφορικών πεντοζών. Η **ερυθρόζη** που παρήχθη στο Βήμα 2^ο (της οδού των φωσφοπεντοζών) συμπυκνώνεται κι αυτό σε **χορισμικό οξύ**. Με τη συμπύκνωση του φωσφοενολοπυροσταφυλικού οξέος και της ερυθρόζης σε χορισμικό οξύ, ξεκινά η **οδός της βιοσύνθεσης του σικιμικού οξέος**.

Βήμα 4^ο :

Μέσω της οδού βιοσύνθεσης του σικιμικού οξέος, χρησιμοποιώντας ως ενδιάμεσο προϊόν το **χορισμικό οξύ**, παράγεται ως τελικό προϊόν η **φαινυλαλανίνη**. Σημειώνεται ότι, μέσω της **οδού των φαινυλοπροπανοειδών** και με υπόστρωμα τη **φαινυλαλανίνη**, παράγονται όλες οι **φαινολικές ενώσεις**.



Εικόνα 1.1. Η μεταβολική οδός της γλυκόλυσης, των φωσφοπεντοζών, του σικιμικού οξέος και των φαινυλοπροπανοειδών

Όλη η διαδικασία παραγωγής των φαινολικών ουσιών πραγματοποιείται στο κυτταρικό διάλυμα. Μέσω της ύπαρξης κάποιας ανάλογης ρύθμισης, η γλυκόλυση και η οδός των φωσφοπεντοζών που στηρίζονται και οι δύο στα ίδια υποστρώματα, να δίνεται η κατάλληλη "εντολή" ώστε τα κύτταρα να δρουν με βάση τις εκάστοτε ανάγκες τους. Η βιοσυνθετική οδός του σικιμικού οξέος λαμβάνει χώρα μόνο στα φυτά, στα βακτήρια και στους μύκητες. Τα ζώα δε διαθέτουν ανάλογους μηχανισμούς παραγωγής των αμινοξέων της φαινυλαλανίνης, της τρυπτοφάνης και της τυροσίνης και ως εκ τούτου θα πρέπει να τα λαμβάνουν μέσω της τροφής.

1.3. ΤΑΞΙΝΟΜΙΣΗ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ

Οι φαινολικές ενώσεις ταξινομούνται:

1.3.1. ΜΗ ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΕΙΣ ΦΑΙΝΟΛΕΣ

► Φαινολικά οξέα

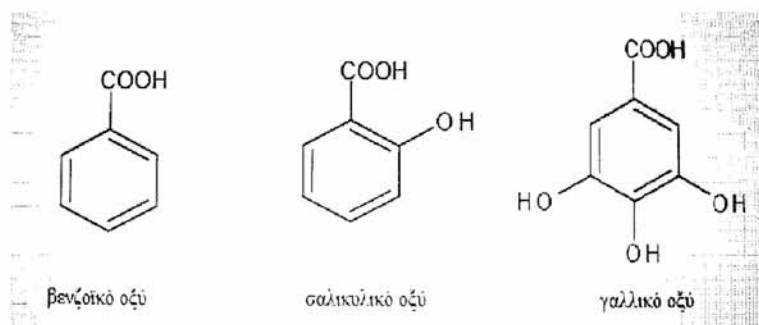
Τα φαινολικά οξέα ανήκουν στις μη-φλαβονοειδείς φαινόλες και χωρίζονται:

Στα παράγωγα του βενζοϊκού οξέος τα οποία έχουν δομή (C6-C1),

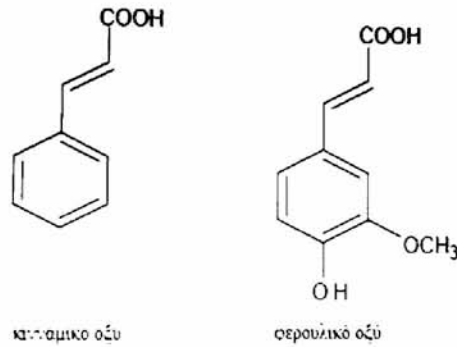
Τα παράγωγα του κινναμωμικού οξέος (C6-C3),

Την τυροσίνη (C6-C2) και

Τα στυλβένια (C6-C2-C6).



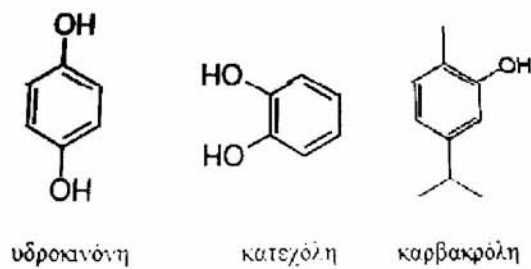
Υδροξυβενζοϊκά οξέα



Υδροξυκινναμωμικά οξέα

Τα φαινολικά οξέα και οι απλές φαινόλες παρουσιάζονται ενωμένα με μορφή απλών γλυκολιτών, αλάτων ή εστέρων και πολύ σπάνια τα βρίσκουμε με μορφή ελεύθερη στο φυτό. Οι ενώσεις της ομάδας των φλαβονοειδών διασπώνται με αλκαλική υδρόλυση ή σύντηξη προς φαινολικά οξέα και απλές φαινόλες. Έτσι απελευθερώνονται φαινολικά οξέα κατά τη διάρκεια της όξινης υδρόλυσης των ιστών των φυτών από τα άλατα και τους εστέρες και σαν αποτέλεσμα έχουμε την διάσπαση των γλυκοζιτών (Σκουμπής, 1988).

Ο μεγαλύτερος αριθμός απλών φαινολών είναι μονομερή συστατικά οξέων και πολυφαινολών τα οποία δημιουργούν ορισμένους φυτικούς ιστούς μέσα στους οποίους συμπεριλαμβάνονται η μελαμίνη και η λιγνίνη (Σκουμπής, 1988; Cseke et al., 2006). Ορισμένες απλές φαινόλες στα φυτά είναι η καρβακρόλη, η κατεχόλη και η υδροκινόνη.



Δομές απλών φαινολών

Εξαιτίας της Βιολογικής τους δράσης τα φαινολικά οξέα μελετιούνται βιολογικά, ιατρικά και χημικά. Επίσης αντικείμενο μελέτης και έρευνας των ιδιοτήτων των φαινολικών οξέων έχει ως στόχο τη μείωση της χοληστερόλης, την αύξηση εκκρίσεων στη λειτουργία της χολής, την αντιμικροβιακή δράση, κατά των

βακτηρίων καθώς επίσης την αντικαρκινική αντιφλεγμονώδη και αντισπασμωδική δράση (Silva et. al., 2007; Ghasemzadeh et. al., 2010).

Τα υδροβενζοϊκά οξέα τα οποία συναντάμε σε μικρές ποσότητες στα φυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον ανθρώπινο οργανισμό και τα οποία συχνά συνθέτουν υπομονάδες πολυμερών (π.χ. ταννίνες).

Οι διάφοροι τύποι υδροξυβενζοϊκών οξέων που συναντάμε (Schuster & Herrmann, 1985) είναι:

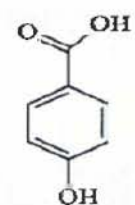
Το π-υδροξυβενζοϊκό,

Το βανιλλικό,

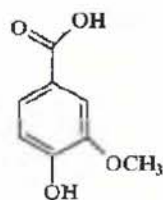
Το συριγγικό,

Το πυροκατεχινικό και

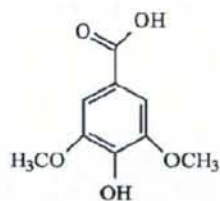
Το γαλλικό οξύ.



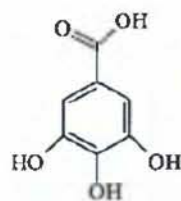
π-υδροξυβενζοϊκό οξύ



Βανιλλικό οξύ



Συριγγικό οξύ



Γαλλικό οξύ

Υδροξυβενζοϊκά οξέα

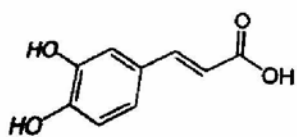
Τα υδροξυκινναμικά οξέα τα συναντούμε ακόμη πιο συχνά στα φυτά από όσο συναντάμε τα υδροβενζοϊκά (Βογιατζή και Γκουγκουλιάς, 2017), τα σπουδαιότερα από αυτά είναι:

Το κουμαρικό,

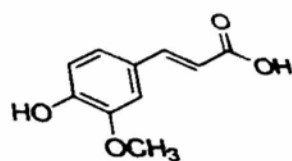
Το φερουλικό,

Το καφεϊκό και

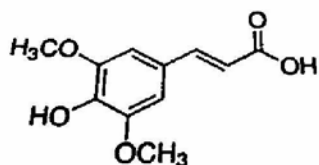
Το σιναπικό οξύ.



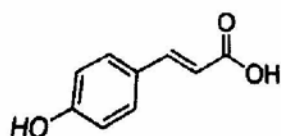
Καφεϊκό οξύ



Φερουλικό οξύ



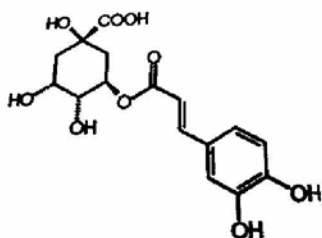
Σιναπικό οξύ



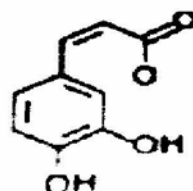
π-κουμαρικό οξύ

Υδροξυκινναμικά οξέα

Τα υδροξυκινναμικά οξέα δημιουργούν εστέρες με το ταρταρικό, το σικιμικό και το κινικό οξύ. Επίσης η εστεροποίηση του καφεϊκού οξέος με το κινικό οξύ έχουν ως αποτέλεσμα το γνωστό χλωρογενικό οξύ. Στα φυτά επίσης συναντούμε το π-κουμαρικό, το φερταρικό και το καφταρικό οξύ τα οποία προέρχονται μετά από εστεροποίηση του τρυγικού οξέος με π-κουμαρικό, με φερουλικό και με καφεϊκό οξύ. (Clifford and Scalbert, 2000; Βογιατζή και Γκουγκουλιάς, 2017).



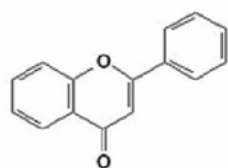
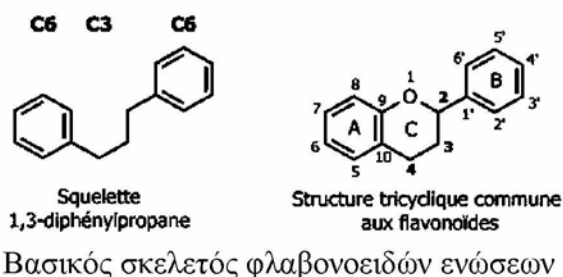
Χλωρογενικό οξύ



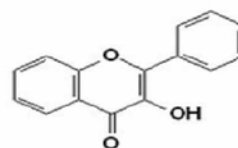
Καφταρικό οξύ

1.3.2. ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΕΙΣ ΦΑΙΝΟΛΕΣ

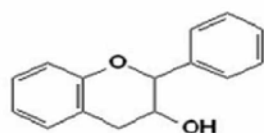
Οι φλαβονοειδείς φαινόλες έχουν την φαινυλ-βενζοπυρόνη (C₆-C₃-C₆) ως βασικό δομικό σκελετό και αποτελείται από δύο αρωματικούς δακτυλίους συνδεδεμένους μέσω ενός πυρινικού δακτυλίου. Ανάλογα το βαθμό οξείδωσης και το επίπεδο κορεσμού του κεντρικού ετεροκυκλικού δακτυλίου χωρίζονται σε φλαβόνες, φλαβονόλες, φλαβανόλες, ανθοκυανίνες, χαλκόνες, ισοφλαβονοειδή (Carocho and Ferreira, 2013).



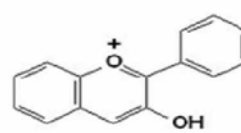
Φλαβόνες



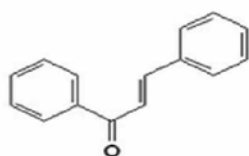
Φλαβονόλες



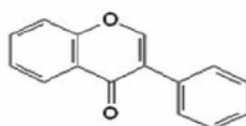
Φλαβανόλες



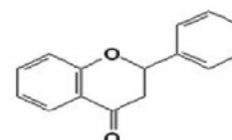
Ανθοκυανίνες



Χαλκόνες



Ισοφλαβονοειδή



Φλαβανόνες

Εικόνα 1.2. Κύριες κατηγορίες φλαβονοειδών ενώσεων

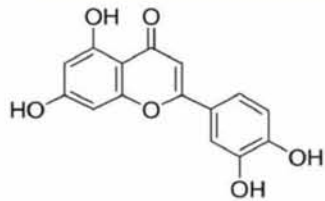
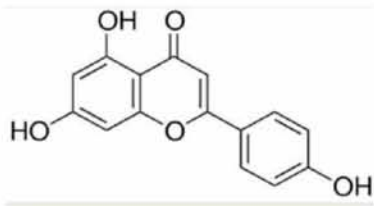
Τα φλαβονοειδή βρίσκονται στη φύση είτε σε ελεύθερη είτε σε συζευγμένη μορφή. Στα φυτά μπορούμε να τα συναντήσουμε ενωμένα με σάκχαρα ως Ο-γλυκοζίτες όπου η αντίδραση μίας ή περισσότερων, υδροξυλομάδων με ένα ή περισσότερα σάκχαρα έχουν ως αποτέλεσμα το σχηματισμό ημιακεταλικού δεσμού (Manach et al., 2004).

Μέσω δύο βασικών μεταβολικών διαδρόμων έχουμε ως αποτέλεσμα τη βιοσύνθεση των φλαβονοειδών. Ο ένας αρωματικός δακτύλιος με τρία άτομα άνθρακα στον κεντρικό ετεροδακτύλιο προκύπτει από τη διαδρομή του μαλονικού οξέος. Αρχικά έχουμε το σχηματισμό της χαλκόνης η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε φλαβανόνη, η οποία είναι μια ένωση πριν από τις φλαβόνες, τις φλαβονόλες και τα ανθοκυάνια (Βογιατζή και Γκουγκουλιάς, 2017).

Τα φλαβονοειδή έχουν καρδιοδιεγερτική, αντισπασμωδική ικανότητα καθώς επίσης βοηθούν στη μείωση της πιθανότητας καρκίνου. Στα φυτά τα φλαβονοειδή βοηθούν ενάντια στην υπεριώδη ακτινοβολία, στη διέγερση αζωτοδεσμευτικών οξιδίων στην καταπολέμηση ασθενειών (Irchhaiya et al., 2015).

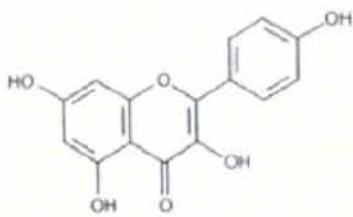
Τα 2/3 των φαινολών που λαμβάνονται από τα τρόφιμα αποτελούν τα φλαβονοειδή ενώ το εναπομείναντα 1/3 λαμβάνεται από τα φαινολικά οξέος (Chatterjee et al., 2012).

Οι πιο διαδεδομένες φλαβόνες είναι η απιγενίνη, η βαϊκαλεΐνη, η λουτεολίνη και η χρυσίνη και βρίσκονται σε υψηλά ποσοστά στο θυμάρι, το σέλινο, το τσάι, το μαϊδανό. Στις φλαβονόλες ανήκουν η καμπφερόλη, η μορίνη, η κερκετίνη, η μυρικετίνη, η γαλανγκίνη και τα γλυκοσίδια τους όπως η ρουτίνη και η αστραγαλίνη. Μια από τις σημαντικότερες φλαβονόλες είναι η κερκετίνη η οποία βρίσκεται σε πολλά φρούτα, λαχανικά καθώς και φαρμακευτικά βότανα (de Rodriguez et al., 2006; Kashani et al., 2012). Η έκθεση στο φως διεγείρει τη βιοσύνθεση των φλαβονολών και έτσι έχουμε ως αποτέλεσμα την υψηλή συγκέντρωση τους περιφερειακούς ιστούς των φρούτων (D Archivio et al., 2007).

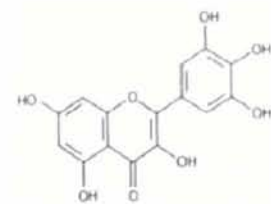


Απιγενίνη

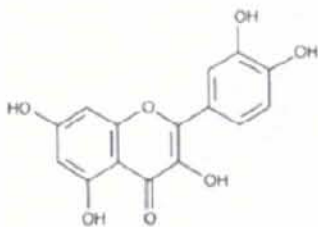
Λουτεολίνη



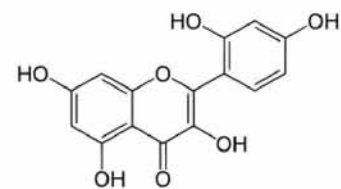
Καμπερόλη



Μυρικετίνη

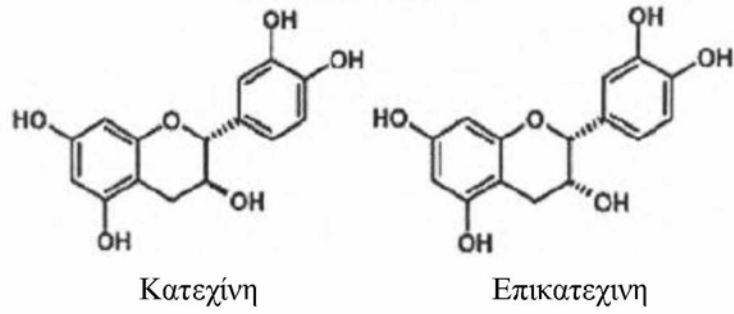


Κερκετίνη

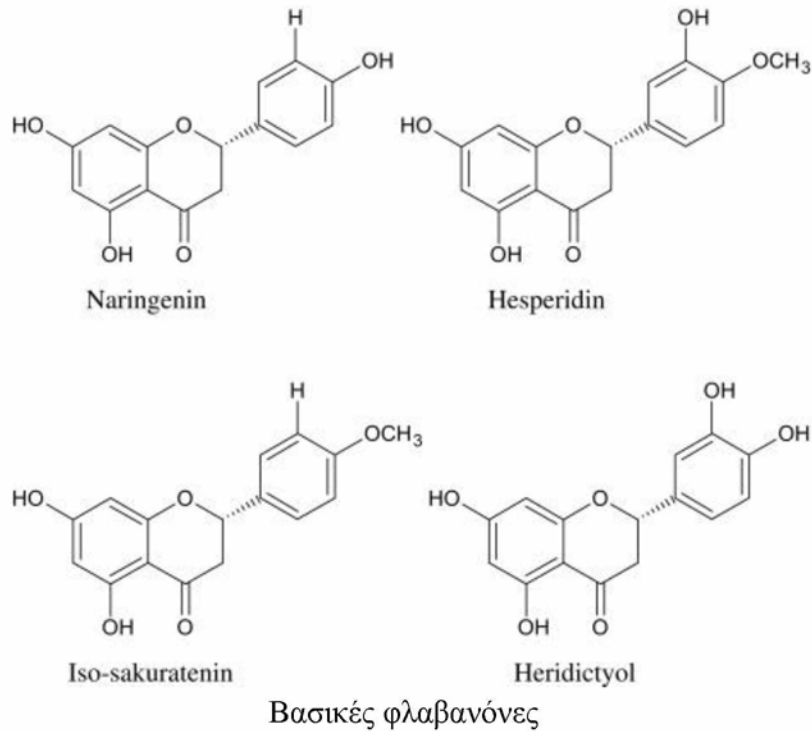


Μορίνη

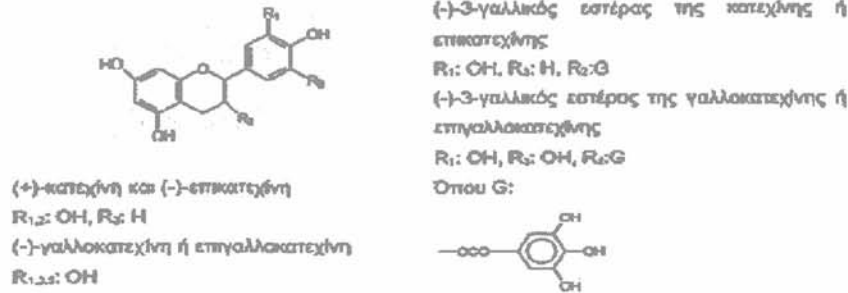
Φλαβαν-3-όλη ονομάζεται το παράγωγο της φλαβονόλης το οποίο έχει υδρογονωμένο τον κεντρικό ετεροκυκλικό δακτύλιο. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν η κατεχίνη και η επικατεχίνη, προανθοκυανιδίνες ή συμπυκνωμένες ταννίνες ονομάζονται τα ολιγομερή ή πολυμερή των φλαβαν-3-ολών τα οποία δημιουργούν μια ισχυρή ομάδα φυσικών φαινολικών παραγώγων (Calani et al., 2012).



Φλαβανόνες είναι η εσπερετίνη, η ναριγκενίνη, η εριοδικτυολή και τα γλυκοσίδια τους όπως η λικουϊρίτινη και η ναριγνίνη (D Archivio et al., 2007).



Φλαβανόλες αποτελούν η κατεχίνη, η γαλλική επιγαλλοκατεχίνη και η επιγαλλοκατεχίνη. Τις κατεχίνες τις συναντούμε στα φαρμακευτικά βότανα και σε υψηλό ποσοστό στο πράσινο τσάι. Οι φλαβανόλες δεν παρουσιάζονται γλυκοζυλιωμένες στα τρόφιμα όπως παρουσιάζονται άλλες κατηγορίες φλαβονοειδών. (D Archivio et al., 2007; Tsao, 2010).



Δομή φλαβονολών

Μια σημαντική ομάδα φλαβονοειδών είναι τα ανθοκυάνια στα οποία οφείλτε ο χρωματισμός των ανθών και των καρπών στα φυτά.

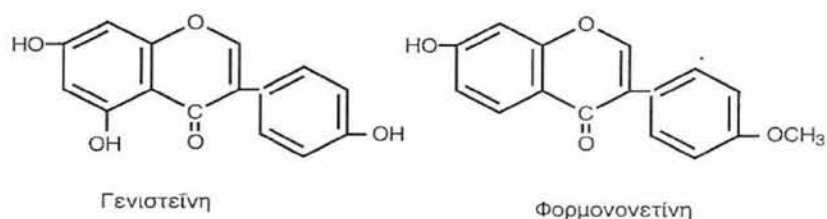
Τα ανθοκυάνια αποτελούν γλυκοζίτες των ανθοκυανιδινίων (μαλβιδίνη, πετουνιδίνη, πελαργονιδίνη, δελφινιδίνη, κυανιδίνη και πεονιδίνη). Αυτά σε συνδυασμό με φαινόλες και με άλλα φλαβονοειδή δημιουργούν με συμπύκνωση πιο σύνθετα πολυμερή. Τα ανθοκυάνια μελετιούνται λόγω τις βιολογικής τους δράσης καθώς επίσης και για τη χρήση τους ως φυσικές χρωστικές ουσίες (Satue-Gracia et al., 1997; Βογιατζή και Γκουγκουλιάς, 2017).

Οι χαλκόνες, όπως η καρθαμίνη, η φλορετίνη, η βουτεΐνη, η σαπανχαλκόνη, τοποθετούνται στην οικογένεια των φλαβονοειδών αν και δεν έχουν ετεροκυκλικό δακτύλιο c (Tsao, 2010; Orlicova et al., 2011).

Οι ισοφλαβόνες περιέχουν τη γενιστεΐνη, τη φορμονονετίνη, τη δαιδζεΐνη, τη γλυκιτεΐνη και τα γλυκοσΐδια τους. Τα μπι-φλαβονοειδή αποτελούν διμερή φλαβονοειδών και συνδέονται με c-c ή c-o-c δεσμό (Miadokona, 2009; Δομαζάκη, 2016).

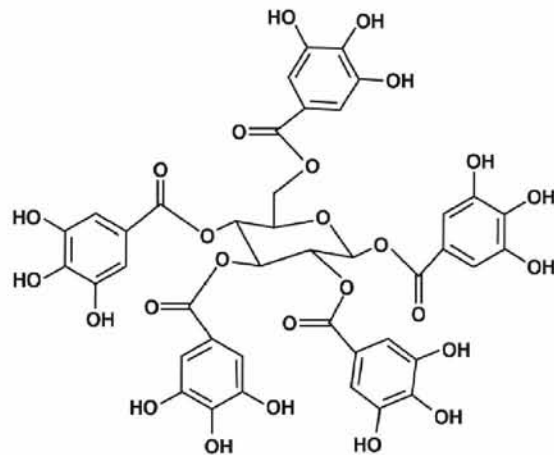
Βασικός τύπος		
Όνομασία	R ₁	R ₂
Κυανιδίνη	-OH	-H
Δελφινιδίνη	-OH	-OH
Παιονιδίνη	-OCH ₃	-H
Πετουνιδίνη	-OCH ₃	-OH
Μαλβιδίνη	-OCH ₃	-OCH ₃

Εικόνα 1.3. Βασική δομή ανθοκυανιδινίων

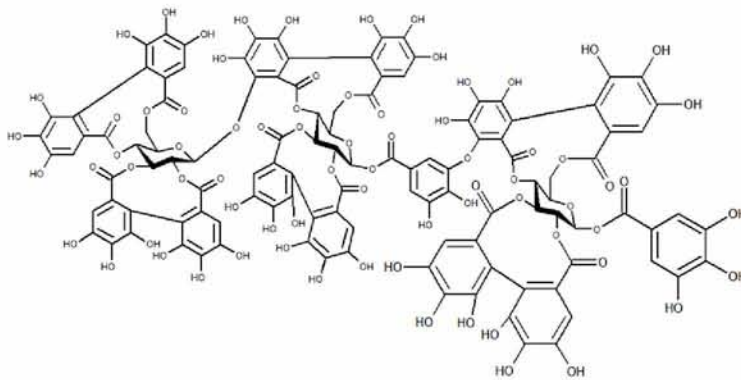


► Ταννίνες

Οι ταννίνες διμερείς, ολιγομερείς, ή πολυμερείς φαινόλες είναι ενώσεις με μεγάλο μοριακό βάρος και ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες, τις υδροδιαλυτές (ελαγταννίνες και γαλλοταννίνες) και τις συμπυκνωμένες ταννίνες ή προανθοκυανίδια. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των ταννινών είναι το ότι συνήθως είναι συνδυασμένες με πολυσακχαρίτες, αλκαλοειδή και κυρίως με πρωτεΐνες (Huang et al., 2009; Saxena et al., 2013).

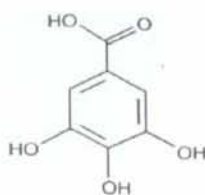


Γαλλοταννίνη

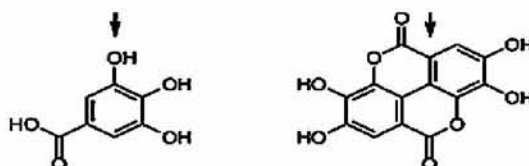


Ελαγιταννίνη

Οι υδατοδιαλυτές ταννίνες, όπως οι υδροξυλικές ομάδες και η γλυκόζη έχουν ένα κεντρικό πυρήνα πολυδρικής αλκοόλης και εστεροποιούνται από εξυδροξυδιφενικό οξύ ή από γαλλικό οξύ (γαλλοταννίνες) ή από ελλαγικό οξύ (ελαγιτοταννίνες). Η διαφορά μεταξύ των ελαγιταννινών και των γαλλοταννινών έγκειται στο ότι δύο μονάδες κατ' ελάχιστο γαλλικού οξέος οι οποίες αγκαλιάζουν τον πυρήνα ενώνονται μέσω δεσμών άνθρακα-άνθρακα (Tiwari et al., 2013). Οι υδατοδιαλυτές ταννίνες οι οποίες απαντώνται στα δικοτυλήδονα βότανα προσφέρουν αντι-διαρροϊκή δράση καθώς επίσης σε περίπτωση δηλητηριάσεων από βαρέα μέταλλα πολύ καλό αντίδοτο (Kashani et al., 2012).



Χημική δομή υδατοδιαλυτής ταννίνης

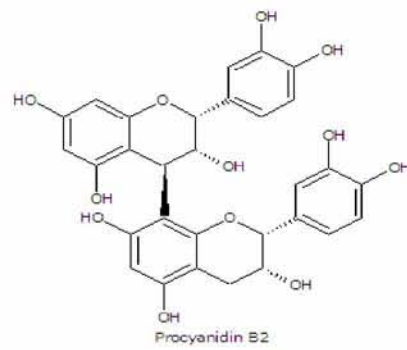


Δομή γαλλικού και ελλαγικού οξέως

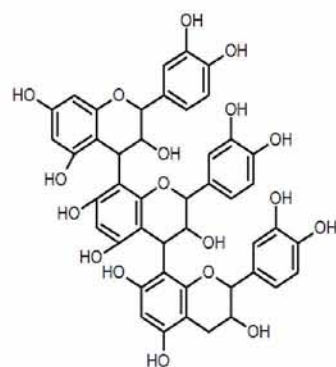
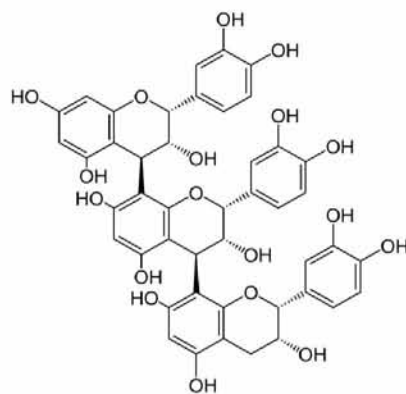
Η συμπυκνωμένες ταννίνες αποτελούν τα oligομερή και πολυμερή των φλαβαν-3-διολών τα οποία ονομάζονται προανθοκυανιδίνες (Huang et al., 2009; Dai and Mumper, 2010; Saxena et al., 2013). Οι συμπυκνωμένες ταννίνες έχουν αντικαρκινικές, αντιοξειδωτικές, καθώς επίσης και ιδιότητες κατά του HIV. Επίσης είναι υπεύθυνες για την πικρή γεύση σοκολάτας που έχουν τα λαχανικά και τα φρούτα που τις περιέχουν, καθώς επίσης και για τον στυπτικό χαρακτήρα τους (Manach et al., 2004; Kashani et al., 2012; Irchhaiya et al., 2015).

Οι σύνθετες ταννίνες προέρχονται από γλυκοζιτική ένωση κατεχίνης με γαλλοταννίνη ή ελαγιταννίνη (Huang et al., 2009).

Οι πρώτοι έλεγχοι για την εύρεση της δομής των προκυανιδινίων γίνανε με φυτικό ιστό σπόρων και φύλλων, και έτσι ταυτοποιήθηκαν τα βασικά διμερή τύπου B. Με την περαιτέρω μελέτη των διμερών, oligομερών και πολυμερών μορφών των προκυανιδινίων, ανακαλύφθηκαν οι αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες και οι χρήσεις τους ενάντια στην αθηρωματοσκλήρυνση και της αρτηριακής θρόμβωσης. Επίσης εξαιτίας του σχηματισμού με τις πρωτεΐνες αδιάλυτων συμπλόκων οι ταννίνες προσφέρουν αντισηπτικές ιδιότητες (Williams & Iatropoulos, 1997; Βογιατζή & Γκουγκουλιάς, 2017).



Διμερή προκυανιδίνια



Προκυανιδίνιο C1

Προακυανιδίνιο C2

Τριμερή προκυανιδίνια

► Λιγνάνες

Η δομική σύζευξη δύο φαινυλπροπανοειδών αποτελεί τα φυτικά λιγνάνια τα οποία ανήκουν στην κατηγορία των πολυφαινολών. Τα λιγνάνια βοηθούν στις δομικές λειτουργίες των κυτταρικών μεμβρανών των φυτών και θεωρούνται γενικά λιπόφυλλα. (Tiwari et al., 2013). Οι λιγνάνες αποτελούν φυτοοιστρογόνα, εμφανίζονται κυρίως σε ελεύθερη μορφή και σπάνια σε παράγωγα των γλυκοζιτών τους (de Rodriguez et al., 2006; Jelić et al., 2016).

Οι λιγνάνες βρίσκονται σε αφθονία στο λιναρόσπορο και έχουν αντιβακτηριδιακή, αντιφλεγμονώδη, αντιοξειδωτική, αντιμεταλλαξιογόνο, αντιαλλεργική, αντί-οιστρογονική, καθαρτική, αντικαρκινική, αντιυπερτασική και αντιπαρκινσονική δράση, καθώς επίσης προστατεύουν το συκώτι και από το διαβήτη (Wang, 2002; Βογιατζή και Γκουγκουλιάς, 2017).

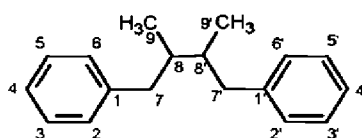
Τα κυριότερα μέλη των λιγνανίων (Nagashima and Fukuda, 2004; Βογιατζή και Γκουγκουλιάς, 2017) είναι:

Η σεσαμινόλη,

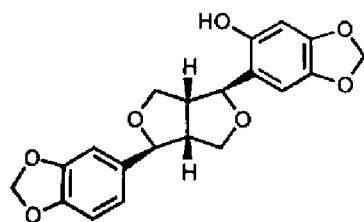
Η εντεροδιόλη,

Η ματαιρεσινόλη και

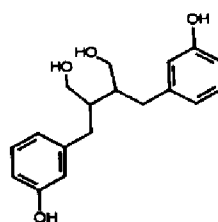
Η εντερολακτόνη



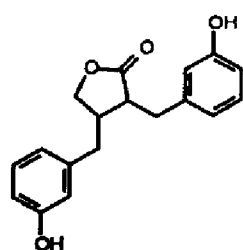
Δομή λιγνανίων



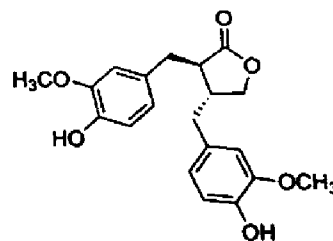
Σεσαμινόλη



Εντεροδιόλη



Εντερολακτόνη



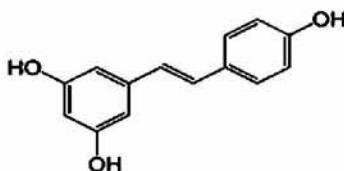
Ματαιρεσινόλη

Κυριότερα λιγνάνια

► Στιλβένια

Η δομή των στιλβενίων εμφανίζεται ως C6-C2-C6. Σε επιθέσεις από ιούς, βακτήρια και μύκητες τα φυτά αντιδρούν με την παραγωγή φυτοαλεξινών ουσιών που ανήκουν στα στιλβένια και η μορφή τους μπορεί να είναι μονομερής, διμερής, τριμερής, ολιγομερής ή πολυμερής (D Archivio et al., 2007; Huang et al., 2009; Panday and Rizvi, 2009; Irchhaiya et al., 2015). Ένα παράδειγμα φυτοαλεξίνης είναι η ένωση trans-ρεσβερατρόλη η οποία αποτελεί σημαντικό στιλβένιο στην ανθρώπινη διατροφή.

Τα στιλβένια και κυρίως η ρεσβερατρόλη έχουν αντιβακτηριδιακές, αντιφλεγμονώδεις, αντιοξειδωτικές, αντιϊκές, αντιδιαβητικές, αντικαρκινικές και καρδιοπροστατευτικές ιδιότητες (Huang et al., 2009; Panday and Rizvi, 2009; Khurana et al., 2013). Ακόμη η ρεσβερατρόλη είναι υπεύθυνη για την πρόληψη όλων των σταδίων ανάπτυξης του καρκίνου και δείχνει να έχει σημαντικά αποτελέσματα σε πολλές μορφές καρκίνου συμπεριλαμβανομένων και αυτών του δέρματος, του προστάτη, του στομάχου, του μαστού, του πνεύμονα καθώς επίσης και του παχέος εντέρου (Panday and Rizvi, 2009).



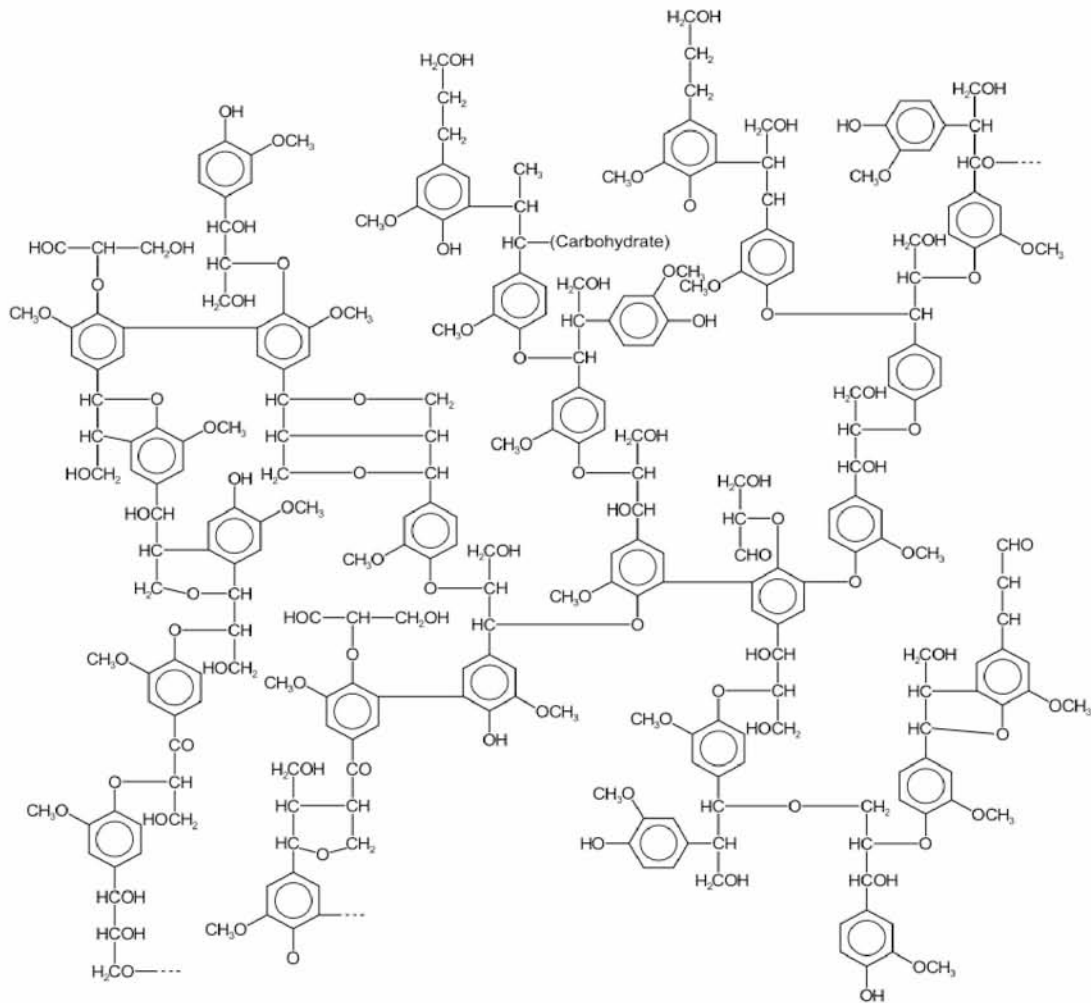
Ρεσβερατρόλη

► Λιγνίνες

Μία από τις πιο διαδεδομένες ουσίες στα φυτά είναι οι λιγνίνες οι οποίες αποτελούν ετερογενές πολυμερές φαινυλπροπανικών αλκοολών οι οποίες δημιουργούνται από τα παράγωγα του κινναμωμικού οξέος. Η π-κουμαριλκή αλκοόλη προέρχεται από το π-κουμαρικό οξύ, η π-κονιφερυλική αλκοόλη προέρχεται από το φερουλικό οξύ και η σιναυλική αλκοόλη από το σιναπικό οξύ. Τα μόρια της λιγνίνης μπορεί να διαφέρουν εξαιτίας του διαφορετικού ποσοστού της κάθε αλκοόλης στο μόριο της λιγνίνης.

Η λιγνίνη η οποία είναι πολυμερείς πολυφαινόλη παρουσιάζεται συνδεδεμένη στα κυτταρικά τοιχώματα με τους πολυσακχαρίτες, λόγω της σκληρότητας της

προσφέρει προστασία στα φυτά από τα φυτοφάγα, έχει ανθεκτικότητα στα οξέα και παρέχει ακαμψία στους ιστούς των φυτών (Βογιατζή και Γκουγκουλιάς, 2017).



Δομή μορίου λιγνίνης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ - ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ

2.1. ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ

Η απώλεια ηλεκτρονίων από ένα μόριο, άτομο ή ιόν ονομάζεται οξείδωση. Η οξειδωτική κατάσταση μιας ουσίας μειώνεται από την δέσμευση ή την πρόσληψη των ηλεκτρονίων της, οπότε η συγκεκριμένη ουσία ανάγεται. Κατά τη διάρκεια μιας οξειδοαναγωγικής αντίδρασης η αναγωγική ένωση δίνει τα ηλεκτρόνια της και ως αποτέλεσμα έχουμε την οξείδωση της.

Η λιπαρή ύλη δεσμεύει ατμοσφαιρικό οξυγόνο στη διάρκεια της αυτοοξείδωσης των λιπών και έτσι το προϊόν οξειδώνεται (Σφλώμος, 2011). Το οξυγόνο δραστηριοποιείται σε αρκετές οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις στον οργανισμό λόγω της ιδιότητας του να δημιουργεί ελεύθερες ρίζες (Δημόπουλος & Αντωνοπούλου, 2009).

Το τριγλυκερίδιο στην αυτοοξείδωση μεταβάλλεται σε μία μη σταθερή κατάσταση και δημιουργεί ρίζες λιπαρών οξέων ($R\cdot$) οι οποίες κατά την αντίδραση με το οξυγόνο σχηματίζουν ρίζες υπεροξειδίου ($ROO\cdot$). Οι ρίζες αυτές υπεροξειδίου όταν αντιδράσουν με λιπαρά οξέα σχηματίζουν ελεύθερες ρίζες και υδροϋπεροξειδία ($ROOH$), τα οποία διαχωρίζονται σε ενώσεις μικρού μοριακού βάρους όπως οξέα, αλκοόλες, κετόνες, αλδεύδες. Οι συγκεκριμένες ενώσεις ευθύνονται για την δυσάρεστη οσμή και γεύση που παρουσιάζουν τα τρόφιμα με οξειδωτική τάγγιση (Μπλούκας, 2004).

Το ποσοστό της αυτοοξείδωσης τους, συνεπάγεται από τη δομή των λιπαρών οξέων, το είδος του υποστρώματος που εκτίθεται στο οξυγόνο, το ποσοστό ακορεστότητας τους, την εμφάνιση και δράση αντιοξειδωτικών. Στο σχηματισμό ελευθέρων ριζών εκτός από το οξυγόνο βοηθάνε επίσης τα φυτοφάρμακα, το όζον (O_3), οι ανθεκτικοί οργανικοί ρύποι (POP), οι ακτινοβολίες UV και γ , τα φάρμακα και το κάπνισμα (Σφλώμος, 2011).

Η αυτοοξείδωση ολοκληρώνεται σε τρεις φάσεις. Την έναρξη, τη διάδοση, τον τερματισμό (Δημόπουλος & Αντωνοπούλου, 2011).

Κατά την πρώτη φάση της έναρξης απορροφάται οξυγόνο από την ατμόσφαιρα. Στη φάση αυτή το ποσοστό της αυτοοξείδωσης συνεπάγεται από τη σύσταση των λιπαρών οξέων. Ο βαθμός οξείδωσης μεγαλώνει όταν υπάρχουν όσο το δυνατόν περισσότεροι διπλοί δεσμοί και έτσι συντομεύει η πρώτη φάση της έναρξης. Ένα

άτομο (H-) αποχωρίζεται από μία μεθυλενομάδα (CH-) κοντινή στο διπλό δεσμό και έτσι έχουμε το σχηματισμό ελεύθερης ρίζας ατόμου υδρογόνου και μιας ελεύθερης ρίζας ατόμου άνθρακα, του μεθυλενίου. Για το σχηματισμό των ελευθέρων ριζών πρέπει να υπάρχει παρουσία μετάλλων και φωτός (Σφλώμος, 2011).

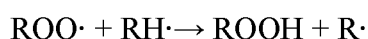
Κατά τη δεύτερη φάση, τη φάση της διάδοσης δημιουργείται μία υπεροξειδική ελεύθερη ρίζα εξαιτίας της απευθείας προσθήκης του οξυγόνου στο ενεργοποιημένο μεθύλιο. Στη συνέχεια έχουμε την παραγωγή υδροϋπεροξειδίου και μιας καινούργιας ρίζας, όταν αντιδράσει μία υπεροξειδική ελεύθερη ρίζα με την μεθυλομάδα ενός άλλου ακόρεστου λιπαρού οξέος. Με αυτή τη διαδικασία δημιουργούνται οι αλυσιδωτές αντιδράσεις (Σφλώμος, 2011).

Στην τρίτη φάση τα υδροϋπεροξειδία διασπώνται σε ενώσεις μικρού μοριακού βάρους οι οποίες ευθύνονται για τη δημιουργία άσχημων οσμών και γεύσεων στα τρόφιμα τα οποία περιέχουν λιπαρά οξέα. Γενικά η διάσπαση των υδροϋπεροξειδίων βασίζεται σε τρία στάδια όπου κατά το πρώτο δημιουργούνται νέες ελεύθερες ρίζες ενώ στα δύο επόμενα παράγονται τα δευτερογενή προϊόντα της αντίδρασης (λιπαρά οξέα, κετόνες κ.λ.π.) (Σφλώμος, 2011).

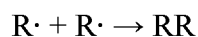
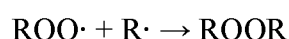
Συνοπτικά οι τρεις φάσεις (Πολίτη, 2016) των αντιδράσεων:

Έναρξη: $RH + R\cdot + H\cdot$ (ελεύθερη ρίζα)

Διάδοση: $R\cdot + O_2 \rightarrow ROO\cdot$ (ρίζα υπεροξειδίου)



Τερματισμός: $RO\cdot + R\cdot \rightarrow ROR$



Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες οι οποίοι επιδρούν στην αυτοξειδωση όπως:

Η ύπαρξη ακόρεστων λιπαρών στη λιπαρή ύλη: χάρη στο μηχανισμό της, δραστηριοποιούνται οι με διπλό δεσμό γειτονικές μεθυλενομάδες, ενώ όταν υπάρχουν δύο γειτονικοί διπλοί δεσμοί αυξάνεται η κινητοποίηση τους.

Θερμοκρασία και ηλιακή ακτινοβολία: η αποθήκευση των λιπαρών υλών είναι σημαντικό να γίνεται σε χαμηλή θερμοκρασία καθώς και οι συσκευασίες τους να μην επιτρέπουν τη διέλευση του φωτός λόγω του ότι η υψηλή θερμοκρασία και το φως καταστρέφουν τη δημιουργία ελευθέρων ριζών.

Διαθεσιμότητα οξυγόνου: η παρουσία του οξυγόνου είναι αναγκαία για τη δημιουργία της αυτοξειδωσης.

Χαμηλή υγρασία: τα προϊόντα είναι απαραίτητο να έχουν χαμηλή περιεκτικότητα υγρασίας γιατί η υγρασία δρα αποτρεπτικά στην αντίδραση της οξειδωσης.

Παρουσία μετάλλων: αρκετά μέταλλα όπως Fe, Cu κλπ καταστρέφουν την αυτοξειδωση.

Αντιοξειδωτικά: τα ενδογενή και εξωγενή αντιοξειδωτικά εμποδίζουν τη διαδικασία της αυτοξειδωσης (Σφλώμος, 2011).

2.2. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ

Αντιοξειδωτικά ονομάζονται εκείνες οι ουσίες οι οποίες παρεμποδίζουν τις αντιδράσεις των ελευθέρων ριζών και έτσι προστατεύουν τον οργανισμό από την επιβλαβή δράση τους (Krause and Ternes, 2000; Visioli et al., 2000).

Ορισμένες από τις σημαντικές λειτουργίες των αντιοξειδωτικών είναι:

- Η εκτόπιση των ιόντων με καταλυτικές αντιδράσεις.
- Η εκτόπιση του οξυγόνου.
- Η παγίδευση των αρχικών ελευθέρων ριζών.
- η απομάκρυνση των ενδιάμεσων σε μία οξειδωτική διαδικασία.
- Η διάσπαση των αλυσιδωτών αντιδράσεων.

Για να μπορεί να χαρακτηριστεί μία ουσία ως αντιοξειδωτικό θα πρέπει να έχει τις παρακάτω ιδιότητες:

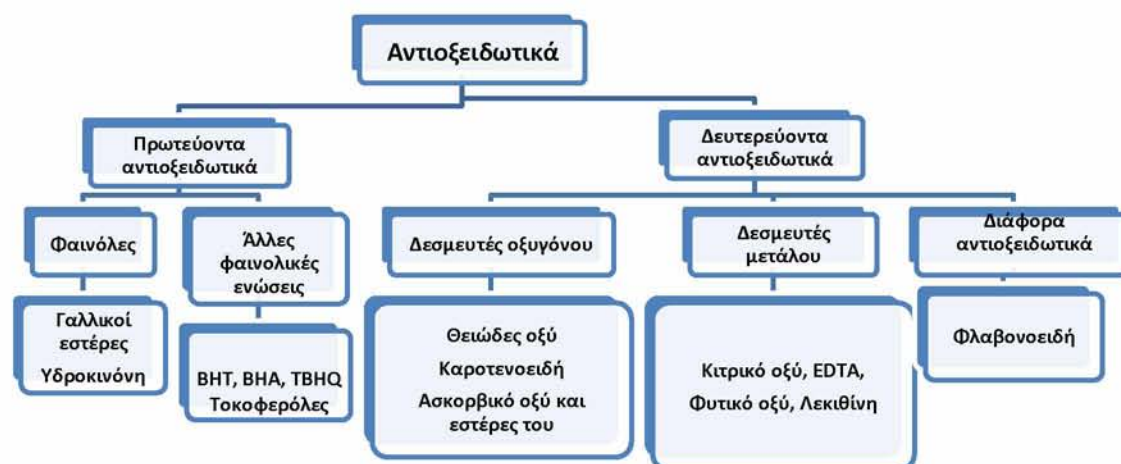
- Να μην έχει βλαβερές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία.
- Ακόμη και σε μικρή περιεκτικότητα θα πρέπει να είναι αποτελεσματικό.
- Να μην δίνει δυσάρεστη γεύση και οσμή στα τρόφιμα.
- Να παρουσιάζει σταθερότητα κατά τα στάδια επεξεργασίας των τροφίμων.
- Να είναι όσο το δυνατόν λιποδιαλυτό (Μπόσκου, 1997).

Χάρη στις πιο πάνω ιδιότητές τους, τα αντιοξειδωτικά έχουν ερευνηθεί για τη δράση τους ενάντια σε χρόνια και εκφυλιστικά νοσήματα όπως οι καρδιαγγειακές ασθένειες, η γήρανση και ο καρκίνος. Σημαντικές μελέτες έχουν εξάγει αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζουν μία αμφίδρομη σχέση μεταξύ των παραπάνω ασθενειών και μιας διατροφής πλούσιας σε λαχανικά και φρούτα. Βασικός

προστατευτικός μηχανισμός είναι η ικανότητα που έχουν τα αντιοξειδωτικά να αποβάλουν από τον ανθρώπινο οργανισμό τις ελεύθερες ρίζες. Έτσι ως αποτέλεσμα μειώνουν την καταστροφή μορίων των κυττάρων τα οποία είναι σημαντικά για τη λειτουργία τους όπως είναι οι πρωτεΐνες και τα λιπίδια DNA. Εκτός από τις πολύ σημαντικές τους δράσεις για τον ανθρώπινο οργανισμό, τα αντιοξειδωτικά χρησιμοποιούνται ευρέως και για τη συντήρηση των τροφίμων ενάντια στην τάγγιση, τον αποχρωματισμό και τη φθορά που μπορούν να δημιουργηθούν κατά την οξείδωση (Μπόσκου, 1997).

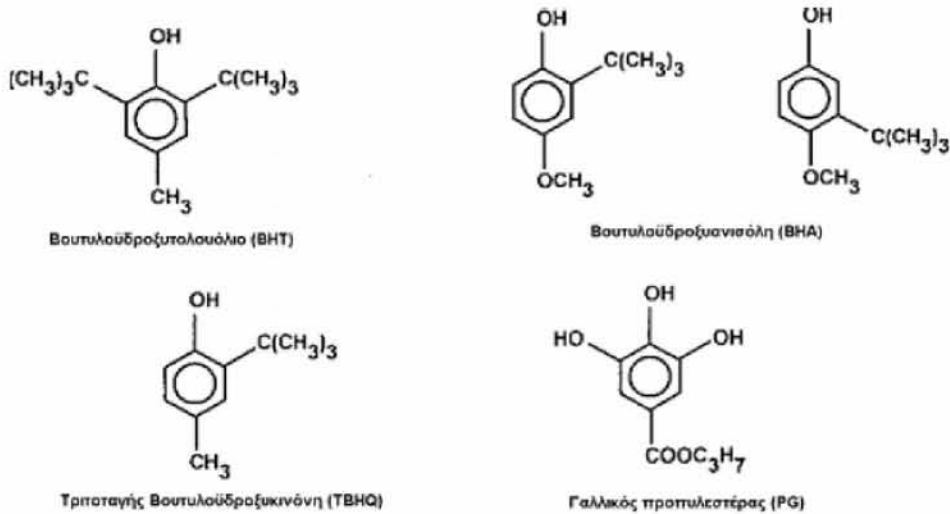
Τα αντιοξειδωτικά διακρίνονται σε φυσικά αντιοξειδωτικά και σε συνθετικά αντιοξειδωτικά ανάλογα με την προέλευσή τους. Φυσικά είναι αυτά που λαμβάνονται από τα τρόφιμα όπως η βιταμίνη c (ασκορβικό οξύ), η βιταμίνη E (τοκοτριενόλες, τοκοφερόλες), η βιταμίνη A (ρετινόλη), το σελήνιο, τα καροτενοειδή (λικοπένιο, β-καροτίνη, λουτεΐνη κ.α). Επίσης στα φυσικά αντιοξειδωτικά ανήκουν και οι φυτοχημικές ουσίες όπως τα φλαβονοειδή, οι φυτικές στερόλες, οι φαινολικές ενώσεις και οι θειούχες φυτικές ενώσεις τα οποία παρουσιάζουν σημαντικές αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Τριχόπουλος κ.α. 2000). Συνθετικά είναι τα αντιοξειδωτικά τα οποία προστίθενται στα τρόφιμα και στα λίπη και τα οποία βοηθούν στην επιβράδυνση της οξείδωσης που προκαλούν οι ελεύθερες ρίζες, καθώς επίσης βοηθούν στη διατήρηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών για μεγαλύτερο διάστημα (Μπόσκου, 1997).

Τα αντιοξειδωτικά ανάλογα με το μηχανισμό δράσης τους, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα πρωτεύοντα και τα δευτερεύοντα (Σπυρονίκος, 2012).

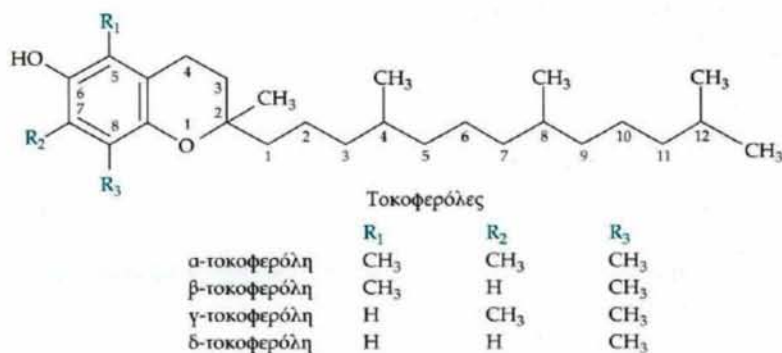


Κατάταξη των αντιοξειδωτικών

Τα πρωτεύοντα αντιοξειδωτικά παρέχοντας άτομα υδρογόνου βοηθούν στη διακοπή των αντιδράσεων διάδοσης των ελευθέρων ριζών. Στην κατηγορία των πρωτευόντων ανήκουν φαινολικές ενώσεις όπως BHT (βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο), BHA (βουτυλιωμένη υδροξυανισόλη), PG (προπυλικός εστέρας γαλλικού οξέος, TBHQ (δι-τριπ-βουτυλοϋδροκινόνη), καφεϊκό οξύ, τοκοφερόλες, ροσμανικό οξύ, καρνοσόλη (Reische et al., 2008). Οι τοκοφερόλες, ανήκουν στα φυσικά αντιοξειδωτικά (Groppe et al., 2008). Προστατεύουν τα βιολογικά συστήματα, όπως όργανα και κύτταρα από διάφορες βλάβες οι οποίες προκύπτουν από την έκθεση τους σε συνθήκες αυξημένου οξειδωτικού στρες. Τα φαινολικά αντιοξειδωτικά παρουσιάζουν υψηλότερη δράση όταν συνδυάζονται. Το συγκεκριμένο φαινόμενο ονομάζεται συνεργεία οι συνεργισμός (Μπόσκου, 1997; Γαλάρης & Δούλιας, 2001; Βογιατζή και Γκουγκουλιάς, 2017). Στα δευτερογενή αντιοξειδωτικά ανήκουν ενώσεις οι οποίες λειτουργούν ως δεσμευτικές οξυγόνου. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν το θειώδες οξύ και τα άλατα του, το ασκορβικό οξύ και οι εστέρες του καθώς επίσης και τα καροτενοειδή. Ένας ακόμη μηχανισμός δράσης των δευτερογενών αντιοξειδωτικών είναι η δέσμευση μετάλλων τα οποία με μεταφορά ηλεκτρονίου δημιουργούν ελεύθερες ρίζες. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οξέα ή παράγωγα τα οποία σχηματίζουν χημικές ενώσεις όπως το κιτρικό οξύ, το EDTA, η λεκιθίνη και το φυτικό οξύ. Το κιτρικό οξύ και το EDTA δημιουργούν χημικές ενώσεις με μέταλλα όπως ο χαλκός και το σίδηρο και ως αποτέλεσμα έχουμε τη δημιουργία ελευθέρων ριζών.



Χημικές δομές πρωτοταγών αντιοξειδωτικών



Δομή τοκοφερολών

Τα φλαβονοειδή αποτελούν φαινολικά συστατικά των φυτών και παρουσιάζουν ποικίλη αντιοξειδωτική δράση. Τα φλαβονοειδή δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες και το ενεργό οξυγόνο, εμποδίζουν την υπεροξείδωση των λιπών και απενεργοποιούν την λιποξυγενάση (Μπόσκου, 1997; Σπυρονίκος, 2012).

2.3. ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΡΙΖΕΣ

Καθημερινά στον ανθρώπινο οργανισμό γίνονται διάφορες αντιδράσεις και διεργασίες και ως συνέπεια έχουμε την παραγωγή ελευθέρων ριζών. Η παραγωγή αυτή των ελευθέρων ριζών στο σώμα, προέρχεται κυρίως από τις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής οι οποίες καταργούνται από ένζυμα ή μεταλλικά ιόντα, από την ακτινοβολία (υπέρυθρη, θερμότητας και υψηλής ενέργειας) καθώς επίσης μπορεί να προέρχεται και από την έκθεση του οργανισμού σε ουσίες όπως τα χημικά, το όζον η και κάποια φάρμακα. Οι ελεύθερες ρίζες βοηθούν σημαντικά στη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού αλλά παράλληλα είναι δυνατόν να δημιουργήσουν και τοξικά προβλήματα σε αυτόν. Η παρουσία τους στον οργανισμό επιβάλλεται κατά τη σύνθεση συστατικών, την παραγωγή ενέργειας, την επικοινωνία των κυττάρων καθώς επίσης και για τη φαγοκυττάρωση, μία απαραίτητη διαδικασία του ανοσοποιητικού μας συστήματος. Από την άλλη όμως οι ελεύθερες ρίζες ευθύνονται για πολλές ασθένειες όπως η αθηροσκλήρωση, ο καρκίνος, η γήρανση (Paras, 1999).

Έτσι κάθε χημικό είδος το οποίο έχει στην εξωτερική του στοιβάδα ένα ή και περισσότερα μονήρη ηλεκτρόνια ονομάζεται ελεύθερη ρίζα. Αναφερόμαστε σε μόρια τα οποία είναι πολύ δραστικά καθώς και ασταθή και τα οποία προέρχονται από μεταβολικές διεργασίες μέσα στο κύτταρο, καθώς επίσης και από την επιρροή εξωγενών παραγόντων. Έτσι έχουμε την έναρξη μιας αλυσιδωτής αντίδρασης εξαιτίας του κλωνισμού της μοριακής τάξης, που ως αποτέλεσμα επιφέρει την κυτταρική βλάβη. (Bourassa and Tardif, 2006).

Οι ελεύθερες ρίζες αζώτου και οξυγόνου μεταβάλλονται στον οργανισμό σε διαφορετικές δραστικές ουσίες όπως το υποχλωριώδες οξύ (HOCL), το υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2) και το πεποφυνιτρίλιο. Οι δραστικές μορφές αζώτου (Reactive Nitrogen Species, RNS) και οξυγόνου (Reactive Oxygen Species, ROS), δημιουργούνται κάτω από φυσιολογικές ή παθολογικές συνθήκες στον οργανισμό και περιέχουν και ελεύθερες ρίζες καθώς επίσης και άλλες δραστικές ουσίες (Prig and Cao, 1999).

Οι ελεύθερες ρίζες οξυγόνου που συναντάμε συχνότερα είναι η υπεροξειδική (O_2^-), η αλκοολική (RO^-), η υδροξυλική (OH^-) και η περοξυλική (ROO^-), ενώ οι συχνότερα απαντώμενες ρίζες αζώτου προέρχονται από το διοξειδίο (NO^2^-) και το μονοξειδίο (NO^-) του αζώτου (Pryor et al., 2006).

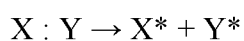
Το οξυγόνο το οποίο είναι αλληλένδετο με τη ζωή όταν χρησιμοποιηθεί από τα κύτταρα για παραγωγή ενέργειας, τότε έχουμε τη δημιουργία ελευθέρων ριζών ως αποτέλεσμα της παραγωγής ATP (τριφωσφορικής αδενοσίνης) από μιτοχόνδρια. Τα προϊόντα αυτά είναι αντιδραστικά είδη αζώτου (RNS) και οξυγόνου (ROS) και προέρχονται από την οξειδοαναγωγική διαδικασία των κυττάρων. Τα RNS και ROS έχουν ωφέλιμες συνέπειες στο ανοσοποιητικό σύστημα όταν βρίσκονται σε χαμηλά ή μέτρια επίπεδα. Όταν όμως βρεθούν σε μεγάλες συγκεντρώσεις τότε έχουμε ως αποτέλεσμα το οξειδωτικό στρες, μία βλαβερή διεργασία η οποία είναι ικανή να δημιουργήσει σημαντικές αλλαγές στις κυτταρικές μεμβράνες καθώς επίσης και σε δομές όπως τα λιπίδια, το δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ (DNA), οι πρωτεΐνες και οι λιποπρωτεΐνες. Στην ουσία το οξειδωτικό στρες προέρχεται από την ανισορροπία που προκύπτει μεταξύ του σχηματισμού και της εξουδετέρωσης των RNS και ROS από κύτταρα (Pham-Huy et al., 2008; Dai & Mumper, 2010; Kumar, 2011; Halliwell, 2012).

Το οξειδωτικό στρες στα κύτταρα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η έκθεση σε αλκοόλ, τραύμα, μολύνσεις, φάρμακα, κρυολόγημα, τοξίνες, κακή διατροφή, έντονη φυσική δραστηριότητα, ακτινοβολία (Percival, 1998; Lobo et al., 2010).

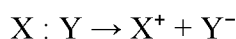
Το οξειδωτικό στρες μπορεί να μετρηθεί με δύο τρόπους, στον άμεσο κατά τον οποίο μετράμε τις συγκεντρώσεις των ενδογενών και εξωγενών αντιοξειδωτικών και τον έμμεσο, κατά τον οποίο μπορούμε να μετρήσουμε συγκεντρώσεις ελευθέρων ριζών ή δείκτες οξειδωτικού στρες (Mayne, 2003).

Η ανάπτυξη των ελευθέρων ριζών μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους:

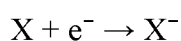
- Με διάσπαση ομολυτική του ομοιοπολικού δεσμού του κανονικού μορίου, έτσι κάθε μέρος δεσμεύει από το ζεύγος των ηλεκτρονίων ένα ηλεκτρόνιο.



- Με την αφαίρεση από το κανονικό μόριο ενός ηλεκτρονίου.



- Με την προσθήκη στο κανονικό μόριο ενός ηλεκτρονίου.



Μία ρίζα έχει τη δυνατότητα να πάρει ηλεκτρόνιο από κάποιο άλλο μόριο έτσι ώστε να δημιουργήσει ζεύγος, μπορεί να δώσει ή μπορεί και να ενωθεί με το μόριο. Κατά τη φάση στην οποία η ρίζα παίρνει ή δίνει κάποιο ηλεκτρόνιο ή προστίθεται το

ανιόν που δημιουργείται τότε γίνεται νέα ρίζα. Έτσι ως αποτέλεσμα των συνεχών αλυσιδωτών αντιδράσεων έχουμε η μία ρίζα να δημιουργεί μία νέα καινούργια ρίζα (Kumar, 2011; Halliwell, 2005).

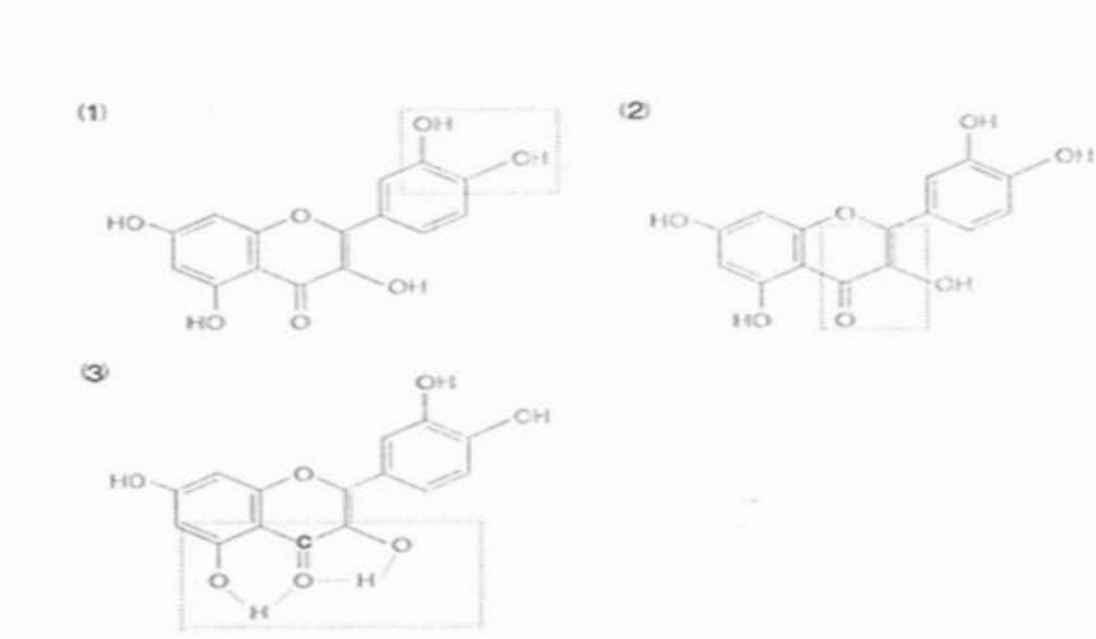
2.4. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ

Η ικανότητα των πολυφαινολών να δρουν ως αντιοξειδωτικά οφείλεται στην ιδιότητά τους να συμπλοκοποιούν ελεύθερα μέταλλα, να λαμβάνουν μέρος ως υποστρώματα των υπεροξειδασών, ενζύμων τα οποία καταργούν αντιδράσεις αδρανοποίησης του υπεροξειδίου του υδρογόνου και στην ικανότητα τους να δεσμεύουν τις δραστικές μορφές οξυγόνου (ROS) και τις ελεύθερες ρίζες. Η ιδιότητά τους αυτή στο να δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες, χαρακτηρίζεται ως ο βασικότερος τρόπος δράσης, τόσο *in vivo* όσο και *in vitro*. Η ιδιότητα αυτή εξαρτάται από το πόσο εύκολα μπορεί να δώσει άτομο υδρογόνου / μονήρους ηλεκτρονίου στις ελεύθερες ρίζες και από τη σταθερότητα της φαινολικής ρίζας που παράγεται (Yanishlieva-Maslarova, 2001).

Σημαντικό ρόλο παίζουν τα δομικά χαρακτηριστικά των πολυφαινολών και έτσι η αντιοξειδωτική τους δράση συνεπάγεται από το βαθμό γλυκοζυλίωσης τους, από την παρουσία διπλών δεσμών, την ποσότητα των διαθέσιμων ομάδων υδροξυλίου και την παρουσία μεθυλικών ομάδων. Το ποσοστό και η διάταξη των ομάδων υδροξυλίου, παίζουν σημαντικό ρόλο ανάμεσα στις διάφορες λειτουργικές ομάδες, στη στερεοχημική τους δομή (Franker & Meyer, 2000; Fernandez-Panchon et al., 2008).

Για την αποτελεσματική δέσμευση των ελευθέρων ριζών, τα φλαβονοειδή πρέπει να έχουν τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά (Yanishlieva-Maslarova, 2001; Βογιατζή και Γκουγκουλιάς, 2017) στη δομή τους:

1. Την ύπαρξη ορθό-διυδροξυ-διάταξης στο δακτύλιο β.
2. Διπλό δεσμό στις θέσεις 2 και 3 στο c-δακτύλιο δίπλα στην 4-κετο-ομάδα.
3. Την υδροξυλομάδων στις θέσεις 3 και 5.



Χαρακτηριστικά της δομής των φλαβονοειδών ως αντιοξειδωτικά

Σημαντικό ρόλο στην αντιοξειδωτική ικανότητα παίζουν και οι φλαβονοειδείς και οι μη φλαβονοειδείς ενώσεις. Τα διμερή των προκυανιδινών παρουσιάζουν την υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα και ακολουθούν κατά σημαντικότητα οι φλαβανόλες, οι φλαβονόλες, τα υδροξυκινναμωμικά οξέα και τα απλά φαινολικά οξέα (Soobrattee et al., 2005). Βάση ερευνών, τη μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα στις μονομερείς φαβαν-3-όλες επέδειξαν οι γαλλικοί εστέρες τις επιγαλλοκατεχίνης και της επικατεχίνης και μικρότερη η κατεχίνη. Η ικανότητα αυτή των εστέρων, οφείλεται στο ότι έχουν περισσότερες ομάδες υδροξυλίου στη δομή τους (Salah et al., 1995). Στα άγλυκα μέρη των φλαβονολών, τη σημαντικότερη αντιοξειδωτική ικανότητα έχει η κερκετίνη και στη συνέχεια έρχεται η μρικετίνη και η καμφερόλη (Soobrattee et al., 2005).

Στην κατηγορία των φαινολικών οξέων, τα παράγωγα του κινναμωμικού οξέος παρουσιάζουν υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με αυτά του βενζοϊκού οξέος (Chen & Ho, 1997). Επίσης η αντιοξειδωτική ικανότητα των υδροξυκινναμικών οξέων είναι μεγαλύτερη στο ροσμαρικό οξύ και ακολουθούν κατά φθίνουσα σειρά το χλωρογενικό, το καφεϊκό και το κουμαρικό οξύ (Cuvelier et al., 1992).

Η συγκέντρωση των φαινολικών συστατικών στα φυτά, μπορεί να επηρεάζεται είτε από τη φυσιολογία του φυτού ή από γεωγραφικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Το στάδιο ανάπτυξης, τα μέρη του φυτού (άνθη, καρποί, φύλλα, σπέρματα) και το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας, επηρεάζουν τα επίπεδα των φαινολικών συστατικών (Wang et al., 1996). Επίσης και η εποχή συγκομιδής επηρεάζει τις συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων, καθώς παρατηρούμε μεταβολές ανάμεσα σε ποικιλίες ίδιου είδους, αλλά και εντός της ίδιας ποικιλίας (Ryan et al., 1999).

Έλλειψη ή περίσσεια κάποιου θρεπτικού στοιχείου μπορεί να προκαλέσει μεταβολή στα επίπεδα των φαινολικών ενώσεων στα φυτά. Όταν έχουμε επάρκεια αζώτου στα φυτά, τότε αυτά συνθέτουν δευτερογενείς μεταβολίτες οι οποίοι περιέχουν στο μόριό τους άζωτο, ενώ στην αντίθετη περίπτωση της έλλειψης αζώτου, η σύνθεση των μεταβολιτών περιέχει άνθρακα (Gershenzon, 1984).

Η υψηλή θερμοκρασία είναι ένας από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες ο οποίος μπορεί να επηρεάσει τη σύνθεση των φαινολικών συστατικών (Rivero et al., 2001).

Οι μηχανικές βλάβες καθώς και η προσβολή από εχθρούς και ασθένειες, αυξάνουν τα ποσοστά των φαινολικών ενώσεων στα φυτά. Επίσης η γεωγραφική τοποθεσία του φυτού επηρεάζει τη σύνθεση των φαινολικών ενώσεων, καθώς και το έδαφος, η ρύπανση και οι θερμοκρασίες αποθήκευσης (Figueiredo et al., 2008).

Όπως αναφέρθηκε, οι πολυφαινόλες, παρέχουν σημαντική προστασία στην υγεία του ανθρώπου, η οποία οφείλεται στην αντιοξειδωτική τους δράση. Προστατεύουν την LDL (Low Density Lipoprotein) από οξείδωση και ως αποτέλεσμα έχουμε μείωση της χοληστερόλης στους ιστούς. Επίσης οι πολυφαινόλες παρουσιάζουν προστατευτική δράση ενάντια στις καρδιακές παθήσεις εξαιτίας της αντιοξειδωτικής τους δράσης. Ακόμη τα φλαβονοειδή παρουσιάζουν αγγειοπροστατευτικό και αντιθρομβωτικό ρόλο, καθώς επίσης και υπολιπιδαιμική δράση.

Οι πολυφαινόλες σταματούν ή καθυστερούν την οξείδωση μέσω των ελευθέρων ριζών, γιατί δεσμεύουν τα μεταλλικά ιόντα τα οποία ξεκινούν μία οξείδωση και δημιουργούν χηλικό σύμπλοκο, ή γιατί αναγεννούν τη βιταμίνη E, ή ακόμη γιατί αντιδρούν με τις ελεύθερες ρίζες και τις εξουδετερώνουν.

Τα φαινολικά αντιοξειδωτικά ενεργούν συνήθως ως δεσμευτές ελευθέρων ριζών ή ως αποδομητές αλυσιδωτών οξειδωτικών αντιδράσεων. Ακόμη τα φαινολικά αντιοξειδωτικά (P-H) είναι πολύ καλοί δότες υδρογόνου (Shahidi et al., 1992) ή

ηλεκτρονίου στα λιπιδικά ριζικά ($\text{LOO}\cdot$, $\text{LO}\cdot$) όπως φαίνεται στον πιο κάτω μηχανισμό:

- $\text{LOO}\cdot + \text{P-H} \rightarrow \text{LOOH} + \text{P}\cdot$
- $\text{LO}\cdot + \text{P-H} \rightarrow \text{LOH} + \text{P}\cdot$

Ως αποτέλεσμα στις πιο πάνω αντιδράσεις, είναι το ότι οι πολυφαινόλες μετατρέπονται σε ρίζες, απενεργοποιώντας τις υπάρχουσες ρίζες. Λόγω της πολύφαινολικής τους δομής οι φαινοξύ-ρίζες ($\text{P}\cdot$) που δημιουργούνται έχουν μεγαλύτερη χημική σταθερότητα. Τα ενδιάμεσα τις φαινοξύ-ρίζες μπορούν να σταματούν τον πολλαπλασιασμό των ριζών αντιδρώντας με άλλες ελεύθερες ρίζες:

- $\text{LOO}\cdot + \text{P}\cdot \rightarrow \text{LOOP}$
- $\text{LO}\cdot + \text{P}\cdot \rightarrow \text{LOP}$

Έτσι με την πιο πάνω αντίδραση, οι πολυφαινόλες προστατεύουν τις λιποπρωτεΐνες του πλάσματος, καθώς και τα λιποειδή των κυτταρικών μεμβρανών από οξείδωση και ως αποτέλεσμα βοηθούν στη δυσλειτουργία των κυττάρων και στην αθηρογένεση. Υπό συγκεκριμένες συνθήκες, όπως το υψηλό pH, η υψηλή συγκέντρωση φαινολικών αντιοξειδωτικών και η παρουσία σιδήρου, τα φαινολικά αντιοξειδωτικά μπορούν να αρχίσουν μία πορεία αυτοοξείδωσης και να δράσουν ως προοξειδωτικά (Shahidi et al., 1992).

Η χημική δομή των πολυφαινολών είναι αυτή που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ικανότητα τους ως αντιοξειδωτικές ενώσεις. Η φαινόλη για παράδειγμα δεν ενεργεί ως αντιοξειδωτικό, όμως στα ορθό- και παρά-διφαινολικά παράγωγα παρουσιάζουν αντιοξειδωτική ικανότητα η οποία μεγαλώνει όταν αντικατασταθούν άτομα με αιθυλικές ή n-βουτυλικές ομάδες. Τα φλαβονοειδή είναι από τα ισχυρότερα φαινολικά αντιοξειδωτικά και είναι πολύ καλοί δέκτες υπεροξυλικών και υδροξυλικών ριζών και μπορούν να έχουν αυτή την ιδιότητα και μετά τη δημιουργία συμπλόκων με μεταλλικά ιόντα (Afanas et al., 1989). Μεγάλη αντιοξειδωτική δράση παρουσιάζουν οι ενώσεις οι οποίες έχουν πολλές ομάδες υδροξυλίου, καθώς και η δράση τους αυτή επηρεάζεται από το βαθμό υδροξυλίωσης των φλαβονοειδών. Τα ισομερή της κατεχίνης για παράδειγμα, έχουν διπλάσια αντιοξειδωτική δράση από ότι η βιταμίνη E (Rice-evans et al., 1995). Επίσης, η παρουσία σακχάρου στο μόριο της φαινολικής ένωσης μειώνει την αντιοξειδωτική δράση (Ratty and Das, 1998).

Έχει επικρατήσει η άποψη, ότι η αντιοξειδωτική δράση παρουσιάζουν μόνο οι εκχυλιζόμενες πολυφαινόλες. Ωστόσο έπειτα από μελέτη παρουσιάστηκε ότι οι μη

εκχυλιζόμενες πολυφαινόλες (υψηλού μοριακού βάρους υδρολυόμενες) ταννίνες και πολυμερείς προανθοκυανιδίνες, παρουσιάζουν 15 έως 30 φορές μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση σε σχέση με τις εκχυλιζόμενες. Οι εκχυλιζόμενες πολυφαινόλες εξαιτίας της μη απορρόφησης τους παρουσιάζουν αντιοξειδωτική δράση μέσα στο γαστρεντερικό σωλήνα προστατεύοντας με αυτό τον τρόπο τους υδατάνθρακες και τις πρωτεΐνες από οξειδωτική βλάβη κατά τη διάρκεια της πέψης και έτσι με τον τρόπο αυτό εξοικονομούν τα διαλυτά αντιοξειδωτικά (Hagerman and Robbins, 1987).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Στην Ελλάδα συναντάμε περισσότερα από 6000 είδη φυτών εκ των οποίων τα 500 έως 600 είναι αρωματικά και φαρμακευτικά. Αρκετά από τα φυτά αυτά, τα οποία δεν αναφέρονται ως αρωματικά και φαρμακευτικά, δεν έχουν μελετηθεί περαιτέρω για τις φαρμακευτικές τους ιδιότητες. (Παναγιώτου, 2001; Σκουμπής, 1998). Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά τα συναντάμε είτε ως αυτοφυή, δηλαδή φυτά που φυτρώνουν μόνα τους και προσαρμόζονται εύκολα στις εδαφοκλιματικές συνθήκες μιας περιοχής χωρίς να απαιτείται ανθρώπινη παρέμβαση ή ως καλλιεργούμενα.

Ως αρωματικά, θεωρούνται τα φυτά τα οποία στα αιθέρια έλαια τους περιέχουν αρωματικές ουσίες, ενώ ως φαρμακευτικά εκείνα τα οποία οι δραστικές τους ουσίες χρησιμοποιούνται στην πρόληψη ή την θεραπεία ασθενειών.

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά, άρχισαν να παρουσιάζουν ενδιαφέρον, λόγω των αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών τους ιδιοτήτων, της αλλαγής στις διατροφικές συνήθειες και στον τρόπο ζωής, της συχνής χρήσης αρωμάτων και καλλυντικών, του περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος.

Η καλλιέργεια των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών βοηθάει:

- ▶ Στην αναδιάρθρωση των καλλιεργειών και στην ανάπτυξη της μελισσοκομίας.
- ▶ Στην δημιουργία μικρών βιομηχανικών μονάδων.
- ▶ Στην τουριστική αξιοποίηση διαφόρων περιοχών.
- ▶ Στην προστασία της γλωρίδας.
- ▶ Στην εκμετάλλευση φτωχών και εγκαταλειμμένων χωραφιών.
- ▶ Στην αξιοποίηση γυναικείων, παιδικών και μεγάλης ηλικίας χεριών.
- ▶ Στην εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- ▶ Στην αύξηση γεωργικού εισοδήματος.

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά, τα χρησιμοποιούμε είτε για τα αιθέρια έλαια τους, είτε τα χρησιμοποιούμε ως ξηρή δρόγη. Τα αιθέρια έλαια έχουν χρήση στην σαπωνοποιία, την αρωματοποιία, την οδοντοκρεμοποιία, τη ζαχαροπλαστική, τη βιομηχανία τροφίμων, τη φαρμακευτική κ.α. Οι ξηρές δρόγες χρησιμοποιούνται στην παρασκευή ροφημάτων καθώς επίσης στη λήψη φαρμακευτικών ουσιών.

3.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Είναι γνωστό πως τα φυτά αντιδρούν ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο μεγαλώνουν. Οι εδαφοκλιματικές συνθήκες παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών και στον τρόπο που αυτά συνθέτουν τις αντιοξειδωτικές τους ουσίες.

Η εποχή και οι καλλιεργητικές ανάγκες επηρεάζουν τη μεταβολή στη συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών. Σε όλες τις μελέτες παρουσιάζονται μεγάλες διαφορές στην ανάπτυξη και στη συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών (Hartley et al., 2000; Sprayd et al., 2002).

Η έκθεση στον ήλιο, παίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των φυτών (Kliewer and Lider 1968; Coombe, 1987; Jackson and Lombard, 1993). Οι αλλαγές που επέρχονται στα φυτά και οι οποίες εξαρτώνται από το φως είναι ορμονικές. Έχει διαπιστωθεί ότι Phenylalanine Ammonia Lyase (PAL) ένζυμο σημαντικό για τη σύνθεση του χλωρογενικού οξέος, διαφοροποιείται από το λευκό φως (Zucker, 1965). Σε έρευνα την οποία έκαναν οι Sprayd et al., (2002), πάνω από τη ζώνη ανάπτυξης των φυτών αμπέλου τοποθέτησε φραγμούς της ακτινοβολίας UV. Με την έκθεση των φυτών στον ήλιο, παρουσίασαν μεγάλη αύξηση σε συγκέντρωση φλαβονοειδών. Έτσι, βάση αυτής της μελέτης, αποδείχθηκε ότι η συσσώρευση φλαβονολων και μονομερών ανθοκυανινών αυξάνεται από την έκθεση στο ηλιακό φως.

Η θερμοκρασία, αποτελεί και αυτή, σημαντικό παράγοντα στη σύνθεση των αντιοξειδωτικών στα φυτά. Σε πείραμα που έγινε σε φυτά φράουλας σε θερμοκήπιο, όταν αυτά εκτέθηκαν σε υψηλή θερμοκρασία, παρατηρήθηκε αύξηση των φαινολικών στα φυτά (Wang and Zheng, 2001).

Σε μελέτη που έγινε σε φυτά δυόσμου, η συγκέντρωση ροσμαρινικού οξέος στα φύλλα του φυτού η οποία μπορεί να φτάνει το 30% του ξηρού βάρους τους, έδειξε να μικραίνει κάτω από συνθήκες θερμικής καταπόνησης. Θερμοκρασία 30°C έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να έχει αρνητικά αποτελέσματα στη συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων στα φύλλα των φυτών, που σχετίζεται πολύ με την αντιοξειδωτική τους ικανότητα (Fletcher et al., 2005). Σε άλλο πείραμα που πραγματοποιήθηκε από τους Solecka and Kasperska (2003), όταν μετέφεραν φυτά ελαιοκράμβης σε χαμηλότερη θερμοκρασία, παρατηρήθηκε αύξηση των φαινολικών και των ανθοκυανινών, καθώς επίσης και αύξηση της δραστηριότητας της PAL. Αυτή η αύξηση, μπορεί να οφείλεται στην αντοχή των φυτών στις χαμηλές θερμοκρασίες, αλλά μπορεί και όχι. Η αύξηση αυτή, όπως διατυπώνεται από τους παραπάνω, είναι πιθανό να οφείλεται

στην αυξημένη προστασία από την ακτινοβολία, στο oxygen stress (εξαιτίας της ψύξης) και στην ενσωμάτωση των φαινολικών στο κυτταρικό τοίχωμα (έτσι ώστε να μεγαλώσει η ανθεκτικότητα των τοιχωμάτων).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε με φυτά τσαγιού, προσδιορίστηκαν in Vivo τα προϊόντα οξείδωσης της flavan-3-ol όπως είναι τα EC-quinine (EC-Q) και EGCG-quinone (EGCG-Q) κατά την περίοδο ξηρασίας. Επίσης ερευνήθηκε η συγκέντρωση μαλοναλδεϋδης (MDA), δείκτη λιπιδική υπεροξείδωσης και καταγράφηκε αντιστρόφως ανάλογη συγκέντρωση από τα είδη της κινόνης. Παράλληλα σχεδόν αμετάβλητες παρέμειναν οι συγκεντρώσεις EC και EGCG δηλώνοντας έτσι ότι η σύνθεση τους αμέσως οξειδωνόταν, συμπεραίνοντας την προστατευτική τους δράση ενάντια στην οξείδωση που οφείλεται στην ξηρασία. Στην ίδια έρευνα ανακαλύφθηκε η αύξηση της συγκέντρωσης των προανθοκυανιδινών (PA) πριν αυξηθεί η συσσώρευση των ειδών της κινόνης. Η μελέτη αυτή συμπεραίνει την ύπαρξη μηχανισμού ο οποίος επιτρέπει τα φυτά να προστατεύονται κατά τις περιόδους ξηρασίας από το οξειδωτικό στρες (Ojeda et al., 2002; Sivilotti et al., 2005).

Η λίπανση στα φυτά γίνεται για την αύξηση της ποσότητας και της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων. Ταυτόχρονα όμως η λίπανση φαίνεται να επηρεάζει τη σύνθεση των φαινολικών ενώσεων. Σύμφωνα με τη μεταπτυχιακή διατριβή του Παπασάββα, (2013), τα νιτρικά δείχνουν ότι έχουν αρνητική επίδραση στη συγκέντρωση φαινολικών και ανθοκυανινών. Όσο αυξάνεται η αζωτούχος λίπανση τόσο μειώνονται οι συγκεντρώσεις των φαινολικών. Παράλληλα η ίδια εργασία διαπιστώνει ότι οι αρνητικές συνέπειες της αζωτούχου λίπανσης στα φαινολικά μειώνονται με την ταυτόχρονη χορήγηση καλίου.

3.3. ΑΥΤΟΦΥΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ ΤΟΥ ΠΗΛΙΟΥ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ

3.3.1. ΤΣΟΥΚΝΙΔΑ (*URTICADIOIKA L*)



Η τσουκνίδα αναφέρεται από τον Θεόφραστο στην αρχαιότητα ως ακάλυψη η κνίδη. Η επιστημονική της ονομασία είναι *Urticadioika L* (Ούρτικη η δίοικος). Άλλα γνωστά είδη τσουκνίδας είναι *UrticaUrens* και η *Urticapililiteta*. Η οικογένειά της είναι οι ουρτικίδες ή κνιδίδες.

<https://www.iatronet.gr/ygeia/pathologia/article/35804/tsoyknida-therapeftikes-idiotites-kai-parenergeies.html>

Είναι μονοετές ή πολυετές ποώδες φυτό με ύψος 30 έως 80 εκατοστά. Ο βλαστός της είναι τετραγωνικός, ισχυρός, όρθιος, πολύκλαδος με χνούδι και τρίχες οι οποίες κατά την επαφή με το δέρμα προκαλούν έντονο κνησμό. Τα φύλλα είναι και αυτά τριχωτά, οδοντωτά με σκούρο πράσινο χρώμα. Επίσης έχουν μεγάλο τετραγωνικό μίσχο. Τα φύλλα που βρίσκονται ψηλά στο φυτό είναι λογχοειδή ενώ τα χαμηλότερα αυγώειδη. Τα άνθη έχουν χρώμα πρασινοκίτρινο ή ασπροκόκκινο και απαντώνται στους μασχαλιαίους σπονδύλους την άνοιξη (Κουτσός, 2009).

Η τσουκνίδα προσφέρει στον οργανισμό μέταλλα όπως κάλιο, σίδηρο, θείο, πυρίτιο, μαγγάνιο κ.α. τα φύλλα της έχουν βιταμίνες Α και C καθώς επίσης και μυρμηγκικό οξύ. Ο χυμός της είναι στυπτικός και βοηθάει σε συμπτώματα αιμορραγίας. Επίσης μειώνει το σάκχαρο στο αίμα, θεραπεύει φλεγμονές στην ουροδόχο κύστη και εξαιτίας του σιδήρου που περιέχει βοηθάει στην αναιμία. Το αφέψημα της τσουκνίδας βοηθάει διαταραχές της σπλήνας, του ήπατος, του στομάχου καθώς επίσης κράμπες και πονοκεφάλους (Ζαχαρόπουλος, 2002; Ψιλάκης, 2002).

3.3.2. ΜΑΙΝΤΑΝΟΣ (*PETROSELINUM CRISPUM*)



Ο μαϊντανός ανήκει στην οικογένεια των Apiaceae, Umbelliferae (Σκιαδανθών) και στην τάξη των Araliales. Κατά την ελληνική μυθολογία λέγεται ότι φύτευσε από τον ήρωα Αρχέμορο. Ο μαϊντανός κατάγεται από περιοχές του Λιβάνου και της Τουρκίας (Κουτσός, 2006; Σκρουμπής, 1998).

<https://www.mistikakipou.gr/maintanos-kalliergeia-fitefsi/>

Είναι φυτό διετές, ποώδες με χαρακτηριστική γεύση και οσμή, με ύψος 40 έως 60 cm. Οι ρίζες του είναι ατρακτοειδής και κατά τον πρώτο χρόνο εκτίσει πολλούς βλαστούς τρυφερούς και λειούς, οι οποίοι έχουν σύνθετα φύλλα. Το χρώμα του είναι πράσινο σκούρο ενώ τα άνθη του πρασινοκίτρινα. Κατά τον πρώτο χρόνο και σε περιόδους με χαμηλές θερμοκρασίες τα φύλλα του μαϊντανού κιτρινίζουν. Στο δεύτερο χρόνο ανθίζει και εμφανίζονται ανθοφόρα στελέχη με πρασινοκίτρινα άνθη. Η ανθοφορία περιόδος του μαϊντανού είναι από Ιούνιο έως και Σεπτέμβριο (Σκρουμπής, 1998; Ψιλάκης, 2002; Κουτσός, 2006).

Το αιθέριο έλαιο του μαϊντανού βρίσκεται στα φύλλα, στους βλαστούς αλλά και στη ρίζα. Είναι βότανο εμμηναγωγό, διουρητικό, αντιφουσητικό, αντισηπτικό και κατά της υπέρτασης. Τονώνει τον οργανισμό και βοηθάει στην όρεξη. Συνίσταται κατά της διάρροιας, του ίκτερου, της πέτρας των νεφρών και της κύστεως. Επίσης βοηθάει σε πνευμονικές και αναπνευστικές παθήσεις καθώς επίσης και κατά του πόνου των αυτιών (Ψιλάκης, 2002; Κουτσός, 2006).

3.3.3. ΑΓΡΙΟΜΑΡΟΥΛΟ (*LACTUCA SERRIOLA*)



Το αγριομάρουλο κατατάσσεται στην οικογένεια των σύνθετων (Compositae) και στο γένος *Crepis*. Είναι μονοετής-διετής πόα με τριχωτό βλαστό. τα άνθη του έχουν ανοιχτό κίτρινο χρώμα και είναι λογχοειδή, ενώ τα φύλλα του είναι πτεροβόλακαι οδοντωτά.

<https://snare24.gr/votano-tou-ippokrati-pou-stamata-ton-pono-fytroni-mono-tou-se-kathe-avli/>

Η εμφάνιση του μοιάζει με το γνωστό μας μαρούλι και μπορούμε να συναντήσουμε 28 είδη της οικογένειας του στην Ελλάδα (Ψαρουδακη, 2009).

3.3.4. ΖΟΧΟΣ (*SONCHUS OLERACEUS*)



Ο ζοχός (Σογχος ο λαχανώδης) ανήκει στην οικογένεια των σύνθετων (Compositae) και από το διοσκουρίδη αναφέρεται ως τρυφερός εδώδιμος σόγχος ενώ από το θεόφραστο ως σογκός.

<https://www.proionta-tis-fisis.com/agrio-horto-zohos-i-zohia-ena-ekpliktiko-farmako/>

Έχει χυμό γαλακτώδη, βλαστό όρθιο με ύψος έως και 1m και είναι μονοετές. Είναι φυτό πλώδες ενώ η κεντρική του ρίζα είναι ευδιάκριτη και παχιά. Μπορεί να είναι διακλαδισμένη ή απλή και φτάνει σε μεγάλο βάθος. Τα φύλλα του έχουν λεπτούς οδοντωτούς λοβούς κοντά στη βάση ενώ κοντά στο βλαστό είναι αγκαθωτά. Έχουν λεία επιφάνεια και είναι πτερόβολα ή πτεροσχιδή (Ψαρουδακη, 2009).

3.3.5. ΔΥΟΣΜΟΣ (*MENTHA SPICATA*)



Ο δυόσμος ανήκει στην οικογένεια των χειλανθών (Lamiaceae) και στην τάξη Lamiales. Ο Ιπποκράτης και ο Διοσκουρίδης συχνά αναφερόταν στο φυτό για το ωραίο άρωμα του καθώς επίσης για τη φαρμακευτική του αξία. ως πατρίδα του δυόσμου θεωρούνται οι χώρες της Μεσογείου. Είναι πόα πολυετής με ύψος έως και 70 cm.

<https://www.mistikakipou.gr/simvoules-gia-diosmo/>

Είναι πόα πολυετής με ύψος έως και 70 cm. Τα φύλλα του έχουν λεπτή υφή, είναι αντίθετα, μικρόμισχα και ρυτιδωμένα. Ανθίζει τους καλοκαιρινούς μήνες με μικρά λευκά ή ροζ άνθη (Κουτσός, 2006). Ο δυόσμος περιέχει σε μεγάλο ποσοστό το αιθέριο έλαιο της Καρβόνης και χρησιμοποιείται στη βιομηχανία των αρωμάτων, στη ζαχαροπλαστική και στα τρόφιμα καθώς επίσης και στη μαγειρική. Βοηθάει κατά τις παθήσεις του δέρματος, του στομάχου, τους δυνατούς κολικούς και είναι άριστο χωνευτικό και τονωτικό. Το συναντάμε σε οδοντόκρεμες τσίγλες και στοματικά διαλύματα. (Ζαχαρόπουλος, 2002; Ψιλάκης, 2002).

3.3.6. ΜΑΡΑΘΟΣ (*FOENICULUM VULGARES*)



Ο μάραθος είναι αγγειόσπερμο, δικότυλο φυτό, ανήκει στην τάξη των Lamiales ενώ η οικογένειά του είναι τα σκιαδανθή (*Umbelliferae*). Είναι φυτό των μεσογειακών χωρών μονοετές, διετές ή πολυετές. Το ύψος του κυμαίνεται από 1 έως 1,5 m ενώ ο βλαστός του είναι λείος, ισχυρός και όρθιος. Έχει φύλλα φτεροσχιδή σύνθετα ενώ τα άνθη του είναι κίτρινα και μικρά.

<https://www.mydiatrofi.gr/trofi/trofima/votana-baxarika/marathos-idiotites-kai-threptika-systatika>

Η περίοδος επίσης άνθησης του είναι από Ιούνιο έως Ιούλιο (Σκρουμπής, 1998; Κουτσός, 2006). Ο μάραθος είναι φυτό με χρήση και ως φαρμακευτικό και ως αρωματικό. Χρησιμοποιείται έντονα στη μαγειρική αλλά και στην ποτοποιία (τσίπουρο και ούζο). Βοηθάει κατά επίσης δυσπεψίας, επίσης καούρας και επίσης κολικούς των μικρών παιδιών. Έχει αντιβακτηριδιακές, αντισπασμωδικές, αποχρεμπτικές, διουρητικές, τονωτικές, αντιβιοτικές ιδιότητες. Ακόμη χρησιμοποιείται κατά επίσης πέτρας του ουροποιητικού συστήματος. Το αιθέριο έλαιο του περιέχει ανηθόλη παράγοντας που προσφέρει γλυκιά γεύση καθώς επίσης και φενχόνη η οποία προσφέρει πικρή γεύση (Σκρουμπής, 1998; Ψιλάκης, 2002; Κουτσός, 2006).

3.3.7. ΣΕΛΙΝΟ (*APIUM GRAVEOLENS*)



Το σέλινο ανήκει στην οικογένεια των Apiaceae (Σκιαδοφόρων) το συναντάμε ως αυτοφυές κοντά στη θάλασσα σε περιοχές της Μεσογείου, της Ευρώπης και της νότιας Αφρικής. Είναι διαιτητικό φυτό, ποώδες και το ύψος του κυμαίνεται από 30 έως 100 cm.

<https://enallaktikidrasi.com/2018/03/selino-therapeutikes-drascis-tropoi-xrasis/>

Έχει βλαστό πολύκλαδο, λείο, γωνιώδη ή αυλακωτό. Τα φύλλα του είναι ωσειδή, λεία και φτεροειδή ενώ τα άνθη του είναι λευκά και μικρά. Η περίοδος της ανθοφορίας του είναι από Ιούνιο έως και Αύγουστο. Οι βλαστοί, τα φύλλα καθώς και οι σπόροι του σέλινου χρησιμοποιούνται ευρέως στη μαγειρική. Το αιθέριο έλαιο της απιόλης που συναντάμε κυρίως στους σπόρους και τα φύλλα του έχει αντιφλεγμονώδες ιδιότητες και χρησιμοποιείται ακόμη για θεραπεία αρθρίτιδας, ρευματισμών καθώς επίσης και ως αντισηπτικό του ουροποιητικού συστήματος. Οι σπόροι του ως αφέψημα βοηθούν σε παθήσεις του στομάχου αλλά και ως διεγερτικό και τονωτικό (Σκρουμπής, 1998; Ηλιοπούλου, 2002; Ψιλάκης, 2002).

3.3.8. ΑΝΗΘΟΣ (*ANETHUM GRAVEOLENS*)



Ο άνηθος ανήκει στην οικογένεια των Apiaceae (Σκιαδανθή) και στην τάξη των Apiales. Είναι πόα μονοετής, ο βλαστός της είναι τρυφερός και το ύψος του μπορεί να φτάσει και τα 90 cm. Η ρίζα του είναι πασσαλώδης ενώ τα φύλλα του μοιάζουν με λεπτές βελόνες πράσινου χρώματος.

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CE%BD%CE%B7%CE%B8%CE%BF%CF%82#/media/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Dill.jpg>

Έχει άνθη μικρά και κίτρινα τοποθετημένα σε ταξιανθία σκιαδίου. Ο σπόρος του είναι καστανός επίπεδος. Ανθοφορεί καθόλη τη διάρκεια του καλοκαιριού (Ψιλάκης, 2002; Κουτσός, 2006). Ο άνηθος ανήκει και στην κατηγορία των αρωματικών αλλά και σε αυτή των φαρμακευτικών φυτών. Οι τρυφεροί βλαστοί του χρησιμοποιούνται στη μαγειρική ως καρύκευμα. Οι σπόροι μπορούν να μασούνται ενάντια στην κακοσμία αναπνοής και στόματος (Ψιλάκης, 2002; Κουτσός, 2006). Είναι διουρητικό και σε φάρμακα μπορεί να ανακουφίσει από πόνους στην κοιλιά καθώς επίσης και φουσκώματα (Ψιλάκης, 2002).

3.3.9. ΡΟΚΑ ΑΓΡΙΑ (*ERUCA VESICARIA*)



Η άγρια ρόκα ανήκει στην οικογένεια των Brassicaceae (σταυρανθή). Είναι ποώδες φυτό, μονοετές, με βλαστούς διακλαδωμένους ενώ το ύψος του φτάνει μέχρι και τα 80 cm. Έχει φύλλα λοβωτά, πτεροειδή τα οποία είναι αρωματικά, ενώ τα άνθη του είναι άσπρα.

<https://www.agriamanitaria.gr/eruca-vesicaria>

Η περίοδος της άνθησης του είναι μεταξύ Μαρτίου και Ιουνίου ενώ η ωρίμανση των σπόρων του ολοκληρώνεται μεταξύ Ιουλίου και Σεπτεμβρίου. Απαντάται στη Μεσόγειο και στην κεντρική Ασία. Έχει καθαρτικές, τονωτικές και διουρητικές ιδιότητες και είναι πηγή βιταμινών A,E, Ca, και K. Χρησιμοποιείται πολύ στις σαλάτες και στη μαγειρική ως καρύκευμα. Είναι αφροδισιακό και τονώνει τη σεξουαλική διάθεση (www.phytologio.blogspot.com).

3.3.10. ΛΑΠΑΘΟ (*RUMEX CRISPUS*)



Το λάπαθο ανήκει στην οικογένεια Polygonaceae (Πολυγωνιδών). Είναι φυτό πολυετές και το ύψος του μπορεί να φτάσει το 1 μέτρο. Η γεύση του είναι πικροξυνη.

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%AC%CF%80%CE%B1%CE%B8%CE%BF>

Στην αρχαιότητα χρησιμοποιούνταν για τις καθαρτικές του ιδιότητες, τα δερματικά προβλήματα και ενάντια στη δυσκοιλιότητα. Έχει βιταμίνες Α, Β, Ε και C ενώ τα φύλλα του περιέχουν τρυγικό οξύ, άμυλο, εξαλικό ασβέστιο και άλατα νατρίου και καλίου (Ψιλάκης, 2002; Ψαρουδακη, 2009).

3.3.11. ΚΡΙΤΑΜΟ (*CRITHMUM MARITIMUM*)



Το κρίταμο ανήκει στην οικογένεια των Apiaceae. Είναι φυτό πολυετές, οι βλαστοί του μπορεί να φτάσουν τα 60 εκατοστά σε ύψος και είναι γραμμωτοί, διακλαδωμένοι. Τα φύλλα του έχουν χρώμα πράσινο κυανό, είναι σύνθετα λογχοειδή και σαρκώδη, τοποθετημένα κατά εναλλαγή με το μήκος τους να φτάνει έως τα 7 cm.

https://t53vorini-gr.blogspot.com/2013/08/blog-post_30.html

Τα άνθη τους βρίσκονται σε ταξιανθία σκιαδίου με χρώμα κίτρινο-πράσινο. Η περίοδος άνθησης είναι μεταξύ Ιουλίου και Οκτωβρίου. Τα άνθη τους βρίσκονται σε ταξιανθία σκιαδίου με χρώμα κίτρινο-πράσινο. Η περίοδος άνθησης είναι μεταξύ Ιουλίου και Οκτωβρίου. Το κρίταμο είναι αρωματικό φυτό με έντονη γεύση και άρωμα. Χρησιμοποιείται στις σαλάτες και στην αρχαιότητα ήταν γνωστό για τις θεραπευτικές ιδιότητες του. Περιέχει ιώδιο καθώς επίσης τις βιταμίνες C, E και K. Μπορούμε να το συναντήσουμε κοντά στη θάλασσα, σε βράχια και σε παραλίες. Συλλέγουμε τους νεαρούς του βλαστούς και τα φύλλα του πριν την άνθηση (Ciccarelli et al., 2016).

3.3.12. ΑΓΡΙΟΡΑΔΙΚΟ (*TARAXACUM OFFICINALES*)



Το αγριοραδίκι η ραδίκι του βουνού ανήκει στην οικογένεια Compositae. Είναι φυτό πολυετές, χειμερινό και ανοιξιιάτικο, ποώδες, δικοτυλήδοιο. Ο βλαστός του είναι πράσινος κυλινδρικός και δεν ξεπερνά τα 30 εκατοστά.

<https://enallaktikidrasi.com/2016/04/tarajako-radiki-idiothtes-uerapeytikes-drascis-kai-tropoi-xrhshs/>

Τα φύλλα του είναι λογχοειδή, οδοντωτά, τοποθετημένα σε διάταξη ροζέτας με χρώμα πράσινο. Ανθίζει από Μάρτιο έως Οκτώβριο με άνθη κίτρινου χρώματος (Ρογκότη, 2010). Η ρίζα του άγριου ραδικιού χρησιμοποιείται για τις αποτοξινωτικές τις ιδιότητες, ενώ τα φύλλα για τις διουρητικές τους ιδιότητες. Επίσης το άγριο ραδίκι βοηθάει στη δυσκοιλιότητα και χρησιμοποιείται ενάντια στις δερματικές και αρθρικές παθήσεις (Λιαμπότη, 2006).

3.3.13. ΑΝΤΙΔΙ (*CICHORIUM ENDIVIA*)



Το αντίδι ανήκει στην οικογένεια των Asteraceae. Είναι φυτό μονοετές, τα φύλλα του έχουν γεύση πικρή, τα άνθη του είναι λευκό και μπλε χρωματισμού ενώ το ύψος του δεν ξεπερνά τα 25 cm. Χρησιμοποιείται για σαλάτα, όμως παρουσιάζει και σημαντικές αντιφλεγμονώδεις, αντιοξειδωτικές και υπατοπροστατευτικές ιδιότητες (Liu et al., 1998).

<https://agrogen.gr/el/geoponikes-sumvoules/105-kalliergo-antidi>

3.3.14. ΑΓΡΙΟ ΣΕΣΚΟΥΛΟ (*BETA MARITIMA* L)



Το άγριο σέσκουλο ανήκει στην οικογένεια των Amaranthaceae. Είναι πολυετές φυτό και ο βλαστός του δεν ξεπερνά τα 60 cm ύψος. Τα φύλλα του είναι σκούρα πράσινα, σαρκώδη, δερματώδη, σχήματος ρόμβου και το μέγεθός τους μπορεί να φτάσει τα 10 cm.

<https://www.agriamanitaria.gr/beta-maritima>

Ανθίζει μεταξύ Μαρτίου και Αυγούστου με μικρά κιτρινοπράσινα άνθη. Χρησιμοποιείται κυρίως σε χορτόπιτες και σε σαλάτες. Οι βιταμίνες που περιέχονται στο άγριο σέσκουλο είναι η E, η C, η K και η A ενώ ακόμη περιέχει ασβέστιο, μαγγάνιο, β-καροτένιο, ψευδάργυρο και φυλλικό οξύ. Το άγριο σέσκουλο έχει και σημαντικές θεραπευτικές ιδιότητες ενάντια στην δυσκοιλιότητα, το διαβήτη, το οξειδωτικό στρες καθώς επίσης βοηθάει στην καλή σκελετική υγεία (Borctal et al., 2003).

3.3.15. ΛΕΜΟΝΟΘΥΜΑΡΟ (*THYMUS CITRIODOROS*)



Το λεμονοθύμαρο είναι φυτό που ανήκει στην οικογένεια των Lamiaceae (χειλανθή). Το συναντάμε στην Ευρώπη, στη βόρεια Αμερική και στην Ασία (Σταθακόπουλος, 2015). Είναι θάμνος πολυετής με ύψος που δεν ξεπερνά τα 40 cm. Η ανάπτυξη του είναι όρθια ενώ τα φύλλα του είναι μικρά με χρώμα Αργυρό έως αργυρόχρυσο.

<https://www.mistikakipou.gr/lemonothimaro-kalliergeia-se-glastra/>

Είναι αρκετά ανθεκτικό φυτό με έντονο άρωμα λεμονιού. Τα άνθη του έχουν χρώμα μωβ και οι σπόροι του είναι αρκετά μικρή και στρογγυλοί. Το λεμονοθύμαρο περιέχει θυμόλη ως συστατικό αιθέριου ελαίου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη φαρμακευτική, στην ποτοποιία, στην αρωματοθεραπεία, στην κοσμετολογία και στα τρόφιμα (Stahl-Biskup & Saez, 2002). Η θυμόλη βοηθάει στην αντιμετώπιση του σταφυλόκοκκου και της σαλμονέλας. Επίσης το λεμονοθύμαρο έχει ιδιότητες αντισηπτικές, αντιμυκητιακές, χρησιμοποιείται ενάντια των λοιμώξεων του αναπνευστικού, σε δερματολογικά προβλήματα και βοηθάει την πέψη (Shabnum and Wagay, 2011).

3.3.16. ΜΕΛΙΣΣΟΧΟΡΤΟ (*MELISSA OFFICINALIS*)



Το μελισσόχορτο ανήκει στην οικογένεια των Labiatea (χειλανθή). Είναι πόα πολυετής, ο βλαστός του έχει ύψος πού κυμαίνεται από 60 έως 80 cm και είναι πολύκλαδος.

<https://www.mistikakipou.gr/melissoxorto/>

Τα φύλλα του έχουν σχήμα καρδιάς, μεγαλύτερα χαμηλά και μικρότερα προς την κορυφή του φυτού, με έντονο άρωμα λεμονιού. Τα άνθη του είναι λευκά ή ροδίζουν. Το μελισσόχορτο ανθίζει από Ιούλιο έως και τον Αύγουστο. Σαν αυτοφύες μπορούμε να τους συναντήσουμε στην Ασία καθώς επίσης και στις μεσογειακές χώρες της Ευρώπης. Τα φύλλα του μελισσόχορτου νωπά ή αποξηραμένα χρησιμοποιούνται στη μαγειρική, τη ζαχαροπλαστική καθώς επίσης για το αιθέριο έλαιο του το οποίο περιέχει σκυτάλη, σοτρονελάλη, σιτρονελόλη, γκεριανόλη και λιναλόλη. Το μελισσόχορτο στη φαρμακευτική χρησιμοποιείται ενάντια στις νευρικές παθήσεις, στην υστερία, στους ρευματισμούς και στους ιλίγγους. Επίσης έχει και αντιμικροβιακή δράση (Βογιατζη-Καμβούκου, 2018).

3.3.17. ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ (*OCYMUM BASILICUM*)



Ο βασιλικός ανήκει στην οικογένεια των Labiatae (χειλανθή). Είναι φυτό ετήσιο με ρίζα διακλαδιζόμενη και λεπτή. Το ύψος των βλαστών του κυμαίνεται μεταξύ 20 και 60 cm. Τα φύλλα του βασιλικού είναι ωοειδή και επιμήκη τοποθετημένα σταυροειδώς αντίθετα στο βλαστό του φυτού.

<https://enallaktikidrasi.com/2016/05/vasilikos-idiotites-tropos-chrisis/>

Η ανθοφορία εμφανίζεται στην κορυφή των βλαστών, ξεκινάει τον Ιούνιο και διαρκεί έως και τον Αύγουστο. Ο βασιλικός θεωρείται ότι κατάγεται από την Ινδία. Χρησιμοποιείται στα τρόφιμα, στη μαγειρική και στην ποτοποιία. Επίσης ως αφέψημα βοηθάει ενάντια στις παθήσεις του στομάχου. Το αιθέριο έλαιο του βασιλικού

περιέχει μεθυλ-χαβικόλη, λιναλόλη, σινεόλη και γκερανιόλη (Βογιατζη-Καμβούκου, 2018).

3.3.18. ΡΙΓΑΝΗ (*ORIGANUM VULGARE*)



Η ρίγανη ανήκει στην οικογένεια των Lamiaceae (χειλανθών). Είναι πολυετής θάμνος, ποώδης, αρωματικός. Το ύψος του κυμαίνεται από 20 έως 80 cm ενώ τα φύλλα του είναι αντίθετα. Έχει άνθη χρώματος άσπρο-μωβ τα οποία ανθίζουν από τον Ιούνιο έως και τον Αύγουστο. Η ρίγανη αυτοφύεται σε πολλές περιοχές της Ασίας, της Αμερικής, της βόρειας Αφρικής και της μεσογειακής Ευρώπης.

<https://www.epixeiro.gr/article/2637>

Η ρίγανη αυτοφύεται σε πολλές περιοχές της Ασίας, της Αμερικής, της βόρειας Αφρικής και της μεσογειακής Ευρώπης. Στη χώρα μας τη συναντάμε σχεδόν παντού και κυρίως σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές. Η ρίγανη χρησιμοποιείται στη μαγειρική ως αρωματικό. Ως φαρμακευτικό έχει έντονη αντιμικροβιακή δράση και χρησιμοποιείται και ως αντιβηχικό. Το οριγανέλαιο έχει σημαντικά αποτελέσματα κατά των πόνων των εντέρων και του στομάχου. το αιθέριο έλαιο το οποίο χρησιμοποιείται στην αρωματοποιία και στη βιομηχανία τροφίμων περιέχει καρβακρόλη, τερπενια, θυμόλη και καρνοφυλλίνη (Βογιατζη-Καμβούκου, 2018).

3.3.19. ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟ (*ROSMARINUS OFFICINALIS*)



<https://www.mystikakiprou.gr/simvoules-dentrolivano/>

Το δενδρολίβανο ανήκει στην οικογένεια των Lamiaceae (χειλανθών). Είναι θάμνος με ύψος 0,80 – 1,30 m πολύκλαδος, αειθαλής. Τα φύλλα του είναι στενόμακρα, άμισχα ενώ τα άνθη του έχουν κυανά-ιώδη ή άσπρο-κυανό χρωματισμό. Ανθίζει νωρίς την άνοιξη και αργά το φθινόπωρο.

Κατάγεται από τις μεσογειακές χώρες της Ευρώπης ενώ στη χώρα μας αυτοφύεται στη Στερεά Ελλάδα και σε νησιά του Ιονίου και του Αιγαίου πελάγους (Κουτσός, 2006). Στο εμπόριο διατίθεται ως ξηρή ή νωπή δρόγη ή ως αιθέριο έλαιο. Χρησιμοποιείται στη μαγειρική, στη βιομηχανία τροφίμων, στα καλλυντικά, στα αρώματα καθώς επίσης και ως αφέψημα ενάντια στην τριχόπτωση, στη διάρροια, στον πονοκέφαλο, στην υπερκόπωση, στο κρυολόγημα και στην κατάθλιψη. Έχει αντιβακτηριακή δράση και καταπολεμά το φούσκωμα και τις στομαχικές κράμπες (Van Wyk, 2008).

3.3.20. ΣΙΔΕΡΙΤΗΣ (*SIDERITIS SCARDICA*)



<https://agronomist.gr/tsai-toy-voynoy-mystika-kalliergeias/>

Ο σιδερίτης ή τσάι του βουνού ανήκει στην οικογένεια των Lamiaceae (χειλανθών). Είναι ποα πολυετής με ύψος έως 50 cm, με διακλαδισμένο ή απλό βλαστό, φύλλα λογχοειδή ακέραια ή ελαφρώς πριονωτά τα οποία φέρουν χνούδι. Τα άνθη του είναι κίτρινα σκεπασμένα με τρίχες (Σαρλής, 1994).

Χώρος καταγωγής του σιδερίτη είναι τα βουνά της Ελλάδας (Κουτσός, 2006). Τα ανθοφόρα στελέχη του χρησιμοποιούνται ως ξηρή δρόγη με μορφή αφεψήματος. Έχει αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες, ευχάριστο άρωμα και χρησιμοποιείται κατά του κρυολογήματος. Το αφέψημα του σιδερίτη έχει ακόμη καταπραϊντική δράση στο αναπνευστικό και πεπτικό σύστημα καθώς επίσης εφιδρωτικές, αποχρεμπτικές, σπασμολυτικές και διουρητικές ιδιότητες (Van Wyk, 2008).

3.3.21. ΆΓΡΙΟ ΣΙΝΑΠΙ (*SINAPIS ARVENSIS*)



Το άγριο σινάπι ανήκει στην οικογένεια των Brassicaceae (σταυρανθή). Είναι φυτό ετήσιο, ποώδη και σε ύψος μπορεί να ξεπεράσει το 1m. Έχει άνθη κίτρινου χρώματος και ανθίζει αρχές Μαρτίου έως τον Οκτώβριο, ενώ τα φύλλα του είναι μετρίου μεγέθους.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Sinapis_arvensis#/media/File:Brassicaceae_-_Sinapis_arvensis_\(3\).JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Sinapis_arvensis#/media/File:Brassicaceae_-_Sinapis_arvensis_(3).JPG)

Το άγριο σινάπι κατάγεται από την νοτιοανατολική Ασία και ως αυτοφυή τους συναντάμε σε παραμεσόγειες περιοχές. Χρησιμοποιείται σε σαλάτες και με το σινάπι φτιάχνεται η γνωστή μουστάρδα. Ακόμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αφέψημα, ως έκχυμα, ως κατάπλασμα καθώς επίσης μπορούμε να φτιάξουμε αλεύρι, ζωμό ή λάδι (σιναπόλαδο). Στη φαρμακευτική είναι τονωτικό, καθαρτικό, αποτοξινωτικό και επίσης βοηθάει την καρδιά και το κυκλοφοριακό (<https://enallaktikidrasi.com/2015/10/vrouves-eyergetikes-idiotites/>).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.1. ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ

4.2. ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ

Οι διαλυτές φαινόλες εκχυλίζονται με υδατο-αλκοολούχα διαλύματα, συνηθέστερα με 80% αιθανόλη, 80%, 60% μεθανόλη, μείγμα αιθανόλης- μεθανόλης- νερό με αναλογία (4:4:2) ή μείγμα μεθανόλης- οξικό οξύ- νερό με αναλογία (4:4:2) κ.α. Ικανοποιητικά αποτελέσματα εκχύλισης των φαινολών μας δίνει η χρήση 50% μεθανόλης σε 1,2 M HCL (Meyer et al., 1997).

Στο πείραμα μας η παραλαβή των εκχυλισμάτων έγινε με την παρακάτω διαδικασία: 0.5 g ξηρού δείγματος αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών επεξεργάστηκαν δυο φορές με 20 ml 80% υδατική μεθανόλη. Κατά την πρώτη επεξεργασία τα δείγματα αναδεύθηκαν για 24 ώρες και έγινε η παραλαβή του εκχυλίσματος, κατά την δεύτερη στο ίζημα συνεχίστηκε η ανάδευση για 2 ώρες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και παρελήφθη πάλι το εκχύλισμα. Τα εκχυλίσματα συγκεντρώθηκαν και ο όγκος συμπληρώθηκε μέχρι τα 50 ml με υδατική μεθανόλη.

4.3. ΧΗΜΙΚΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ

4.3.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

Η συνολική περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες προσδιορίστηκε με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu σύμφωνα με την μέθοδο του Singleton and Rossi (1965) και εκφράστηκε ως ισοδύναμο του γαλλικού οξέος (Gallic Acid)/ kg DW.

Αντιδραστήρια

1. Folin-Ciocalteu του εμπορίου.

Το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu μπορεί να παρασκευασθεί και στο εργαστήριο ως εξής: Σε ογκομετρική φιάλη των 100ml προστίθενται 70ml αποσταγμένο νερό, 10gr βολφραμικό νάτριο και 2,5gr μολυβδαινικό νάτριο. Μετά την διάλυση τους προστίθενται 5ml H₃PO₄ 80%, 10 ml π. HCL και φέρονται σε βρασμό υπό κάθετο ψυκτήρα για 10 ώρες. Στη συνέχεια προστίθενται 15gr θειικό λίθιο, 5 σταγόνες

βρωμίου και τοποθετούνται πάλι σε βρασμό για 15 min. Μετά την ψύξη συμπληρώνεται η φιάλη των 100 ml με αποσταγμένο νερό.

2. Άνυδρο ανθρακικό νάτριο 20%.
3. Γαλλικό οξύ για παρασκευή Stcok διαλύματος.

Τεχνική

Σύμφωνα με την κλασική μέθοδο Singleton και Rossi προσθέτουμε 1 ml από το εξεταζόμενο εκχύλισμα των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών και 60 ml αποσταγμένο νερό σε ογκομετρική φιάλη των 100ml. Στη συνέχεια προσθέτουμε 5 ml από το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu. Αναμειγνύεται το μείγμα και μετά από 1 min και πριν την λήξη 8 min προσθέτουμε 15 ml άνυδρο ανθρακικό νάτριο 20%. Συμπληρώνεται η ογκομετρική φιάλη των 100 ml και παραμένει το μίγμα για 2 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου. Μετράτε η απορρόφηση απόχρωσης στα 750 nm. Με τις ίδιες συνθήκες προετοιμάζονται τα Standard διαλύματα και σχηματίζεται η πρότυπη καμπύλη. Οι φαινόλες υπολογίζονται ως ισοδύναμα του γαλλικού οξέος (GAE) σε mg GAE /kg.

4.3.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΗ ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΩΝ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

Οι μη-φλαβονοειδείς φαινόλες προσδιορίστηκαν με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu μετά την απομάκρυνση των φλαβονοειδών φαινολών (FP) με φορμαλδεύδη σύμφωνα με τη μέθοδο του (Kramling and Singleton, 1969). Σύμφωνα με την μέθοδο, οι μη φλαβονοειδείς φαινόλες στο εξεταζόμενο εκχύλισμα προσδιορίζονται μετά από καταβύθιση και απομάκρυνση των φλαβονοειδών φαινολών που πετυχαίνετε με επίδραση διαλύματος φορμαλδεύδης σε όξινο περιβάλλον.

Αντιδραστήρια

1. Folin-Ciocalteu.
2. Άνυδρο ανθρακικό νάτριο 20%.
3. Γαλλικό οξύ για παρασκευή Stcok διαλύματος.
4. Διάλυμα HCL (1:4).
5. Διάλυμα φορμαλδεύδης (8 mg/ml).

Τεχνική

Για το σκοπό αυτό σε δοκιμαστικό σωλήνα με καπάκι τοποθετούνται 5 ml εκχυλίσμα, 5 ml διάλυμα HCL (1:4) και 2,5 ml διάλυμα φορμαλδεΰδης (8 mg/ml). Το μείγμα αναμειγνύεται με περιστροφική ανακίνηση και παραμένει 24 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου. Μετά τοποθετείται για φυγοκέντριση στις 7000 στροφές/min και στο διάλυμα καθορίζονται οι μη φλαβονοειδείς φαινόλες με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu. Στο εξεταζόμενο δείγμα προκαταβολικά καθορίστηκαν οι ολικές φαινόλες με το ίδιο αντιδραστήριο. Η διαφορά των μη φλαβονοειδών φαινολών από τις ολικές φαινόλες μας δίνει την συγκέντρωση των φλαβονοειδών φαινολών στο εξεταζόμενο δείγμα.

4.3.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΩΝ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

Η περιεκτικότητα σε FP προσδιορίστηκε ως η διαφορά μεταξύ της περιεχόμενου των TP και των NFP.

4.3.4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ DPPH

Η αντιριζική ενεργητικότητα στα εκχυλίσματα των καρπών πιπεριάς αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας το ελεύθερο σταθερό ριζικό 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH•) σύμφωνα με τη μέθοδο (Brand-Williams et al., 1995) και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως $\mu\text{mol DPPH} \bullet/\text{kg}$ ξηρό βάρος.

Η μέθοδος DPPH είναι μια χαμηλού κόστους μέθοδος μέτρησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας που στηρίζεται στο ελεύθερο σταθερό ριζικό DPPH•. Η μέθοδος βρίσκει εφαρμογή στον προσδιορισμό της αντιριζικής ενεργητικότητας των φυτών και των αιθέριων ελαίων (Brand-Williams et al., 1995). Το σταθερό ριζικό DPPH• (1,1 diphenyl-2-picrylhydrazil) αλληλοεπιδρά με τις αντιοξειδωτικές ενώσεις και αδρανοποιείται μέσω προσθήκης ενός ατόμου υδρογόνου (517nm) με αποτέλεσμα το μωβ χρώμα να αποχρωματίζεται. Η αδρανοποίηση μπορεί να επιτευχθεί εκτός από την προσθήκη ενός ατόμου υδρογόνου και με την προσθήκη ενός ηλεκτρονίου.

Αντιδραστήρια

1. Διάλυμα DPPH 6×10^{-5} mol/L σε μεθανόλη (MB \rightarrow DPPH = 394,33 \rightarrow 5,9 mg DPPH / 250ml CH₃OH)

2. Trolox συγκεντρώσεις (5-10-15-20-25-30) mmol, διαλύονται σε 6 ml μεθανόλη και προσθέτουμε αποσταγμένο νερό. Trolox (6 - υδροξύ - 2,5,7,8 - τετραμέθυλο - χρωμάνυλο - 2 - καρβοξυλικό οξύ \rightarrow MB = 250,29).

Τεχνική

Προσθέτονται σε δοκιμαστικούς σωλήνες 2 ml από το μεθανολικό διάλυμα του DPPH και 50 μl από το αιθέριο έλαιο ή 50 μl από το εκχύλισμα των αρωματικών ή φαρμακευτικών φυτών ή 50 μl από 5 διαφορετικές συγκεντρώσεις Trolox (5-10-15-20-25-30) mmol αντίστοιχα.

Μετά από μηχανική ανάμειξη (Vortex-30), το διάλυμα επωάζεται για 15 min σε θερμοκρασία δωματίου και φασματοφωτομετράται σε $\lambda = 515$ nm.

Παράλληλα μ' αυτά φωτομετράται και λευκό δείγμα προετοιμασμένο κατά τον ίδιο τρόπο, αντί για 50 μl του εξεταζόμενου διαλύματος προσθέτονται 50 μl αποσταγμένο νερό.

Μηδενίζουμε το σπεκτοφωτόμετρο με μεθανόλη.

Προσδιορίζεται η μεταβολή της απορρόφησης του διαλύματος της ρίζας DPPH• μετά την προσθήκη του αντιοξειδωτικού.

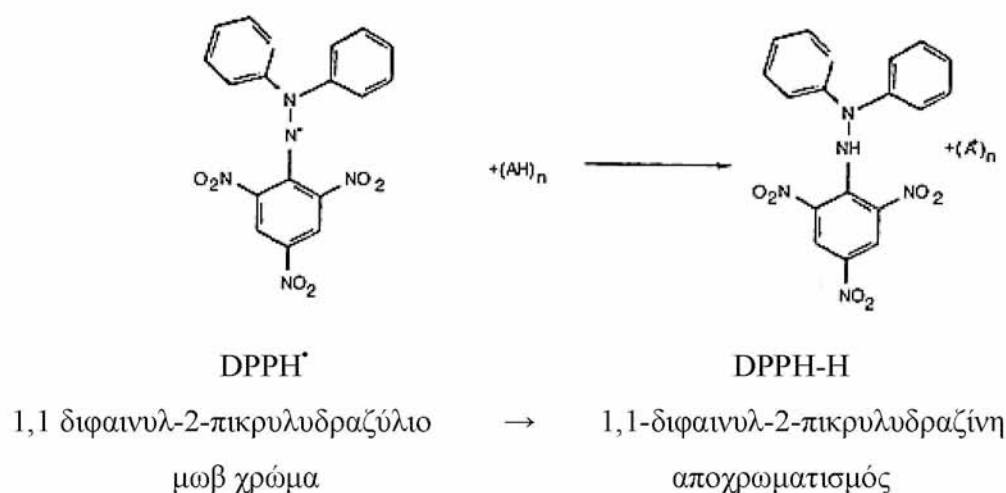
Το επί τοις εκατό ποσοστό καταστολής της ρίζας DPPH• υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση του (Gadow et al., 1997):

$$\% \text{ καταστολή} = (A_{\text{Λευκού}} - A_{\text{Δείγματος}}) / A_{\text{Λευκού}} \times 100$$

Από την γραφική παράσταση που συνδέει τις συγκεντρώσεις Trolox και τις διαφορές των απορροφήσεων ή τις συγκεντρώσεις Trolox και την % καταστολή του DPPH• εκφράζουμε τα αποτελέσματα σε ισοδύναμα Trolox.

Ως δραστική συγκέντρωση EC₅₀ (Efficient concentration) των αντιοξειδωτικών φαινολικών ενώσεων των εκχυλισμάτων ορίζεται η ποσότητα σε μM ή (g/L) διαφορετικών συγκεντρώσεων των εκχυλισμάτων που μπορεί να ελαττώσει την απόχρωση του DPPH• κατά 50%.

Ο υπολογισμός γίνεται από το διάγραμμα που δείχνει το % ποσοστό εξουδετέρωσης της ρίζας σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση του εκχυλίσματος. Παρασκευάζονται δηλαδή διαφορετικές συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων.



4.3.5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΝΑΣΤΟΛΗΣ (IC_{50})

Ο συντελεστής αναστολής (IC_{50}) αντιπροσωπεύει μείωση κατά 50% της έντασης του χρώματος της ρίζας $DPPH^{\bullet}$ από τις ολικές φαινόλες στα μελετώμενα εκχυλίσματα, μετά την απεικόνιση της εξάρτησης του περιεχομένου των TP επί της λεύκανσης των διαλυμάτων $DPPH^{\bullet}$. Ο συντελεστής αναστολής (IC_{50}) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση:

$$\% \text{ αναστολή} = [(E_0 - E_x) / E_0] \times 100$$

όπου E_0 , είναι η απόσβεση του ριζικού διαλύματος πριν από την αντίδραση και την E_x , μετά την προσθήκη των πολυφαινολών (Yen and Duh, 1997).

4.4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο MINITAB (Ryan et al., 2005). Ανάλυση διασποράς χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Για την σύγκριση των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το τεστ Tukey's ($P = 0,05$).

Σκοπός της εργασίας είναι να προσδιορισθούν οι ολικές φαινόλες, τα φαινολικά κλάσματα και η αντιοξειδωτική ενεργητικότητα σε ορισμένα αυτοφυή αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά του Πηλίου, ώστε να διερευνηθούν ως προς την καταλληλότητά τους για την παρασκευή σκευασμάτων για φαρμακευτικούς σκοπούς.

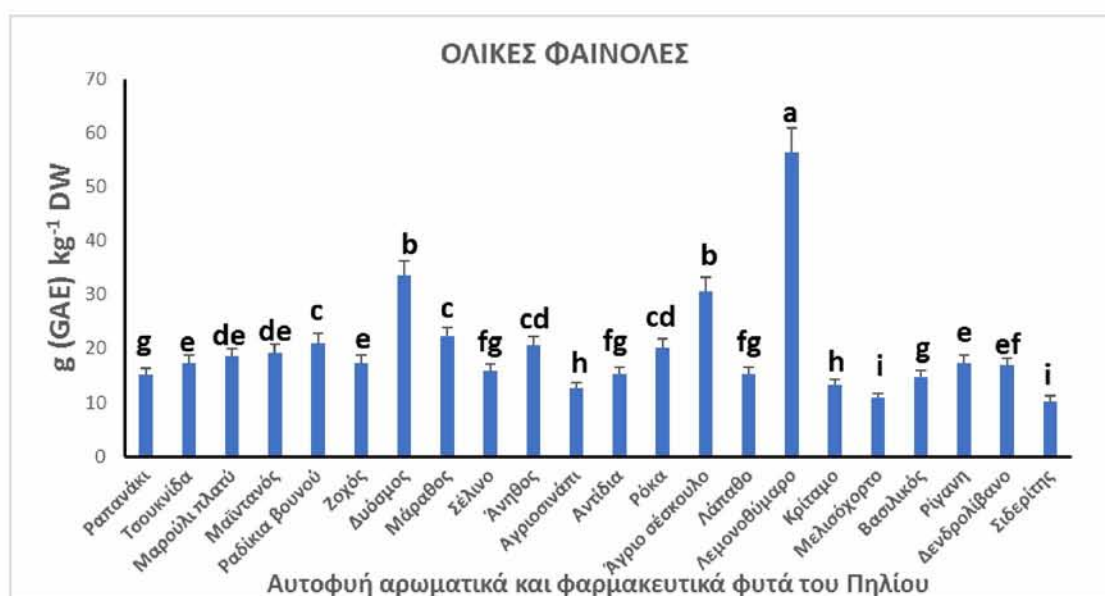
4.5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η συλλογή των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών πραγματοποιήθηκε από το βουνό του Πηλίου στο στάδιο πλήρους ωρίμανσης των φυτών. Τα αυτοφυή αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά που μελετήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Αυτοφυή Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά του Πηλίου		
1.	Raphanus sativus var. sativus	Ραπανάκι
2.	Urtica DioicaL	Τσουκνίδα
3.	Lactuca sativa L.	Μαρούλι πλατύ
4.	Petroselinum crispum	Μαϊντανός
5.	Taraxacum officinalis	Ραδίκια βουνού
6.	Sonchus oleraceus	Ζοχός
7.	Mentha spicata	Δυόσμος
8.	Foeniculum vulgare	Μάραθος
9.	Apium graveolens	Σέλινο
10.	Anethum graveolens L	Άνηθος
11.	Sinapis arvensis	Αγριοσινάπι, λαγάνα
12.	Cichorium endivia	Αντίδια
13.	Eruca vesicaria	Ρόκα
14.	Beta maritime L.	Άγριο σέσκουλο
15.	Rumex crispus	Λάπαθο
16.	Thymus citriodorus	Λεμονοθύμαρο
17.	Crithmum maritimum	Κρίταμο
18.	Melissa officinalis	Μελισσόχορτο
19.	Ocimum Basilicum	Βασιλικός
20.	Origanum vulgare	Ρίγανη
21.	Rosmarinus officinalis	Δενδρολίβανο
22.	Sideritis scardica	Σιδερίτης

Οι ολικές φαινόλες των φυτών που μελετήθηκαν κυμάνθηκαν από 10.32 - 56.33 g (GAE)/kg ξηρό βάρος του φυτού. Μεγαλύτερη περιεκτικότητα Ολικών Φαινολών έδειξε το αυτοφυές φυτό λεμονοθύμαρο, ακολουθούμενο από τα φυτά δυόσμο και άγριο σέσκουλο με τιμές 56.33, 33.53 και 30.65 (GAE)/ kg ξηρό βάρος αντίστοιχα, ενώ την μικρότερη περιεκτικότητα ολικών φαινολών έδειξαν τα φυτά σιδερίτης (τσάι του βουνού) και μελισσόχορτο με τιμές 10.32 και 10.80 g (GAE) /kg ξηρό βάρος αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα για την περιεκτικότητα των ολικών φαινολών από τα αυτοφυή φυτά που μελετήθηκαν παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Περιεκτικότητα των ολικών φαινολών σε ορισμένα αυτοφυή αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά του Πηλίου. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως ισοδύναμα Γαλλικού οξέος (GAE) ανά kg ξηρό βάρος φυτού. Στήλες του Γραφήματος με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σύμφωνα με τα κριτήρια Tukey's (P = 0,05).

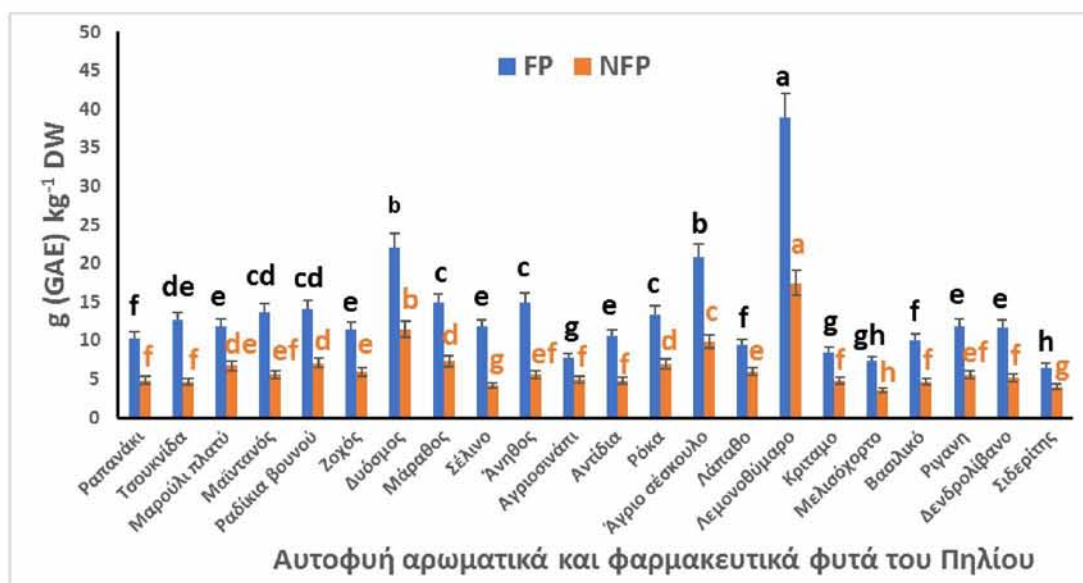
Οι φλαβονοειδείς φαινόλες των φυτών που μελετήθηκαν κυμάνθηκαν από 6.49 – 38.86 g (GAE)/kg ξηρό βάρος του φυτού. Μεγαλύτερη περιεκτικότητα φλαβονοειδών φαινολών έδειξε το αυτοφυές λεμονοθύμαρο, ακολουθούμενο από τα φυτά δυόσμο και άγριο σέσκουλο με τιμές 38.86, 22.12 και 20.84 g (GAE)/ kg ξηρό βάρος, αντίστοιχα. Αντίθετα, την μικρότερη περιεκτικότητα φλαβονοειδών φαινολών έδειξαν τα αυτοφυή μελισσόχορτο και σιδερίτης (τσάι του βουνού) με τιμές 7.30 και 6.39 g (GAE) /kg ξηρό βάρος αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα για την περιεκτικότητα

των φλαβονοειδών φαινολών για τα αυτοφυή φυτά του Πηλίου που μελετήθηκαν παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.

Επιπλέον, οι μη φλαβονοειδείς φαινόλες από τα φυτά που μελετήθηκαν κυμάνθηκαν από 3.50 – 17.47 g (GAE)/kg ξηρό βάρος του φυτού. Μεγαλύτερη σύσταση μη φλαβονοειδών φαινολών έδειξε το λεμονοθύμαρο ακολουθούμενο από τον δυόσμο και το άγριο σέσκουλο με τιμές 17.47, 11.41 και 9.81 g (GAE)/ kg ξηρό βάρος, αντίστοιχα.

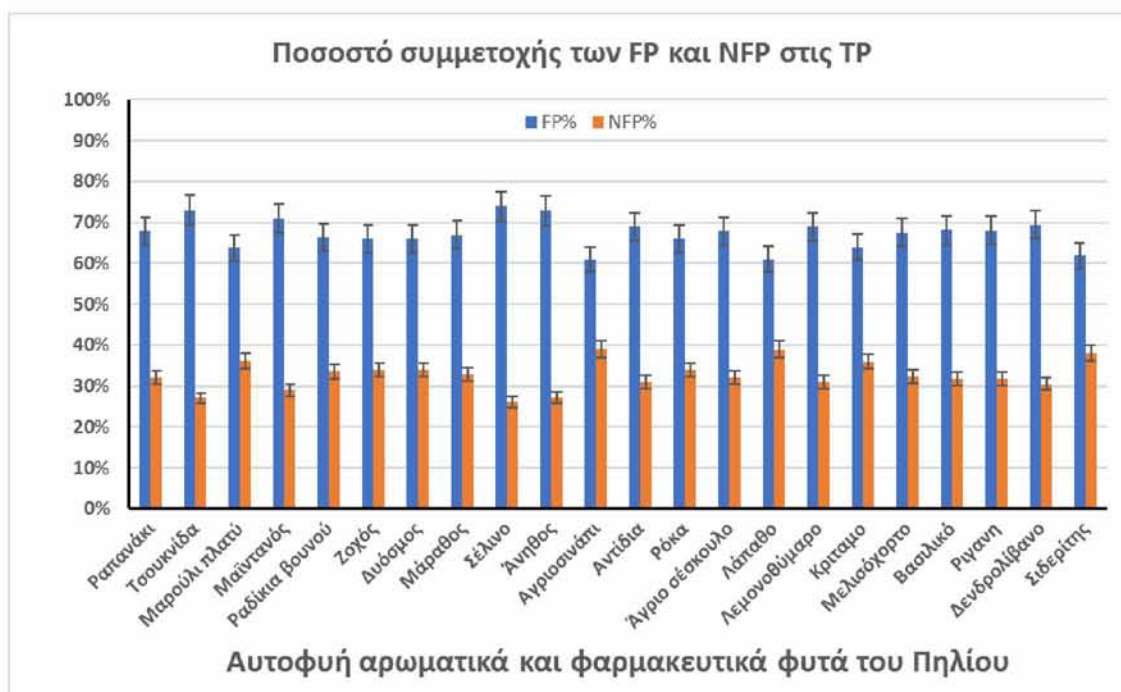
Αντίθετα, την μικρότερη σύσταση μη φλαβονοειδών φαινολών έδειξαν το αυτοφυές φυτό μελισσόχορτο και ο σιδερίτης (τσάι του βουνού) με τιμές 3.50 και 3.99 g (GAE) /kg ξηρό βάρος αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα για την περιεκτικότητα των μη φλαβονοειδών φαινολών για τα αυτοφυή φυτά του Πηλίου που μελετήθηκαν παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.

Από τα αυτοφυή φυτά του Πηλίου που μελετήθηκαν, το λεμονοθύμαρο, ο δυόσμος και το άγριο σέσκουλο έδειξαν την υψηλότερη συγκέντρωση ολικών φαινολών, φλαβονοειδών φαινολών και μη φλαβονοειδών φαινολών.



Σχήμα 2. Περιεκτικότητα φλαβονοειδών φαινολών σε ορισμένα αυτοφυή αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά του Πηλίου. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως ισοδύναμα Γαλλικού οξέος (GAE) ανά kg ξηρό βάρος φυτού. Στήλες του Γραφήματος με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σύμφωνα με τα κριτήρια Tukey's (P = 0,05).

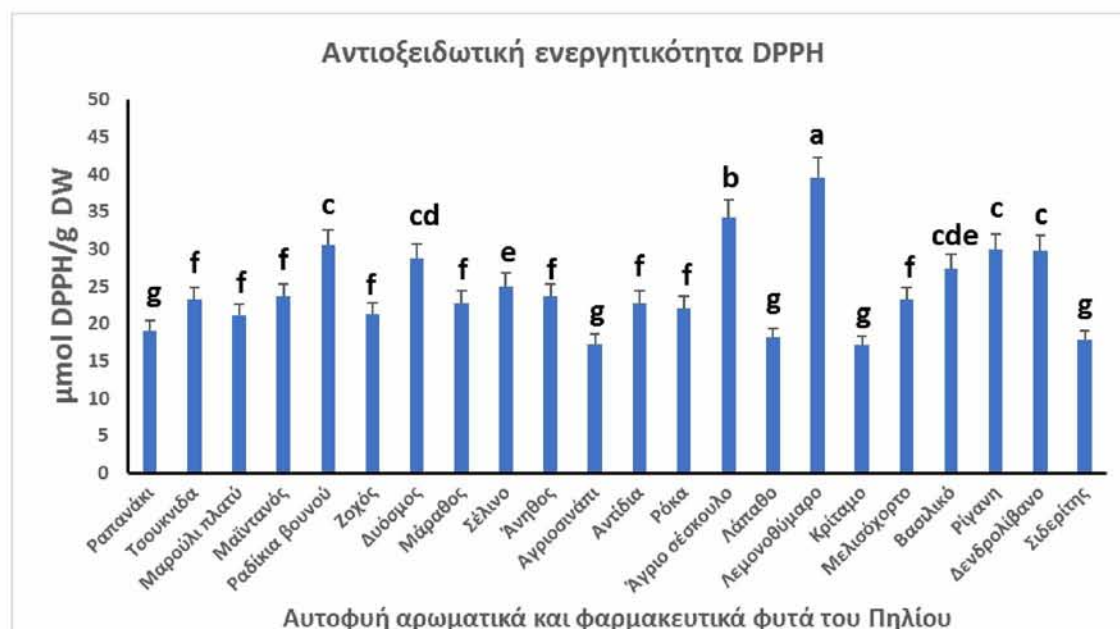
Το ποσοστό των φλαβονοειδών φαινολών στα αυτοφυή φυτά που μελετήθηκαν κυμάνθηκε από (60.99-73.88)% της σύστασης των ολικών φαινολών. Μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής των φλαβονοειδών φαινολών στις ολικές φαινόλες έδειξε το σέλινο με ποσοστό 73.88% των ολικών φαινολών, ενώ μικρότερο ποσοστό συμμετοχής φλαβονοειδών φαινολών έδειξε το άγριο σινάπι με ποσοστό 60.99% των ολικών φαινολών. Επιπλέον, το ποσοστό συμμετοχής των μη φλαβονοειδών φαινολών στις ολικές φαινόλες κυμάνθηκε από (26.12-39.01)%. Μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής μη φλαβονοειδών φαινολών έδειξε το άγριο σινάπι και μικρότερο το σέλινο. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 3. Από τα αποτελέσματα μας προκύπτει ότι από τα αυτοφυή φυτά που μελετήθηκαν το κλάσμα των φλαβονοειδών φαινολών είναι το κυρίαρχο κλάσμα των ολικών φαινολών.



Σχήμα 3. % ποσοστό συμμετοχής των φλαβονοειδών φαινολών και των μη φλαβονοειδών φαινολών στις ολικές φαινόλες.

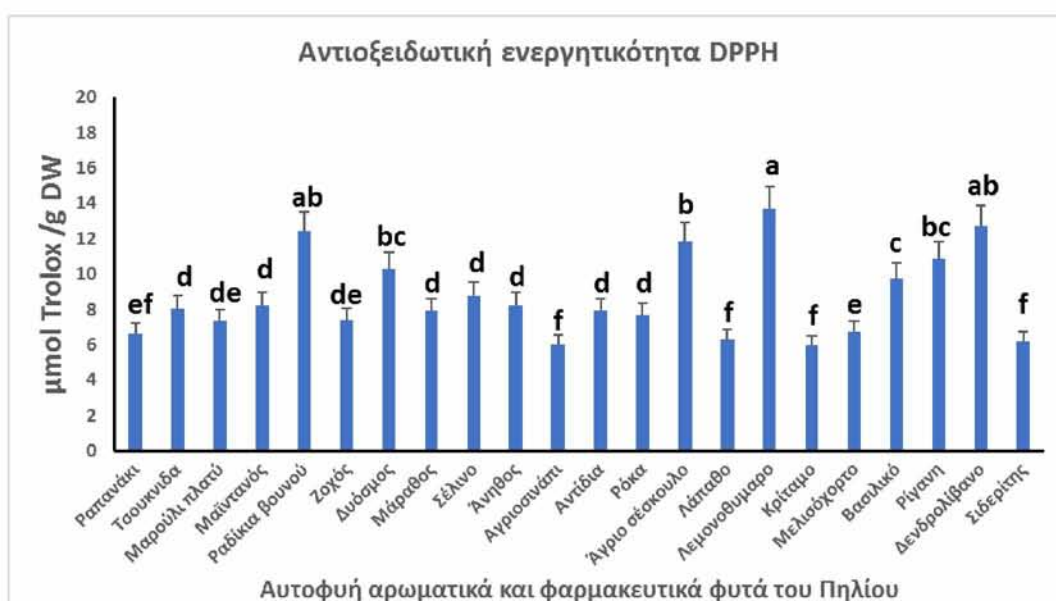
Η αντιοξειδωτική ενεργητικότητα με την μέθοδο DPPH των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών που μελετήθηκαν κυμάνθηκε από (17.12 – 39.53) $\mu\text{mol DPPH/g}$ ξηρό βάρος. Την μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ενεργητικότητα εμφάνισε το λεμονοθύμαρο, το άγριο σέσκουλο και το άγριο ραδίκι με τιμές 39.53, 34.16 και 30.49 $\mu\text{mol DPPH/g}$ ξηρό βάρος, αντίστοιχα. Αντίθετα την μικρότερη αντιοξειδωτική ενεργητικότητα DPPH εμφάνισε το αυτοφυές κρίταμο με τιμή 17.12 $\mu\text{mol DPPH/g}$ ξηρό βάρος.

Η αντιοξειδωτική ενεργητικότητα των φυτών που μελετήθηκαν εξαρτάται από τις ατομικές φαινολικές ενώσεις του κάθε φυτού και από την συνέργεια μεταξύ των ατομικών φαινολικών ενώσεων και γι' αυτό δεν αυξάνεται αναλογικά με την αύξηση της συγκέντρωσης των ολικών φαινολών.



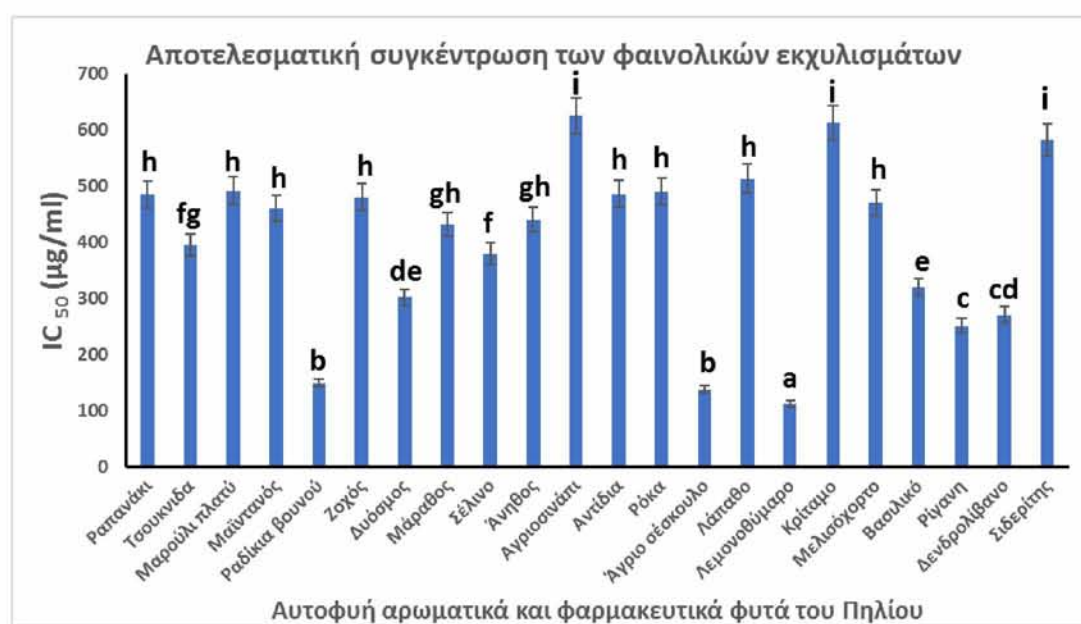
Σχήμα 4. Αντιοξειδωτική ενεργητικότητα DPPH σε ορισμένα αυτοφυή αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά του Πηλίου. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως $\mu\text{mol DPPH/kg}$ ξηρό βάρος φυτού. Στήλες του Γραφήματος με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σύμφωνα με τα κριτήρια Tukey's ($P = 0,05$).

Επιπλέον, προσδιορίστηκε η αντιοξειδωτική ενεργητικότητα των φυτών με την μέθοδο DPPH και ως προς ισοδύναμο της συνθετικής Βιταμίνης E (Trolox). Η αντιοξειδωτική ενεργητικότητα DPPH των φυτών που μελετήθηκαν κυμάνθηκε από (5.94 – 13.72) $\mu\text{mol Trolox/g}$ ξηρό βάρος. Την μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ενεργητικότητα εμφάνισε το λεμονοθύμαρο, το δενδρολίβανο και τα ραδίκια του βουνού με τιμές 13.72, 12.75 και 12.4 $\mu\text{mol Trolox/g}$ ξηρό βάρος, αντίστοιχα. Αντίθετα την μικρότερη αντιοξειδωτική ενεργητικότητα DPPH εμφάνισε το αυτοφυές κρίταμο με τιμή 5.94 $\mu\text{mol Trolox/g}$ ξηρό βάρος.

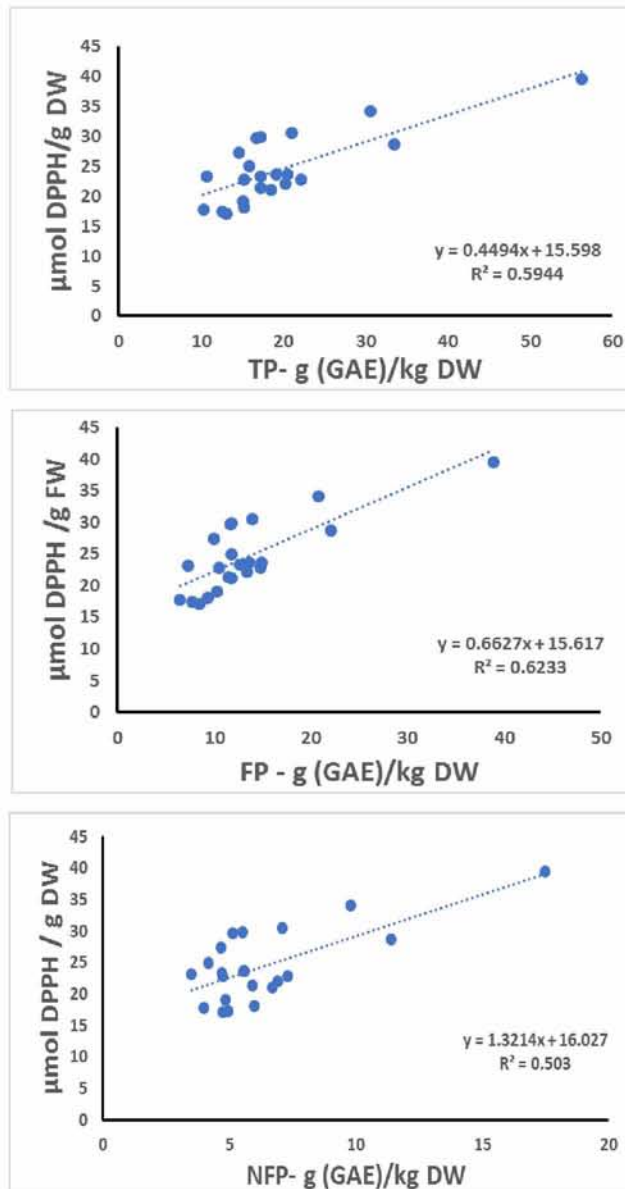


Σχήμα 5. Αντιοξειδωτική ενεργητικότητα DPPH ως ισοδύναμο της συνθετικής Βιταμίνης E (Trolox) σε ορισμένα αυτοφυή αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά του Πηλίου. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως $\mu\text{mol DPPH/kg}$ ξηρό βάρος φυτού. Στήλες του Γραφήματος με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σύμφωνα με τα κριτήρια Tukey's ($P = 0,05$).

Η αποτελεσματική συγκέντρωση (IC_{50}) των φαινολικών ενώσεων στα μεθανολικά εκχυλίσματα των φυτών κυμάνθηκε από (113-625) $\mu\text{g/ml}$ εκχυλίσματος. Αποτελεσματική συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων είναι η ποσότητα των φαινολικών ενώσεων που υπάρχει στα φυτικά εκχυλίσματα και εξουδετερώνει το 50% του ελεύθερου σταθερού ριζικού DPPH. Όσο μικρότερη είναι η αποτελεσματική συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων στα εκχυλίσματα τόσο ισχυρότερη είναι η αντιοξειδωτική δύναμη των εκχυλισμάτων. Μικρότερη αποτελεσματική συγκέντρωση εμφάνισε το εκχύλισμα του λεμονοθύμαρου, του άγριου σέσκουλου και το εκχύλισμα από τα ραδίκια του βουνού με τιμές 113, 138 και 150 μg φαινολικών ενώσεων/ml εκχυλίσματος. Αντίθετα, μεγαλύτερη αποτελεσματική συγκέντρωση, άρα και χαμηλότερη αντιοξειδωτική δύναμη εμφάνισε το εκχύλισμα από το άγριο σινάπι, του κρίταμου και του σιδερίτη με τιμές 625, 612 και 582 μg φαινολικών ενώσεων/ml εκχυλίσματος.



Σχήμα 5. Αποτελεσματική συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων στα μεθανολικά εκχυλίσματα των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών του Πηλίου που μελετήθηκαν. Στήλες του Γραφήματος με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σύμφωνα με τα κριτήρια Tukey's ($P = 0,05$).



Σχήμα 6. Συσχέτιση μεταξύ φαινολικών ενώσεων, φλαβονοειδών ενώσεων, μη φλαβονοειδών ενώσεων και της αντιοξειδωτικής ενεργητικότητας DPPH.

Από το Σχήμα 6 παρατηρούμε, ότι η συσχέτιση των ολικών φαινολών και της αντιοξειδωτικής δύναμης DPPH των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών που μελετήθηκαν ήταν μέτρια με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0.5944$. Μεταξύ των φλαβονοειδών φαινολών και της αντιοξειδωτικής ενεργητικότητας DPPH ήταν $R^2=0.6233$. Τέλος μεταξύ των μη φλαβονοειδών φαινολών και της αντιοξειδωτικής ενεργητικότητας DPPH ήταν $R^2=0.503$. Η μέτρια συσχέτιση μεταξύ των φαινολικών ενώσεων και της αντιοξειδωτικής ενεργητικότητας DPPH οφείλεται στις διαφορετικές ατομικές φαινολικές ενώσεις που υπάρχουν στα φυτά και στην μεταξύ τους συνέργεια.

4.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα μας από τα αυτοφυή αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά του Πηλίου που μελετήθηκαν έδειξαν υψηλές συγκεντρώσεις ολικών φαινολών φλαβονοειδών φαινολών, μη φλαβονοειδών φαινολών και ισχυρή αντιοξειδωτική ενεργητικότητα DPPH.

Την υψηλότερη συγκέντρωση σε ολικές φαινόλες, φλαβονοειδείς και μη φλαβονοειδείς φαινόλες έδειξαν το λεμονοθύμαρο, ο δυόσμος και το άγριο σέσκουλο.

Την ισχυρότερη αντιοξειδωτική ενεργητικότητα έδειξαν το λεμονοθύμαρο, το δενδρολίβανο, τα ραδίκια και το άγριο σέσκουλο.

Το φαινολικό κλάσμα που κυριαρχεί στις ολικές φαινόλες είναι οι φλαβονοειδείς φαινόλες.

Η συσχέτιση μεταξύ των ολικών φαινολών, των φαινολικών κλασμάτων και της αντιοξειδωτικής ενεργητικότητας DPPH ήταν μέτρια. Αυτό οφείλεται στην διαφορετική αντιοξειδωτική ενεργητικότητα των ατομικών ενώσεων και στην μεταξύ τους συνέργεια.

Τα αποτελέσματα μας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απομόνωση των φαινολικών ενώσεων από τα φυτά (λεμονοθύμαρο, ραδίκια, δενδρολίβανο, άγριο σέσκουλο) προς παρασκευή σκευασμάτων για πρόληψη ασθενειών (καρκίνος, καρδιά, αναπνευστικό).

Επίσης, τα εκχυλίσματα των φυτών που περιέχουν υψηλή αντιοξειδωτικής ενεργητικότητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην βιολογική γεωργία ως ζιζανιοκτόνα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Afanas' ev, I. B., Dcrozhko, A. I., Brodskii, A. V., Kostyuk, V. A., & Potapovitch, A. I., 1989. Chelating and free radical scavenging mechanisms of inhibitory action of rutin and quercetin in lipid peroxidation. *Biochemical pharmacology*, 38(11), 1763-1769.
- Borctal, M., Ozdemir, F., & Turkan, I., 2003. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugarbeet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. *Plant Sci*, 164, 77-84.
- Bourassa, M. G., & Tardif, J. C. (Eds.), 2006. *Antioxidants and cardiovascular disease* (Vol. 258). Springer Science & Business Media.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. L. W. T., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Calani, L., Del Rio, D., Luisa Callegari, M., Morelli, L., & Brighenti, F., 2012. Updated bioavailability and 48 h excretion profile of flavan-3-ols from green tea in humans. *International journal of food sciences and nutrition*, 63(5), 513-521.
- Carocho, M., & Ferreira, I. C., 2013. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and chemical toxicology*, 51, 15-25.
- Chatterjee, P., Chandra, S., Dey, P., & Bhattacharya, S., 2012. Evaluation of anti-inflammatory effects of green tea and black tea: A comparative in vitro study. *Journal of advanced pharmaceutical technology & research*, 3(2), 136.
- Chen, J. H., & Ho, C. T., 1997. Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 45(7), 2374-2378.
- Ciccarelli, D., Picciarelli, P., Bedini, G., & Sorce, C., 2016. Mediterranean Sea cliff plants: morphological and physiological responses to environmental conditions. *Journal of Plant Ecology*, 9(2), 153-164.
- Clifford, M. N., & Scalbert, A., 2000. Ellagitannins—nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 1118-1125.
- Coombe, B. G., BOVIO, M., & SCHNEIDER, A., 1987. Solute accumulation by grape pericarp cells: v. relationship to berry size and the effects of defoliation. *Journal of Experimental Botany*, 38(11), 1789-1798.

- Croft, K. D., 1999. Antioxidant effects of plant phenolic compounds. *Antioxidants in human health and disease*, 109-121.
- Cseke, L. J., Setzer, W. N., Vogler, B., Kirakosyan, A., & Kaufman, P. B., 2006. Traditional, analytical, and preparative separations of natural products. *Natural products from plants*, 2, 263-317.
- Cuvelier, M.-E., Richard, H. and Berset, C., 1992. Comparison of the antioxidant activity of some acid phenols: Structure-activity relationship. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 56(2), 324–325.
- D'Archivio, M., Filesi, C., Di Benedetto, R., Gargiulo, R., Giovannini, C., & Masella, R., 2007. Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Annali-Istituto Superiore di Sanita*, 43(4), 348.
- Dai, J., & Mumper, R. J., 2010. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352.
- de Rodríguez, D. J., Angulo-Sánchez, J. L., & Hernández-Castillo, F. D., 2006. An overview of the antimicrobial properties of Mexican medicinal plants. *Advances in Phytomedicine*, 3, 325-377.
- Dreosti, I. E., 2000. Antioxidant polyphenols in tea, cocoa, and wine. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 16(7-8), 692-694.
- Fernandez-Pancho, M. S., Villano, D., Troncoso, A. M., & Garcia-Parrilla, M. C., 2008. Antioxidant activity of phenolic compounds: from in vitro results to in vivo evidence. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(7), 649-671.
- Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., & Scheffer, J. J., 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance journal*, 23(4), 213-226.
- Fletcher, R. S., Slimmon, T., McAuley, C. Y., & Kott, L. S., 2005. Heat stress reduces the accumulation of rosmarinic acid and the total antioxidant capacity in spearmint (*Mentha spicata* L). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(14), 2429-2436.
- Frankel, E. N., & Meyer, A. S., 2000. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(13), 1925-1941.
- Gadow, A., Joubert, E., Hansmann, G. F., 1997. Comparison of antioxidant Activity of Aspalathin with that of other Plant Phenols of Rooibos Tea... *J. Agric. Food Chem.*, 45, 632-635.

- Gershenzon, J., 1984. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress. In *Phytochemical adaptations to stress* (pp. 273-320). Springer, Boston, MA.
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z., & Rahmat, A., 2010. Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Molecules*, 15(6), 4324-4333.
- Gropper, S., Smith, J., & Groff, J. L., 2008. *Nutrition and Metabolism*.
- Hagerman, A. E., & Robbins, C. T., 1987. Implications of soluble tannin-protein complexes for tannin analysis and plant defense mechanisms. *Journal of Chemical Ecology*, 13(5), 1243-1259.
- Halliwell, B., 2012. Free radicals and antioxidants: updating a personal view. *Nutrition reviews*, 70(5), 257-265.
- Harborne, J. B., Baxter, H., & Moss, G. P. A., 1993. *A handbook of bioactive compounds from plants. Phytochemical dictionary*.
- Hartley, S. E., Jones, C. G., Couper, G. C., & Jones, T. H., 2000. Biosynthesis of plant phenolic compounds in elevated atmospheric CO₂. *Global Change Biology*, 6(5), 497-506.
- Holiman, P. C., Hertog, M. G., & Katan, M. B., 1996. Analysis and health effects of flavonoids. *Food Chemistry*, 57(1), 43-46.
- Huang, Q., Liu, X., Zhao, G., Hu, T., & Wang, Y., 2018. Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4(2), 137-150.
- Irchhaiya, R., Kumar, A., Yadav, A., Gupta, N., Kumar, S., Gupta, N., Gurjar, H., 2015. Metabolites in plants and its classification. *World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, 4(1), 287-305.
- Jackson, D. I., & Lombard, P. B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality-a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44(4), 409-430.
- Jelić, D., Lower-Nedza, A. D., Brantner, A. H., Blažeković, B., Bian, B., Yang, J., & Vladimir-Knežević, S., 2016. Baicalin and Baicalein inhibit Src tyrosine kinase and production of IL-6. *Journal of chemistry*.
- Kashani, H. H., Faraji, Z., Nikzad, H., Parivar, K., & Nikzad, M., 2012. The effect of aqueous extract of Salep prepared from root-tubers of *Dactylorhiza maculata*

- (Orchidaceae) on the testes and sexual hormones of immature male mice. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(24), 4102-4106.
- Khurana, S., Venkataraman, K., Hollingsworth, A., Piche, M., & Tai, T. C., 2013. Polyphenols: benefits to the cardiovascular system in health and in aging. *Nutrients*, 5(10), 3779-3827.
- Kliwer, W. M., & Lider, L. A., 1968. Influence of cluster exposure to the sun on the composition of Thompson Seedless fruit. *American Journal of Enology and Viticulture*, 19(3), 175-184.
- Kramling, T.E., Singleton, V.L., 1969. An estimate of the nonflavonoid phenols in wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 20(2), 86-92.
- Krause, E. L., & Ternes, W., 2000. Bioavailability of the antioxidative *Rosmarinus officinalis* compound carnosic acid in eggs. *European food research and technology*, 210(3), 161-164.
- Kumar, S., 2011. Free radicals and antioxidants: human and food system. *Adv Appl Sci Res*, 2(1), 129-135.
- Liu, Y., Hartley, D. P., & Liu, J., 1998. Protection against carbon tetrachloride hepatotoxicity by oleanolic acid is not mediated through metallothionein. *Toxicology letters*, 95(2), 77-85.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N., 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, 4(8), 118.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L., 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5), 727-747.
- Mayne, S. T., 2003. Antioxidant nutrients and chronic disease: use of biomarkers of exposure and oxidative stress status in epidemiologic research. *The Journal of nutrition*, 133(3), 933S-940S.
- Meyer, A.S., Yi, O.S., Pearson, D.A., Waterhouse, A.L., & Frankel, E.N., 1997. Inhibition of human low-density lipoprotein oxidation in relation to composition of phenolic antioxidants in grapes (*Vitis vinifera*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(5), 1638-1643.
- Miadokova, E., 2009. Isoflavonoids - an overview of their biological activities and potential health benefits. *Interdisciplinary Toxicology*, 2 (4): 211-218.

- Nagashima, M., Fukuda, Y., 2004. Lignanphenols of Water-soluble Fraction from 8 kinds of Sesame Seed Coat according to Producing District and their Antioxidant Activities. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*. 38: 45-53.
- Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A., & Deloire, A. (2002). Influence of pre-and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(4), 261-267.
- Orlikova, B., Tasdemir, D., Golais, F., Dicato, M., & Diederich, M. (2011). Dietary chalcones with chemopreventive and chemotherapeutic potential. *Genes & nutrition*, 6(2), 125-147.
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I., 2009. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2.
- Papas, A. M., 1999. Diet and antioxidant status. *Food Chem Toxicol* 1999; 37: 999, 1007.
- Percival, M., 1998. Structure Activity Relationship of Coumarin Derivatives on Xanthine Oxidase Inhibiting and Free Radical Scavenging Activities. *Biochemical Pharmacology*, 75, 1416-1425.
- Pham-Huy, L. A., He, H., & Pham-Huy, C., 2008. Free radicals, antioxidants in disease and health. *International journal of biomedical science: IJBS*, 4(2), 89.
- Prior, R. L., & Cao, G., 1999. In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods¹. *Free Radical Biology and Medicine*, 27(11-12), 1173-1181.
- Pryor, W. A., Houk, K. N., Foote, C. S., Fukuto, J. M., Ignarro, L. J., Squadrito, G. L., & Davies, K. J., 2006. Free radical biology and medicine: it's a gas, man!. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 291(3), R491-R511.
- Ratty, A. K., & Das, N. P., 1988. Effects of flavonoids on nonenzymatic lipid peroxidation: structure-activity relationship. *Biochemical medicine and metabolic biology*, 39(1), 69-79.
- Reische, D. W., Lillard, D. A., & Eitenmiller, R. R., 2008. 15. Antioxidants. *Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology*.
- Rice-evans, C. A., Miller, N. J., Bolwell, P. G., Bramley, P. M., & Pridham, J. B., 1995. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free radical research*, 22(4), 375-383.

- Rivero, R. M., Ruiz, J. M., Garcia, P. C., Lopez-Lefebvre, L. R., Sánchez, E., & Romero, L., 2001. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Science*, 160(2), 315-321.
- Robbins, R. J., 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(10), 2866-2887.
- Ryan, D., Robards, K., Prenzler, P., & Antolovich, M., 1999. Applications of mass spectrometry to plant phenols. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 18(5), 362-372.
- Ryan, B.F., Joiner B.L., Cryer J.D., 2005. *MINITAB Handbook: Updated for release 14*, 5th edition.
- Sakihama, Y., Cohen, M. F., Grace, S. C., & Yamasaki, H., 2002. Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants. *Toxicology*, 177(1), 67-80.
- Salah, N., Miller, N. J., Paganga, G., Tijburg, L., Bolwell, G. P., & Riceevans, C., 1995. Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants. *Archives of biochemistry and biophysics*, 322(2), 339-346.
- Satué-Gracia, M. T., Heinonen, M., & Frankel, E. N., 1997. Anthocyanins as antioxidants on human low-density lipoprotein and lecithin– liposome systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(9), 3362-3367.
- Saxena, V. A. S. U. N. D. H. A. R. A., Mishra, G., Saxena, A., & Vishwakarma, K. R., 2013. A comparative study on quantitative estimation of tannins in *Terminalia chebula*, *Terminalia belerica*, *Terminalia arjuna* and *Saraca indica* using spectrophotometer. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 6(3), 148-149.
- Schuster, B., & Herrmann, K., 1985. Hydroxybenzoic and hydroxycinnamic acid derivatives in soft fruits. *Phytochemistry*, 24(11), 2761-2764.
- Shabnum, S., & Wagay, M. G., 2011. Micropropagation of different species of *Thymus*. *Journal of Research & Development*, 11, 71-81.
- Shahidi, F., 1997. Natural antioxidants: an overview. *Natural antioxidants, chemistry, health effects and applications*, 1-11.
- Shahidi, F., Janitha, P. K., & Wanasundara, P. D., 1992. Phenolic antioxidants. *Critical reviews in food science & nutrition*, 32(1), 67-103.

- Silva, E. M., Souza, J. N. S., Rogez, H., Rees, J. F., & Larondelle, Y., 2007. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. *Food chemistry*, 101(3), 1012-1018.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic - phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Sivilotti, P., Zulini, L., Peterlunger, E., & Petrusi, C., 2005, September). Sensory properties of Cabernet sauvignon wines as affected by rootstock and season. In *International Workshop on Advances in Grapevine and Wine Research 754* (pp. 443-448).
- Solecka, D., & Kacperska, A., 2003. Phenylpropanoid deficiency affects the course of plant acclimation to cold. *Physiologia Plantarum*, 119(2), 253-262.
- Soobrattee, M. A., Neergheen, V. S., Luximon-Ramma, A., Aruoma, O. I., & Bahorun, T., 2005. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. *Mutation Research/Fundamental and Molecular mechanisms of mutagenesis*, 579(1-2), 200-213.
- Spayd, S. E., Tarara, J. M., Mee, D. L., & Ferguson, J. C., 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(3), 171-182.
- Stahl-Biskup, E., & Sáez, F. (Eds.), 2002. *Thyme: the genus Thymus*. CRC Press.
- Tiwari, V., & Singh, A., 2013. Elucidation of possible mechanism of anti-nociceptive and antioxidant potential of *Bauhinia tomentosa* extracts in experimental animal models. *The Natural Products Journal*, 3(4), 309-316.
- Tsao, R., 2010. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2(12), 1231-1246.
- Van Wyk, B. E., 2008. A broad review of commercially important southern African medicinal plants. *Journal of ethnopharmacology*, 119(3), 342-355.
- Visioli, F., Borsani, L., & Galli, C., 2000. Diet and prevention of coronary heart disease: the potential role of phytochemicals. *Cardiovascular Research*, 47(3), 419-425.
- Wang, H., Li, J., Bostock, R. M., & Gilchrist, D. G., 1996. Apoptosis: a functional paradigm for programmed plant cell death induced by a host-selective phytotoxin and invoked during development. *The Plant Cell*, 8(3), 375-391.

- Wang, L. Q., 2002. Mammalian phytoestrogens: enterodiol and enterolactone. *Journal of Chromatography B*, 777(1-2), 289-309.
- Wang, S. Y., & Zheng, W., 2001. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(10), 4977-4982.
- Williams, G. M., & Iatropoulos, M. J., 1997. Anticarcinogenic effects of synthetic phenolic antioxidants. *Oxidants, antioxidants, and free radicals*, 341-350.
- Wink, M., 2003. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, 64(1), 3-19.
- Yanishlieva-Maslarova, N. V., 2001. Inhibiting oxidation. *Antioxidants in food*, 22-70.
- Yuan, Y. V., & Kitts, D. D., 1997. Endogenous antioxidants: Role of antioxidant enzymes in biological systems. *Natural Antioxidants: Chemistry, Health Effects, and Applications*, Champaign, Illinois: AOCS Press, 15, 258-270.
- Zucker, M., 1965. Induction of phenylalanine deaminase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. *Plant Physiology*, 40(5), 779.
- Βογιατζή-Καμβούκου, Ε., 2018. Επιλογή αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Εκδότης, Σύγχρονη Παιδεία, ISBN13:9789603571308.
- Βογιατζή, Ε., Γκουγκουλιάς, Ν., 2017. Χημικές βιοδραστικές ενώσεις αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Εκδόσεις γραμμικό, Λάρισα, σελ.130, ISBN: 978-960-9506-16-8.
- Γαλάρης, Δ., Δούλιας, Π., 2001. Βιολογικά αντιοξειδωτικά, *Χημικά Χρονικά*, 2, 49-50.
- Δημόπουλος, Κ., Αντωνοπούλου, Σ., (2009). Βασική Βιοχημεία. 2η έκδοση με βελτιώσεις και προσθήκες. Αθήνα σελ, 217-218, 63-69. (παράρτημα).
- Δομαζάκη, Α., 2016. Αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας διαφόρων αυτοφυών βοτάνων από την περιοχή του Ρεθύμνου. Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρήτης, σελ. 121.
- Ζαχαρόπουλος, Ι., 2002. Σύγχρονη Πλήρης Θεραπευτική με τα Βότανα, Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα.
- Ηλιοπούλου Κανέλα, 2002, «Θεραπευτικά Βότανα & Φυτά», Τριδα, Αθήνα.
- Κουτσός, Θ., 2006. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά. Εκδόσεις ΖΗΤΗ. Θεσσαλονίκη.

- Κουτσός, Θ., 2009. Φυτολογία. Εκδότης: Ζήτη, Κωδικός ISBN-13: 9789604561735.
- Λιαμπότη Κατερίνα., 2006. Οι χρήσεις των βοτάνων στη σύγχρονη κοινωνία του 21^{ου} αιώνα. Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Καλαμάτας, σελ. 113.
- Μαργαρίτη, Μ., 2005. Επίδραση φυτικών πολυφαινόλων και εκχυλισμάτων της ελληνικής ποικιλίας αμπέλου Μανδηλαριά Σαντορίνης στην επαγόμενη από τη μιτομυκίνη C μεταλλαξιγένεση σε ανθρώπινα λεμφοκύτταρα. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Σχολή Επιστημών Υγείας. Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας.
- Μπλούκας, Ι., 2004. Επεξεργασία και συντήρηση τροφίμων. Σταμούλη Α.Ε., 500 σελ. ISBN-13 978-960-351-525-8.
- Μπόσκος, Δ., 1997. Χημεία Τροφίμων, σελ. 307, Γαρταγάνης Δ. Εκδόσεις, ISBN-13: 9789607013224.
- Παπασάββας, Α., Χελά, Δ., Δελληγιαννάκης, Ι. Σαλάχας, Γ., 2013. Βελτιστοποίηση των φυσικών αντιοξειδωτικών παραγόντων των φυτών μέσω του ελέγχου της συγκέντρωσης του αζώτου του θρεπτικού διαλύματος. 26ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών (Ε.Ε.Ε.Ο.), Καλαμάτα 15 έως 18 Οκτωβρίου 2013.
- Πολίτη, Β., 2016. Μελέτη της αντιοξειδωτικής ικανότητας εκχυλίσματος του ενδημικού βοτάνου του Ταυγέτου *ORIGANUM SCABRUM*. Πτυχιακή Διατριβή, ΤΕΙ Πελοποννήσου.
- Ρογκότη, Αννα., 1010. Διερεύνηση του αλληλοπαθητικού δυναμικού των ζιζανίων *Cirsium arvense* - *Taraxacum officinale* - *Datura stramonium* και της φυτοτοξικής δράσης τους σε καλλιεργούμενα φυτά και ζιζάνια. Μεταπτυχιακή Διατριβή, ΤΕΙ Ηπείρου, σελ. 119.
- Σαρλής, Γ.Π., 1994. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά. Εκδόσεις Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Σκρουμπής, Β., 1998. Αρωματικά, φαρμακευτικά και μελισσοτροφικά φυτά της Ελλάδας. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα.
- Σκρουμπής, Β., 1988. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Σπυρονίκος, Κ., 2012. Τα αντιοξειδωτικά του τσαγιού και η ωφελιμότητα τους στον άνθρωπο. Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Πελοποννήσου.
- Σταθακόπουλος, 2015. Η καλλιέργεια του λεμονοθύμαρου. ΤΕΙ Καβάλας.
- Σφλώμος, Κ., 2011. Διατροφή, Χημεία, Τεχνολογία Τροφίμων. ISBN-13: 9789609281836.

Τριχόπουλος, Δ., Καλαπαθάκη, Β., Πετρίδου, Ε., 2000. Προληπτική ιατρική και δημόσια υγεία. Αθήνα, Εκδόσεις Ζήτα, 408-409.

Ψαρουδάκη, Ε., 2009. Τα αυτοφυή λαχανευόμενα φυτά στο οροπέδιο της Ζίρου και η κατανάλωση τους από τους κατοίκους της περιοχής σήμερα. Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρήτης.

Ψιλάκης, Ν., 2002. «Τα βότανα στην κουζίνα, Μαγειρική με επιλογές από το φαρμακείο της φύσης», Καρμανώρ, Ηράκλειο.

<https://www.iatronet.gr/ygeia/pathologia/article/35804/tsoyknida-therapeftikes-idiotites-kai-parenergeies.html>

<https://www.mistikakipou.gr/maintanos-kalliergeia-fitefsi/>

<https://share24.gr/votano-tou-ippokrati-pou-stamata-ton-pono-fytroni-mono-tou-se-kathe-avli/>

<https://www.proionta-tis-fisis.com/agrio-horto-zohos-i-zohia-ena-ekpliktiko-farmako/>

<https://www.mistikakipou.gr/simvoules-gia-diosmo/>

<https://www.mydiatrofi.gr/trofi/trofima/votana-baxarika/marathos-idiotites-kai-threptika-systatika>

<https://enallaktikidrasi.com/2018/03/selino-therapeutikes-draseis-tropoi-xrxis/>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CE%BD%CE%B7%CE%B8%CE%BF%CF%82#/media/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Dill.jpg>

<https://www.agriamanitaria.gr/eruca-vesicaria>

<https://www.phytologio.blogspot.com>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%AC%CF%80%CE%B1%CE%B8%CE%BF>

https://t53vorini-gr.blogspot.com/2013/08/blog-post_30.html

<https://enallaktikidrasi.com/2016/04/tarajako-radiki-idiohtes-uerapeytikes-draseis-kai-tropoi-xrhshs/>

<https://agrogen.gr/el/geoponikes-sumvoules/105-kalliergo-antidi>

<https://www.agriamanitaria.gr/beta-maritima>

<https://www.mistikakipou.gr/lemonothimaro-kalliergeia-se-glastra/>

<https://www.mistikakipou.gr/melissoxorto/>

<https://enallaktikidrasi.com/2016/05/vasilikos-idiotites-tropos-chrisis/>

<https://www.epixeiro.gr/article/2637>

<https://www.mistikakipou.gr/simvoules-dentrolivano/>

<https://agronomist.gr/tsai-toy-voynoy-mystika-kalliergeias/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Sinapis_arvensis#/media/File:Brassicaceae_-_Sinapis_arvensis_\(3\).JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Sinapis_arvensis#/media/File:Brassicaceae_-_Sinapis_arvensis_(3).JPG)

<https://enallaktikidrasi.com/2015/10/vrouves-eyergetikes-idiotites/>