



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ-ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΠΜΣ : «Τεχνολογίες Διαχείρισης Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών: Καλλιέργεια,
Μεταποίηση και Παραγωγή Προϊόντων Υψηλής Προστιθέμενης Αξίας»**

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ
ΑΥΤΟΦΥΟΥΣ ΡΙΓΑΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΣΤΑΘΗ ΜΑΡΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΚΟΥΓΚΟΥΛΙΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΛΑΡΙΣΑ, 2025

Τριμελής επιτροπή εξέτασης

1. Δρ. Γκουγκουλιάς Νικόλαος: Επιβλέπων Καθηγητής
2. Δρ. Βογιατζή – Καμβούκου Ελένη: Καθηγήτρια
3. Δρ. Φιλίντας Αγαθός: Μέλος ΕΔΙΠ

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω ότι είμαι η συγγραφέας της παρούσας εργασίας με τίτλο: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΑΥΤΟΦΥΟΥΣ ΡΙΓΑΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ που συντάχθηκε στα πλαίσια των υποχρεώσεων μου ως μεταπτυχιακής φοιτήτριας του ΠΜΣ_ΤΕΔΑΦΦ του Τμήματος Γεωπονίας-Αγροτεχνολογίας του ΠΘ.

Η αναφερόμενη Διπλωματική Εργασία δεν αποτελεί αντιγραφή από ηλεκτρονικές πηγές, έντυπες πηγές, μετάφραση από ξενόγλωσσες πηγές, αναπαραγωγή από άλλους ερευνητές/τριες ή φοιτητές/τριες, ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στο κείμενο και στην βιβλιογραφία, κάθε εξωτερική βοήθεια αν υπήρξε, αναγνωρίζεται ρητά ακολουθώντας τα προβλεπόμενα περί αποφυγής της λογοκλοπής.

Στάθη Μαρία

Περίληψη

Μετρήθηκε η περιεκτικότητα των πολυφαινολών και αξιολογήθηκε η αντιοξειδωτική δύναμη σε φύλλα αυτοφυών φυτών της ρίγανης που συλλέχθηκαν το καλοκαίρι του 2024 από διάφορες περιοχές της ευρύτερης περιοχής της Λάρισας. Πράγματι η Ελληνική αυτοφυής ρίγανη αναδειχθηκε ως αξιοσημείωτη πηγή βιοδραστικών πολυφαινολών, με πιθανά οφέλη που επεκτείνονται στη συντήρηση τροφίμων, την ανθρώπινη υγεία, τα καλλυντικά.

Επιβεβαιώθηκε ότι στα υψηλότερα δύο υψόμετρα, από τις τέσσερις περιοχές της ευρύτερης περιοχής Λάρισας που μελετήθηκαν, η αυτοφυής ρίγανη περιέχει μεγαλύτερες τιμές στην Περιεκτικότητα Ολικών Φαινολών (TP), Περιεκτικότητα Φλαβονοειδών Φαινολών (FP), Περιεκτικότητα μη Φλαβονοειδών Φαινολών (NFP) και Αντιριζική Ενεργητικότητα DPPH σε ισοδύναμα Trolox. Αυτή η διαφοροποίηση με εξάρτηση από το υψόμετρο, συμφωνεί με προηγούμενες έρευνες.

Οι ανωτέρω τέσσερις παράμετροι βρέθηκαν σαφώς υποπολλαπλάσιες έναντι άλλων μετρήσεων αυτοφυούς ρίγανης. Παρά το ότι τα στοιχεία δεν είναι αρκετά ώστε να αποδοθεί σε συγκεκριμένη αιτία αυτή η διαφορά, σημειώνεται ότι το καλοκαίρι του 2024 που λήφθηκαν τα δείγματα, εκδηλώθηκε στην Ελλάδα ξηρασία και εντονώτατος καύσωνας που είναι πολύ πιθανόν να έχουν επηρεάσει και την αυτοφυή ρίγανη.

Στα αντίστοιχα δείγματα εδάφους, όπου βρέθηκαν οι μεγαλύτερες τιμές στην Περιεκτικότητα Ολικών Φαινολών (TP), Περιεκτικότητα Φλαβονοειδών Φαινολών (FP), Περιεκτικότητα μη Φλαβονοειδών Φαινολών (NFP) και αντιριζική ενεργητικότητα DPPH σε ισοδύναμα Trolox, μετρήθηκαν στο έδαφος υψηλότερες τιμές pH, χαμηλότερες τιμές CaCO₃, οριακά χαμηλότερες τιμές Organic matter, χαμηλότερες τιμές N-inorganic, υψηλότερες τιμές P –Olsen, χαμηλότερες τιμές K- Exchangeable, χαμηλότερες τιμές Na-Exchangeable, και χαμηλότερες τιμές CEC (ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων).

Abstract

The polyphenol content was measured and the antioxidant strength was evaluated in leaves of wild oregano plants collected in the summer of 2024 from various areas of the wider Larissa region. Indeed, Greek wild oregano showed up as a remarkable source of bioactive polyphenols, with potential benefits extending to food preservation, human health, cosmetics.

It was confirmed that at the highest two altitudes of the four areas of the wider Larissa region studied, wild oregano contains higher values in Total Phenolic Content (TP), Flavonoid Phenolic Content (FP), Non-Flavonoid Phenolic Content (NFP) and DPPH Free Radical Scavenging Activity in Trolox equivalents. This differentiation with altitude dependence is in agreement with previous research.

The above four parameters were clearly found to be under-multiplied compared to other previous similar measurements of wild oregano. Although the data is not sufficient to attribute this difference to a specific cause, it is noted that in the summer of 2024, when the samples were taken, a drought and intense heat waves occurred in Greece, which are very likely to have also affected the wild oregano.

In the corresponding soil samples, where the highest values in Total Phenolic Content (TP), Flavonoid Phenolic Content (FP), Non-Flavonoid Phenolic Content (NFP) and DPPH radical scavenging activity in Trolox equivalents were measured, higher pH values, lower CaCO₃ values, marginally lower Organic matter values, lower N-inorganic values, higher P –Olsen values, lower K-Exchangeable values, lower Na-Exchangeable values, and lower CEC (cation exchange capacity) values were found.

	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	σελ.
	Περίληψη	4
	Abstract	5
	Περιεχόμενα	6
	Σκοπός της μεταπτυχιακής μελέτης	9
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ	
	ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ	
1.1	Ιδιότητες ΑΦΦ	10
1.2	Χρήσεις των ΑΦΦ	10
1.3	Η Ρίγανη	11
1.3.1	Ταξινόμηση	11
1.3.2	Μορφολογία	12
1.3.3	Γεωγραφία - Περιοχές Ανάπτυξης	13
1.3.4	Ποικιλίες	14
1.3.5	Αιθέρια Έλαια στη Ρίγανη	14
1.3.6	Χρήσεις	14
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ	
	ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΕΣ	
2.1	Γενικά στοιχεία	16
2.2	Δραστικές Ουσίες και κατηγορίες των Πολυφαινολών	16
2.3	Δράσεις των Πολυφαινολών	18
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ	
	ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ	
3.1	Εισαγωγή	19
3.2	Οξειδωτικά	19
3.3	Αντιοξειδωτικά	21
3.4	Καταπολέμηση Ασθενειών	22
3.5	Οξειδωτικά στα Τρόφιμα: Προέλευση, Ρόλοι και Επιπτώσεις	22
3.5.1	Πηγές Οξειδωτικών στα Τρόφιμα	23
3.5.2	Τύποι Οξειδωτικών στα Τρόφιμα	24
3.5.3	Τρόφιμα με Υψηλή Περιεκτικότητα σε Οξειδωτικά	24

3.5.4	Επιπτώσεις των Οξειδωτικών στα Τρόφιμα	25
3.5.5	Στρατηγικές Μείωσης	25
3.6	Αντιοξειδωτικά στα Τρόφιμα: Ρόλοι, Πηγές και Επιπτώσεις στην Υγεία	26
3.6.1	Κατανόηση των Αντιοξειδωτικών	26
3.6.2	Ταξινόμηση Αντιοξειδωτικών στα Τρόφιμα	27
3.6.3	Τρόφιμα Πλούσια σε Αντιοξειδωτικά	27
3.6.4	Ρόλος των Αντιοξειδωτικών στα Τρόφιμα	28
3.6.5	Αντιοξειδωτικά και Ανθρώπινη Υγεία	28
3.6.6	Προκλήσεις και Μελλοντικές Κατευθύνσεις	29
3.7	Ρίγανη	30
3.7.1	Αιθέριο Έλαιο Ρίγανης	30
3.7.2	Ελληνική Ρίγανη και Ερευνες στην Ελλάδα	34
3.7.3	Αντιμικροβιακές και Υγειοπροστατευτικές Ιδιότητες των Πολυφαινολών της Ελληνικής Ρίγανης	39
3.7.4	Εφαρμογές των Πολυφαινολών της Ελληνικής Ρίγανης στη Βιομηχανία	40
3.7.5	Έρευνητικές Εργασίες για την Περιεκτικότητα Πολυφαινολών στην Ελληνική Ρίγανη	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ

4	Σχεδιασμός Πειράματος για τη Μέτρηση των Πολυφαινολών στη Ρίγανη	44
4.1	Στόχοι	44
4.2	Δυνατότητες και Επιλογές για Σχεδιασμό Πειραμάτων	44
4.3	Σημεία για προσοχή	47
4.4	Πειραματικό Μέρος	48
4.4.1	Υλικά και Μέθοδοι	48
4.4.2	Χημικοί και Μηχανικοί προσδιορισμοί του Εδάφους	52
4.4.3	Παραλαβή Φαινολικών Εκχυλισμάτων Ρίγανης	65
4.4.3.1	Προσδιορισμός των Ολικών Φαινολών	66
4.4.3.2	Προσδιορισμός των μη Φλαβονοειδών και Φλαβονοειδών Φαινολών στη Ρίγανη	66
4.4.3.3	Προσδιορισμός της Αντιριζικής Ενεργητικότητας με το Ελεύθερο Σταθερό Ριζικό DPPH•	67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ, ΣΥΖΗΤΗΣΗ, ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

5.1	Αποτελέσματα και Συζήτηση	69
6	Συμπεράσματα	80
7	Προτάσεις	82
	Βιβλιογραφία	85

Σκοπός της μεταπτυχιακής μελέτης

Η ελληνική ρίγανη (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*), βασικό βότανο της Μεσογειακής διατροφής, ξεχωρίζει για τη δυνατή γεύση και την υψηλή της περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες. Γνωστή για τα οφέλη της στην υγεία, η ρίγανη είναι πλούσια σε αντιοξειδωτικές ενώσεις όπως φλαβονοειδή, φαινολικά οξέα και ροσμαρινικό οξύ. Με την ποσοτικοποίηση της περιεκτικότητας σε πολυφαινόλες και την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής δραστηριότητάς της, στοχεύουμε να προσφέρουμε νέες πληροφορίες για τα βιολογικά και διατροφικά χαρακτηριστικά της ελληνικής ρίγανης.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να προσδιοριστεί η περιεκτικότητα των πολυφαινολών και να αξιολογηθεί η αντιοξειδωτική τους δράση στα φύλλα αυτοφυών φυτών της ρίγανης από διάφορες περιοχές της ευρύτερης περιοχής της Λάρισας, λόγω της χρήσης τους στην ελληνική γαστρονομία και στην παραδοσιακή ιατρική, αλλά και με προοπτική να δημιουργηθούν νέες πηγές παρασκευής φυσικών αντιοξειδωτικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ

1.1 Ιδιότητες Αρωματικών Φυτών

Τα αρωματικά φυτά διακρίνονται από την ικανότητά τους να παράγουν και να εκπέμπουν αρωματικές ενώσεις, κυρίως μέσω αιθέριων ελαίων και άλλων πτητικών οργανικών μορίων. Αυτά τα φυτά, που ανήκουν σε διάφορες οικογένειες και γένη, έχουν εξελίξει εξειδικευμένες δομές για να αποθηκεύουν αυτές τις ενώσεις. Οι αρωματικές ενώσεις εξυπηρετούν οικολογικούς σκοπούς, όπως η άμυνα απέναντι σε φυτοφάγα ζώα, η προσέλκυση επικονιαστών και η προσαρμογή σε περιβαλλοντικό στρες (Divekar et. al., 2022).

Τα αρωματικά φυτά συνθέτουν ποικιλία μεταβολιτών, όπως τερπενοειδή, αλκαλοειδή και φαινολικές ενώσεις. Τα αιθέρια έλαια είναι το κύριο αντικείμενο έρευνας λόγω της ποικίλης χημικής τους σύνθεσης, που συχνά περιλαμβάνει μονοτερπένια (π.χ. λιμονένιο, λιναλοόλη) και σεσκιτερπένια (π.χ. καρυοφυλλένιο). Μελέτες δείχνουν ότι η σύνθεση αυτών των ελαίων μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με παράγοντες όπως το είδος, η γεωγραφική προέλευση και οι περιβαλλοντικές συνθήκες (Bakkali et al., 2008).

Οι αρωματικές ιδιότητες αυτών των φυτών συνδέονται στενά με τους οικολογικούς τους ρόλους. Τα αρώματα προστατεύουν τα φυτά αποτρέποντας τα φυτοφάγα, αναστέλλοντας την ανάπτυξη ανταγωνιστικών γειτονικών φυτών (αλληλοπάθεια) και αποτρέποντας τη μικροβιακή μόλυνση. Για παράδειγμα, οι αντιμικροβιακές ιδιότητες της θυμόλης και της καρβακρόλης, που βρίσκονται στη ρίγανη, είναι καλά τεκμηριωμένες (Burt, 2004).

1.2 Χρήσεις των Αρωματικών Φυτών

Ιστορικές Χρήσεις

Ιστορικά, τα αρωματικά φυτά έχουν παίξει καθοριστικό ρόλο στον ανθρώπινο πολιτισμό. Χρησιμοποιήθηκαν σε τελετουργίες, παραδοσιακή ιατρική και συντήρηση τροφίμων. Κείμενα από την Αρχαία Αίγυπτο περιγράφουν τη χρήση αρωματικών βοτάνων στις

διαδικασίες ταρίχευσης, ενώ οι ινδικές Αγιουρβεδικές πρακτικές χρησιμοποιούν ποικιλία αρωματικών φυτών για θεραπευτικούς σκοπούς (Aboelsoud 2010, Swagata 2014).

Σύγχρονες Χρήσεις

Στη σύγχρονη κοινωνία, τα αρωματικά φυτά είναι χρήσιμα σε πολλούς κλάδους:

- **Φαρμακευτική:** Οι εξαγόμενες ενώσεις, όπως η μενθόλη και η θυμόλη, χρησιμοποιούνται ευρέως σε αντισηπτικά και αναλγητικά.
- **Μαγειρική:** Βότανα όπως η ρίγανη και το θυμάρι εμπλουτίζουν τη γεύση διαφόρων φαγητών. Τα αιθέρια έλαιά τους χρησιμοποιούνται επίσης ως φυσικά συντηρητικά τροφίμων.
- **Καλλυντικά και Αρώματα:** Τα εκχυλίσματα λεβάντας και δενδρολίβανου είναι δημοφιλή συστατικά σε αρώματα και προϊόντα περιποίησης δέρματος λόγω του ευχάριστου αρώματος και των αντιμικροβιακών τους ιδιοτήτων.

1.3 Η Ρίγανη

1.3.1 Ταξινόμηση

Η ρίγανη, επιστημονικά γνωστή ως *Origanum*, ανήκει στην οικογένεια Lamiaceae. Το γένος *Origanum* περιλαμβάνει διάφορα είδη όπως το *Origanum vulgare* L. (κοινή ρίγανη) και το *Origanum majorana* (μαντζουράνα). Η ταξινόμηση της ρίγανης είναι σύνθετη, επηρεασμένη από τον υβριδισμό και τη μεταβλητότητα στη χημική της σύνθεση (Ietswaart, 1980).

Η αναλυτική ιεραρχία ταξινόμησής της είναι :

Taxonomic Hierarchy (Integrated Taxonomic Information System – Report, ανάκτηση 17-01-2025)

Kingdom *Plantae* – plantes, Planta, Vegetal, plants

Subkingdom *Viridiplantae* – green plants

Infrakingdom *Streptophyta* – land plants

Superdivision *Embryophyta*

Division *Tracheophyta* – vascular plants, tracheophytes

Subdivision *Spermatophytina* – spermatophytes, seed plants, phanérogames

Class *Magnoliopsida*

Superorder *Asteranae*

Order	<i>Lamiales</i>
Family	<i>Lamiaceae</i> – mints, menthes
Genus	<i>Origanum</i> L.
Species	<i>Origanum vulgare</i> L. – oregano

Ή (Wikipedia, ανάκτηση 17-01-2025)

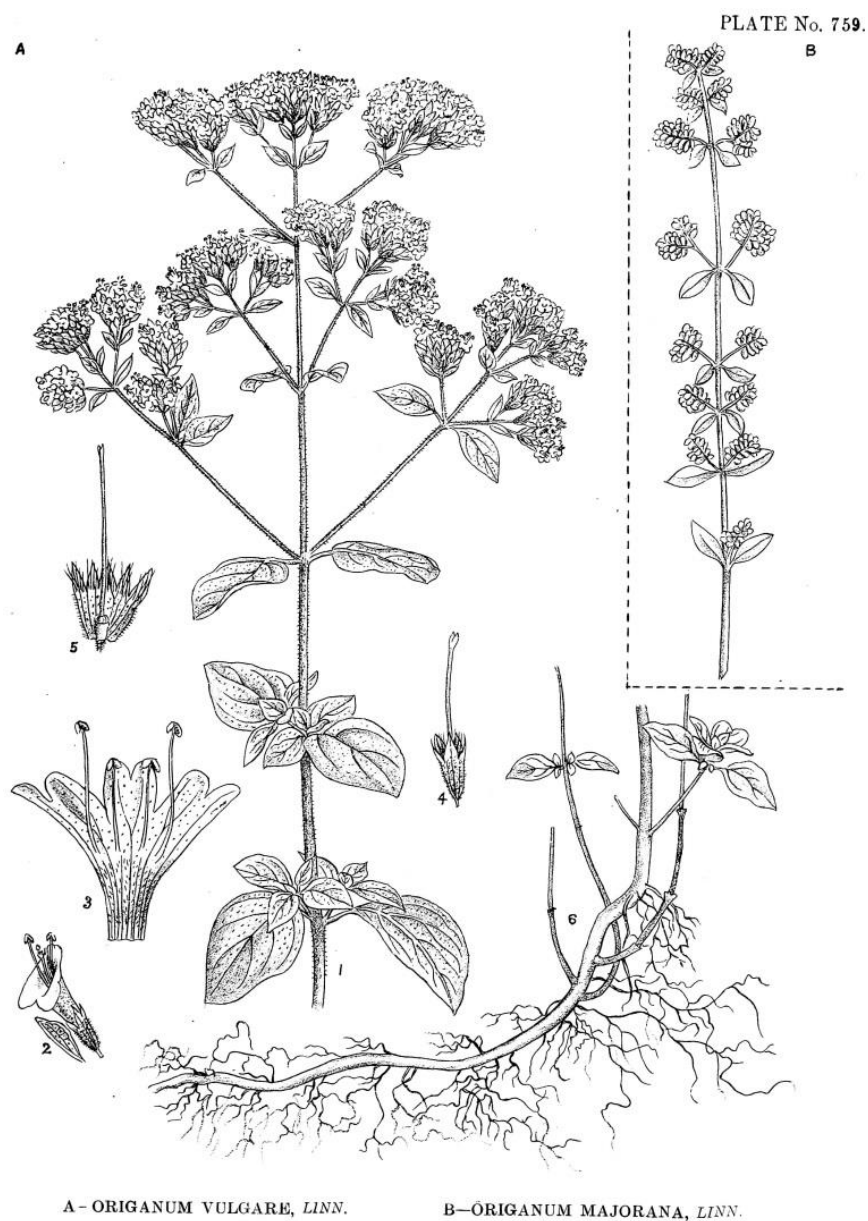
Συστηματική ταξινόμηση

Βασίλειο:	Φυτά (<i>Plantae</i>)
Συνομοταξία:	Αγγειόσπερμα (<i>Magnoliophyta</i>)
Ομοταξία:	Δικοτυλήδονα (<i>Magnoliopsida</i>)
Τάξη:	Λαμιώδη (<i>Lamiales</i>)
Οικογένεια:	Χειλανθή (<i>Lamiaceae</i>)
Γένος:	Ορίγανον (<i>Origanum</i>)
Είδος:	<i>Origanum vulgare</i>

1.3.2 Μορφολογία

Η ρίγανη είναι πολυετής βότανο με διακλαδισμένη ανάπτυξη. Το φυτό συνήθως φτάνει σε ύψος 20-80 εκ., με τα εξής χαρακτηριστικά:

- **Φύλλα:** Σχήμα οβάλ, αντίθετη διάταξη, με ελαφρώς τριχωτή υφή.
- **Άνθη:** Μικρά, σωληνοειδή, λευκά έως ροζέ.
- **Ρίζες:** Ινώδεις και επιφανειακές, προσαρμοσμένες σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη.



Εικόνα 1. Βοτανική απεικόνιση της ρίγανης (Kirtikar et. al., 1918)

1.3.3 Γεωγραφία - Περιοχές Ανάπτυξης

Η ρίγανη κατάγεται από τη μεσογειακή περιοχή και αναπτύσσεται σε καλά στραγγιζόμενα, αλκαλικά εδάφη με πλήρη ηλιοφάνεια. Χώρες όπως η Ελλάδα, η Ιταλία και η Τουρκία έχουν μακρά παράδοση καλλιέργειας ρίγανης. Άγρια ρίγανη αναπτύσσεται συχνά σε πετρώδη εδάφη, προσαρμοσμένη σε ξηρά και ημιξηρά κλίματα (Kokkini, 1996, Kintzios 2002).

1.3.4 Ποικιλίες

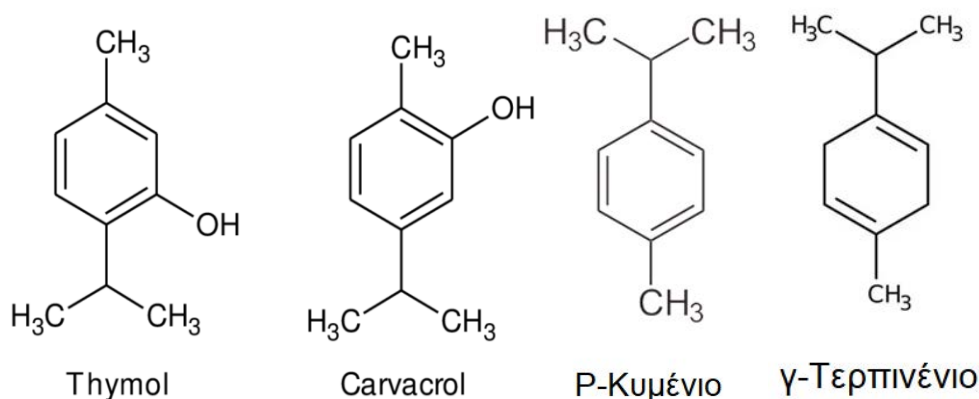
Οι κοινές ποικιλίες είναι:

- *Origanum vulgare hirtum* (ή αλλιώς *Origanum heracleoticum*) : Γνωστή για την υψηλή περιεκτικότητα σε θυμόλη και καρβακρόλη, ευρίσκεται ευρέως στην Ελλάδα. Επίσης στην Ελλάδα και η *Origanum viridulum* . (Skotti et al., 2014).
- *Origanum onites*: Γνωστή ως τουρκική ρίγανη, διαδεδομένη στην Τουρκία και στον Λίβανο.
- *Origanum majorana*: Γλυκιά ματζουράνα, με πιο ήπια γεύση και ξεχωριστό άρωμα.

1.3.5 Αιθέρια Έλαια στη Ρίγανη

Τα αιθέρια έλαια της ρίγανης παρουσιάζουν ποικίλο χημικό προφίλ, που κυριαρχείται από:

- **Καρβακρόλη (50-80%)**: Γνωστή για τις ισχυρές αντιμικροβιακές και αντιμυκητιακές ιδιότητες.
- **Θυμόλη (5-15%)**: Ισχυρό αντιοξειδωτικό με αντισηπτικές ιδιότητες.
- **P-Κυμένιο και γ-Τερπινένιο**: Συμβάλλουν στη σταθερότητα και το άρωμα των ελαίων (Burt, 2004).



Η απόσταξη των αιθέριων ελαίων γίνεται συνήθως με απόσταξη με υδρατμούς, αν και πιο πρόσφατες τεχνικές όπως η εξαγωγή με υπερκρίσιμο CO₂ εξετάζονται για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και περιβαλλοντικά οφέλη.

1.3.6 Χρήσεις

Η ρίγανη είναι ένα ευέλικτο βότανο με εφαρμογές σε πολλούς τομείς:

- **Γαστρονομία:** Ως μπαχαρικό, ενισχύει τη γεύση μεσογειακών πιάτων, όπως πίτσα και σάλτσες ζυμαρικών.
- **Ιατρική:** Χρησιμοποιείται παραδοσιακά για αναπνευστικά και πεπτικά προβλήματα. Σύγχρονες φαρμακολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι τα αιθέρια έλαια της ρίγανης παρουσιάζουν αντιφλεγμονώδεις και αντιμικροβιακές ιδιότητες (Nostro et al., 2005).
- **Βιομηχανία:** Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες της ρίγανης την καθιστούν πρόσθετο στη συντήρηση και εμπλουτισμό τροφίμων όπως προϊόντων κρέατος, γαλακτοκομικών κλπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΕΣ

2.1 Γενικά στοιχεία

Οι πολυφαινόλες είναι μια ποικιλόμορφη ομάδα φυσικά απαντώμενων ενώσεων που βρίσκονται κυρίως στα φυτά. Χαρακτηρίζονται από πολλαπλές φαινολικές δομές και διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες. Έχουν τραβήξει το ενδιαφέρον για τον ρόλο τους στην προαγωγή της ανθρώπινης υγείας. Οι δραστικές πολυφαινολικές ουσίες περιλαμβάνουν φλαβονοειδή, φαινολικά οξέα, στυλβένια και λιγνάνες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για ένα ευρύ φάσμα βιολογικών δράσεων, από αντιοξειδωτικά έως αντιφλεγμονώδη αποτελέσματα. εμφανίζουν ποικιλία βιολογικών δράσεων που είναι ζωτικής σημασίας για την ανθρώπινη υγεία, όπως μείωση του οξειδωτικού στρες, ρύθμιση φλεγμονωδών και κυτταρικών λειτουργιών, και επομένως αποτελούν βασικό συστατικό της υγιεινής διατροφής και της πρόληψης χρόνιων ασθενειών.

2.2 Δραστικές Ουσίες και κατηγορίες των Πολυφαινολών

2.2.1 Φλαβονοειδή

Τα φλαβονοειδή είναι η μεγαλύτερη υποκατηγορία των πολυφαινολών, με περισσότερες από 5.000 αναγνωρισμένες ενώσεις. Διαθέτουν μια κοινή δομή που περιλαμβάνει δύο αρωματικούς δακτυλίους συνδεδεμένους με μια γέφυρα τριών ατόμων άνθρακα.

Υποκατηγορίες:

1. Φλαβονόλες

- **Εκπρόσωποι:** Κερσετίνη, καμφερόλη.
- **Ενδεικτικές Πηγές:** Κρεμμύδια, λάχανο, μούρα.
- **Ιδιότητες:** Ισχυρά αντιοξειδωτικά που δεσμεύουν ελεύθερες ρίζες και χηλικοποιούν ιόντα μετάλλων.

2. Φλαβανόνες

- **Εκπρόσωποι:** Ναρινγκενίνη, εσπεριδίνη.
- **Ενδεικτικές Πηγές:** Εσπεριδοειδή όπως πορτοκάλια και λεμόνια.

- ο **Ιδιότητες:** Έχουν αντιφλεγμονώδεις και λιπιδιορυθμιστικές επιδράσεις.

3. Ανθοκυανίνες

- ο **Εκπρόσωποι:** Κυανιδίνη, δελφινιδίνη, μαλβιδίνη, πελαργονιδίνη, πεονιδίνη.
- ο **Ενδεικτικές Πηγές:** Κόκκινα, μοβ και μπλε φρούτα όπως τα σταφύλια, μύρτιλλα και τα κεράσια, και μελιτζάνες, παντζάρια.
- ο **Ιδιότητες:** Υπεύθυνες για το χρώμα και γνωστές για τις καρδιοπροστατευτικές επιδράσεις τους.

4. Ισοφλαβόνες

- ο **Εκπρόσωποι:** Γενιστεΐνη, δαϊδζεΐνη, γλυκιτεΐνη.
- ο **Ενδεικτικές Πηγές:** Σόγια και όσπρια.
- ο **Ιδιότητες:** Λειτουργούν ως φυτοοιστρογόνα, μιμούμενα τη δράση των οιστρογόνων. (Kallithraka, 2005)

2.2.2 Φαινολικά Οξέα

Αυτές οι ενώσεις περιλαμβάνουν παράγωγα του βενζοϊκού οξέος (π.χ. γαλλικό οξύ) και του κινναμικού οξέος (π.χ. καφεϊκό οξύ).

- **Ενδεικτικές Πηγές:** Καφές, φρούτα και δημητριακά ολικής αλέσεως.
- **Δραστικές ιδιότητες:** Λειτουργούν ως πρωτογενή αντιοξειδωτικά που εξουδετερώνουν ελεύθερες ρίζες και ρυθμίζουν φλεγμονώδεις οδούς.

2.2.3 Στυλβένια

Παρόλο που είναι λιγότερο άφθονα, διακρίνονται για τις αντιγηραντικές και αντικαρκινικές ιδιότητές τους.

- **Εκπρόσωπος:** Ρεσβερατρόλη.
- **Ενδεικτικές Πηγές:** Σταφύλια, κόκκινο κρασί, φιστίκια.
- **Ιδιότητες:** Έχει καρδιοπροστατευτικά αποτελέσματα και ρυθμίζει τη δράση των σιρτουινών, προάγοντας τη μακροζωία των κυττάρων.

2.2.4 Λιγνάες

Οι λιγνάες απαντώνται σε σπόρους (ιδιαίτερα λιναρόσπορους) και έχουν ιδιότητες ορμονικής ρύθμισης.

- **Ιδιότητες:** Μετατρέπονται σε εντερολιγνάες στο έντερο, οι οποίες παρουσιάζουν δράση ανάλογη με τα οιστρογόνα και προστασία έναντι ορμονοεξαρτώμενων καρκίνων.

2.3 Δράσεις των Πολυφαινολών

Οι πολυφαινόλες προάγουν την υγεία μέσω αντιοξειδωτικών, αντιφλεγμονωδών και ρυθμιστικών επιδράσεων σε κυτταρικές δράσεις.

2.3.1 Αντιοξειδωτική Δραστηριότητα

Η πιο καλά τεκμηριωμένη δράση των πολυφαινολών είναι η ικανότητά τους να μειώνουν το οξειδωτικό στρες, μια κατάσταση που προκαλείται από την ανισορροπία ελεύθερων ριζών και αντιοξειδωτικών.

- **Μηχανισμός:**

Οι πολυφαινόλες εξουδετερώνουν τις δραστικές μορφές οξυγόνου (ROS - Reactive oxygen species) μέσω δωρεάς ηλεκτρονίων ή ατόμων υδρογόνου.

2.3.2 Αντιφλεγμονώδεις Επιδράσεις

Οι πολυφαινόλες επηρεάζουν δραστηριότητες φλεγμονωδών μεσολαβητών, όπως κυτταροκίνες και ένζυμα.

- **Μηχανισμός:**

Ενώσεις όπως η κατεχίνη καταστέλλουν τη δράση του NF-κB (πυρηνικού παράγοντα κάπα-ελαφριάς αλυσίδας-ενισχυτή ενεργοποιημένων Β κυττάρων που εμπλέκεται σε κυτταρικές αποκρίσεις σε ερεθίσματα όπως στρες, κυτοκίνες, ελεύθερες ρίζες, βαρέα μέταλλα, και εμπλέκεται σε κυτταρικές αποκρίσεις σε ερεθίσματα όπως στρες, κυτοκίνες, ελεύθερες ρίζες, βαρέα μέταλλα, κλπ), μειώνοντας την παραγωγή φλεγμονωδών παραγόντων.

2.3.3 Καρδιοπροστατευτική Δράση

- **Ενέργειες:**

1. Βελτιώνουν τη λειτουργία του ενδοθηλίου ενισχύοντας τη διαθεσιμότητα νιτρικού οξειδίου.
2. Αναστέλλουν την οξείδωση της LDL, βασικό παράγοντα στην αθηροσκλήρωση.
3. Μειώνουν τη συσσώρευση αιμοπεταλίων, μειώνοντας τον κίνδυνο θρόμβωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

3. ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ

3.1. Εισαγωγή

Τα οξειδωτικά και τα αντιοξειδωτικά βρίσκονται στο επίκεντρο της φυσιολογικής αλληλεπίδρασης που διατηρεί την κυτταρική υγεία. Από τη μία πλευρά, τα οξειδωτικά, ένας συλλογικός όρος για τις δραστικές μορφές οξυγόνου (ROS) και τις αντιδραστικές μορφές αζώτου (RNS), αποτελούν φυσικά μεταβολικά υποπροϊόντα. Ωστόσο, όταν η ισορροπία τους διαταράσσεται υπέρ των οξειδωτικών, προκύπτει οξειδωτικό στρες, μια κατάσταση που συνδέεται με πολλές χρόνιες παθολογίες, όπως καρδιαγγειακές παθήσεις, διαβήτης, καρκίνο και εκφυλιστικές ασθένειες που σχετίζονται με τη γήρανση (Halliwell & Gutteridge, 2015).

Αντίθετα, τα αντιοξειδωτικά διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην αναχαίτιση της καταστροφικής επίδρασης των πλεοναζόντων οξειδωτικών. Μέσω διαφόρων μηχανισμών, μετριάζουν τις οξειδωτικές βλάβες, υποστηρίζοντας την κυτταρική ομοιόσταση. Η παρούσα ανάλυση εμβαθύνει στη βιοχημεία, τους τύπους και τις λειτουργίες των οξειδωτικών και των αντιοξειδωτικών, καθώς και στις ευρύτερες επιπτώσεις τους στην υγεία και την ασθένεια. (Κουρέτας Δ. , Στάγκος Δ. 2021)

3.2. Οξειδωτικά

3.2.1 Κατηγοριοποίηση των Οξειδωτικών

1. Αντιδραστικές Μορφές Οξυγόνου (ROS):

- ο **Ελεύθερες ρίζες:** Ιόν υπεροξειδίου (O_2^-), ρίζα υδροξυλίου ($OH^\bullet$).
- ο **Μη-ρίζες:** Υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2), μονοατομικό οξυγόνο (1O_2).

2. Αντιδραστικές Μορφές Αζώτου (RNS):

Περιλαμβάνουν το μονοξείδιο του αζώτου ($NO^\bullet$), το περοξυνιτρικό ιόν ($ONOO^-$), και το διοξείδιο του αζώτου (N_2O_3).

3. Μεικτές Αντιδραστικές Μορφές:

Ρίζες υπεροξυλίου (ROO•) και λιπιδικά υπεροξειδία που σχηματίζονται κατά τη διαδικασία υπεροξειδωσης των λιπιδίων (Valko et al., 2006).

3.2.2 Φυσιολογικές Λειτουργίες των Οξειδωτικών

Τα οξειδωτικά διαδραματίζουν καίριο ρόλο στη σηματοδότηση και την άμυνα.

- **Μεταβίβαση Σημάτων:** Οι ROS συμμετέχουν σε διαδικασίες όπως η σηματοδότηση MAPK και η ενεργοποίηση του NF-κΒ.
- **Ανοσολογική Άμυνα:** Τα φαγοκύτταρα παράγουν ROS κατά τη διάρκεια αναπνευστικών εκρήξεων για την εξάλειψη παθογόνων μικροοργανισμών (Nathan & Ding, 2010).

3.2.3 Πηγές Οξειδωτικών

1. Ενδογενείς Πηγές:

- ο **Μιτοχονδριακή Αλυσίδα Μεταφοράς Ηλεκτρονίων (ETC):** Κατά την κυτταρική αναπνοή, διαρροή ηλεκτρονίων από τα σύμπλοκα ETC αντιδρά με το οξυγόνο, σχηματίζοντας ρίζες υπεροξειδίου.
- ο **Μεταβολικές Διαδικασίες:** Αντιδράσεις οξείδωσης που καταλύονται από μονοξυγονάσες, οξειδάση ξανθίνης και κυτόχρωμα P450.
- ο **Ανοσολογικοί Μηχανισμοί:** Η NADPH οξειδάση εκλύει ROS σε ανοσολογικές αποκρίσεις.

2. Εξωγενείς Πηγές:

- ο Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) προκαλεί φωτοχημικές αντιδράσεις που σχηματίζουν ROS στα κύτταρα του δέρματος.
- ο Ρύποι, κάπνισμα και αλκοόλ αποτελούν σημαντικές πηγές παραγωγής οξειδωτικών.

3.2.4. Οξειδωτικό Στρες

3.2.4.1 Μοριακοί Στόχοι και Βλάβες

1. Υπεροξειδωση των Λιπιδίων:

Οι ROS επιτίθενται σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα των κυτταρικών μεμβρανών, οδηγώντας σε τοξικά παραπροϊόντα όπως η μαλονδιαλδεϋδη (MDA). Αυτό επηρεάζει τη ρευστότητα και την ακεραιότητα της μεμβράνης (Marnett, 1999).

2. Οξείδωση Πρωτεϊνών:

Οι οξειδωτικές βλάβες προκαλούν τροποποιήσεις όπως η καρβονυλίωση, οδηγώντας σε λειτουργικές διαταραχές (Dalle-Donne et al., 2003).

3. Βλάβη DNA:

Οι ρίζες υδροξυλίου προκαλούν τροποποιήσεις βάσεων, διασπάσεις αλυσίδων και μεταλλαξιγόνες βλάβες (Frankel, 1985).

3.2.4.2 Παθοφυσιολογικές Συνέπειες

Το οξειδωτικό στρες σχετίζεται με:

- **Νευροεκφυλιστικές Ασθένειες:** Ρόλο στις φλεγμονές και στις τοξικές πρωτεϊνικές συγκεντρώσεις, όπως το β-αμυλοειδές στο Alzheimer (Butterfield et al., 2002, 2013).
- **Καρκίνο:** Ενεργοποίηση ογκογόνων μονοπατιών και προαγωγή όγκων (Reuter et al., 2010).

3.3. Αντιοξειδωτικά

3.3.1 Συστήματα Αντιοξειδωτικών

1. Ενζυμικά Αντιοξειδωτικά:

- ο **Υπεροξειδική Δισμουτάση (SOD):** Μετατρέπει το υπεροξείδιο σε H_2O_2 .
- ο **Καταλάση (CAT):** Μειώνει το H_2O_2 σε νερό και οξυγόνο.
- ο **Γλουταθειονική Υπεροξειδάση (GPx):** Εξουδετερώνει το H_2O_2 και οργανικά υπεροξειδία.

2. Μη Ενζυμικά Αντιοξειδωτικά:

- ο **Βιταμίνες:** Η βιταμίνη Ε προστατεύει τις μεμβράνες, ενώ η βιταμίνη C εξουδετερώνει τις ελεύθερες ρίζες.
- ο **Ενδογενή Μόρια:** Η γλουταθειόνη παίζει κεντρικό ρόλο στην ομοιόσταση του οξειδοαναγωγικού δυναμικού.
- ο **Πολυφαινόλες:** Φλαβονοειδή και φαινολικά οξέα με ισχυρή αντιοξειδωτική δράση.

(Κουρέτας Δ., Στάγκος Δ. 2021)

3.3.2 Μηχανισμοί Δράσης

Τα αντιοξειδωτικά επιδρούν με διάφορους τρόπους για να περιορίσουν τις οξειδωτικές βλάβες:

- **Εξουδετέρωση ελευθέρων ριζών:** Δωρίζοντας ηλεκτρόνια ή πρωτόνια, σταθεροποιούν τις ελεύθερες ρίζες.

- **Χηλίωση μετάλλων:** Καταστέλλουν τις αντιδράσεις τύπου Fenton, όπου τα μέταλλα προκαλούν παραγωγή ριζών υδροξυλίου.
- **Διασπορά υπεροξειδίων:** Οι ενζυματικές δράσεις διαλύουν υπεροξείδια και λιπιδικά υπεροξείδια, αποτρέποντας την αλυσιδωτή αντίδραση βλάβης

3.4. Καταπολέμηση Ασθενειών

3.4.1 Υγεία Καρδιαγγειακού Συστήματος:

Τα αντιοξειδωτικά, όπως οι πολυφαινόλες, βελτιώνουν τη λειτουργία του ενδοθηλίου και μειώνουν το οξειδωτικό στρες στην υπέρταση και την αθηροσκλήρωση.

3.4.2 Πρόληψη Καρκίνου:

Προστατεύουν το DNA από βλάβες, μειώνοντας τον κίνδυνο μετάλλαξης και προάγοντας την απόπτωση των κυττάρων που έχουν υποστεί βλάβες.

3.4.3 Νευροπροστασία:

Συστατικά όπως η κουρκουμίνη και η ρεσβερατρόλη εμποδίζουν την οξείδωση, προφυλάσσοντας από νευρωνικό θάνατο και συσσώρευση πρωτεϊνών σε εκφυλιστικές ασθένειες όπως το Πάρκινσον και το Αλτσχάιμερ.

Η ισορροπία μεταξύ οξειδωτικών και αντιοξειδωτικών είναι καθοριστική για την υγεία. Η κατανόηση των πολύπλευρων ρόλων τους αποτελεί κλειδί για την ανάπτυξη διατροφικών, φαρμακευτικών και θεραπευτικών παρεμβάσεων για την αντιμετώπιση των παθολογιών που προκαλούνται από το οξειδωτικό στρες.

3.5. Οξειδωτικά στα Τρόφιμα: Προέλευση, Ρόλοι και Επιπτώσεις

Εισαγωγή

Τα οξειδωτικά είναι φυσικώς απαντώμενες ενώσεις και παραπροϊόντα που βρίσκονται σε διάφορα τρόφιμα. Υπάρχουν ως αντιδραστικά είδη οξυγόνου (Reactive Oxygen Species, ROS) ή αντιδραστικά είδη αζώτου (Reactive Nitrogen Species, RNS), τα οποία είτε εισάγονται απευθείας μέσω των συστατικών των τροφίμων είτε παράγονται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, αποθήκευσης ή πέψης. Παρόλο που η παρουσία τους σε ελεγχόμενες ποσότητες μπορεί να διαδραματίσει ευεργετικούς ρόλους, όπως η ανοσορρύθμιση και η κυτταρική σηματοδότηση, η υπερβολική συγκέντρωσή τους

μπορεί να οδηγήσει σε οξειδωτικό στρες, προάγοντας τη φθορά των ιστών και χρόνιες ασθένειες.

Η κατανόηση της προέλευσης, των τύπων, των ρόλων και των επιπτώσεων των οξειδωτικών στα τρόφιμα είναι ζωτικής σημασίας για την προαγωγή της διατροφικής επιστήμης και της δημόσιας υγείας.

3.5.1. Πηγές Οξειδωτικών στα Τρόφιμα

3.5.1.1 Ενδογενή Συστατικά Τροφίμων

Πολλά οξειδωτικά στα τρόφιμα υπάρχουν φυσικά ως παραπροϊόντα του μεταβολισμού φυτών και ζώων. Για παράδειγμα:

- **Πολυακόρεστα Λιπαρά Οξέα (PUFAs):** Τα PUFAs είναι ευάλωτα στην υπεροξείδωση λιπιδίων, η οποία δημιουργεί ενώσεις όπως η μαλονδιαλδεϋδη (MDA) κατά την αποθήκευση ή την επεξεργασία (Falowo et al., 2014).
- **Πρωτεΐνες και Αμινοξέα:** Η οξείδωση αμινοξέων, όπως η τρυπτοφάνη και η τυροσίνη, σχηματίζει αντιδραστικές αλδεϋδες και άλλες οξειδωμένες ενώσεις.

3.5.1.2 Επεξεργασία Τροφίμων

Οι βιομηχανικές διαδικασίες προκαλούν οξειδωτικές αντιδράσεις:

- **Θερμική Επεξεργασία:** Μέθοδοι μαγειρέματος όπως το ψήσιμο, το τηγάνισμα και το ψήσιμο στον φούρνο ευνοούν την οξείδωση λιπιδίων και το σχηματισμό υπεροξειδίων και αλδεϋδών (Frankel, 2005).
- **Έκθεση σε Φως:** Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) και το ορατό φως προκαλούν φωτοοξείδωση σε γαλακτοκομικά προϊόντα, φρούτα και έλαια.
- **Συνθήκες Αποθήκευσης:** Η μακροχρόνια αποθήκευση υπό μη βέλτιστες συνθήκες επιδεινώνει την οξειδωτική υποβάθμιση των θρεπτικών συστατικών.

3.5.1.3 Εξωγενείς Ρύποι

Οι περιβαλλοντικοί ρύποι, όπως τα μεταλλικά ιόντα (π.χ. χαλκός και σίδηρος), καταλύουν την οξείδωση στα τρόφιμα. Τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων μπορεί επίσης να απελευθερώσουν αντιδραστικά είδη κατά την αποικοδόμησή τους.

3.5.2. Τύποι Οξειδωτικών στα Τρόφιμα

3.5.2.1 Αντιδραστικά Είδη Οξυγόνου (ROS)

Κοινά ROS στα τρόφιμα περιλαμβάνουν το ανιόν υπεροξειδίου ($O_2^{\cdot-}$), το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) και το υδροξυλικό ριζικό ($OH\cdot$). Αυτά τα είδη συμβάλλουν στην οξειδωτική αλλοίωση.

3.5.2.2 Αντιδραστικά Είδη Αζώτου (RNS)

Νιτρώδη και νιτρικά άλατα που χρησιμοποιούνται σε επεξεργασμένα κρέατα μπορούν να σχηματίσουν ρίζες νιτροσυλίου που ενδέχεται να είναι επιβλαβείς όταν αντιδρούν με πρωτεΐνες και λιπίδια (Lund et al., 2007).

3.5.2.3 Υπεροξείδια Λιπιδίων και Αλδεϋδες

- **Υπεροξείδια Λιπιδίων:** Δημιουργούνται στη αρχική φάση της οξείδωσης των λιπιδίων και αποσυντίθενται σε αντιδραστικές ενώσεις άνθρακα.
- **Δευτερογενείς Αλδεϋδες:** Ενώσεις όπως η μαλονδιαλδεϋδη (MDA) και η 4-υδροξυ-2-νονενάλη (HNE) είναι μεταλλαξιογόνες και κυτταροτοξικές (Stevenson et al., 2007).

3.5.2.4 Καρβονύλια Πρωτεϊνών

Η οξείδωση των πρωτεϊνών κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας προκαλεί αλλαγές στη δομή και τη λειτουργικότητά τους, επηρεάζοντας και την θρεπτική τους αξία.

3.5.2.5 Προχωρημένα Τελικά Προϊόντα Γλυκοζυλίωσης (AGEs)

Τα AGEs σχηματίζονται κατά τη θερμική επεξεργασία και σχετίζονται με φλεγμονώδεις και μεταβολικές ασθένειες.

3.5.3. Τρόφιμα με Υψηλή Περιεκτικότητα σε Οξειδωτικά

- **Λίπη και Έλαια:** Ιδιαίτερα τα πλούσια σε ωμέγα-3 και ωμέγα-6 λιπαρά οξέα είναι ευάλωτα στην οξείδωση.
- **Επεξεργασμένα Κρέατα:** Τα νιτρώδη και νιτρικά άλατα σχηματίζουν καρκινογόνες ενώσεις, όπως οι νιτροζαμίνες (Lund et al., 2007).
- **Αλκοολούχα Ποτά:** Παράγωγα ζύμωσης, όπως η ακεταλδεϋδη, αυξάνουν το ενδογενές οξειδωτικό φορτίο.

- **Ψημένα Τρόφιμα:** Η αντίδραση Maillard παράγει οξειδωτικές ενώσεις, όπως το υδροξυμεθυλοφουρφουράλιο, που επηρεάζουν την ποιότητα του τροφίμου.

3.5.4. Επιπτώσεις των Οξειδωτικών στα Τρόφιμα

3.5.4.1 Διατροφικές Επιπτώσεις

- **Υποβάθμιση Θρεπτικών Συστατικών:** Η οξείδωση λιπών μειώνει τα επίπεδα των βασικών λιπαρών οξέων και βιταμινών (π.χ. βιταμίνη Ε).
- **Απώλεια Γεύσης και Υφής:** Τα οξειδωμένα λίπη οδηγούν σε τάγγιση, ενώ οι πρωτεΐνες σχηματίζουν συγκεντρώματα που επηρεάζουν την υφή.

3.5.4.2 Κίνδυνοι Υγείας

- **Οξειδωτικό Στρες:** Η κατανάλωση οξειδωτικών τροφίμων ενισχύει το οξειδωτικό στρες, αυξάνοντας τον κίνδυνο φλεγμονωδών ασθενειών, όπως η αρθρίτιδα και οι νευροεκφυλιστικές νόσοι.
- **Καρκινογόνες Επιπτώσεις:** Ενώσεις όπως η HNE και οι νιτροζαμίνες συνδέονται με την εμφάνιση καρκίνου (Ferguson, 2010).
- **Καρδιαγγειακά Νοσήματα:** Η οξειδωμένη LDL-χοληστερόλη προάγει την αθηροσκλήρωση.

(Κουρέτας Δ. , Στάγκος Δ. 2021)

3.5.5. Στρατηγικές Μείωσης

- **Μείωση Οξειδωτικών Αντιδράσεων:** Σωστή αποθήκευση (π.χ. ψυχρές και σκοτεινές συνθήκες), χρήση αντιοξειδωτικών (π.χ. τοκοφερόλη, εκχυλίσματα δενδρολίβανου).
- **Διατροφικές Επιλογές:** Φρέσκα, μη επεξεργασμένα τρόφιμα μειώνουν την έκθεση. Τα τρόφιμα πλούσια σε αντιοξειδωτικά (φρούτα, λαχανικά, ξηροί καρποί) αντισταθμίζουν τις επιπτώσεις των διατροφικών οξειδωτικών.
- **Ενημέρωση Καταναλωτών:** Επικεντρώνεται στην επιλογή, προετοιμασία και αποθήκευση τροφίμων.

Τα οξειδωτικά στα τρόφιμα αποτελούν αναπόφευκτη συνέπεια της φυσικής βιοχημείας, της επεξεργασίας και των συνθηκών αποθήκευσης. Παρόλο που συμβάλλουν στη γεύση και τη σταθερότητα προϊόντων, οι πιθανές τους επιπτώσεις στο οξειδωτικό στρες και τις χρόνιες

παθήσεις απαιτούν προσεκτική διαχείριση. Με την αξιοποίηση τεχνολογιών, φυσικών αντιοξειδωτικών και τη διατροφική εκπαίδευση, μπορούμε να μειώσουμε τη διατροφική έκθεση στα επιβλαβή οξειδωτικά και να προωθήσουμε τη δημόσια υγεία.

3.6. Αντιοξειδωτικά στα Τρόφιμα: Ρόλοι, Πηγές και Επιπτώσεις στην Υγεία

Τα αντιοξειδωτικά είναι βιοδραστικές ενώσεις που βρίσκονται σε μεγάλη ποικιλία τροφίμων και καταπολεμούν τις επιβλαβείς επιδράσεις των οξειδωτικών. Μέσω της εξουδετέρωσης ελεύθερων ριζών, όπως τα αντιδραστικά είδη οξυγόνου (ROS) και τα αντιδραστικά είδη αζώτου (RNS), τα αντιοξειδωτικά βοηθούν στην πρόληψη οξειδωτικής βλάβης σε κυτταρικές δομές, όπως τα λιπίδια, οι πρωτεΐνες και το DNA. Οι προστατευτικές ιδιότητες έχουν προκαλέσει αυξανόμενο ερευνητικό και διατροφικό ενδιαφέρον, τονίζοντας τον ρόλο τους στην πρόληψη χρόνιων ασθενειών, όπως τα καρδιαγγειακά νοσήματα, ο καρκίνος και οι νευροεκφυλιστικές διαταραχές. (Κουρέτας Δ., Στάγκος Δ. 2021)

3.6.1. Κατανόηση των Αντιοξειδωτικών

Τα αντιοξειδωτικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με την προέλευσή τους, τη διαλυτότητά τους και τον μηχανισμό δράσης τους. Σε γενικές γραμμές, αυτά τα συστατικά αποτρέπουν ή καθυστερούν την οξειδωτική βλάβη μέσω των παρακάτω μηχανισμών:

1. **Καταπολέμηση Ελευθέρων Ριζών:** Αντιοξειδωτικά, όπως η βιταμίνη C, παρέχουν ηλεκτρόνια για την εξουδετέρωση ελεύθερων ριζών, σταθεροποιώντας τις σε λιγότερο δραστικά είδη.
2. **Χηλίωση Μετάλλων:** Ενώσεις όπως τα φλαβονοειδή και τα φαινολικά οξέα δεσμεύουν ιόντα μετάλλων (π.χ. Fe^{2+} και Cu^{2+}), τα οποία καταλύουν τον σχηματισμό ROS.
3. **Αντιοξειδωτικά που Διακόπτουν Αλυσίδες:** Λιποδιαλυτά αντιοξειδωτικά, όπως η βιταμίνη E, διακόπτουν τις αλυσιδωτές αντιδράσεις της υπεροξειδωσίας των λιπιδίων, σταθεροποιώντας τις ρίζες λιπιδίων.
4. **Ενζυματικά Αντιοξειδωτικά:** Αν και προέρχονται κυρίως από τον οργανισμό, ορισμένα τρόφιμα παρέχουν ένζυμα, όπως η δισμουτάση του υπεροξειδίου (SOD), η γλουταθειόνη περοξειδάση και η καταλάση, που συμβάλλουν στην εξουδετέρωση των ROS.

3.6.2. Ταξινόμηση Αντιοξειδωτικών στα Τρόφιμα

3.6.2.1 Υδατοδιαλυτά Αντιοξειδωτικά

Δρουν σε υδατικά περιβάλλοντα, όπως στο πλάσμα του αίματος και στο κυτταρόπλασμα:

- **Βιταμίνη C (Ασκορβικό Οξύ):** Βρίσκεται σε εσπεριδοειδή, γκουάβα και πιπεριές, εξουδετερώνοντας τις ρίζες υπεροξειδίου και το υπεροξείδιο του υδρογόνου.
- **Πολυφαινόλες:** Περιλαμβάνουν φλαβονοειδή (κουερσετίνη, κατεχίνες) και φαινολικά οξέα (φερουλικό οξύ). Το πράσινο τσάι, το κόκκινο κρασί και τα μύρτιλλα είναι πλούσιες πηγές.

3.6.2.2 Λιποδιαλυτά Αντιοξειδωτικά

Είναι ενσωματωμένα σε λιπιδικές μεμβράνες, προστατεύοντάς τες από την υπεροξείδωση:

- **Βιταμίνη E (Τοκοφερόλες και Τοκοτριενόλες):** Βρίσκεται σε ξηρούς καρπούς, σπόρους και φυτικά έλαια.
- **Καροτενοειδή (β-Καροτένιο, Λουτεΐνη, Λυκοπένιο):** Πλούσια σε καρότα, σπανάκι και ντομάτες, δεσμεύουν ρίζες οξυγόνου.

3.6.2.3 Άλλα Φυσικά Αντιοξειδωτικά

- **Σελήνιο:** Ιχνοστοιχείο απαραίτητο για τη δραστηριότητα της γλουταθειόνης περοξειδάσης, βρίσκεται σε καρύδια Βραζιλίας και θαλασσινά.
- **Γλουταθειόνη:** Παρούσα σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά, συνεργάζεται με ένζυμα για την αποτοξίνωση των υπεροξειδίων (Valko et al., 2007).

3.6.3. Τρόφιμα Πλούσια σε Αντιοξειδωτικά

3.6.3.1 Φρούτα και Λαχανικά

Φρούτα όπως τα μούρα, τα εσπεριδοειδή και το ρόδι είναι πλούσια σε πολυφαινόλες, βιταμίνη C και ανθοκυανίνες. Λαχανικά όπως το σπανάκι, το λάχανο και το μπρόκολο περιέχουν καροτενοειδή και φλαβονοειδή.

3.6.3.2 Βότανα και Μπαχαρικά

Μπαχαρικά όπως ο κουρκουμάς (κουρκουμίνη), τα γαρύφαλλα (ευγενόλη) και η ρίγανη περιέχουν υψηλά επίπεδα φαινολικών ενώσεων με γαστρονομικά και ιατρικά οφέλη (Shahidi & Ambigaipalan, 2015).

3.6.3.3 Δημητριακά και Ξηροί Καρποί

- **Ολικής Άλεσης Δημητριακά:** Όπως η βρώμη και η κινόα, περιέχουν φερουλικό και φυτικό οξύ με αντιοξειδωτικές δράσεις.
- **Ξηροί Καρποί και Σπόροι:** Πηγές βιταμίνης E, πολυφαινόλων και ακόρεστων λιπαρών οξέων.

3.6.3.4 Ποτά

Το πράσινο τσάι περιέχει κατεχίνες (π.χ. γαλλική επιγαλλοκατεχίνη - EGCG - Epigallocatechin Galate), ενώ το κόκκινο κρασί περιέχει ρεσβερατρόλη. Η μαύρη σοκολάτα και ο καφές συμβάλλουν επίσης με φλαβονοειδή και χλωρογενικό οξύ (Frei, 1994).

3.6.3.5 Ζωικής Προέλευσης Τρόφιμα

Παρόλο που δεν περιέχουν πολλά αντιοξειδωτικά, ο κρόκος αυγού, το ψάρι και το κρέας περιέχουν το συνένζυμο Q10 και την ταυρίνη, με αντιοξειδωτικές δράσεις.

3.6.4. Ρόλος των Αντιοξειδωτικών στα Τρόφιμα

1. Πρόληψη Υπεροξειδωσης Λιπιδίων:

Σε επεξεργασμένα τρόφιμα, τα αντιοξειδωτικά καθυστερούν την τάγγιση που προκαλείται από την οξείδωση των ακόρεστων λιπών.

2. Σταθεροποίηση Χρώματος και Γεύσης:

Αποτρέπουν την οξειδωτική καφέλαση στα φρούτα (π.χ. μήλα), διατηρώντας την οπτική ελκυστικότητα και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

3. Μείωση Τοξικών Προϊόντων Οξείδωσης:

Τα αντιοξειδωτικά μειώνουν τα επίπεδα ενώσεων όπως οι ακρυλαμίδες, που σχηματίζονται κατά την επεξεργασία τροφίμων.

3.6.5. Αντιοξειδωτικά και Ανθρώπινη Υγεία

3.6.5.1 Πρόληψη Χρόνιων Ασθενειών

1. Υγεία του Καρδιαγγειακού Συστήματος:

Οι πολυφαινόλες που βρίσκονται στα μούρα και το κρασί βελτιώνουν τη λειτουργία του ενδοθηλίου και μειώνουν την οξείδωση της LDL, σημαντικοί παράγοντες στην αθηροσκλήρωση.

2. Πρόληψη Καρκίνου:

Αντιοξειδωτικά, όπως τα καροτενοειδή και το σελήνιο, προστατεύουν από βλάβες του DNA εξουδετερώνοντας τις ROS. Η αναστολή των μεταλλαξιογόνων οδών σχετίζεται επίσης με την πρόσληψη φλαβονοειδών.

3. Νευροπροστασία:

Το οξειδωτικό στρες εμπλέκεται σε νευροεκφυλιστικές ασθένειες, όπως το Αλτσχάιμερ και το Πάρκινσον. Τα αντιοξειδωτικά που βρίσκονται στο πράσινο τσάι, τον κουρκουμά και τη μαύρη σοκολάτα συμβάλλουν στη μείωση της νευροφλεγμονής.

4. Υγεία του Δέρματος:

Αντιοξειδωτικά όπως οι βιταμίνες C και E μειώνουν τη βλάβη που προκαλείται από τις ελεύθερες ρίζες που δημιουργούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία, καθυστερώντας τη γήρανση του δέρματος (Pullar et al., 2017).

3.6.5.2 Ρύθμιση της Φλεγμονής

Αντιοξειδωτικά φυτικής προέλευσης, όπως η κουρκουμίνη και η ρεσβερατρόλη, ρυθμίζουν τις προ-φλεγμονώδεις οδούς, όπως η σηματοδότηση NF-κΒ, μειώνοντας τους κινδύνους για αρθρίτιδα και μεταβολικό σύνδρομο.

3.6.6. Προκλήσεις και Μελλοντικές Κατευθύνσεις

1. Βιοδιαθεσιμότητα:

Ορισμένα αντιοξειδωτικά εμφανίζουν χαμηλή βιοδιαθεσιμότητα, μειώνοντας την αποτελεσματικότητά τους. Για παράδειγμα, η απορρόφηση της κουρκουμίνης μπορεί να ενισχυθεί με την παρουσία πιπερίνης από το μαύρο πιπέρι.

2. Επιδράσεις Επεξεργασίας και Αποθήκευσης:

Η θερμότητα και η παρατεταμένη αποθήκευση υποβαθμίζουν ευαίσθητα αντιοξειδωτικά, όπως η βιταμίνη C και τα καροτενοειδή. Στρατηγικές, όπως η αποξήρανση με ψύξη, μπορούν να διατηρήσουν την αντιοξειδωτική περιεκτικότητα.

3. Ανάγκη για Ισορροπημένη Πρόσληψη:

Η υπερβολική λήψη αντιοξειδωτικών συμπληρωμάτων μπορεί να επηρεάσει τις φυσιολογικές οξειδωτικές οδούς σηματοδότησης, οδηγώντας σε πιθανά δυσμενή αποτελέσματα (Pham-Huy et al., 2008).

4. Νέες Πηγές Αντιοξειδωτικών:

Νέες τροφές, όπως τα φύκη (ασταξανθίνη) και τα ζυμωμένα προϊόντα, δείχνουν δυναμική ως πλούσιες πηγές αντιοξειδωτικών, απαιτώντας περαιτέρω διερεύνηση.

3.7. Ρίγανη

3.7.1. Αιθέριο Έλαιο Ρίγανης

Το αιθέριο έλαιο ρίγανης, που εξάγεται κυρίως από τα φύλλα και τα άνθη του *Origanum vulgare* και συγγενών ειδών, αποτελεί εξαιρετική πηγή βιοδραστικών ενώσεων. Τα κύρια συστατικά του περιλαμβάνουν φαινόλες όπως η καρβακρόλη και η θυμόλη, καθώς και διάφορους τερπένιους και φλαβονοειδή, που συμβάλλουν στις πολλαπλές χρήσεις του. Με την αυξανόμενη στροφή προς φυσικές θεραπείες και εναλλακτικές λύσεις στα συνθετικά χημικά, το αιθέριο έλαιο ρίγανης αποκτά σημασία σε τομείς όπως η ιατρική, η γεωργία, η συντήρηση τροφίμων και τα καλλυντικά. Αυτό το κείμενο διερευνά τις πολλαπλές χρήσεις του, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη επισκόπηση με βάση επιστημονικά δεδομένα.

3.7.1.1. Ιατρικές Χρήσεις του Αιθέριου Ελαίου Ρίγανης

3.7.1.1.1 Αντιμικροβιακή Δράση

Το αιθέριο έλαιο ρίγανης είναι γνωστό για τις ισχυρές αντιμικροβιακές του ιδιότητες, οι οποίες αποδίδονται κυρίως στην καρβακρόλη και τη θυμόλη, που παρουσιάζουν βακτηριοκτόνο, μυκητοκτόνο και ιοκτόνο δράση (Burt, 2004).

- **Βακτηριακές Λοιμώξεις:**

Μελέτες έχουν δείξει την αποτελεσματικότητα του αιθέριου ελαίου ρίγανης απέναντι σε ανθεκτικά στα αντιβιοτικά βακτήρια, όπως *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, και *Salmonella*. Αυτές οι φαινόλες διαταράσσουν τις βακτηριακές κυτταρικές μεμβράνες, προκαλώντας λύση των κυττάρων (Lambert et al., 2001).

- **Μυκητιασικές Λοιμώξεις:**

Το αιθέριο έλαιο ρίγανης είναι πολύ αποτελεσματικό απέναντι σε μυκητιασικούς παθογόνους οργανισμούς, όπως η *Candida albicans*. Η χρήση του έχει προταθεί για την

αντιμετώπιση καταστάσεων όπως η στοματική καντιντίαση και οι μυκητιάσεις των νυχιών (Pinto et al., 2006).

- **Ιικές Λοιμώξεις:**

Πρώιμες έρευνες υποδεικνύουν ότι το αιθέριο έλαιο ρίγανης μπορεί να αναστείλει την ιική αναπαραγωγή, δείχνοντας ελπίδες για χρήση του ενάντια σε ιούς του αναπνευστικού, όπως ο ιός της γρίπης (Gilling et al., 2014).

3.7.1.1.2 Αντιφλεγμονώδεις και Αναλγητικές Ιδιότητες

Η καρβακρόλη και άλλοι τερπένιοι του αιθέριου ελαίου μειώνουν τη φλεγμονή, αναστέλλοντας τα ένζυμα COX και τις προφλεγμονώδεις κυτοκίνες (Hotta et al., 2010). Αυτό καθιστά το αιθέριο έλαιο της ρίγανης κατάλληλο για την αντιμετώπιση παθήσεων όπως η αρθρίτιδα και ο μυϊκός πόνος.

3.7.1.1.3 Αντιοξειδωτική Δράση

Πλούσιο σε φαινόλες, το αιθέριο έλαιο ρίγανης εξουδετερώνει τις ελεύθερες ρίζες, προστατεύοντας τα κύτταρα από την καταστροφική δράση του οξειδωτικού στρες. Αυτό έχει εφαρμογές στην καρδιαγγειακή υγεία, την πρόληψη του καρκίνου και τις αντιγηραντικές θεραπείες (Yanishlieva et al., 1999).

3.7.1.1.4 Υποστήριξη της Πεπτικής Υγείας

- **Παραδοσιακές Χρήσεις:**

Το αιθέριο έλαιο ρίγανης χρησιμοποιείται για την ανακούφιση από πεπτικές διαταραχές, όπως φούσκωμα, δυσπεψία και διάρροια. Οι αντιμικροβιακές του ιδιότητες βοηθούν στην ισορροπία της εντερικής χλωρίδας, καταστέλλοντας παθογόνα στελέχη (Si et al., 2006).

- **Εκρίζωση του *Helicobacter pylori*:**

Υπάρχουν ενδείξεις ότι μπορεί να εξαλείψει το *Helicobacter pylori*, βακτήριο που σχετίζεται με έλκη στομάχου (Chao et al., 2000).

3.7.1.1.5 Ανοσορρυθμιστική Δράση

Έρευνες δείχνουν ότι το αιθέριο έλαιο ρίγανης ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα, αυξάνοντας τη δραστηριότητα των ανοσοκυττάρων και την αντοχή σε λοιμώξεις (Leyva-López et al., 2017).

3.7.1.2. Χρήσεις στη Βιομηχανία Τροφίμων

3.7.1.2.1 Συντήρηση Τροφίμων

Το αιθέριο έλαιο ρίγανης αναγνωρίζεται ευρέως για την αποτελεσματικότητά του ως φυσικό συντηρητικό τροφίμων:

- **Αντιμικροβιακή Δράση:**

Εμποδίζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών αλλοίωσης και παθογόνων τροφίμων, όπως σε κρέατα, γαλακτοκομικά και αρτοσκευάσματα (Skandamis & Nychas, 2001).

- **Φυσικό Πρόσθετο:**

Έχει εγκριθεί σε αρκετές χώρες ως φυσικό συντηρητικό, με προοπτική αντικατάστασης συνθετικών προσθέτων.

3.7.1.2.2 Ως Χαρακτήρας Γεύσης

Το αιθέριο έλαιο ρίγανης εμπλουτίζει τη γεύση σε μαγειρικά προϊόντα, προσφέροντας το χαρακτηριστικό πικάντικο άρωμα της Μεσογειακής κουζίνας (Burt, 2004).

3.7.1.2.3 Σε Συσκευασίες

Οι τεχνολογίες ενεργής συσκευασίας ενσωματώνουν αιθέριο έλαιο ρίγανης για τη δημιουργία αντιμικροβιακών μεμβρανών, επεκτείνοντας τη διάρκεια ζωής προϊόντων μέσω της μείωσης μικροβιακής μόλυνσης σε νωπά προϊόντα και έτοιμα φαγητά (Gutiérrez et al., 2008).

3.7.1.3. Σε Καλλυντικά και για Προσωπική Φροντίδα

Το αιθέριο έλαιο ρίγανης χρησιμοποιείται συχνά σε προϊόντα καλλυντικών και προσωπικής φροντίδας λόγω των αντιμικροβιακών και θρεπτικών ιδιοτήτων του για την επιδερμίδα.

3.7.1.3.1 Περιποίηση Δέρματος

- Οι αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητές του βοηθούν στην καταπολέμηση της ακμής, του εκζέματος και των σημαδιών γήρανσης.

- Η καρβακρόλη μειώνει την ερυθρότητα και τον ερεθισμό, ενώ η θυμόλη έχει καταπραϋντική επίδραση στο δέρμα.

3.7.1.3.2 Φροντίδα Μαλλιών

Το αιθέριο έλαιο ρίγανης χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε σαμπουάν και τονωτικά μαλλιών για την αντιμετώπιση της πιτυρίδας και των λοιμώξεων του τριχωτού της κεφαλής, χάρη στις αντιμυκητιασικές του ιδιότητες (Solórzano-Santos & Miranda-Novales, 2012).

3.7.1.3.3 Στοματική Υγιεινή

Στοματικά διαλύματα και οδοντόκρεμες εμπλουτισμένα με αιθέριο έλαιο ρίγανης είναι αποτελεσματικά κατά των παθογόνων του στόματος, όπως ο *Streptococcus mutans*, βοηθώντας στην πρόληψη της τερηδόνας και των περιοδοντικών παθήσεων.

3.7.1.4. Εφαρμογές στη Γεωργία

3.7.1.4.1 Φυσικό Εντομοκτόνο

Λόγω των εντομοκτόνων και νηματοκτόνων ιδιοτήτων του, το αιθέριο έλαιο ρίγανης χρησιμοποιείται στη βιολογική γεωργία για την καταπολέμηση παρασίτων. Στοχεύει τόσο τα ενήλικα παράσιτα όσο και τις προνύμφες τους, χωρίς να αφήνει τοξικά υπολείμματα επιβλαβή για τον άνθρωπο ή το περιβάλλον (Hoffmann et al., 2004).

3.7.1.4.2 Πρόσθετο Ζωοτροφών

Το αιθέριο έλαιο ρίγανης χρησιμοποιείται ως φυσικό πρόσθετο στις ζωοτροφές για τη βελτίωση της απόδοσης ανάπτυξης και τη μείωση εντερικών λοιμώξεων σε ζώα όπως πουλερικά και χοίροι. Αποτελεί εναλλακτική λύση στα συνθετικά αντιβιοτικά, αντιμετωπίζοντας τις ανησυχίες για την αντοχή στα αντιβιοτικά (Windisch et al., 2008).

3.7.1.5. Σε Ιατρική και τις Εναλλακτικές Θεραπείες

3.7.1.5.1 Αντικαρκινικό Δυναμικό

Αναδυόμενες ενδείξεις υποδηλώνουν ότι η καρβακρόλη και η θυμόλη επιδεικνύουν κυτταροτοξική δράση κατά διάφορων γραμμών καρκινικών κυττάρων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων του μαστού, του παχέος εντέρου και των πνευμόνων. Αυτές οι φαινόλες εμποδίζουν τον πολλαπλασιασμό των καρκινικών κυττάρων και

προκαλούν απόπτωση, αναδεικνύοντας το αιθέριο έλαιο της ρίγανης ως συμπληρωματική θεραπεία στην ογκολογία (Karkabounas et al., 2006).

3.7.1.5.2 Αρωματοθεραπεία και Ψυχική Υγεία

Το αιθέριο έλαιο ρίγανης χρησιμοποιείται στην αρωματοθεραπεία για την ανακούφιση από το άγχος, το στρες και την αϋπνία. Το τονωτικό του άρωμα προάγει τη χαλάρωση, ενώ τα χημικά του συστατικά επηρεάζουν τη δραστηριότητα των νευροδιαβιβαστών (Leyva-López, N., et al. (2017), Sattayakhom et al. , (2023)).

3.7.1.5.3 Επούλωση Τραυμάτων

Η τοπική εφαρμογή αιθέριου ελαίου ρίγανης επιταχύνει την επούλωση τραυμάτων, μειώνοντας το μικροβιακό φορτίο και διεγείροντας την αναγέννηση των ιστών. Επίσης, περιορίζει τη δημιουργία ουλών, καθιστώντας το πολύτιμο για εγκαύματα, κοψίματα και εκδορές (Silva (2012), Kasemsan (2023)).

3.7.1.5.4 Περιορισμοί χρήσης

Παρόλο που το αιθέριο έλαιο ρίγανης προσφέρει πολυάριθμα οφέλη, ορισμένες προκλήσεις και προφυλάξεις πρέπει να ληφθούν υπόψη:

- **Ευαισθησία και Τοξικότητα:** Υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσουν ερεθισμό του δέρματος, ιδιαίτερα σε ευαίσθητα άτομα. Συνιστάται αραίωση με έλαια βάσης για τοπική χρήση.
- **Πιθανοί Αλλεργιογόνοι Παράγοντες:** Μερικοί άνθρωποι μπορεί να εμφανίσουν αλλεργικές αντιδράσεις, απαιτώντας προσεκτική δοκιμή πριν από τη χρήση.
- **Αλληλεπίδραση με Φάρμακα:** Το αιθέριο έλαιο ρίγανης μπορεί να αλληλεπιδράσει με αντιπηκτικά, αυξάνοντας τον κίνδυνο αιμορραγίας μειώνοντας τον αριθμό των αιμοπεταλίων. (Prabuseenivasan et al., 2006, Mączka, 2023).

3.7.2. Ελληνική Ρίγανη και Ερευνες στην Ελλάδα

Η περιοχή της Μεσογείου φημίζεται για τη μεγάλη βιοποικιλότητά της, ιδιαίτερα σε αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά όπως η ρίγανη (*Origanum vulgare* και συναφή είδη). Έλληνες ερευνητές έχουν μελετήσει εκτενώς τη ρίγανη, εστιάζοντας στη χημική της σύνθεση, κυρίως στα πολυφαινολικά συστατικά της, και τα οφέλη τους για την υγεία. Οι πολυφαινόλες, περιλαμβανομένων των φλαβονοειδών, των φαινολικών οξέων και των

τανινών, είναι κρίσιμα βιοενεργά συστατικά που συμβάλλουν στις αντιοξειδωτικές, αντιμικροβιακές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες της ρίγανης. Στην Ελλάδα και ειδικότερα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Καθηγητές όπως η Δρ. Ελένη Βογιατζή και ο Δρ. Νικόλαος Γκουγκουλιάς (στο ΤΕΙ Θεσσαλίας και μετέπειτα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας) έχουν συμβάλει σημαντικά στη μελέτη της ελληνικής ρίγανης (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*), εστιάζοντας στην καλλιέργειά της, την παραγωγή αιθέριων ελαίων, και τις βιολογικές της δραστηριότητες.

Η Δρ. Βογιατζή επικεντρώνεται κυρίως στις πρακτικές καλλιέργειας αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, με ιδιαίτερη έμφαση στην ελληνική ρίγανη. Οι μελέτες της στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της παραγωγής αιθέριων ελαίων, την αξιολόγηση των φυτοτοξικών και αντιμυκητιασικών δραστηριοτήτων των εκχυλισμάτων της ρίγανης, και την εξερεύνηση της βιοποικιλότητας των ειδών *Origanum* στην Ελλάδα. Επίσης έχει ασχοληθεί εκτενώς με την αποτίμηση και μέτρηση των φαινολικών και της αντιοξειδωτικής ικανότητας της ρίγανης.

Ο Δρ. Γκουγκουλιάς εστιάζει στις επιδράσεις βιολογικών λιπασμάτων και φυσικών διεγερτικών στην καλλιέργεια της ρίγανης. Οι μελέτες του διερευνούν πώς αυτές οι παράμετροι επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών, την παραγωγή αιθέριων ελαίων και τις αντιμικροβιακές ιδιότητες της ρίγανης. Και ο Δρ. Γκουγκουλιάς έχει ασχοληθεί εκτενώς με την αποτίμηση και μέτρηση των φαινολικών και της αντιοξειδωτικής ικανότητας της ρίγανης.

3.7.2.1 Βήματα στην έρευνα και μέθοδοι

3.7.2.1.1 Πρακτικές Καλλιέργειας:

Και οι δύο ανωτέρω ερευνητές έχουν διεξαγάγει πειράματα πεδίου για να αξιολογήσουν τον αντίκτυπο διαφόρων πρακτικών καλλιέργειας στην ανάπτυξη της ρίγανης και την παραγωγή αιθέριων ελαίων.

3.7.2.1.2 Εξαγωγή και Ανάλυση Αιθέριων Ελαίων:

Χρησιμοποίησαν τεχνικές όπως η αέρια χρωματογραφία και η φασματομετρία μάζας για την ανάλυση της χημικής σύνθεσης των αιθέριων ελαίων με συνήθη εξαγωγή την απόσταξη με υδρατμούς.

3.7.2.1.3 Βιολογικές Δραστηριότητες:

Οι μελέτες τους περιλαμβάνουν την αξιολόγηση των αντιμικροβιακών και αντιμυκητιασικών δραστηριοτήτων των αιθέριων ελαίων της ρίγανης.

3.7.2.2. Κύρια Ευρήματα

3.7.2.2.1 Παραγωγή Αιθέριων Ελαίων:

Η έρευνα της Δρ. Βογιατζή έχει δείξει ότι η ελληνική ρίγανη αποτελεί πλούσια πηγή αιθέριων ελαίων, με σημαντική διαφοροποίηση στην απόδοση και τη σύνθεση ανάλογα με τον βιοτύπο (διαφοροποίηση ποικιλιών εξαιτίας των ιδιαίτερων εδαφοκλιματικών συνθηκών της περιοχής) και τις συνθήκες καλλιέργειας. Οι μελέτες της έχουν εντοπίσει βέλτιστες χρονικές περιόδους και μεθόδους συγκομιδής για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης και της ποιότητας των αιθέριων ελαίων.

3.7.2.2.2. Επίδραση Λιπασμάτων και Διεγερτικών:

Ο Δρ. Γκουγκουλιάς έχει διαπιστώσει ότι η εφαρμογή βιολογικών λιπασμάτων και διεγερτικών φυσιικής προέλευσης μπορεί να ενισχύσει την ανάπτυξη της ρίγανης και την περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων της. Η έρευνά του υποδεικνύει ότι οι πρακτικές οργανικής καλλιέργειας μπορούν να εφαρμοστούν αποτελεσματικά στη ρίγανη, βελτιώνοντας τόσο την απόδοση όσο και την ποιότητα.

3.7.2.2.3. Αντιμικροβιακές και Αντιμυκητιασικές Δραστηριότητες:

Και οι δύο ερευνητές έχουν αναφέρει ότι τα αιθέρια έλαια της ελληνικής ρίγανης εμφανίζουν ισχυρές αντιμικροβιακές και αντιμυκητιασικές ιδιότητες. Οι μελέτες της Δρ. Βογιατζή έχουν δείξει αποτελεσματικότητα έναντι διαφόρων παθογόνων, υποδεικνύοντας πιθανές χρήσεις στη συντήρηση τροφίμων και την ιατρική. Παρομοίως, ο Δρ. Γκουγκουλιάς έχει παρατηρήσει ότι η αντιμικροβιακή αποτελεσματικότητα της ρίγανης μπορεί να επηρεαστεί από τις πρακτικές καλλιέργειας και τη χρήση οργανικών εισροών.

3.7.2.3. Επιπτώσεις και Εφαρμογές

- **Γεωργικές Πρακτικές:** Τα ευρήματα και των δύο ερευνητών υποστηρίζουν την ανάπτυξη βιώσιμων πρακτικών καλλιέργειας για την ελληνική ρίγανη. Η εργασία τους προσφέρει πολύτιμες γνώσεις στους αγρότες που επιθυμούν να βελτιστοποιήσουν την απόδοση και την ποιότητα μέσω οργανικών μεθόδων και της κατάλληλης επιλογής βιοτύπων.
- **Φαρμακευτική και Βιομηχανία Τροφίμων:** Οι αποδεδειγμένες αντιμικροβιακές ιδιότητες των αιθέριων ελαίων της ελληνικής ρίγανης υποδεικνύουν πιθανές εφαρμογές στην ανάπτυξη φυσικών συντηρητικών και εναλλακτικών αντιμικροβιακών παραγόντων. Αυτό θα μπορούσε να αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμο για την αντιμετώπιση ανησυχιών σχετικά με συνθετικά πρόσθετα και την ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά.

3.7.2.3.1. Χημικός Χαρακτηρισμός των Πολυφαινολών στη Ελληνική Ρίγανη

Έλληνες ερευνητές έχουν ασχοληθεί με την ταυτοποίηση και την ποσοτική μέτρηση των πολυφαινολών που περιέχονται στη ρίγανη. Οι μελέτες τους δίνουν επίσης έμφαση στη σημασία παραγόντων όπως το είδος, η γεωγραφική προέλευση και οι περιβαλλοντικές συνθήκες στη διαμόρφωση του πολυφαινολικού προφίλ της ρίγανης.

3.7.2.3.2. Κύριες Πολυφαινόλες στην Ελληνική ρίγανη

- **Φλαβονοειδή:** Η κερκετίνη, η λουτεολίνη και η απιγενίνη είναι τα συχνότερα φλαβονοειδή που έχουν εντοπιστεί στη ρίγανη. Μελέτες των Kokkini και Vokou (1989) ανέδειξαν τη συμβολή αυτών των ενώσεων στην αντιοξειδωτική δράση και το αρωματικό προφίλ της ρίγανης.
- **Φαινολικά Οξέα:** Το ροσμαρινικό οξύ είναι το κυρίαρχο φαινολικό οξύ στη ρίγανη. Έρευνες των Triantaphyllou et al. (2001) ποσοτικοποίησαν την αφθονία του και σημείωσαν τον ρόλο του στη δέσμευση ελευθέρων ριζών.
- **Άλλες Πολυφαινόλες:** Η ελληνική ρίγανη περιέχει επίσης υδροξυκινναμικά οξέα και φαινολικά διτερπένια. Ιδιαίτερα, μελέτες των Tsimogiannis et al. (2006) αποκάλυψαν διαφορές στα φαινολικά προφίλ μεταξύ διαφορετικών υποειδών και γεωγραφικών περιοχών.

3.7.2.3.3. Αναλυτικές Τεχνικές

Χρησιμοποιήθηκαν προηγμένες αναλυτικές μέθοδοι για την ταυτοποίηση των πολυφαινολών στη ρίγανη. Τεχνικές όπως η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC), η φασματομετρία μάζας (MS) και η φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού

συντονισμού (NMR) είναι κοινές. Οι Tsimogiannis και Oreopoulou (2004) χρησιμοποίησαν HPLC-DAD-MS για την ταυτοποίηση και ποσοτικοποίηση πολυφαινολών, δείχνοντας την υψηλή ακρίβεια και αναπαραγωγιμότητα αυτών των μεθόδων.

3.7.2.3.4 Περιβαλλοντικοί και Αγροτικοί Παράγοντες

Διάφορες μελέτες (Vokou, Kokkini 1989) έδειξαν την επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στην περιεκτικότητα πολυφαινολών στη ρίγανη. **Παράγοντες όπως η σύσταση του εδάφους, το υψόμετρο, οι βροχοπτώσεις και η έκθεση στο ηλιακό φως διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο.** Επίσης, η άγρια ρίγανη από βραχώδη εδάφη της Κρήτης παρουσιάζει υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά από τις καλλιεργημένες ποικιλίες.

3.7.2.4. Αντιοξειδωτικές Ιδιότητες των Πολυφαινολών της Ελληνικής Ρίγανης

Ένα από τα πλέον μελετημένα πεδία των πολυφαινολών της ρίγανης είναι η αντιοξειδωτική τους ικανότητα. Οι πολυφαινόλες λειτουργούν ως φυσικά αντιοξειδωτικά, εξουδετερώνοντας τις ελεύθερες ρίζες και αναστέλλοντας το οξειδωτικό στρες που συνδέεται με διάφορες χρόνιες παθήσεις.

3.7.2.4.1 Μηχανισμοί Αντιοξειδωτικής Δράσης

- Έρευνες των Botsoglou et al. (2002) έδειξαν ότι οι φαινολικές ενώσεις στη ρίγανη, ιδίως το ροσμαρινικό οξύ και η κερκετίνη, αναστέλλουν αποτελεσματικά την υπεροξειδωση λιπιδίων.
- Η ικανότητα των εκχυλισμάτων ρίγανης να αυξάνουν την δράση ενδογενών αντιοξειδωτικών ενζύμων, όπως της υπεροξειδικής δισμουτάσης (SOD - Superoxide dismutase) και της καταλάσης, έχει αναφερθεί από τους Cervato et al. (2000).

3.7.2.4.2 Πειραματικές Διαδικασίες

Έχουν χρησιμοποιηθεί πειραματικές διαδικασίες, όπως:

- **In vitro αναλύσεις:** Μέθοδοι όπως οι αναλύσεις DPPH, ABTS και FRAP αξιολογούν συστηματικά την αντιοξειδωτική δράση των εκχυλισμάτων ρίγανης (Tsimogiannis et al., 2007, Benzie & Strain, (1996).

- **In vivo μελέτες:** Οι Botsoglou et al. (2002) εξέτασαν την προστατευτική δράση της ρίγανης σε ζωικά μοντέλα οξειδωτικού στρες, αναδεικνύοντας τις δυνατότητές της στην πρόληψη οξειδωτικών βλαβών.

3.7.2.4.3 Συγκρίσεις με άλλα Μεσογειακά Βότανα

Συγκριτικές μελέτες των Kokkini et al. (2002) έδειξαν ότι η ελληνική ρίγανη παρουσιάζει υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση από άλλα μεσογειακά βότανα, όπως το θυμάρι και το φασκόμηλο, αποδίδοντας αυτή στο μοναδικό φαινολικό της προφίλ.

3.7.3. Αντιμικροβιακές και Υγαιοπροστατευτικές Ιδιότητες των Πολυφαινολών της Ελληνικής Ρίγανης

Έχουν ερευνηθεί οι ευρύτερες υγαιοπροστατευτικές ιδιότητες των πολυφαινολών της ρίγανης, που περιλαμβάνουν αντιμικροβιακές, αντιφλεγμονώδεις και αντικαρκινικές δράσεις, όπως:

3.7.3.1 Αντιμικροβιακή Δράση

Οι πολυφαινόλες της ρίγανης, ιδίως το ροσμαρινικό οξύ και η κερκετίνη, εμφανίζουν ισχυρές αντιμικροβιακές ιδιότητες:

- Μελέτες των Kalembe, Kunicka (2003) έδειξαν ότι τα εκχυλίσματα ρίγανης αναστέλλουν την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών όπως *E. coli* και *Staphylococcus aureus*.
- Πειράματα της Plioroulou-Georgoudaki et al. (2003) κατέδειξαν συνεργιστικά αποτελέσματα όταν οι πολυφαινόλες της ρίγανης συνδυάζονται με αιθέρια έλαια, ενισχύοντας την αντιβακτηριακή δράση.

3.7.3.2 Αντιφλεγμονώδης Δράση

Οι πολυφαινόλες της ρίγανης αναστέλλουν τους προφλεγμονώδεις μεσολαβητές, όπως ο TNF-α (Παράγοντας Νέκρωσης Όγκων - Tumor necrosis factor) και η IL-6 (Ιντερλευκίνη 6):

- Έρευνες του Cui et al. (2024) ανέδειξαν σημαντικές μειώσεις στους δείκτες φλεγμονής σε ζώα που υποβλήθηκαν σε διατροφή με εκχυλίσματα ρίγανης.

3.7.3.3 Αντικαρκινικές Ιδιότητες

Οι πρόσφατες μελέτες, όπως αυτές του Karkabounas et al. (2006), ανέδειξαν τις αντικαρκινικές δυνατότητες των πολυφαινολών της ρίγανης. Η καρβακρόλη και η κερκετίνη προκαλούν απόπτωση σε καρκινικά κύτταρα, ιδίως σε καρκίνους μαστού και παχέος εντέρου.

3.7.4. Εφαρμογές των Πολυφαινολών της Ελληνικής Ρίγανης στη Βιομηχανία

Η μοναδική πολυφαινολική σύνθεση της ελληνικής ρίγανης την καθιστά πολύτιμη για διάφορους βιομηχανικούς τομείς.

3.7.4.1 Χρήση σε Βιομηχανία Τροφίμων

Οι πολυφαινόλες της ελληνικής ρίγανης χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων ως φυσικά συντηρητικά και ενισχυτικά γεύσης:

- Έρευνες των Tsimogiannis et al. (2006) έδειξαν τη χρήση εκχυλισμάτων ρίγανης για την παράταση της διάρκειας ζωής ευπαθών τροφίμων μέσω της αναστολής μικροβιακής ανάπτυξης και οξειδωτικής αλλοίωσης.
- Οι Papageorgiou et al. (2003) ανέπτυξαν βρώσιμες μεμβράνες εμπλουτισμένες με πολυφαινόλες, καταδεικνύοντας τις δυνατότητές τους στη μείωση της σπατάλης τροφίμων.

3.7.4.2 Φαρμακευτικές Εφαρμογές

Οι πολυφαινόλες της ελληνικής ρίγανης ενσωματώνονται σε συμπληρώματα διατροφής και θεραπευτικές φόρμουλες:

- Μελέτες των Avola et al. (2020) υποστηρίζουν τη χρήση τους για τη διαχείριση φλεγμονών και διαταραχών που σχετίζονται με το οξειδωτικό στρες.

3.7.4.3 Χρήση σε Καλλυντικά και Προσωπική Φροντίδα

Οι αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες των πολυφαινολών της ελληνικής ρίγανης (Han et. al., 2017), τις καθιστούν ιδανικές για καλλυντικές εφαρμογές, όπως κρέμες αντιγήρανσης και φόρμουλες κατά της ακμής

3.7.5 Έρευνητικές Εργασίες για την Περιεκτικότητα Πολυφαινολών στην Ελληνική Ρίγανη

Η ρίγανη (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) αποτελεί χαρακτηριστικό στοιχείο της ελληνικής βιοποικιλότητας και γαστρονομικής παράδοσης. Πλούσια σε βιοδραστικές πολυφαινόλες, η ελληνική ρίγανη έχει αποτελέσει σημαντικό αντικείμενο έρευνας, κυρίως λόγω των υγειοπροστατευτικών της ιδιοτήτων. Έχουν μελετηθεί εκτενώς η περιεκτικότητα, η μεταβλητότητα και οι εφαρμογές των πολυφαινολών της ρίγανης, ενισχύοντας την κατανόηση των ιδιοτήτων αυτού του φυτού.

3.7.5.1. Οι πολυφαινόλες της Ελληνικής Ρίγανης: Ποσοτική Μεταβλητότητα

3.7.5.1.1 Επίπεδα Πολυφαινολών

Οι μελέτες συμφωνούν γενικά ότι η ελληνική ρίγανη περιέχει υψηλά επίπεδα πολυφαινολών, αλλά παρατηρούνται διακυμάνσεις ανάλογα με τις μεθόδους δειγματοληψίας και ανάλυσης. [Kokkini et al. (1989) , Triantaphyllou et al. (2001).

Αυτές οι μελέτες υπογραμμίζουν τον αντίκτυπο των εργαστηριακών μεθοδολογιών στην αναφερθείσα περιεκτικότητα πολυφαινολών. Παρά τις ελαφρές αποκλίσεις, όλες οι μελέτες επιβεβαιώνουν ότι η ελληνική ρίγανη αποτελεί πλούσια πηγή πολυφαινολών σε σύγκριση με άλλα βότανα.

Μια μελέτη από τους Chironá et al. (2010) αξιολόγησε τη αντιοξειδωτική ικανότητα διάφορων βοτάνων, συμπεριλαμβανομένης της ελληνικής ρίγανης, και κατέληξε ότι τα εκχυλίσματά της παρουσιάζουν σημαντική αντιοξειδωτική δραστηριότητα, συγκρίσιμη με εκείνη του πράσινου τσαγιού. Αυτή η δραστηριότητα αποδίδεται στην υψηλή περιεκτικότητα φαινολικών ενώσεων που περιέχει το βότανο.

Επιπλέον, έρευνες των Michalaki et al. (2023), Velopoulos (2022), χρησιμοποίησαν μεθόδους εκχύλισης με τη βοήθεια υπερήχων για την αξιολόγηση της συνολικής περιεκτικότητας φαινολικών ενώσεων και της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας στη ρίγανη. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι συγκεκριμένες τεχνικές εκχύλισης μπορούν να ενισχύσουν την απόδοση των πολυφαινολών, αυξάνοντας έτσι τη αντιοξειδωτική ικανότητα των εκχυλισμάτων

3.7.5.1.2 Εξάρτηση από Γεωγραφικούς και Περιβαλλοντικούς Παράγοντες

Η ρίγανη που συλλέγεται σε υψηλότερες περιοχές εμφανίζει μεγαλύτερη περιεκτικότητα πολυφαινολών χαμηλότερες περιοχές. Επίσης η **ηλιακή έκθεση** διαδραματίζει εξίσου σημαντικό ρόλο στη βιοσύνθεση των πολυφαινολών. **Η άγρια ρίγανη** που αναπτύσσεται σε πετρώδεις, ηλιόλουστες περιοχές της Κρήτης και του Όλυμπου **τείνει να έχει υψηλότερες συγκεντρώσεις φαινολικών οξέων** όπως το ροσμαρινικό και το καφεϊκό οξύ **σε σύγκριση με την καλλιεργούμενη ρίγανη.**

3.7.5.1.3 Εποχική Μεταβλητότητα

Πολλαπλές μελέτες έχουν σημειώσει εποχικές επιδράσεις στα πολυφαινολικά προφίλ, δηλ.: Υψηλότερες συγκεντρώσεις πολυφαινολών κατά τα τέλη της άνοιξης, συσχετίζοντας το γεγονός αυτό με την αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα κατά την περίοδο άνθισης της ρίγανης ή λίγο μετά, ή ότι τα επίπεδα πολυφαινολών κορυφώνονται στις αρχές του καλοκαιριού, τονίζοντας τον ρόλο της διαθεσιμότητας νερού. Ειδικότερα, η ρίγανη συγκομίζεται σε πλήρη άνθηση για παραγωγή αιθέριου ελαίου ή στην αρχή της ανθοφορίας για παραγωγή βοτάνων. (Baranauskienė et. al., 2013, Skoufogianni et. al., 2019)

3.7.5.2. Πολυφαινολικά Προφίλ: Σύνθεση και Κυρίαρχες Ενώσεις

Οι ερευνητές έχουν προσφέρει εις βάθος χημικά προφίλ των πολυφαινολών της Ελληνικής ρίγανης, καταλήγοντας σε συμφωνία για πολλές βασικές ενώσεις:

3.7.5.2.1 Κυρίαρχα Φαινολικά Οξέα

- **Ροσμαρινικό οξύ:** Αναφέρεται καθολικά ως το πιο άφθονο φαινολικό οξύ, που συνεισφέρει έως και 50–60% του συνόλου των πολυφαινολών (Panagiotidou et al., 2024).
- **Καφεϊκό οξύ:** Επίσης εξέχον, με συνεισφορές 10–15%, με ελαφριές διακυμάνσεις μεταξύ των μελετών.

3.7.5.2.2 Φλαβονοειδή

Τα φλαβονοειδή αποτελούν τη δεύτερη πιο άφθονη ομάδα πολυφαινολών.

- Η κερκετίνη, η απιγενίνη και η λουτεολίνη εμφανίζονται συστηματικά ως σημαντικές ενώσεις.
- Οι Tsimogiannis et al. (2006) ποσοτικοποίησαν αυτές τις ενώσεις με χρήση HPLC.

3.7.5.2.3 Μελέτες Σύγκρισης Σύστασης

Η ελληνική ρίγανη εμφανίζει υψηλότερα επίπεδα φαινολικών οξέων σε σύγκριση με αντίστοιχα μεσογειακά βότανα. Οι Kokkini et al. (1989) απέδειξαν ότι η ρίγανη από την Κρήτη είχε σημαντικά υψηλότερες αναλογίες φλαβονοειδών προς οξέα, αποδίδοντας αυτό στις μικροκλιματικές συνθήκες.

3.7.5.3. Διαφοροποίηση στις Μεθόδους Ανάλυσης

Μία αξιοσημείωτη παρατήρηση είναι η διαφοροποίηση στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες για τη μέτρηση και ανάλυση των πολυφαινολών.

3.7.5.3.1 Προετοιμασία Δείγματος

- Οι Kokkini et al. (1989) χρησιμοποίησαν εκχυλίσους με βάση την αιθανόλη, οι οποίες απέδωσαν ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα πολυφαινολών.
- Οι Triantaphyllou et al. (2001) χρησιμοποίησαν υδατικά μίγματα αιθανόλης, δίνοντας έμφαση στη διατήρηση της φαινολικής ακεραιότητας. Οι μεθοδολογικές αυτές διαφορές υποδεικνύουν τη σημασία της τυποποίησης των πρωτοκόλλων προετοιμασίας.

3.7.5.3.2 Τεχνικές Ποσοτικής μέτρησης

Η μέθοδος Folin-Ciocalteu παραμένει η κύρια ανάλυση για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολών, αλλά οι περιορισμοί της, όπως η ευαισθησία σε παρεμβολές από μη φαινολικά αναγωγικά μέσα, έχουν αναγνωριστεί (Tsimogiannis et al., 2006). Πιο προχωρημένες τεχνικές όπως το GC-MS, που χρησιμοποιούνται από τους Velopoulos et al. (2024), προσφέρουν μεγαλύτερη ακρίβεια αλλά είναι λιγότερο διαδεδομένες.

3.7.5.4. Πρακτικές Εφαρμογές και Συγκλίσεις Συμπερασμάτων Μελετών

Παρά τις μεθοδολογικές διαφοροποιήσεις, οι μελέτες συγκλίνουν γενικά σε αρκετές πρακτικές και ουσιαστικές παρατηρήσεις, όπως:

3.7.5.4.1 Επιδράσεις στην Υγεία

Η ελληνική ρίγανη, με την πλούσια πολυφαινολική της περιεκτικότητα, αποτελεί ισχυρή πηγή αντιοξειδωτικών. Οι επιβεβαιωμένες δράσεις της περιλαμβάνουν:

- Την αναστολή της λιπιδικής υπεροξειδωσης (Botsoglou et al., 2002).
- Τη δέσμευση ελεύθερων ριζών, συγκρίσιμη με συνθετικά αντιοξειδωτικά (Tsimogiannis et al., 2006).

3.7.5.4.2 Βιομηχανικές Εφαρμογές

Εκχυλίσματα πλούσια σε πολυφαινόλες ενσωματώνονται ολόένα και περισσότερο ως συντηρητικά και ως λειτουργικά συστατικά τροφίμων, αντανακλώντας τις ισχυρές αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

4. Σχεδιασμός Πειράματος για τη Μέτρηση των Πολυφαινολών στη Ρίγανη

Οι πολυφαινόλες είναι σημαντικές βιοδραστικές ενώσεις γνωστές για τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες, οι οποίες προσφέρουν σημαντικά οφέλη στην ανθρώπινη υγεία και συμβάλλουν στην αξία της ρίγανης ως μαγειρικού και φαρμακευτικού φυτού. Η ακριβής μέτρηση της περιεκτικότητας σε πολυφαινόλες στη ρίγανη απαιτεί μια σχολαστικά σχεδιασμένη πειραματική διαδικασία που να διασφαλίζει την αναπαραγωγιμότητα, την ευαισθησία και την αξιοπιστία. Παράγοντες όπως η επιλογή της μεθόδου προετοιμασίας δείγματος, οι τεχνικές εκχύλισης και τα αναλυτικά εργαλεία είναι κρίσιμοι για την επίτευξη ακριβών αποτελεσμάτων.

Επίσης σημαντική θεωρείται η επιλογή των τοποθεσιών των δειγμάτων και η συσχέτιση των αποτελεσμάτων με στοιχεία αναλύσεων του εδάφους, με το υψόμετρο και με κλιματικά στοιχεία της περιοχής όπως ηλιοφάνεια, ύψος βροχής, μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες.

4.1 Στόχοι

Οι κύριοι στόχοι αυτού του πειραματικού σχεδιασμού είναι οι εξής:

1. Να ποσοτικοποιηθεί η συνολική περιεκτικότητα πολυφαινολών (TPC) στα φύλλα της ρίγανης.
2. Να χαρακτηριστούν και να προσδιοριστούν οι ειδικές πολυφαινόλες που περιέχονται στο δείγμα.
3. Να εξεταστεί η επίδραση παραμέτρων όπως η σύνθεση του εδάφους και τα μετεωρολογικά δεδομένα των περιοχών δειγματοληψίας

4.2. Δυνατότητες και Επιλογές για Σχεδιασμό Πειραμάτων

Βήμα 1: Συλλογή και Προετοιμασία Δείγματος

1. Επιλογή Δείγματος:

- ο Συλλέξτε φρέσκια *Origanum vulgare* ή άλλη καθορισμένη ποικιλία ρίγανης.
- ο Συγκομίστε τα φύλλα κατά την περίοδο μέγιστης ανάπτυξης για βέλτιστη συγκέντρωση πολυφαινολών (Kokkini, 1994).

2. Διαδικασία Ξήρανσης:

- ο Αφήστε τα δείγματα να ξηραθούν στον αέρα υπό ελεγχόμενες συνθήκες (θερμοκρασία 30°C έως 40°C) για να αποφύγετε την θερμική αποδόμηση των φαινολικών ενώσεων (Novák et. al., 2011).
- ο Πρόταση: Αλέστε τα ξηραμένα φύλλα σε λεπτή σκόνη χρησιμοποιώντας μηχανικό αλέστη. Φυλάξτε τη σκόνη στους -20°C σε σκούρα δοχεία για να αποτρέψετε την αποδόμηση από το φως και την οξείδωση.

Βήμα 2: Εκχύλιση Πολυφαινολών

Η διαδικασία εκχύλισης επηρεάζει σημαντικά την απόδοση και την ποικιλία των πολυφαινολών. Μια συγκριτική ανάλυση διαφορετικών μεθόδων εκχύλισης διασφαλίζει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

1. Επιλογή Διαλύτη:

- ο Χρησιμοποιήστε μεθανόλη, αιθανόλη ή ακετόνη σε μείγματα με νερό, καθώς έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικοί διαλύτες για την εκχύλιση πολυφαινολών.
- ο Συνήθεις αναλογίες διαλύτη: 70:30 (διαλύτης:νερό), που εξισορροπούν την πολικότητα και την αποδοτικότητα (Prior et al., 2005).

2. Τεχνικές Εκχύλισης:

- ο **Μακρά Εμποτισμός:** Βυθίστε τη σκόνη της ρίγανης στο διάλυμα με συνεχή ανάδευση για 24 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου.
- ο **Εκχύλιση με Υπερήχους (UAE):** Εφαρμόστε υπερηχητικά κύματα για να διαταράξετε τα κυτταρικά τοιχώματα και να αυξήσετε την απόδοση πολυφαινολών. Παράμετροι: υπερήχηση στα 40 kHz για 20 λεπτά (Khoddami et al., 2013).
- ο **Εκχύλιση Soxhlet:** Παραδοσιακή, εξαντλητική μέθοδος που είναι κατάλληλη για λεπτομερή συγκριτική ανάλυση.

- **Εκχύλιση με Υπεγκριτικό Ρευστό (SFE):** Χρησιμοποιήστε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) υπό καθορισμένη πίεση και θερμοκρασία για την επιλεκτική στόχευση συγκεκριμένων πολυφαινολών.

Βήμα 3: Μέτρηση και Ποσοτικοποίηση

1. Συνολική Περιεκτικότητα Πολυφαινολών (TPC): Δοκιμή Folin-Ciocalteu

- **Αρχή:** Το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu αντιδρά με τις φαινολικές ομάδες, παράγοντας ένα μπλε χρωμοφόρο, το οποίο μπορεί να μετρηθεί με φασματοφωτομετρία.
- **Διαδικασία:**
 - Αναμίξτε 0,5 mL εκχυλίσματος ρίγανης με 2,5 mL αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu και 2 mL διαλύματος ανθρακικού νατρίου 7,5%.
 - Επωάστε το μείγμα για 30 λεπτά στους 25°C στο σκοτάδι.
 - Μετρήστε την απορρόφηση στα 765 nm χρησιμοποιώντας UV-Vis φασματοφωτόμετρο (Singleton & Rossi, 1965, Pérez et. al., 2023.).
- **Ποσοτικοποίηση:** Εκφράστε τα αποτελέσματα ως mg ισοδύναμα του γαλλικού οξέος (GAE) ανά γραμμάριο ξηρού βάρους (mg GAE/g DW) χρησιμοποιώντας καμπύλη βαθμονόμησης με βάση το γαλλικό οξύ.

2. Χαρακτηρισμός με Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης (HPLC, High-performance liquid chromatography)

- **Σκοπός:** Προσδιορισμός και ποσοτικοποίηση ειδικών φαινολικών ενώσεων στο εκχύλισμα της ρίγανης.
- **Στήλη και Κινητή Φάση:** Χρησιμοποιήστε στήλη τύπου C18 με γραμμικότητα ακετονιτριλίου και όξινου νερού (0,1% μυρμηκικό οξύ) (Irakli et. al., 2021).
- **Διαδικασία:**
 - Εγχύστε 20 µL φιλτραρισμένου εκχυλίσματος.
 - Ανιχνεύστε τις πολυφαινόλες χρησιμοποιώντας φωτοδίοδο (PAD) σε μήκη κύματος 280 nm και 320 nm για φλαβονοειδή και φαινολικά οξέα αντίστοιχα.
- **Πρότυπα Αναφοράς:** Συμπεριλάβετε ρουτίνη, κουερσετίνη και ροσμαρινικό οξύ για τον προσδιορισμό και την ποσοτικοποίηση των ενώσεων.

3. Μετρήσεις Αντιοξειδωτικής Ικανότητας:

Για μια πιο ολοκληρωμένη ανάλυση, συνδυάστε τα δεδομένα TPC με δοκιμές αντιοξειδωτικής δραστηριότητας:

- ο **Δοκιμή Σαρωτικής Ικανότητας DPPH**: Προσδιορίστε το ποσοστό αναστολής του ριζικού DPPH για την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ισχύος.
- ο **Δοκιμή Αποχρωματισμού Κατιοντικού Ριζικού ABTS**: Μετρήστε τη μείωση της απορρόφησης του ABTS ριζικού για την αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας.

4.3 Σημεία για προσοχή

1. Αποδόμηση Πολυφαινολών:

- ο **Πρόκληση**: Οι πολυφαινόλες είναι ευαίσθητες στο φως, τη θερμότητα και την οξείδωση.
- ο **Αντιμετώπιση**: Εκτελέστε όλες τις εκχυλίσσεις και τις δοκιμές υπό συνθήκες χαμηλού φωτισμού και θερμοκρασίας με τη χρήση διαλυτών που αποκλείουν το οξυγόνο.

2. Μεταβλητότητα στην Απόδοση Εκχύλισης:

- ο **Πρόκληση**: Η επιλογή διαλύτη και η προετοιμασία του δείγματος μπορεί να προκαλέσει μεροληψία στην ανάκτηση των πολυφαινολών.
- ο **Αντιμετώπιση**: Τυποποιήστε τα πρωτόκολλα και επικυρώστε τα χρησιμοποιώντας πιστοποιημένα υλικά αναφοράς.

3. Πολυπλοκότητα Μήτρας:

- ο **Πρόκληση**: Η ρίγανη περιέχει άλλες παρεμβαλλόμενες ενώσεις, όπως έλαια και πρωτεΐνες, που μπορεί να επηρεάσουν την ακρίβεια της μέτρησης.
- ο **Αντιμετώπιση**: Περιλάβετε βήμα καθαρισμού (π.χ. εκχύλιση στερεάς φάσης) πριν από την ανάλυση για την απομόνωση των πολυφαινολών.

4.4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.4.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Πραγματοποιήθηκε συλλογή φυτών αυτοφυούς ρίγανης τον μήνα Ιούλιο 2024 από την ευρύτερη περιοχή της Λάρισας. Έγινε επιλογή τεσσάρων περιοχών, από κάθε περιοχή συλλέχθηκαν τέσσερα διαφορετικά φυτά για τέσσερις επαναλήψεις, δηλαδή συνολικά 16 δείγματα. Στοιχεία των τεσσάρων περιοχών αναφέρονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 1. Υψόμετρα και αποστάσεις από θάλασσα στις τέσσερις περιοχές της ευρύτερης περιοχής Λάρισας που μελετήθηκαν

Εδαφικά δείγματα	Υψόμετρο [m]	Ευθεία κάθετη προβολική απόσταση από θάλασσα [km]
Άνω Πυργετός	239	10,5
Άνω Ραψάνη	503	14,8
Παλαιός Παντελεήμων	529	2,7
Άνω Λεπτοκαρυά	168	3,9

Παράλληλα δίπλα από κάθε φυτό έγινε και δειγματοληψία εδάφους βάθους 0-20 cm, συνολικά μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο 16 εδαφικά δείγματα.

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από μη αμιγές ηπειρωτικό κλίμα, επηρεαζόμενο από κοντινές αποστάσεις από θάλασσα με σχετικά κρύο χειμώνα, ζεστό καλοκαίρι, χαμηλές βροχοπτώσεις την άνοιξη και το καλοκαίρι και πολλές ξηρές ημέρες. Η μέση χειμερινή θερμοκρασία , μέση θερινή θερμοκρασία και μέση ετήσια βροχόπτωση.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται μέσες μετεωρολογικές παράμετροι των τελευταίων τριάντα ετών στις τέσσερις περιοχές της ευρύτερης περιοχής Λάρισας που μελετήθηκαν

Πίνακας 2. Μετεωρολογικές παράμετροι στις τέσσερις περιοχές της ευρύτερης περιοχής
Λάρισας που μελετήθηκαν

Εδαφικά δείγματα	Μέσος όρος βροχοπτώσεων [mm/μήνα]	Μέσες μηνιαίες ημέρες βροχόπτωσης	Μέση μηνιαία ανώτατη θερμοκρασία [°C]	Μέση μηνιαία κατώτατη θερμοκρασία [°C]
Άνω Πυργετός	52	11,5	21	10
Άνω Ραψάνη	58	11	22	10
Παλιός Παντελεήμων	55	11	21	10
Άνω Λεπτοκαρυά	62	12	22	10

Εδαφικά δείγματα	Μέσες ηλιόλουστες ημέρες /μήνα	Μέσες νεφελώδεις ημέρες /μήνα	Μέσες νεφοσκεπείς ημέρες /μήνα	Μέσες ημέρες παγετού /μήνα
Άνω Πυργετός	8	20	2,5	2
Άνω Ραψάνη	8	18,5	4	2
Παλιός Παντελεήμων	8	19	3,5	2
Άνω Λεπτοκαρυά	8	19	3,5	2

Εδαφικά δείγματα	Μέσες ημέρες χιονιού /μήνα	Μέσες ξηρές ημέρες /μήνα	Μέσες ημέρες μέγιστης θερμοκρασίας άνω των 24 °C /μήνα	Μέσες ημέρες /μήνα με μέγιστη ταχύτητα ανέμου κάτω από 10 km/hr
Άνω Πυργετός	0,5	11	12	17,5
Άνω Ραψάνη	0,5	12	9,5	13
Παλιός Παντελεήμων	0,5	19	11,5	17

Άνω Λεπτοκαρυά	0,5	19	11	15,5
----------------	-----	----	----	------

Εδαφικά δείγματα	Μέσες ημέρες /μήνα με μέγιστη ταχύτητα ανέμου πάνω από 20 km/hr
Άνω Πυργετός	1,5
Άνω Ραψάνη	2,5
Παλιός Παντελεήμων	1
Άνω Λεπτοκαρυά	1,5

Η συλλογή των φυτών πραγματοποιήθηκε στην περίοδο της ανθοφορίας. Τα δείγματα ξηράθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου, λεπτά αλεσμένα σε σκόνη, και διατηρήθηκαν στους 4°C στο σκοτάδι μέχρι να εξεταστούν.



Εικόνα 2. Ρίγανη σε Άνω Πυργετό

Πηγή: Προσωπική λήψη



Εικόνα 3. Χωράφι με ρίγανη σε Παλιό Παντελεήμονα

Πηγή: Προσωπική λήψη



Εικόνα 4. Ρίγανη σε Παλιό Παντελεήμονα

Πηγή: Προσωπική λήψη

4.4.2. ΧΗΜΙΚΟΙ και ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ του ΕΛΑΦΟΥΣ

4.4.2.1. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ

ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΟΥΓΙΟΥΚΟΥ

Τεχνική

Σε ποτήρι ζέσεως των 500 ml προσθέτουμε 50 g εδαφικού δείγματος, 40 ml 1% (NaPO_3)₆ ως διασπορικό μέσο και 150 ml απ. H_2O . Αναδεύουμε για 1 min και μετά από 24h το υλικό το τοποθετούμε στον ηλεκτρικό αναδευτήρα και συμπληρώνουμε με απ. H_2O μέχρι τα 500ml (Γκουγκουλιάς, 2016).

Μετά από 10 min λειτουργίας του αναδευτήρα το υλικό εδαφικό μεταφέρεται στον κύλινδρο Βουγιούκου και συμπληρώνεται με απ. H_2O μέχρι 1130 ml με το πυκνόμετρο μέσα. Αφαιρούμε το πυκνόμετρο και με μηχανικό αναδευτήρα αναδεύουμε μέχρι ομογενοποίησης. Τοποθετούμε το πυκνόμετρο στον κύλινδρο και παίρνουμε μία μέτρηση σε 40 sec και μία σε 2h, καθώς και τις αντίστοιχες θερμοκρασίες. Διορθώνουμε τις ενδείξεις του πυκνόμετρου με συντελεστή διόρθωσης που λαμβάνεται από τον κατωτέρω πίνακα.

Πίνακας 3. Συντελεστής διόρθωσης των πυκνομετρήσεων με την μέθοδο Βουγιούκου

T	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Οι τιμές αφαιρούνται από την ένδειξη του πυκνομέτρου										
10	3,40	3,36	3,33	3,29	3,26	3,22	3,18	3,15	3,11	3,08
11	3,04	3,00	2,97	2,93	2,90	2,86	2,82	2,79	2,75	2,72
12	2,68	2,64	2,61	2,57	2,54	2,30	2,46	2,43	2,39	2,36
13	2,32	2,28	2,25	2,21	2,18	2,14	2,10	2,07	2,03	2,00
14	1,96	1,92	1,89	1,85	1,82	1,78	1,74	1,71	1,67	1,64
15	1,60	1,56	1,53	1,49	1,45	1,42	1,39	1,35	1,31	1,28
16	1,24	1,20	1,17	1,13	1,10	1,06	1,03	0,99	0,96	0,92
17	0,88	0,84	0,81	0,77	0,74	0,70	0,66	0,62	0,59	0,56
18	0,52	0,48	0,45	0,41	0,38	0,34	0,30	0,27	0,25	0,20
19	0,16	0,12	0,09	0,05	0,02	0,00	+0,06	+0,09	+0,13	+0,16

Πίνακας 3. (συνέχεια) Συντελεστής διόρθωσης των πυκνομετρήσεων με την μέθοδο Βουγιούκου

T °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Οι τιμές προστίθενται από την ένδειξη του πυκνομέτρου										
20	0,20	0,24	0,27	0,31	0,34	0,38	0,42	0,45	0,49	0,52
21	0,56	0,60	0,63	0,67	0,70	0,74	0,78	0,84	0,85	0,88
22	0,92	0,96	0,98	1,05	1,06	1,10	1,14	1,17	1,21	1,24
23	1,28	1,32	1,35	1,39	1,42	1,46	1,50	1,53	1,57	1,60
24	1,64	1,68	1,71	1,75	1,78	1,82	1,86	1,89	1,93	1,96
25	2,00	2,04	2,07	2,11	2,11	2,14	2,18	2,22	2,25	2,32
26	2,36	2,40	2,43	2,47	2,50	2,54	2,58	2,61	2,65	2,68
27	2,72	2,76	2,79	2,83	2,86	2,90	2,94	2,97	3,01	3,04
28	3,08	3,12	3,15	3,19	3,22	3,26	3,30	3,33	3,37	3,40
29	3,44	3,48	3,51	3,55	3,58	3,62	3,66	3,69	3,73	3,76
30	3,80	3,84	3,87	3,91	3,94	3,98	4,02	4,05	4,09	4,12

Η διορθωμένη ένδειξη του πυκνόμετρου στα 40 sec αντιστοιχεί στο άθροισμα ιλύος και αργίλου στο βάρος του εδαφικού δείγματος εδάφους.

Η διορθωμένη ένδειξη του πυκνόμετρου σε 2h αντιστοιχεί στην άργιλο.

4.4.2.2. pH ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ

Η μέτρηση του εδαφικού pH γίνεται συνήθως με ειδικά όργανα τα πεχάμετρα. Υπάρχουν δύο μέθοδοι για τη μέτρηση του pH :

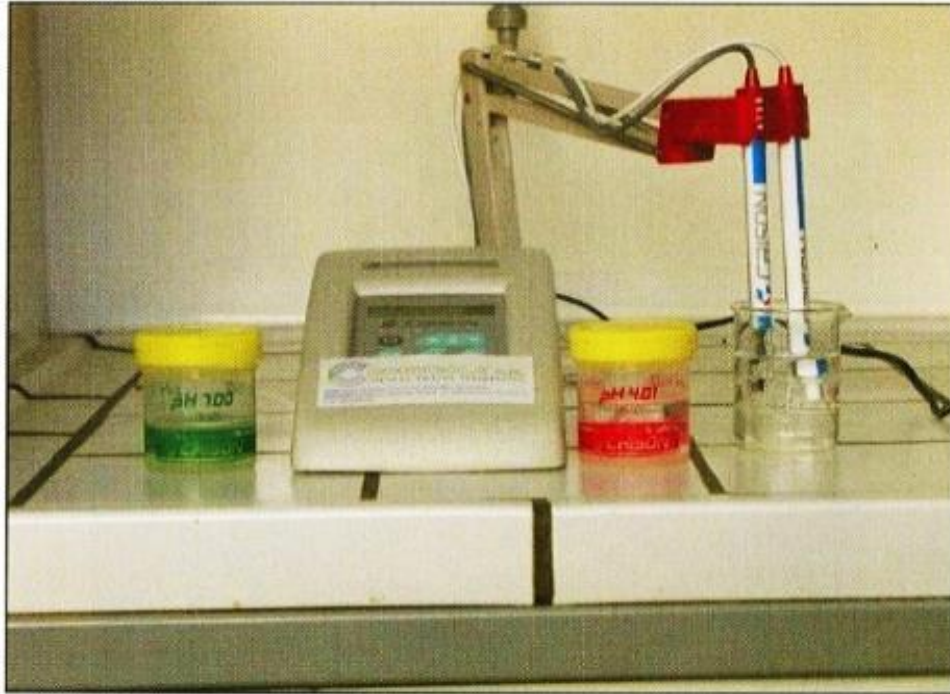
A. Χρωμομετρικά. Στηρίζεται στην ιδιότητα των δεικτών να αλλάζουν χρώμα σε διαφορετικά pH. Παίρνοντας τον κατάλληλο δείκτη είναι δυνατό να πετύχουμε μέτρηση του pH του διαλύματος.

B. Ηλεκτρομετρικά. Αυτή στηρίζεται στη μέτρηση του δυναμικού που παράγεται σ' ένα ορισμένο ηλεκτρόδιο (συνήθως υάλου), που βυθίζεται στο δείγμα που θέλουμε να μετρήσουμε το pH του (Γκουγκουλιάς, 2016).

Ηλεκτρομετρικός προσδιορισμός

Τεχνική

20 g αεροξηραμένου εδάφους τοποθετούνται σε ποτήρι των 200 ml και προστίθενται 100 ml απιονισμένο νερό (έδαφος/H₂O=1:5). Γίνεται καλή ανάμειξη του δείγματος το οποίο αφήνεται για μια ώρα. Ρυθμίζεται το πεχάμετρο με τα σταθερά διαλύματα (pH=7, 4 και 9) και γίνεται η μέτρηση των δειγμάτων βάζοντας το ηλεκτρόδιο μέσα στο αιώρημα και διαβάζουμε την ένδειξη.



Εικόνα 5. Πεχάμετρο του Εργαστηρίου Εδαφολογίας

Πηγή: Προσωπική λήψη

4.4.2.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Υδατικά διαλύματα με μεγάλη συγκέντρωση αλάτων έχουν μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα συμβολίζεται με L_t και εκφράζεται σε Siemens (S) ή 1mS ή $1\mu\text{S}$.

$$1\text{S} = 10^3 \text{ mS}, 1\text{mS} = 10^3 \mu\text{S}, 1\text{S} = 10^6 \mu\text{S}$$

Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός διαλύματος είναι ανάλογη με την συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών αλάτων. Συμβολίζεται με Electrical conductivity (E_c) ή $L_{25}^{\circ\text{C}}$ και εκφράζεται σε Siemens/cm (S/cm) (Γκουγκουλιάς, 2016).

Την L_t των διαλυμάτων την μετράμε με τα αγωγιμόμετρα (εικόνα) τα οποία έχουν συνδεδεμένα ηλεκτρόδια. Όταν η θερμοκρασία του διαλύματος δεν είναι 25°C , χρησιμοποιείται ένας συντελεστής διόρθωσης της θερμοκρασίας μέτρησης από τον παρακάτω πίνακα (πίνακας 4). Επίσης σε κάθε ηλεκτρόδια που χρησιμοποιείται υπάρχει ένας συντελεστής διόρθωσης που αναγράφεται στο ηλεκτρόδιο.

Πίνακας 4. Συντελεστής διόρθωσης των ενδείξεων μέτρησης της αγωγιμότητας ενός διαλύματος στους 25 °C

Θερμοκρασία μέτρησης του διαλύματος	Συντελεστής διόρθωσης των ενδείξεων στους 25 °C	Θερμοκρασία μέτρησης του διαλύματος	Συντελεστής διόρθωσης των ενδείξεων στους 25 °C	Θερμοκρασία μέτρησης του διαλύματος	Συντελεστής διόρθωσης των ενδείξεων στους 25 °C
10	1,411	19	1,136	28	0,943
11	1,375	20	1,112	29	0,925
12	1,341	21	1,087	30	0,907
13	1,309	22	1,064	31	0,890
14	1,277	23	1,043	32	0,873
15	1,247	24	1,020	33	0,858
16	1,218	25	1,000	34	0,843
17	1,189	26	0,979	35	0,829
18	1,163	27	0,960	36	0,815

(Γκουγκουλιάς, 2016)

Από την L_t που μετράται στο αγωγιμόμετρο προσδιορίζουμε την $L_{25}^{\circ C}$ από την σχέση:

$L_{25}^{\circ C} = L_t \times C \times Ft$ και εκφράζεται σε (S/cm ή mS/cm ή $\mu S/cm$),

όπου:

C: η σταθερά του ηλεκτροδίου

Ft: συντελεστής διόρθωσης της θερμοκρασίας μέτρησης στους 25°C

Τεχνική

Σε ποτήρι ζέσεως των 200 ml προστίθενται 20 gr αεροξηραμένου δείγματος και 100 ml απ. H_2O (έδαφος/ H_2O =1:5). Γίνεται καλή ανάμειξη του δείγματος το οποίο αφήνεται για μια ώρα. Αφήνουμε σε ηρεμία το μείγμα και διηθούμε. Για κάθε εκχύλισμα παίρνουμε την θερμοκρασία και την μέτρηση από το αγωγιμόμετρο (Γκουγκουλιάς, 2016).



Εικόνα 6. Αγωγιμόμετρο του Εργαστηρίου Εδαφολογίας

Πηγή: Προσωπική λήψη

Τα εδάφη κατατάσσονται σε κατηγορίες σύμφωνα με τον παρακάτωπίνακα.

Πίνακας 5. Κατάταξη των εδαφών ανάλογα με το εδαφικό εκχύλισμα

Κατάταξη εδαφών	Εκχύλισμα κορεσμού	Εκχύλισμα (1:5)
	$L_{25}^{\circ C}$ (ms/cm)	
Κανονικά	<4	<0.4
Λίγο αλατούχα	(4-8)	(0.5-0.7)
Μέτρια αλατούχα	(8-16)	(0.8-2)
Ισχυρά αλατούχα	>16	>2

(Γκουγκουλιός, 2016).

4.4.2.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ

Τεχνική

Σε κωνική φιάλη της συσκευής Bernard τοποθετούμε 1 g εδαφικού δείγματος και σε μικρό δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετούμε 5ml HCl 6N, τοποθετούμε όρθιο τον σωλήνα στην κωνική ώστε το HCl να μην έρθει σε επαφή με το έδαφος. Πωματίζουμε την κωνική με το πώμα που είναι συνδεδεμένο με τον σωλήνα της συσκευής και ισοσταθμίζουμε το υγρό που υπάρχει στον βαθμολογημένο σωλήνα με το επίπεδο του υγρού της χοάνης. Αναδεύουμε την κωνική για να έρθει σε επαφή το HCl με το δείγμα. Το παραγόμενο CO₂

συμπίεζει την στάθμη του βαθμολογημένου σωλήνα και όταν η στάθμη θα σταθεροποιηθεί, ο σωλήνας θα καταγράψει έναν όγκο (V) (Γκουγκουλιάς, 2016).

Ανάλογη μέτρηση γίνεται με 0.30 g καθαρό CaCO_3 αντί για έδαφος εκλύοντας όγκο (n).

Η περιεκτικότητα του CaCO_3 στο έδαφος είναι:

$$\text{CaCO}_3 \% = V \times 0.3 \times 100 / n \times \beta, \text{ όπου:}$$

V: τα ml του παραγόμενου CO_2 από το δείγμα

n: τα ml του παραγόμενου CO_2 από το CaCO_3

β : τα g του δείγματος



Εικόνα 7. Συσκευή Bernard του Εργαστηρίου

Πηγή: Προσωπική λήψη

Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Τα εδάφη κατατάσσονται σύμφωνα με τον (πίνακα 6).

Πίνακας 6. Κατάταξη των εδαφών ανάλογα με την σύσταση του CaCO_3

CaCO_3 (%)	Κατάταξη των εδαφών
< 0,5	Ανεπαρκής
(0,5 – 2)	Μέτρια
(2-20)	Καλή
20- 40)	Αρκετά πολύ
> 40	Ασβεστούχος

(Γκουγκουλιάς, 2016).

Τα εδάφη που το CaCO_3 είναι > 10% χαρακτηρίζονται ως ασβεστούχα.

4.4.2.5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Τεχνική

Σε κωνική φιάλη των 500 ml τοποθετούνται 1 g εδαφικού δείγματος, 10 ml $K_2Cr_2O_7$ 1N και 20 ml πυκ. H_2SO_4 αναδεύοντας περιστροφικά. Αφήνουμε την φιάλη 30 min σε ηρεμία. Μετά προσθέτουμε 200 ml απ. H_2O , 10 ml π. H_3PO_4 , 0.2 g NaF και 2 ml δείκτη διφαινυλαμίνης (0.5g + 20 mL H_2O + 100mL H_2SO_4). Ογκομετρούμε με $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5N μέχρι αλλαγής του χρώματος. Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία χωρίς έδαφος (Γκουγκουλιάς, 2016).

Το % ποσοστό της οργανικής ουσίας βρίσκεται από τον τύπο:

$$O.O. \% = (V_0 - V_1) \times 0.5 \times 0.67 / \beta \text{ όπου}$$

N η κανονικότητα του $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

β : τα g του δείγματος

V_1 : τα ml του $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5N που καταναλώθηκαν στην ογκομέτρηση του δείγματος.

V_0 : τα ml του $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5N που καταναλώθηκαν στην ογκομέτρηση του λευκού.

Ένα έδαφος είναι επαρκώς εφοδιασμένο σε οργανική ουσία όταν η περιεκτικότητά του βρίσκεται μεταξύ 2-3% για εδάφη μεγάλων καλλιεργειών.

4.4.2.6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΟΡΓΑΝΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Αντιδραστήρια

Διάλυμα $CaCl_2$ 1N

H_3BO_3

Μεικτός δείκτης (0.1 g πράσινη βρωμοκρεζόλη και 0.07 g ερυθρού του μεθυλίου) /100 ml αιθανόλη.

Καταλύτης Dewarda, Καταλύτης MgO

Διάλυμα H_3BO_3 2% (20 g οξέως + 15 ml μεικτού δείκτη) /1000 ml αποσταγμένο H_2O . Το διάλυμα έχει σκούρο κόκκινο χρώμα).

Διάλυμα HCl 0.001 N (τιτλοδοτημένο του εμπορίου).

Τεχνική

Σε κωνική των 250ml προστίθενται 15 g δείγμα και 150 ml $CaCl_2$ 1N. Τοποθετείται το μείγμα στη συσκευή ανακίνησης για μια ώρα και στη συνέχεια διηθείται. Στην αποστακτική φιάλη της συσκευής Kjeldahl, τοποθετούνται 100 ml από το εδαφικό

εκχύλισμα. Στη συνέχεια προσθέτουμε στην αποστακτική φιάλη της συσκευής 2 g καταλύτη Dewarda και 2 g καταλύτης MgO. Ο καταλύτης Dewarda σκοπό έχει την μετατροπή του νιτρικού αζώτου σε αμμωνιακό. Στον υποδοχέα συλλογής των αποστακτικών υγρών τοποθετούμε κωνική των 250ml με 25 ml από το διάλυμα του H_3BO_3 . Τίθεται σε λειτουργία η συσκευή, η αμμωνία που αποστάζει στο διάλυμα του H_3BO_3 αλλάζει το χρώμα του από κόκκινο σε πράσινο. Τέλος ογκομετρούμε το περιεχόμενο της κωνικής με ένα αραιό διάλυμα οξέος (HCl 0.001N). Το ισοδύναμο σημείο της ογκομέτρησης αντιστοιχεί στην μετατροπή του περιεχομένου της κωνικής φιάλης από πράσινο σε κόκκινο. Συγχρόνως με το δείγμα παρασκευάζουμε και ένα τυφλό δείγμα χωρίς έδαφος και επαναλαμβάνουμε όλη την διαδικασία (Γκουγκουλιάς, 2016).

Η περιεκτικότητα του ανόργανου αζώτου στα 100 ml εκχύλισμα που αποστάξαμε δίνεται από τον τύπο:

$\text{mg (Ανόργανου-N)} = 14 \times N \times (A-B)$, όπου:

N: η κανονικότητα του οξέος κατά την ογκομέτρηση

A: τα ml του οξέος που καταναλώθηκαν κατά την ογκομέτρηση του εδαφικού εκχυλίσματος

B: τα ml του οξέος που καταναλώθηκαν κατά την ογκομέτρηση του λευκού (100 ml διαλύματος CaCl_2 1N)

14: το ατομικό βάρος του αζώτου

Με αναγωγή στο έδαφος έχουμε το αποτέλεσμα.

Πίνακας 7. Πίνακας Ορίων χαρακτηρισμού εδαφών για περιεκτικότητα Ανόργανου Αζώτου

περιεκτικότητα Ανόργανου Αζώτου εδάφους	< 120 ppm
Χαμηλή	< 120 ppm
Μέση	120-240 ppm
Υψηλή	> 240 ppm

(Γκουγκουλιάς, 2016).

4.4.2.7. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΦΟΜΟΙΩΣΙΜΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ OLSEN

Αντιδραστήρια

NaOH 1N,

NaHCO₃ 1N,

Ενεργός άνθρακας καθαρός.

Δείκτης p-nitrophenol: (0.28%.

Διάλυμα (**α**): NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O (6 % σε απ. H₂O).

Διάλυμα (**β**): Antimony potassium tartrate (0.149 % σε απ. H₂O).

Διάλυμα (**γ**): H₂SO₄ 5N.

Διάλυμα (**Α**): (100 ml NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O 6% + 100 ml Antimony potassium tartrate 0.149% + 500 ml H₂SO₄ 5N + 300 ml απ. H₂O)

Διάλυμα ασκορβικού οξέος (0.528g σε 100ml του διαλ. (Α).

Stock διαλ. P 10 mg/L.

Τεχνική

Σε κωνική των 250ml προστίθενται 5g δείγμα και 100 ml NaHCO₃ 1N. Ανακινούνται για 30min. Ακολουθεί διήθηση σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml. Εάν δεν είναι διαυγές τοποθετείται σε μια κωνική με ≈1g καθαρό άνθρακα και ανακινείται για 10min. Κατόπιν διηθείται. Παρασκευάζεται και ένα λευκό δείγμα (Γκουγκουλιάς, 2016).

Μεταφέρονται με σιφόνιο 5 ml από το διαυγές εδαφικό διήθημα και 5 ml από το λευκό διήθημα σε αντίστοιχες ογκομετρικές των 50ml. Προστίθενται σε κάθε φιάλη 1 σταγόνα δείκτη p-nitrophenol για παραγωγή κίτρινου χρώματος. Αποχρωματίζονται προσθέτοντας σταγόνα-σταγόνα H₂SO₄ 5N. Κατόπιν προστίθενται 20ml απ. H₂O και 4 ml από το

διάλυμα του ασκορβικού οξέος. Συμπληρώνονται οι ογκομετρικές με απ. H₂O (Γκουγκουλιάς, 2016).

Συγχρόνως προετοιμάζονται 5 standards διαλύματα από (0 μέχρι 1) mg P/L με την ίδια διαδικασία. Μετά από παραμονή 30 min όλα μετρούνται στο φασματοφωτόμετρο στα 665 nm. Από τις συγκεντρώσεις των Standard διαλυμάτων και τις αντίστοιχες απορροφήσεις βρίσκουμε την εξίσωση αναφοράς (Γκουγκουλιάς, 2016). Από τις απορροφήσεις των δειγμάτων βρίσκουμε τις συγκεντρώσεις και κάνουμε αναγωγή στο έδαφος.

Τα εδάφη κατατάσσονται σε κατηγορίες σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 8. Αξιολόγηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε αφομοιώσιμο P

Χαρακτηρισμός εδαφών	Φυτά μεγάλης καλλιέργειας	Φυτά θερμοκηπίου
	mg/kg εδάφους	
Ανεπαρκής εφοδιασμός	<15	<25
Επαρκής	(16-25)	(26-30)
Υπερ.-επαρκής	>25	>30

(Γκουγκουλιάς, 2016).



Εικόνα 8. Φασματοφωτόμετρο του Εργαστηρίου Εδαφολογίας

Πηγή: Προσωπική λήψη

4.4.2.8. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ $\text{CH}_3\text{COONH}_4^+$

Αντιδραστήρια

$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N, Το pH του διαλύματος ρυθμίζεται στο 7.0 με αραιά διαλύματα CH_3COOH ή NH_4OH .

Τεχνική

Σε φιαλίδιο φυγοκέντρωσης προσθέτουμε 4 g εδάφους και 33 ml διαλύματος $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N. Ανακινούμε στον παλινδρομικό ανακινητήρα 5 min και στην συνέχεια φυγοκεντρούμε στην φυγόκεντρο για 5 min στις 2000 στροφές ανά λεπτό. Το υπερκείμενο διαυγές υγρό το διηθούμε σε ογκομετρική φιάλη των 100ml. Η εργασία επαναλαμβάνεται ακόμη δυο φορές, συμπληρώνουμε την ογκομετρική με απ. H_2O . Στο εκχύλισμα αυτό των 100ml προσδιορίζουμε τα εναλλακτικά κατιόντα (Γκουγκουλιάς, 2016).

α) Εναλλακτικά κατιόντα Na

Στο εκχύλισμα ο προσδιορισμός των εναλλακτικών κατιόντων Na γίνεται με το φλογοφωτόμετρο.

Παρασκευάζουμε Stock 50 meq Na /L από NaCl και από αυτό 5 Standard διαλύματα Na (0-0.2-0.4-0.8 και 1) meq Na/L. Στην συνέχεια μετράμε τα Standard διαλυμάτων και τα εκχυλίσματα στο φλογοφωτόμετρο. Από τις συγκεντρώσεις των Standard και τις αντίστοιχες εντάσεις βρίσκουμε την εξίσωση συσχέτισης. Εκφράζουμε το αποτέλεσμα σε meq Na/100g έδαφος (Γκουγκουλιάς, 2016).



Εικόνα 9. Φυγόκεντρος του εργαστηρίου Εδαφολογίας

Πηγή: Προσωπική λήψη



Εικόνα 10. Φλογοφωτόμετρο του Εργαστηρίου Εδαφολογίας

Πηγή: Προσωπική λήψη

β) Εναλλακτικά κατιόντα K

Τα εναλλακτικά κατιόντα K προσδιορίζονται στο εκχύλισμα με το φλογοφωτόμετρο με την ίδια ακριβώς διαδικασία όπως και τα εναλλακτικά κατιόντα Na.

Παρασκευάζουμε Stock διάλυμα 10 meq K /L από KCl και στη συνέχεια 5 Standard διαλύματα K (0-0.2-0.4-0.8 και 1) meq K/L. Στην συνέχεια μετράμε τα Standard και τα εδαφικά εκχυλίσματα στο φλογοφωτόμετρο. Από τις συγκεντρώσεις των Standard και τις αντίστοιχες εντάσεις βρίσκουμε την εξίσωση συσχέτισης. Εκφράζουμε το αποτέλεσμα σε meq K/100g έδαφος (Γκουγκουλιάς, 2016).

Κανονικά επίπεδα K σε ένα έδαφος μέσης σύστασης από (120 – 240) ppm K.

4.4.2.9. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ (I.A.K.)

Αντιδραστήρια

CH₃COONa.3H₂O 1N,

Διάλυμα CH₃COONH₄ 1N, ρυθμίζουμε το pH στο 7.0 με αραιά διαλύματα CH₃COOH ή NH₄OH.

Αιθανόλη 96%.

Τεχνική

Σε σωλήνα φυγοκέντρησης προστίθενται 4 g εδαφικού δείγματος και 33 ml διαλύματος CH₃COONa.3H₂O 1N. Ανακινείται το μείγμα σε παλινδρομικό ανακινητήρα για 5 min και στη συνέχεια φυγοκεντρείται στις 2000 στροφές ανά λεπτό για 5 min. Το υπερκείμενο διαυγές υγρό αποχύνεται και επαναλαμβάνεται όλη η διαδικασία άλλες τρεις φορές. Σκοπός είναι η ανταλλαγή όλων των κατιόντων του εδαφικού δείγματος από τα κατιόντα Na του οξικού νατρίου.

Στη συνέχεια προστίθενται 33 ml αιθανόλης στο εδαφικό δείγμα. Ανακινείται το μείγμα σε παλινδρομικό ανακινητήρα για 5 min και στη συνέχεια φυγοκεντρείται στις 2000 στροφές ανά λεπτό για 5 min. Το υπερκείμενο διαυγές υγρό αποχύνεται και επαναλαμβάνεται όλη η διαδικασία άλλες δυο φορές. Σκοπός είναι η έκπλυση του εδάφους από την περίσσεια των αλάτων νατρίου.

Στη συνέχεια στο ίζημα προστίθενται 33 ml διαλύματος $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N. Το μείγμα ανακινείται σε παλινδρομικό ανακινήτηρα για 5 min και στη συνέχεια φυγοκεντρείται στις 2000 στροφές ανά λεπτό για 5 min. Το διαυγές υπερκείμενο υγρό το συλέγουμε μετά από διήθηση σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml. Επαναλαμβάνεται όλη η διαδικασία άλλες δυο φορές και κατόπιν συμπληρώνουμε την φιάλη με απ. H_2O . Σκοπός είναι η αντικατάσταση όλων των εναλλακτικών κατιόντων νατρίου με κατιόντα αμμωνίου και η παραλαβή τους σε υγρή φάση για να μετρηθούν. Η ποσότητα αυτή των εναλλακτικών κατιόντων νατρίου της υγρής φάσης αντιστοιχεί στην συνολική ποσότητα όλων των εναλλακτικών κατιόντων του εδάφους.

Ο προσδιορισμός του Na στο εκχύλισμα γίνεται με την ίδια ακριβώς διαδικασία όπως και τα εναλλακτικά κατιόντα. Το αποτέλεσμα εκφράζεται σε meq Na /100 g έδαφος και αποτελεί την ολική εναλλακτική ικανότητα του εδάφους.

Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Τα εδάφη κατατάσσονται σε κατηγορίες σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα. Καλλιέργειες που έχουν υψηλές απαιτήσεις σε I.A.K. θεωρούνται απαιτητικές όταν η τιμή της είναι > 24 (meq /100 g εδάφους).

Πίνακας 9. Ταξινόμηση των εδαφών με βάση την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων

Χαρακτηρισμός του εδάφους	I.A.K. (meq /100 g εδάφους)
Ασθενής I.A.K.	< 12
Μέτρια I.A.K.	(12-20)
Ισχυρή I.A.K.	>20

(Γκουγκουλιάς, 2016).

4.4.3. ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ ΡΙΓΑΝΗΣ

Σε 2 g λεπτά αλεσμένων δειγμάτων ρίγανης προστέθηκαν 25 ml υδατικής αιθανόλης 80%. Τα δείγματα επωάστηκαν για 24 ώρες στο εκχυλιστικό μέσο υπό ανάδευση. Το εκχύλισμα συλλέχθηκε μετά από φυγοκέντρηση και διήθηση. Το ίζημα υποβλήθηκε εκ νέου σε επεξεργασία με 25 ml υδατική αιθανόλη 80% για 2h υπό ανάδευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Το εκχύλισμα συλλέχθηκε μετά από φυγοκέντρηση /

διήθηση και προστέθηκε στο αρχικό εκχύλισμα και χρησιμοποιήθηκε για τις χημικές αναλύσεις.

4.4.3.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

Ο προσδιορισμός των ολικών φαινολών (TP) γίνεται με το αντιδραστήριο **Folin-Ciocalteu** σύμφωνα με την μέθοδο του (Singleton και Rossi, 1965) ή την μικροπαραλλαγή του (Baderschneider et al., 1999).

Αντιδραστήρια

Folin-Ciocalteu του εμπορίου.

Na₂CO₃ 20%.

Γαλλικό οξύ.

Τεχνική

Σε ογκομετρική φιάλη των 100ml προσθέτουμε 1 ml από το εκχύλισμα της ρίγανης και 60 ml αποσταγμένο νερό. Κατόπιν προσθέτουμε 5 ml από το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu. Αναμειγνύεται το μείγμα και μετά από (1-8) min προσθέτουμε 15 ml Na₂CO₃ 20%. Συμπληρώνεται η φιάλη τμ. απ. H₂O και μετά από 2h μετράται η απορρόφηση στα 750 nm. Με την ίδια διαδικασία παρασκευάζουμε τα standards και σχηματίζεται η πρότυπη καμπύλη. Οι φαινόλες υπολογίζονται ως ισοδύναμα του γαλλικού οξέος (GAE) σε mg/kg φυτικού υλικού.

4.4.3.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΗ ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΩΝ ΚΑΙ ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΩΝ ΦΑΙΝΟΛΩΝ ΣΤΗ ΡΙΓΑΝΗ

Οι μη φλαβονοειδείς φαινόλες (NFP) στο εκχύλισμα προσδιορίζονται μετά από καταβύθιση των φλαβονοειδών φαινολών (FP) παρουσία διαλύματος φορμαλδεϋδης σε όξινο περιβάλλον.

Αντιδραστήρια

Folin-Ciocalteu.

Na₂CO₃ 20%.

Γαλλικό οξύ

Διάλυμα HCL (1:4).

Διάλυμα φορμαλδεϋδης (8 mg/ml).

Τεχνική

Σε δοκιμαστικό σωλήνα με καπάκι προστίθενται 5 ml εκχύλισμα, 5 ml από το διάλυμα του HCL και 2.5 ml διάλυμα φορμαλδεΐδης. Αναμειγνύεται το μείγμα για 24h. Ακολουθεί φυγοκέντρηση σε 7000 στροφές/min και στο διάλυμα προσδιορίζονται οι NFP με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu. Στο ίδιο δείγμα είχαν προσδιορισθεί και οι TP (Kramling et al., 1969). Η διαφορά των NFP από τις TP μας δίνει την συγκέντρωση των FP στο εξεταζόμενο δείγμα.

4.4.3.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΟ ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΣΤΑΘΕΡΟ ΡΙΖΙΚΟ DPPH•

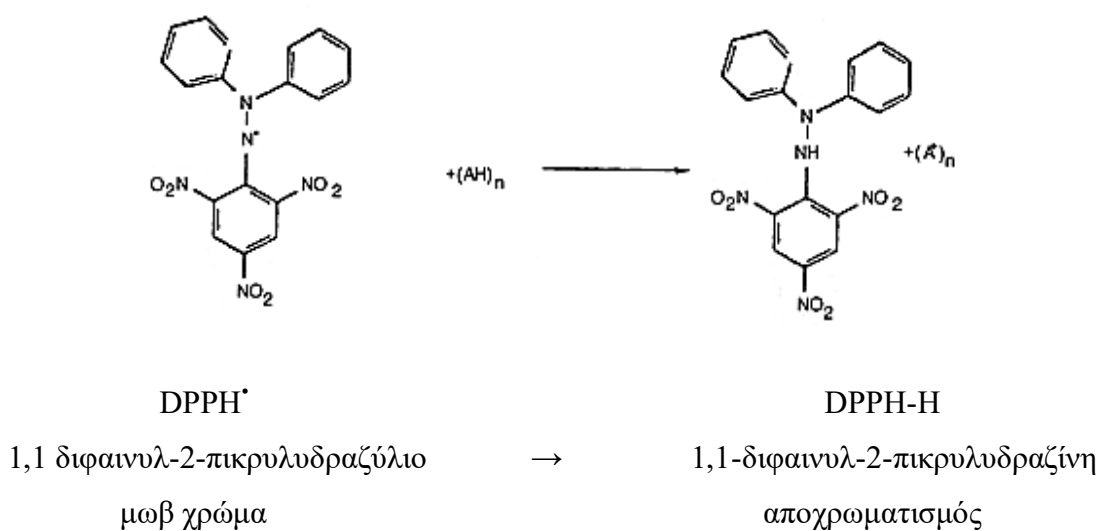
Η μέθοδος βρίσκει εφαρμογή στον προσδιορισμό της αντιριζικής ενεργητικότητας των φυτών (Brand-Williams et al. 1995). Το σταθερό ριζικό DPPH• αλληλεπιδρά με τις αντιοξειδωτικές ενώσεις και αδρανοποιείται μέσω προσθήκης ενός ατόμου υδρογόνου (517nm) με αποτέλεσμα το μωβ χρώμα να αποχρωματίζεται.

Αντιδραστήρια

1. Διάλυμα DPPH• 6×10^{-5} mol/L σε μεθανόλη ($MB \rightarrow DPPH = 394.33 \rightarrow 5.9 \text{ mg DPPH} \cdot / 250\text{ml CH}_3\text{OH}$)
2. Διάλυμα Trolox 62mM σε 10ml μεθανολικό διάλυμα 50% (0.16g Trolox) και στην συνέχεια συγκεντρώσεις (5-10-15-20) mmol για την καμπύλη αναφοράς. Trolox $\rightarrow$ MB = 250.29).

Τεχνική

Σε δοκιμαστικούς σωλήνες τοποθετούνται 2 ml από το μεθανολικό διάλυμα του DPPH• και 50 μ l από το κάθε εκχύλισμα της ρίγανης ή από 50 μ l από τις διαφορετικές συγκεντρώσεις Trolox. Αναμειγνύεται το μείγμα και μετά από 15 min μετράτε η απορρόφηση στα 515 nm. Με την ίδια διαδικασία μετράτε και λευκό δείγμα. Μηδενίζουμε το σπεκτοφωτόμετρο με CH_3OH . Προσδιορίζεται η μεταβολή της απορρόφησης του διαλύματος της ρίζας DPPH• μετά την προσθήκη του αντιοξειδωτικού (εκχύλισμα).



Εικόνα 11. DPPH• και DPPH-H

Από την γραφική παράσταση που συνδέει τις συγκεντρώσεις Trolox και τις διαφορές των απορροφήσεων εκφράζουμε τα αποτελέσματα σε ισοδύναμα Trolox.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ, ΣΥΖΗΤΗΣΗ, ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η στατιστική ανάλυση έγινε με το MINITAB (Ryan et al., 2005). Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το τεστ Tukey ($P = 0,05$).

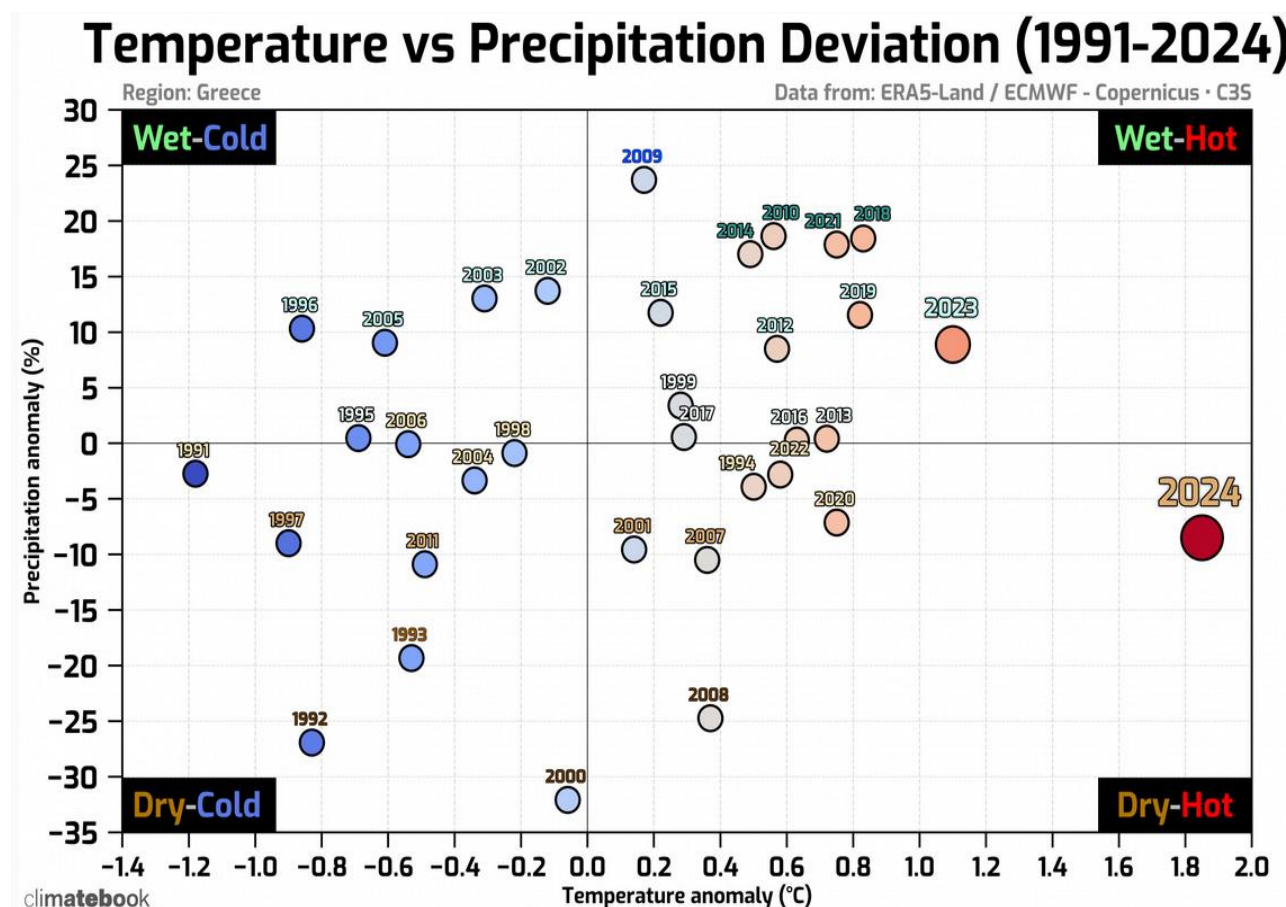
5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Τα αποτελέσματα, δείχνουν ότι σε μεγαλύτερο υψόμετρο (Άνω Ραψάνη 503m και Παλαιός Παντελεήμων 529m) μετρήθηκαν υψηλότερες τιμές από εκείνες στα χαμηλότερα υψόμετρα (Άνω Πυργετός 239m και Άνω Λεπτοκαρυά 168m) στις παραμέτρους: Περιεκτικότητα Ολικών Φαινολών (TP), Περιεκτικότητα Φλαβονοειδών Φαινολών (FP), Περιεκτικότητα μη Φλαβονοειδών Φαινολών (NFP) και Αντιριζική ενεργητικότητα DPPH σε ισοδύναμα Trolox στα δείγματα αυτοφυούς ρίγανης από τις τέσσερις περιοχές της ευρύτερης περιοχής Λάρισας που μελετήθηκαν. Αυτή η διαφοροποίηση με εξάρτηση από το υψόμετρο, συμφωνεί με προηγούμενες έρευνες (Γκουγκουλιός 2016)
2. Η Συσχέτιση Ολικών Φαινολών και Αντιριζικής Ενεργητικότητας της αυτοφυούς ρίγανης από τις περιοχές που μελετήθηκαν, έδειξε γραμμική σχέση μεταξύ τους
3. Ως μετεωρολογικά δεδομένα ανακτήθηκαν και καταγράφονται μέσοι όροι των τελευταίων 30 ετών από το meteoblue (2024) και όχι ετήσιοι μέσοι όροι. Όμως, πρέπει να σημειωθεί ότι το καλοκαίρι του 2024 που λήφθηκαν τα δείγματα, εκδηλώθηκε στην Ελλάδα ξηρασία και εντονώτατος καύσωνας (Androulidakis et. al. 2024), που είναι πολύ πιθανόν να έχουν επηρεάσει και την αυτοφυή ρίγανη. Το 2024 ήταν πολύ θερμό και πολύ ξηρό όπως φαίνεται στην (Εικόνα 12) συγκριτική απεικόνιση/κατάταξη απόκλισης θερμοκρασίας και υετού στην Ελλάδα από το 1991 έως το 2024. Πηγή δεδομένων: ERA5-Land • Copernicus. Επεξεργασία & Οπτικοποίηση δεδομένων: climatebook.gr, 2025.

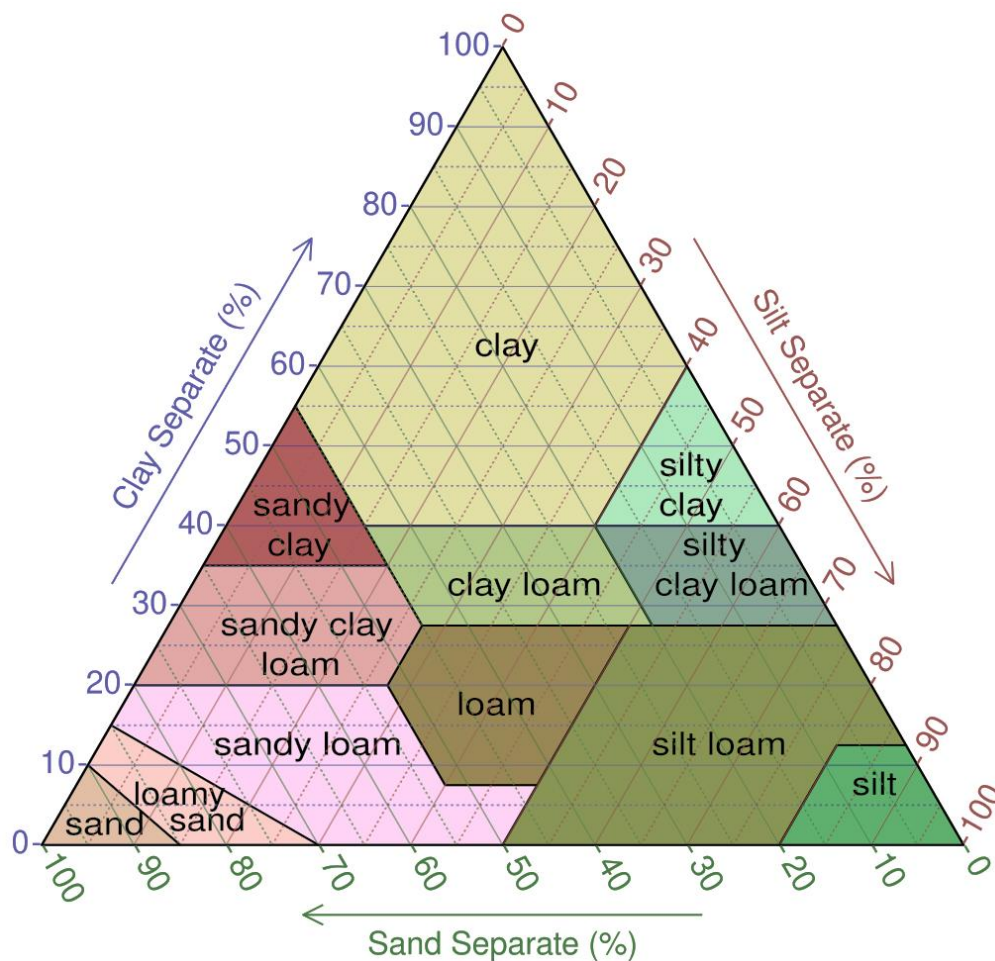
4. Οι παράμετροι Περιεκτικότητα Ολικών Φαινολών (TP), Περιεκτικότητα Φλαβονοειδών Φαινολών (FP), Περιεκτικότητα μη Φλαβονοειδών Φαινολών (NFP) που μετρήθηκαν στα δείγματα που εξετάστηκαν, βρέθηκαν σαφώς υποπολλαπλάσιες με «στενή» αναλογία δηλ. 1:6,37 έως 1:6,45 έναντι άλλων μετρήσεων αυτοφυούς ρίγανης (Γκουγκουλιάς 2009).
5. Τα ποσοστά της Περιεκτικότητας Φλαβονοειδών Φαινολών (FP) και Περιεκτικότητας μη Φλαβονοειδών Φαινολών (NFP) ως προς την Περιεκτικότητα Ολικών Φαινολών (TP), που υπολογίσθηκαν στα δείγματα που εξετάστηκαν, έναντι άλλων μετρήσεων αυτοφυούς ρίγανης (Γκουγκουλιάς 2009). που μετρήθηκαν στα δείγματα που εξετάστηκαν, βρέθηκαν σαφώς υποπολλαπλάσια με «στενή» αναλογία δηλ. 1:0,995 έως 1:1,015 έναντι των αντίστοιχων ποσοστών περιεκτικότητας άλλων μετρήσεων αυτοφυούς ρίγανης (Γκουγκουλιάς 2009). (Πίνακας 15)
6. Η παράμετρος της αντιριζικής ενεργητικότητας DPPH σε ισοδύναμα Trolox που μετρήθηκε στα δείγματα που εξετάστηκαν, βρέθηκε σαφώς υποπολλαπλάσια με αναλογία 1:24,85 έναντι άλλων μετρήσεων αυτοφυούς ρίγανης (Γκουγκουλιάς 2009). (Πίνακας 18)
7. Στα δείγματα στα οποία βρέθηκαν οι μεγαλύτερες τιμές στην Περιεκτικότητα Ολικών Φαινολών (TP), Περιεκτικότητα Φλαβονοειδών Φαινολών (FP), Περιεκτικότητα μη Φλαβονοειδών Φαινολών (NFP) και αντιριζική ενεργητικότητα DPPH σε ισοδύναμα Trolox, μετρήθηκαν στο έδαφος χαμηλότερες τιμές pH, χαμηλότερες τιμές CaCO₃, οριακά χαμηλότερες τιμές Organic matter, χαμηλότερες τιμές N-inorganic , υψηλότερες τιμές P –Olsen, χαμηλότερες τιμές K- Exchangeable, χαμηλότερες τιμές Na-Exchangeable, και χαμηλότερες τιμές CEC (ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων).

Πίνακας 10. Μηχανική σύσταση του εδάφους από τις τέσσερις περιοχές της ευρύτερης περιοχής Λάρισας που μελετήθηκαν

Εδαφικά δείγματα	Sand - άμμος	Silt - ιλύς	Clay - άργιλος	Texture
Βάθος εδάφους (0-20) cm	%	%	%	
Άνω Πυργετός	63.6	35.00	1.40	Sandy loam –αμμώδης πηλός
Άνω Ραψάνη	69.60	26.00	4.40	Sandy loam –αμμώδης πηλός
Παλαιός Παντελεήμων	65.60	28.00	6.40	Sandy loam –αμμώδης πηλός
Άνω Λεπτοκαρυά	63.60	30.00	6.40	Sandy loam –αμμώδης πηλός



Εικόνα 12. Συγκριτική απεικόνιση/κατάταξη απόκλισης θερμοκρασίας και υετού στην Ελλάδα από το 1991 έως το 2024. Πηγή δεδομένων: ERA5-Land · Copernicus. Επεξεργασία & Οπτικοποίηση δεδομένων: climatebook.gr, 2025.



Εικόνα 13. Χαρακτηρισμός μηχανικής σύστασης εδαφών
(Wikipedia, ανάκτηση 02-03-2025)

Πίνακας 11. Χημικές ιδιότητες του εδάφους από τις τέσσερις περιοχές της ευρύτερης περιοχής
Λάρισας που μελετήθηκαν

Εδαφικά δείγματα	pH	EC (μS/cm)	CaCO ₃	Organic matter
Βάθος εδάφους (0-20) cm	Extract, soil/water (1:5)		%	%
Άνω Πυργετός	7.98 ± 0.42	99.2 ± 5.22	17.6 ± 0.85	4.21 ± 0.22
Άνω Ραψάνη	6.77 ± 0.34	209 ± 9.95	2.06 ± 0.11	3.15 ± 0.17
Παλιός Παντελεήμων	6.65 ± 0.32	78.3 ± 4.06	1.23 ± 0.06	3.98 ± 0.22
Άνω Λεπτοκαρυά	7.79 ± 0.41	87.7 ± 4.43	5.32 ± 0.25	5.59 ± 0.30

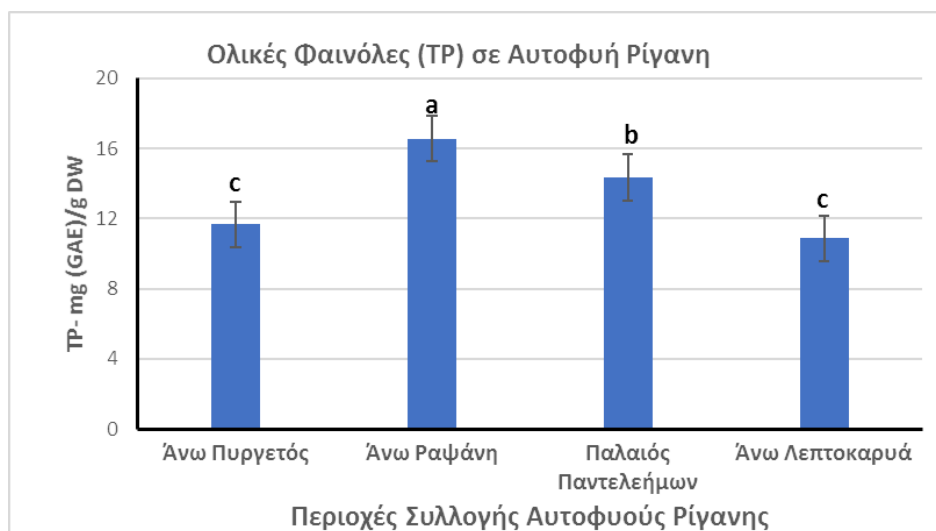
Τα δεδομένα αντιπροσωπεύουν μέσο όρο και τυπική απόκλιση SE. (n) = 4.

Πίνακας 12. Χημικές ιδιότητες του εδάφους από τις τέσσερις περιοχές της ευρύτερης περιοχής Λάρισας που μελετήθηκαν

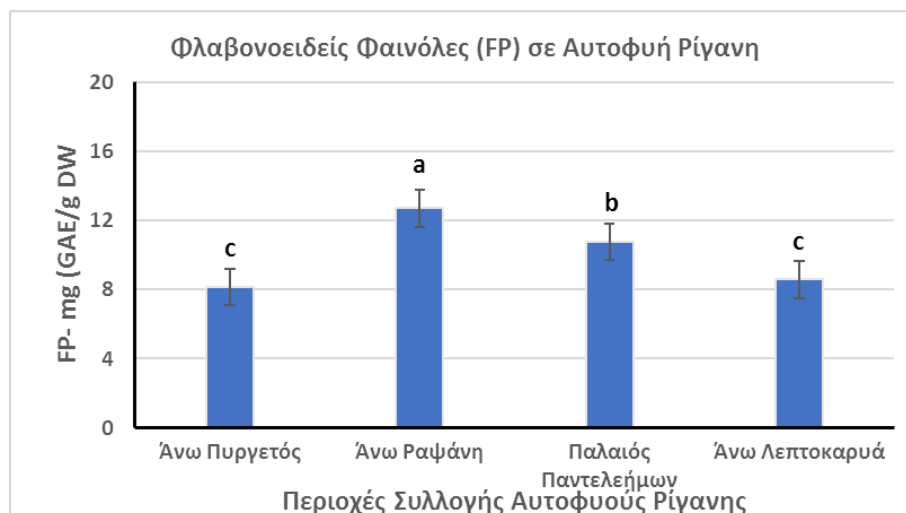
Εδαφικά δείγματα	N-inorganic	P -Olsen	K-Exchangeable	Na-Exchangeable	*CEC
Βάθος εδάφους (0-20) cm	(mg/kg)	(mg/kg)	meq/100g soil		
Άνω Πυργετός	148.20 ± 8.72	14.20 ± 0.95	1.22 ± 0.07	0.56 ± 0.03	28.1 ± 1.47
Άνω Ραψάνη	98.30 ± 5.72	34.20 ± 2.39	0.58 ± 0.03	0.27 ± 0.01	17.3 ± 0.97
Παλαιός Παντελεήμων	76.10 ± 4.69	22.60 ± 1.51	0.87 ± 0.05	0.20 ± 0.01	14.8 ± 0.82
Άνω Λεπτοκαρυά	142.79 ± 9.52	11.70 ± 0.79	0.94 ± 0.05	0.40 ± 0.02	32.2 ± 1.67

*CEC, Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων;

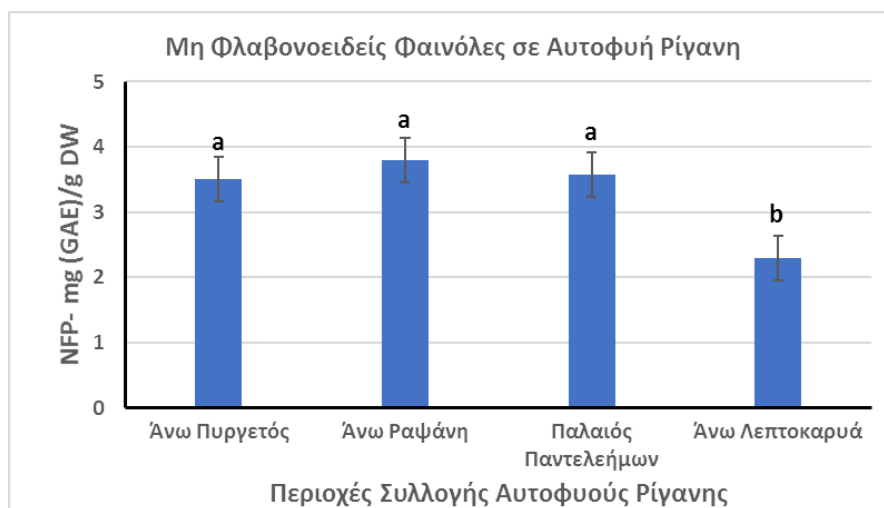
Τα δεδομένα αντιπροσωπεύουν μέσο όρο και τυπική απόκλιση SE. (n) = 4.



Εικόνα 14. Περιεκτικότητα ολικών φαινολών αυτοφυούς ρίγανης από τις περιοχές που μελετήθηκαν. Πραγματοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις από κάθε περιοχή.



Εικόνα 15 . Περιεκτικότητα φλαβονοειδών φαινολών αυτοφυούς ρίγανης από τις περιοχές που μελετήθηκαν. Πραγματοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις από κάθε περιοχή.



Εικόνα 16 . Περιεκτικότητα μη φλαβονοειδών φαινολών αυτοφυούς ρίγανης από τις περιοχές που μελετήθηκαν. Πραγματοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις από κάθε περιοχή.

Πίνακας 13. Ποσοστό FP και NFP στις TP αυτοφυούς ρίγανης από τις τέσσερις περιοχές της ευρύτερης περιοχής Λάρισας που μελετήθηκαν

	TP	NFP	FP	FP % των TP	NFP % των TP
Περιοχές δειγμάτων και υψόμετρο	mg (GAE)/ g DW				
Άνω Πυργετός 239	11.66	3.50	8.16	69.98	30.02
Άνω Ραψάνη 503	16.55	3.85	12.70	76.74	23.26
Παλαιός Παντελεήμων 529	14.34	3.58	10.76	75.03	24.97
Άνω Λεπτοκαρυά 168	10.87	2.29	8.58	78.93	21.07

Μέσες τιμές TP, FP και NFP της αυτοφυούς ρίγανης

Πίνακας 14. Αποτελέσματα FP, NFP και TP αυτοφυούς ρίγανης από 6 περιοχές που μελετήθηκαν από Δρ. Γκουγκουλιά (Γκουγκουλιάς 2009)

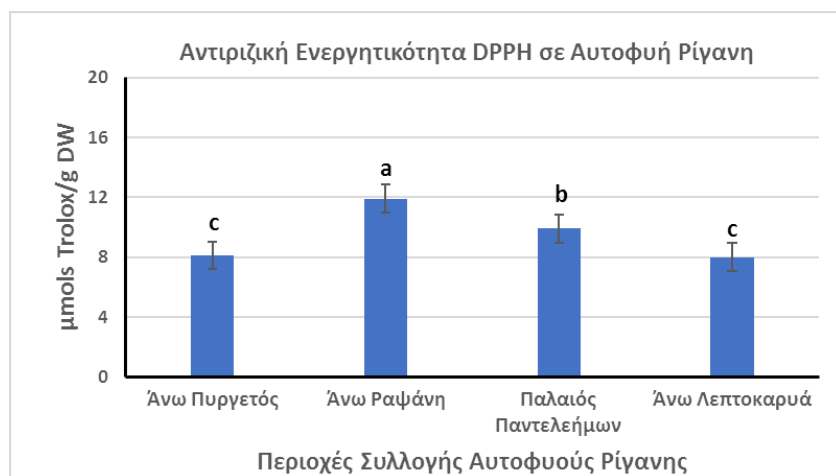
	TP	NFP	FP
Περιοχές δειγμάτων, υψόμετρο [m]	mg (GAE)/ g DW		
1 Kilkis (Greece) 400	66,21	18.27	47.93
2 Durres (Albania) 400	86,63	21.60	65.10
3 Neochori–Trikala (Greece) 850	93,75	22.47	71.23
4 Amfiklia–Fthiotida (Greece) 1100	83,2	21.10	62.00
5 Kalipefki–Larissa (Greece) 1100	87,1	21.87	65.43
6 Boikovo (Bulgaria) 1100	93,3	22.63	70.67

Πίνακας 15. Σύγκριση αποτελεσμάτων FP και NFP και TP αυτοφυούς ρίγανης από 6 περιοχές που μελετήθηκαν από Δρ. Γκουγκουλιά με αποτελέσματα δειγμάτων της παρούσης εργασίας (Γκουγκουλιάς 2009)

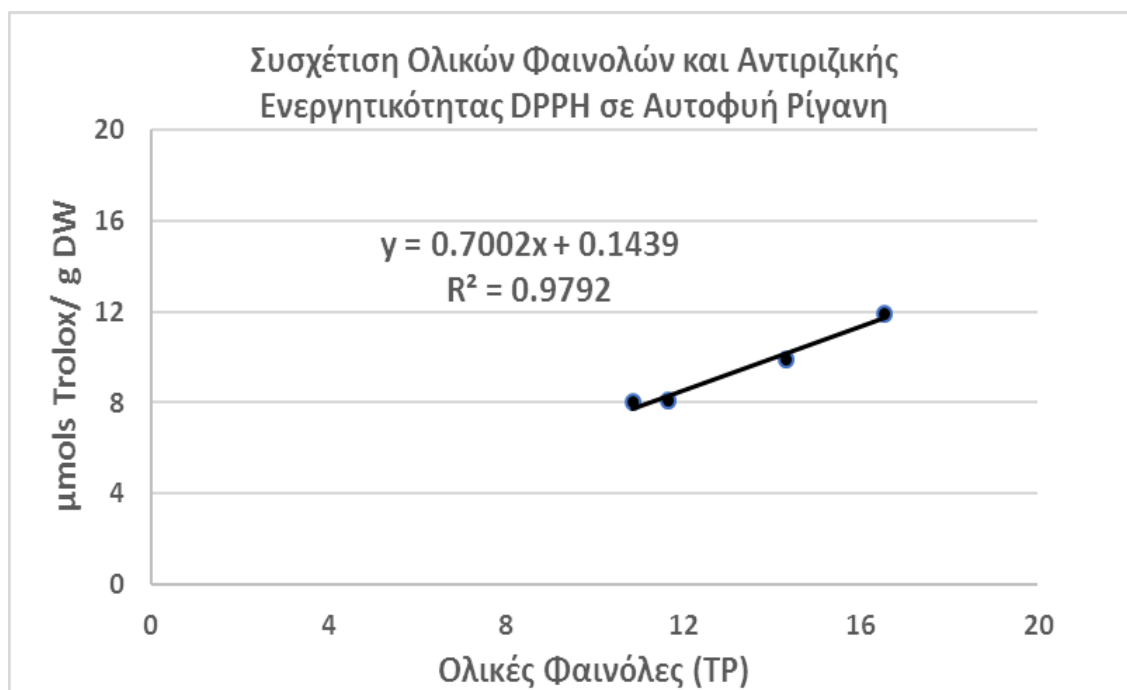
	FP	NFP	TP	FP % των TP	NFP % των TP
Περιοχές δειγμάτων και υψόμετρο [m]	mg (GAE)/ g DW				
Άνω Πυργετός 239	8,16	3,50	11,66	69,98	30,02
Άνω Ραψάνη 503	12,70	3,85	16,55	76,74	23,26
Παλαιός Παντελεήμων 529	10,76	3,58	14,34	75,03	24,97
Άνω Λεπτοκαρυά 168	8,58	2,29	10,87	78,93	21,07
ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΞΕΤΑΣΘΗΚΑΝ στην παρούσα εργασία	10,05	3,31	13,36	75,17	24,83

	FP	NFP	TP	FP % των TP	NFP % των TP
Περιοχές δειγμάτων, υψόμετρο [m]	mg (GAE)/ g DW				
1 Kilkis (Greece) 400	47,93	18,27	66,21	72,39	27,59
2 Durres (Albania) 400	65,10	21,60	86,63	75,15	24,93
3 Neochori–Trikala (Greece) 850	71,23	22,47	93,75	75,98	23,97
4 Amfikliá–Fthiotida (Greece) 1100	62,00	21,10	83,20	74,52	25,36
5 Kalipefki–Larissa (Greece) 1100	65,43	21,87	87,10	75,12	25,11
6 Boikovo (Bulgaria) 1100	70,67	22,63	93,30	75,74	24,26
ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ ΓΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΞΕΤΑΣΘΗΚΑΝ, ΓΚΟΥΓΚΟΥΛΙΑΣ 2009	63,73	21,32	85,03	74,82	25,20

αναλογία μέσων όρων παραμέτρων, [Γκουγκουλιάς/παρούσα εργασία]	6,34	6,45	6,37	0,995	1,015
---	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------



Εικόνα 17. Αντιριζική ενεργητικότητα DPPH σε ισοδύναμα Trolox της αυτοφυούς ρίγανης από τις περιοχές που μελετήθηκαν. Πραγματοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις από κάθε περιοχή.



Εικόνα 18. Συσχέτιση ολικών φαινολών και αντιριζικής ενεργητικότητας της αυτοφυούς ρίγανης από τις περιοχές που μελετήθηκαν.

Πίνακας 16. Αντιριζική ενεργητικότητα DPPH σε ισοδύναμα Trolox της αυτοφυούς ρίγανης από τις περιοχές της ευρύτερης περιοχής Λάρισας που μελετήθηκαν

Περιοχές δειγμάτων και υψόμετρο	μmol Trolox/g dry matter
Άνω Πυργετός 239	8
Άνω Ραψάνη 503	12
Παλαιός Παντελεήμων 529	10
Άνω Λεπτοκαρυά 168	8

Πίνακας 17. Αποτελέσματα αντιριζικής ενεργητικότητας DPPH σε ισοδύναμα Trolox αυτοφυούς ρίγανης από 6 περιοχές που μελετήθηκαν από Δρ. Γκουγκουλιά (Γκουγκουλιάς 2009)

Περιοχές δειγμάτων, υψόμετρο [m]	μmol Trolox/g dry matter
1 Kilkis (Greece) 400	199
2 Durres (Albania) 400	243
3 Neochori–Trikala (Greece) 850	264
4 Amfiklia–Fthiotida (Greece) 1100	235
5 Kalipefki–Larissa (Greece) 1100	264
6 Boikovo (Bulgaria) 1100	286

Πίνακας 18. Σύγκριση αποτελεσμάτων **Αντιριζικής Ενεργητικότητας DPPH σε ισοδύναμα Trolox** αυτοφυούς ρίγανης από 6 περιοχές που μελετήθηκαν από Δρ. Γκουγκουλιά με αποτελέσματα δειγμάτων της παρούσης εργασίας (Γκουγκουλιάς 2009

	μmol Trolox/g dry matter
Περιοχές δειγμάτων και υψόμετρο [m]	
Άνω Πυργετός 239	8
Άνω Ραψάνη 503	12
Παλαιός Παντελεήμων529	10
Άνω Λεπτοκαρυά 168	8
ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΞΕΤΑΣΘΗΚΑΝ στην παρούσα εργασία	10,00
	μmol Trolox/g dry matter
Περιοχές δειγμάτων, υψόμετρο [m]	
1 Kilkis (Greece) 400	199
2 Durres (Albania) 400	243
3 Neochori–Trikala (Greece) 850	264
4 Amfiklia–Fthiotida (Greece) 1100	235
5 Kalipefki–Larissa (Greece) 1100	264
6 Boikovo (Bulgaria) 1100	286
ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ ΓΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΞΕΤΑΣΘΗΚΑΝ, ΓΚΟΥΓΚΟΥΛΙΑΣ 2009	248,50
αναλογία μέσωσ όρων παραμέτρων, [Γκουγκουλιάς/παρούσα εργασία]	24,85

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε συνέχεια της συζήτησης των πειραματικών αποτελεσμάτων, αλλά και βάσει της εκτενούς βιβλιογραφίας που μελετήθηκε, μπορούμε να συμπεράνουμε τα εξής:

1. Η ελληνική έρευνα για τις πολυφαινόλες της ρίγανης επιδεικνύει έναν πλούσιο συνδυασμό παραδοσιακής γνώσης και σύγχρονης επιστημονικής προσέγγισης. Παρά τις μεταβλητότητες στα αναφερόμενα επίπεδα και προφίλ πολυφαινολών, υπάρχει ευρεία συμφωνία για τη σημασία της ρίγανης ως λειτουργικού τροφίμου. Η ελληνική ρίγανη αναδεικνύεται ως αξιοσημείωτη πηγή βιοδραστικών πολυφαινολών, με πιθανά οφέλη που επεκτείνονται στη συντήρηση τροφίμων, την ανθρώπινη υγεία και τα καλλυντικά. Το μοναδικό της χημικό προφίλ, το οποίο οφείλεται σε γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, υπογραμμίζει την αξία της τόσο στον γαστρονομικό όσο και στον ιατρικό τομέα.
2. Επιβεβαιώθηκε ότι στα υψηλότερα δύο υψόμετρα, η αυτοφυής ρίγανη από τις τέσσερις περιοχές της ευρύτερης περιοχής Λάρισας που μελετήθηκαν, περιέχει μεγαλύτερες τιμές στην Περιεκτικότητα Ολικών Φαινολών (TP), Περιεκτικότητα Φλαβονοειδών Φαινολών (FP), Περιεκτικότητα μη Φλαβονοειδών Φαινολών (NFP) και Αντιριζική Ενεργητικότητα DPPH σε ισοδύναμα Trolox. Αυτή η διαφοροποίηση με εξάρτηση από το υψόμετρο, συμφωνεί με προηγούμενες έρευνες.
3. Η συσχέτιση Περιεκτικότητας Ολικών Φαινολών (TP), και Αντιριζικής Ενεργητικότητας DPPH σε ισοδύναμα Trolox της αυτοφυούς ρίγανης από τις περιοχές που μελετήθηκαν, έδειξε γραμμική σχέση μεταξύ τους.
4. Οι ανωτέρω τέσσερις παράμετροι βρέθηκαν σαφώς υποπολλαπλάσιες έναντι άλλων μετρήσεων αυτοφυούς ρίγανης. Παρά το ότι τα στοιχεία δεν είναι αρκετά ώστε να αποδοθεί σε συγκεκριμένη αιτία αυτή η διαφορά, σημειώνεται ότι το καλοκαίρι του 2024 που λήφθηκαν τα δείγματα, εκδηλώθηκε στην Ελλάδα ξηρασία και εντονώτατος καύσωνας που είναι πολύ πιθανόν να έχουν επηρεάσει και την αυτοφυή ρίγανη.

5. Στα δείγματα στα οποία βρέθηκαν οι μεγαλύτερες τιμές στην Περιεκτικότητα Ολικών Φαινολών (TP), Περιεκτικότητα Φλαβονοειδών Φαινολών (FP), Περιεκτικότητα μη Φλαβονοειδών Φαινολών (NFP) και αντιριζική ενεργητικότητα DPPH σε ισοδύναμα Trolox, μετρήθηκαν στο έδαφος χαμηλότερες τιμές pH, χαμηλότερες τιμές CaCO₃, οριακά χαμηλότερες τιμές Organic matter, χαμηλότερες τιμές N-inorganic, υψηλότερες τιμές P –Olsen, χαμηλότερες τιμές K- Exchangeable , χαμηλότερες τιμές Na-Exchangeable, και χαμηλότερες τιμές CEC (ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων). Για να αποδοθούν εξαρτήσεις από τις εδαφολογικές παραμέτρους, χρειάζονται περισσότερα δείγματα από περισσότερες περιοχές.
6. Η υπερσυγκομιδή άγριας ρίγανης εγείρει οικολογικές ανησυχίες. Είναι απαραίτητη η έμφαση σε βιώσιμες πρακτικές καλλιέργειας. Μάλιστα η πρόσφατη Νομοθεσία για αγρούς, δηλ. καθάρισμα χόρτων σε συνδυασμό με την εξαπλούμενη οικιστική ανάπτυξη, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των ποσοτήτων αυτοφυούς ρίγανης, ειδικά κοντά σε οικισμούς ή κτίσματα. [Έγκριση της υπ' αρ. 20/2024 Πυροσβεστικής Διάταξης «Καθορισμός προληπτικών μέτρων πυροπροστασίας οικοπεδικών και λοιπών ακάλυπτων χώρων...» Υ.Α. 21837 οικ. Φ.700.20/2024/23.04.2024 (ΦΕΚ 09-05-2024, Β', 2695)]
7. Η τυποποίηση των προϊόντων σε αυστηρή επιστημονική βάση μέσω προδιαγραφών και η καινοτομία στις μεθοδολογίες παραγωγής και εφαρμογών είναι αναγκαίες ώστε να ενισχύσουν περαιτέρω την αξιοπιστία και εμπορική ανταγωνιστικότητα της Ελληνικής ρίγανης

7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ενας άξονας έρευνας μπορεί να αφορά την **βελτιστοποίηση της συνολικής παραγωγικής διαδικασίας**.

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν την περιεκτικότητα πολυφαινολών στη ρίγανη. Παράγοντες όπως η σύσταση του εδάφους, το υψόμετρο και η έκθεση στο ηλιακό φως, η βροχόπτωση, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Επομένως μπορεί να ερευνηθεί αναλυτικά η **επίδραση κλιματολογικών παραγόντων**, και να μελετηθεί σε βάθος η δυνατότητα **βελτιστοποίησης της καλλιέργειας** της ρίγανης.

Περιοχές αυξανόμενου ενδιαφέροντος μπορούν να περιλαμβάνουν το κενό που φαίνεται να υπάρχει και επακόλουθα να αφήνει χώρο για επιστημονική έρευνα και εμπορική ανταγωνιστική αξιοποίηση με **τυποποίηση** των προϊόντων της Ελληνικής ρίγανης και ο προσδιορισμός/ ταυτοποίηση των βιοτύπων της. Η μεταβλητότητα στις μεθόδους συλλογής και οι περιβαλλοντικές επιρροές εξακολουθούν να αποτελούν σημαντικό εμπόδιο για την τυποποίηση της περιεκτικότητας σε φαινόλες και άλλα συστατικά. Επίσης υπάρχει κενό και σε **προδιαγραφές Ελληνικής ρίγανης**, παρά τις προδιαγραφές ISO 13171:2016 Essential oil of oregano [*Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* — Specification, Published (Edition 1, 2016), ISO - International Organization for Standardization και ISO 7925:1999 Dried oregano (*Origanum vulgare* L.) — Whole or ground leaves — Specification. Published (Edition 2, 1999), ISO - International Organization for Standardization, που όμως δεν αναφέρονται εξειδικευμένα σε **κατά τόπους** υποείδη Ελληνικής ρίγανης που μπορεί να διαφοροποιούνται μεταξύ διαφορετικών γεωγραφικών περιοχών.

Οι μελλοντικές μελέτες πρέπει να στοχεύσουν στη **βελτιστοποίηση των πρακτικών μετασυλλεκτικής διαχείρισης και των τεχνικών εκχύλισης για τη μέγιστη ανάκτηση πολυφαινολών**.

Οι πολυφαινόλες της ρίγανης είναι δευτερογενείς μεταβολίτες που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην άμυνα των φυτών και στην ανθρώπινη ευεξία και υγεία λόγω των **ισχυρών αντιοξειδωτικών** ιδιοτήτων τους. Η μέτρηση των πολυφαινολών στη ρίγανη απαιτεί έναν προσεκτικά σχεδιασμένο πειραματικό προγραμματισμό που περιλαμβάνει τη **βελτιστοποιημένη προετοιμασία δειγμάτων, αποτελεσματικές μεθόδους εκχύλισης και ακριβείς τεχνικές ποσοτικοποίησης**. Με τον συνδυασμό εξελιγμένων **φασματοφωτομετρικών και**

χρωματογραφικών μεθόδων, το πείραμα μπορεί όχι μόνο να μετρήσει τη συνολική περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες αλλά και να χαρακτηρίσει συγκεκριμένες φαινολικές ενώσεις που είναι κρίσιμες για τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες της ρίγανης.

Αυτός ο σχεδιασμός αποτελεί βάση για αυστηρές μελέτες σχετικά με τα οφέλη της ρίγανης στην υγεία και τις πιθανές εφαρμογές της σε λειτουργικά τρόφιμα, φαρμακευτικά προϊόντα και συμπληρώματα διατροφής. Το βότανο μπορεί να ενσωματωθεί σε τρόφιμα ως φυσικό συντηρητικό, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής και βελτιώνοντας τη θρεπτική αξία χωρίς τεχνητά πρόσθετα. Οι υψηλές συγκεντρώσεις πολυφαινόλων καθιστούν τα εκχυλίσματα της Ελληνικής ρίγανης πολύτιμα σε συμπληρώματα διατροφής που προάγουν την καρδιαγγειακή υγεία και την ανοσία. Λόγω της αντιοξειδωτικής της δραστηριότητας, η ελληνική ρίγανη μπορεί να ενσωματωθεί σε προϊόντα αντιγήρανσης, μειώνοντας τη φθορά από ελεύθερες ρίζες, ειδικά στο δέρμα.

Το μέλλον της έρευνας πρέπει να επικεντρωθεί: στη **βελτιστοποίηση μεθόδων χορήγησης** αντιοξειδωτικών και στην **αποκάλυψη μοριακών μηχανισμών** στους οποίους τα αντιοξειδωτικά μπορούν να επιδράσουν θεραπευτικά. Τα αντιοξειδωτικά στα τρόφιμα είναι αναντικατάστατα για τη διατήρηση της **οξειδωτικής ισορροπίας**, την ενίσχυση της σταθερότητας των τροφίμων και την προαγωγή της ανθρώπινης υγείας. Με τον μετριασμό του **οξειδωτικού στρες**, διαδραματίζουν προληπτικό ρόλο κατά των χρόνιων ασθενειών, διατηρώντας παράλληλα την αισθητική και διατροφική ποιότητα των τροφίμων. Μελλοντικές εξελίξεις στην κατανόηση της βιοδιαθεσιμότητάς τους, των συνεργατικών δράσεών τους και της βέλτιστης διατροφικής πρόσληψης θα τελειοποιήσουν την εφαρμογή τους σε λειτουργικά τρόφιμα και διαιτητικές κατευθυντήριες γραμμές. Το αιθέριο έλαιο της ρίγανης αποτελεί μια εξαιρετική φυσική θεραπεία με τεράστιες δυνατότητες στους τομείς της ιατρικής, της βιομηχανίας και της γεωργίας. Από την **καταπολέμηση λοιμώξεων** και τη **συντήρηση τροφίμων** έως τον εμπλουτισμό **προϊόντων προσωπικής φροντίδας**, οι εφαρμογές του βασίζονται τόσο στην παράδοση όσο και στη σύγχρονη επιστήμη.

Μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να εστιάσουν σε **κλινικές δοκιμές** για να αποσαφηνιστεί η αποτελεσματικότητα των πολυφαινόλων της ρίγανης στην πρόληψη και θεραπεία χρόνιων παθήσεων, καθώς και στις συνεργιστικές επιδράσεις τους μαζί με άλλες φυσικές ενώσεις. Η επέκταση της έρευνας στη **βιοδιαθεσιμότητα** και το **μεταβολισμό** των πολυφαινόλων της ελληνικής ρίγανης μπορεί να μεταφέρει τα εργαστηριακά ευρήματα σε πραγματικά οφέλη για

την υγεία. Η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι πολυφαινόλες της ρίγανης αλληλεπιδρούν **συνεργιστικά** με άλλες διατροφικές αντιοξειδωτικές ουσίες, π.χ. όπως η βιταμίνη C, θα μπορούσε να αποκαλύψει συνεργιστικά οφέλη.

Βιβλιογραφία

- N. H. Aboelsoud, Review, Herbal medicine in ancient Egypt, Department of Complementary Medicine Researches and Applications National Research Center- Cairo, Egypt, Journal of Medicinal Plants Research Vol. 4(2), pp. 082-086, 18 January, 2010
- Androulidakis, Y.; Kolovoyiannis, V.; Makris, C.; Krestenitis, Y. Evidence of 2024 Summer as the Warmest During the Last Four Decades in the Aegean, Ionian, and Cretan Seas. J. Mar. Sci. Eng. 2024, 12, 2020. <https://doi.org/10.3390/jmse12112020>
- Rosanna Avola, Giuseppe Granata, Corrada Geraci, Edoardo Napoli, Adriana Carol Eleonora Graziano, Venera Cardile, Oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil provides anti-inflammatory activity and facilitates wound healing in a human keratinocytes cell model, Food and Chemical Toxicology, Volume 144, 2020, 111586, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111586>.
- Baderschneider, B., Luthria, D., Waterhouse, A.L., & Winterhalter, P., 1999. Antioxidants in white wine (cv. Riesling): I. Comparison of different testing methods for antioxidant activity. VITIS-Journal of Grapevine Research, 38(3), 127-131.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—A review. Food and Chemical Toxicology, 46_(2), 446-475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- Baranauskienė et. al., Harvesting time influences the yield and oil composition of *Origanum vulgare* L. ssp. *vulgare* and ssp. *Hirtum*, Industrial Crops and Products, Volume 49, August 2013, Pages 43-51
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. Analytical Biochemistry, 239(1), 70-76.
- Botsoglou, N. A., Florou-Paneri, P., et al. (2002). Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh, and abdominal fat tissues. Journal of Animal Science, 80(4), 1305-1311. and Br Poult Sci 2002 May;43(2):223-30. doi: 10.1080/00071660120121436.
- Botsoglou et al., 2002, The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage, Meat Sci 2002 Oct;62(2):259-65. doi: 10.1016/s0309-1740(01)00256-x.

- 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.
- Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—A review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253.
- Butterfield, D. A., et al. (2002). Amyloid β -peptide-induced oxidative stress and its implications for Alzheimer's disease pathogenesis. *Neurobiology of Aging*, 23(4), 655-674.
- D. ALLAN BUTTERFIELD , Amyloid β -peptide (1–42)-induced Oxidative Stress and Neurotoxicity: Implications for Neurodegeneration in Alzheimer's Disease Brain. A Review, *Free Radical Research*, 2002 Vol. 36 (12), pp. 1307–1313
- Butterfield DA, Swomley AM, Sultana R. Amyloid β -peptide (1-42)-induced oxidative stress in Alzheimer disease: importance in disease pathogenesis and progression. *Antioxid Redox Signal*. 2013 Sep 10;19(8):823-35. doi: 10.1089/ars.2012.5027.
- CERVATO, G., CARABELLI, M., GERVASIO, S., CITTERA, A., CAZZOLA, R. and CESTARO, B. (2000), ANTIOXBDANT PROPERTIES OF OREGANO (ORIGANUM VULGARE) LEAF EXTRACTS. *Journal of Food Biochemistry*, 24: 453-465. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2000.tb00715.x>
- Chao, S. C., Young, D. G., & Oberg, C. J. (2000). Screening for inhibitory activity of essential oils on selected bacteria, fungi and viruses. *Journal of Essential Oil Research*, 12(5), 639-649.
- Chrpová et al. (2010, Antioxidant activity of selected phenols and herbs used in diets for medical conditions, *Czech J. Food Sci.*, 2010, 28(4):317-325 | DOI: 10.17221/129/2010-CJFS
- Isabella Dalle-Donnea, Ranieri Rossib, Daniela Giustarinib, Aldo Milzania, Roberto Colombo, Protein carbonyl groups as biomarkers of oxidative stress, Review, *Clinica Chimica Acta* 329 (2003) 23–38
- Climatebook, <https://climatebook.gr/to-thermotero-kai-ena-apo-ta-pio-ksira-eti-stin-ellada/> ανάκτηση 22-03-2025.
- Huan Cui et. al., Oregano Essential Oil in Livestock and Veterinary Medicine, *Animals* 2024, 14, 1532. <https://doi.org/10.3390/ani14111532>
- Pratap Adinath Divekar, Plant Secondary Metabolites as Defense Tools against Herbivores for Sustainable Crop Protection, *Int J Mol Sci.*, 2022 Feb 28;23(5):2690. doi: 10.3390/ijms23052690

- Falowo, A. B., Fayemi, P. O., & Muchenje, V. (2014). Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 64, 171-181.
- Lynnette R. Ferguson, Meat and cancer, Review, *Meat Science* 84 (2010) 308–313
- E. N. FRANKEL, OXIDATION OF LIPIDS, *Prog. Lipid Res.* Vol. 23, pp. 197-221, 1985 0163-7827/85/, CHEMISTRY OF FREE RADICAL AND SINGLET, Printed in Great Britain.
- Edwin Frankel, The Oily Press Lipid Library, Lipid oxidation [Second Edition] 2005
- Frei, B. (1994). Reactive oxygen species and antioxidant vitamins: Mechanisms of action. *The American Journal of Medicine*, 97(3), S5-S13.
- Fukumoto, L.R. and Mazza, G. (2000) Assessing Antioxidant and Prooxidant Activities of Phenolic Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3597-3604. <http://dx.doi.org/10.1021/jf000220w>
- D H Gilling, M Kitajima, J R Torrey, K R Bright, Antiviral efficacy and mechanisms of action of oregano essential oil and its primary component carvacrol against murine norovirus, *J Appl Microbiol.* 2014 May;116(5):1149-63. doi: 10.1111/jam.12453. Epub 2014 Feb 12.
- Gougoulas, N., & Chouliaras, N. (2007). The effect of organic fertilizers and biostimulants on oregano cultivation. *CEUR Workshop Proceedings*, 2761, 85.
- Gougoulas, N., & Chouliaras, N. (2009). The biodegradation of oregano and basil foliar tissues in soil. *Hellenic Green Chemistry Network, 2nd Panhellenic Symposium, Green Chemistry & Sustainable Development*, Patras, Greece, p. 8.
- Gougoulas, N., Study on Polyphenols Content and Antioxidative Activity of Oregano (*Origanum vulgare* L.) of Different Origin, *Oxidation Communications* 32, No 4, 917–923 (2009)
- Gutiérrez, J., Barry-Ryan, C., & Bourke, P. (2008). The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *International Journal of Food Microbiology*, 124(1), 91-97.
- Halliwell, B. (2007). Biochemistry of oxidative stress. *Biochemical Society Transactions*, 35(5), 1147–1150.
- Halliwell, B. (2007). Oxidative stress and cancer: Have we moved forward? *Biochemical Journal*, 401(1), 1-11.

- Halliwell B, Gutteridge JMC (2015). Free radicals in biology and chemistry. New York: Oxford Science Publications, Sixth Edition.
- Xuesheng Han, Tory L. Parker, Anti-inflammatory, tissue remodeling, immunomodulatory, and anticancer activities of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil in a human skin disease model, *Biochimie Open*, Volume 4, 2017, Pages 73-77, <https://doi.org/10.1016/j.biopen.2017.02.005>.
- Hoffmann, M. P., & Frodsham, A. C. (1996). Natural enemies of vegetable insect pests. Cornell University Press.
- Hotta et. al., Carvacrol, a component of thyme oil, activates PPAR α and γ and suppresses COX-2 expression, *Journal of Lipid Research* Volume 51, p132, 2010
- Ietswaart, J. H. (1980). A Taxonomic Revision of the Genus *Origanum* (Labiatae). The Hague: Springer.
- Integrated Taxonomic Information System – Report, ανάκτηση 17-01-2025. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=32632#null
- Maria Irakli, Adriana Skendi, Elisavet Bouloumpasi, Paschalina Chatzopoulou and Costas G. Biliaderis, LC-MS Identification and Quantification of Phenolic Compounds in Solid Residues from the Essential Oil Industry, *Antioxidants* 2021, 10, 2016. <https://doi.org/10.3390/antiox10122016>
- ISO 13171:2016 Essential oil of oregano [*Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* — Specification, Published (Edition 1, 2016), ISO - International Organization for Standardization
- ISO 7925:1999 Dried oregano (*Origanum vulgare* L.) — Whole or ground leaves — Specification. Published (Edition 2, 1999), ISO - International Organization for Standardization
- Kalemba, D., & Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*, 10(10), 813-829.
- Kallithraka, Wine Antioxidants/Phytoestrogens, in *Phytoestrogens In Functional Foods*, Edited By Fatih Yildiz, CRC Press, 2005
- Karkabounas, S., et al. (2006). Anticarcinogenic and antiplatelet effects of carvacrol. *Experimental Oncology*, 28(2), 121-129.

- Kasemsan Atisakul, Nisakorn Saewan, The Antibacterial Potential of Essential Oils of Oral Care Thai Herbs against *Streptococcus mutans* and *Solobacterium moorei*—In Vitro Approach, *Cosmetics* 2023, 10(5), 125; <https://doi.org/10.3390/cosmetics10050125>
- Khoddami, A., Wilkes, M. A., & Roberts, T. H. (2013). Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*, 18(2), 2328-2375.
- edited by Spiridon E. Kintzios, The genera *origanum* and *Lippia*, Volume 25 Oregano, in *Medicinal and Aromatic Plants – Industrial Profiles*, 2002
- Kirtikar, Kanhaba R. and Basu, B.D., *Indian medicinal plants*, 1918
- Kokkini, S. (1996). Taxonomy, diversity, and distribution of *Origanum* species. In *Oregano: The genera Origanum and Lippia. Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano*, 8-12 May 1996, CIHEAM, Valenzano, Bari, Italy
- Kokkini, S., & Vokou, D. (1989). Carvacrol-rich Plants in Greece. *Flavour and Fragrance Journal*, 4(1), 1-7.
- 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.
- Lambert, R. J., Skandamis, P. N., Coote, P. J., & Nychas, G. J. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol, and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology*, 91(3), 453-462.
- Leyva-López, N., et al. (2017). Essential oils of oregano: Biological activity beyond their antimicrobial properties. *Molecules*, 22(6), 989.
- Lund, M. N., Hviid, M. S., & Skibsted, L. H. (2007). The combined effects of antioxidants on protein and lipid oxidation in pork patties during chill storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(16), 6612-6620.
- Wanda Mączka, Martyna Twardawska, Małgorzata Grabarczyk, Katarzyna Wińska, Carvacrol—A Natural Phenolic Compound with Antimicrobial Properties, *Antibiotics* (Basel). 2023 Apr 27;12(5):824. doi: 10.3390/antibiotics12050824
- Marnett, L. J. (1999). Lipid peroxidation-DNA damage by malondialdehyde. *Mutation Research*, 424(1), 83-95.
- Meteoblue (<https://www.meteoblue.com>) για μετεωρολογικά δεδομένα, ανάκτηση Δεκ 2024.
- Michalaki et al. (2023) , Ultrasound-Assisted Extraction of Total Phenolic Compounds and Antioxidant Activity Evaluation from Oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) Using

- Response Surface Methodology and Identification of Specific Phenolic Compounds with HPLC-PDA and Q-TOF-MS/MS, *Molecules* 2023, 28(5), 2033; <https://doi.org/10.3390/molecules28052033>
- Carl Nathan and Aihao Ding, Nonresolving Inflammation, 2010, *Cell* 140(6):871-82, DOI 10.1016/j.cell.2010.02.029
- Antonia Nostro, Anna R. Blanco, Maria A. Cannatelli, Vincenzo Enea, Guido Flamini, Ivano Morelli, Andrea Sudano Roccaro, Vittorio Alonzo, Susceptibility of methicillin-resistant staphylococci to oregano essential oil, carvacrol and thymol, *FEMS Microbiology Letters*, Volume 230, Issue 2, January 2004, Pages 191–195, [https://doi.org/10.1016/S0378-1097\(03\)00890-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1097(03)00890-5)
- I Novák et. al., , Effect of the drying method on the composition of *Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* essential oil analysed by GC-MS and sensory profile method, September 2011 *Acta Alimentaria* 4040(Supplement 1):130-13813, DOI:10.1556/AAlim.40.2011.Suppl.13
- Panagiotidou, C.; Bouloumpasi, E.; Irakli, M.; Chatzopoulou, P. Characterization of Natural Bioactive Compounds from Greek Oregano Accessions Subjected to Advanced Extraction Techniques. *Plants* 2024, 13, 3087. <https://doi.org/10.3390/plants13213087>
- Papageorgiou et al., 2003, Effect of dietary oregano oil and alpha-tocopheryl acetate supplementation on iron-induced lipid oxidation of turkey breast, thigh, liver and heart tissues , *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* , 2003 Oct;87(9-10):324-335. doi: 10.1046/j.1439-0396.2003.00441.x.
- Papageorgiou, V., et al. (2003). Protective effects of dietary oregano on oxidative damage in rats. *Nutrition Research*, 23(5), 629-637.
- Pérez M, Dominguez-López I, Lamuela-Raventós RM. The Chemistry Behind the Folin-Ciocalteu Method for the Estimation of (Poly)phenol Content in Food: Total Phenolic Intake in a Mediterranean Dietary Pattern. *J Agric Food Chem*. 2023 Nov 22;71(46):17543-17553. doi: 10.1021/acs.jafc.3c04022.
- Pham-Huy, L. A., He, H., & Pham-Huy, C. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International Journal of Biomedical Science*, 4(2), 89-96.
- Pinto E., Antifungal activity of the essential oil of *Thymus pulegioides* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species, *Journal of Medical Microbiology* (2006), 55, 1367–1373

- Prabuseenivasan, S., Jayakumar, M. & Ignacimuthu, S. In vitro antibacterial activity of some plant essential oils. *BMC Complement Altern Med* 6, 39 (2006). <https://doi.org/10.1186/1472-6882-6-39>
- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290-4302.
- Pullar, J. M., Carr, A. C., & Vissers, M. C. M. (2017). The roles of vitamin C in skin health. *Nutrients*, 9(8), 866.
- Ryan B.F., Joiner B.L., Cryer J.D. 2005. MINITAB Handbook: Updated for release 14, 5th edition. Brooks/Cole-Thomson Learning Inc., Kentucky, KY
- Silva, Francilene & Guimarães, Adriana & Silva, Elayne & Sousa-Neto, Benedito & Machado, Flávia & Quintans-Júnior, Lucindo & Arcanjo, Daniel & Oliveira, Francisco & Oliveira, Rita. (2012). Anti-Inflammatory and Anti-Ulcer Activities of Carvacrol, a Monoterpene Present in the Essential Oil of Oregano. *Journal of medicinal food*. 15. 10.1089/jmf.2012.0102.
- Apsorn Sattayakhom, Sineewanlaya Wichit and Phanit Koomhin, The Effects of Essential Oils on the Nervous System: A Scoping Review, *Molecules* 2023, 28, 3771. <https://doi.org/10.3390/molecules28093771>
- Simone Reuter, Subash C Gupta, Madan M Chaturvedi, Bharat B Aggarwal, Oxidative stress, inflammation, and cancer: how are they linked?, *Free Radic Biol Med*. 2010 Dec 1;49(11):1603-16. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2010.09.006. Epub 2010 Sep 16.
- Scalbert, A., et al. (2005). Polyphenols: Antioxidants and beyond. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 215S–217S.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages, and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820-897.
- W Si 1, J Gong, R Tsao, T Zhou, H Yu, C Poppe, R Johnson, Z Du, Antimicrobial activity of essential oils and structurally related synthetic food additives towards selected pathogenic and beneficial gut bacteria, *J Appl Microbiol*. 2006 Feb;100(2):296-305. doi: 10.1111/j.1365-2672.2005.02789.x.

- 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
- Skandamis, P. N., & Nychas, G. J. (2001). Effect of oregano essential oil on microbiological and physicochemical attributes of minced meat stored in air and modified atmospheres. *Journal of Applied Microbiology*, 91(5), 1011-1022.
- Efstathia Skotti, Eirini Anastasaki, Georgia Kanellou, Moschos Polissiou, Petros A. Tarantilis, Total phenolic content, antioxidant activity and toxicity of aqueous extracts from selected Greek medicinal and aromatic plants, *Industrial Crops and Products*, Volume 53, February 2014, Pages 46-54
- Elpiniki SKOUFOGIANNI, Alexandra D. SOLOMOU, Nicholas G. DANALATOS, Ecology, Cultivation and Utilization of the Aromatic Greek Oregano (*Origanum vulgare* L.): A Review, *Not Bot Horti Agrobi*, 2019, 47(3):545-552.
- F. Solórzano-Santos, M.G. Miranda-Novales, Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents, *Curr. Opin. Biotechnol.*, 23 (2) (2012), pp. 136-141
- Stevenson, D. E., & Hurst, R. D. (2007). Polyphenolic phytochemicals—Just antioxidants or much more? *Cellular and Molecular Life Sciences*, 64(22), 2900-2916.
- Swagata D Tavhare and K Nishteswar, Collection Practices of Medicinal Plants - Vedic, Ayurvedic and Modern Perspectives, *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives* 2014; 5(5): 54 - 61
- Kalliopi Triantaphyllou, Georgios Blekas and Dimitrios Boskou, Antioxidative properties of water extracts obtained from herbs of the species Lamiaceae, *International Journal of Food Sciences and Nutrition* (2001) 52, 313–317
- Dimitrios Tsimogiannis, Maria Stavrakaki, Vassiliki Oreopoulou, Isolation and characterisation of antioxidant components from oregano (*Origanum heracleoticum*), First published: 03 August 2006, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01259.x>
- Tsimogiannis, D.I. & Oreopoulou, V. (2004). Free-radical scavenging and antioxidant activity of 5,7,3',4'-hydroxy-substituted flavonoids. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 523–528

- Tsimogiannis, D., & Oreopoulou, V., Extraction and analysis of antioxidant components from *Origanum dictamnus*, International Journal of Food Science and Technology 2006, 41 (Supplement 1), 39–48
- Dimitrios Tsimogiannis, Martina Samiotaki, George Panayotou, Vassiliki Oreopoulou, Characterization of flavonoid subgroups and hydroxy substitution by HPLC-MS/MS, Molecules. 2007 Mar 21;12(3):593-606. doi: 10.3390/12030593.
- Valko, M., Leibfritz, D., & Moncol, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 39(1), 44-84.
- M. Valko, C.J. Rhodes, J. Moncola, M. Izakovic, M. Mazura, Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer, Mini-review, Chemico-Biological Interactions 160 (2006) 1–40
- Velopoulos, I., Kaderides, K., Karamanoli, A. et al. An approach for isolation of oregano essential oil using ultrasounds. Food Measure 18, 4362–4374 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02499-6>
- DESPINA VOKOU, STELLA KOKKINI, JEAN-MARIE BESSIERE, Geographic Variation of Greek Oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) Essential Oils, Biochemical Systematics and Ecology, Vol. 21, No. 2, pp. 287-295, 1993.
- Wikipedia, ανάκτηση 17-01-2025, 02-03-2025
- Windisch, W., et al. (2008). Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. Journal of Animal Science, 86(14), 140-148
- E. Wogiatzi, N. Gougoulas, A. Papachatzis, I. Vagelas and N. Chouliaras , (2009). Chemical composition and antimicrobial effects of Greek *Origanum* species essential oil. Biotechnology & Biotechnological Equipment. 23/2009/3
- Wogiatzi, E., Gougoulas, N., Papachatzis, A., Vagelas, I., & Chouliaras, N. (2009). Greek Oregano Essential Oils Production, Phytotoxicity and Antifungal Activity. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 23(1), 1150–1152.
- Wogiatzi, E., Tassiopoulos, D., Chouliaras, N., Tegou, A., Ntantisios, A., & Marquard, R. (2008). Biodiversität von *Origanum* sp aus Wildflora Griechenlands. Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V. der Gesellschaft für Pflanzenzüchtung e. V., Göttingen.

- Chung S. Yang, Jee Y. Chung, Guang-yu Yang, Saranjit K. Chhabra, Mao-Jung Lee, Tea and Tea Polyphenols in Cancer Prevention¹², The Journal of Nutrition, Volume 130, Issue 2, 2000, Pages 472S-478S, <https://doi.org/10.1093/jn/130.2.472S>.
- Yanishlieva NV, Marinova EM, Gordon MH, Raneva VG (1999)., Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. Food Chem. 64:59-66.
- Βελόπουλος Ι., ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΞΗ ΕΛΑΙΟΥ ΡΙΓΑΝΗΣ, ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ, ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ 2022
- Γκουγκουλιάς Νικόλαος, 2016. Μέθοδοι ανάλυσης του εδάφους. Εκδόσεις Γραμμικό, Λάρισα. σελ. 152. ISBN: 978-960-9506-14-4
- Έγκριση της υπ' αρ. 20/2024 Πυροσβεστικής Διάταξης «Καθορισμός προληπτικών μέτρων πυροπροστασίας οικοπεδικών και λοιπών ακάλυπτων χώρων...» Υ.Α. 21837 οικ. Φ.700.20/2024/23.04.2024 (ΦΕΚ 09-05-2024, Β', 2695)]
- Κουρέτας Δ. , Στάγκος Δ. (2021) ΧΗΜΕΙΟΠΡΟΦΥΛΑΞΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα "ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΑ" , Λάρισα
- Μακρής Δ., (2019), Ενότητα II.4: Υδατοδιαλυτές χρωστικές & αντιοξειδωτικά, Σημειώσεις, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.