



Σχολή Επιστημών Τροφίμων  
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη αντιοξειδωτικής δράσης σε εκχυλίσματα διαφόρων  
τύπων κανέλας

## DIPLOMA THESIS

Study of antioxidant activity in extracts of different types of  
cinnamon



Συγγραφείς: Βιτζηλαίου Δέσποινα 17150

Μπενετάτου Ηλιάνα 17202

Επιβλέπων Καθηγητής: Αντωνόπουλος Διονύσιος

Αθήνα 2022

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Μελέτη αντιοξειδωτικής δράσης σε εκχυλίσματα διαφόρων  
τύπων κανέλας

**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή**

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι  
Εξεταστική Επιτροπή:

**Επιβλέπων Καθηγητής:** Αντωνόπουλος Διονύσιος

**Μέλος Επιτροπής:** Χούχουλα Δήμητρα

**Μέλος Επιτροπής:** Μπατρίνου Ανθιμία

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Βιτζηλαίου Δέσποινα του Νικολάου, με αριθμό μητρώου 17150 και η κάτωθι υπογεγραμμένη Μπενετάτου Ηλιάννα του Βασιλείου, με αριθμό μητρώου 17202, φοιτήτριες του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι:

«Είμαστε συγγραφείς αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δική μας, όσο και του Ιδρύματος.



Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μας ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μας ».

Η Δηλούσα

Βιτζηλαίου Δέσποινα

Η Δηλούσα

Μπενετάτου Ηλιάννα



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κανέλα είναι ένα φυτό με πλούσιες αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες. Τα τελευταία χρόνια , έχει απασχολήσει ιδιαίτερα την επιστημονική κοινότητα εξαιτίας των ιδιοτήτων της και έχουν γίνει πολλές μελέτες για να βρεθεί η αντιοξειδωτική της δράση. Τα κυριότερα είδη της κανέλας είναι η *Cinnamomum zeylanicum* ή αλλιώς κανέλα Κεϋλάνης, η *Saigon cinnamon* είναι γνωστή ως *Vietnamese cassia* ή *Cinnamomum loureiroii* , *Cinnamomum cassia* γνωστή και ως Κινέζικη κανέλα και τέλος η *Cinnamomum brumannii* γνωστή ως κανέλα Ινδονησίας. Τα αντιοξειδωτικά είναι ουσίες οι οποίες υπάρχουν φυσικά σε κάθε οργανισμό. Μια από τις σημαντικότερες λειτουργίες τους είναι η εξουδετέρωση των δυσμενών αντιδράσεων των ελεύθερων ριζών. Διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες τα φυσικά και τεχνητά αντιοξειδωτικά. Κάποιες από τις σημαντικότερες ομάδες αντιοξειδωτικών είναι η Βιταμίνη Ε, τα καροτενοειδή, η Βιταμίνη C και οι πολυφαινόλες. Προκειμένου να μελετηθεί η αντιοξειδωτική δράση της κανέλας Κεϋλάνης(*C. Zeylanicum*) και της κανέλας Ινδονησίας(*C.Brumannii*) πραγματοποιήθηκε πείραμα με σκοπό να βρεθεί ποιο είδος κανέλας είναι πιο αντιοξειδωτικό .Με βάση την βιβλιογραφία της επιστημονικής κοινότητας η κανέλα Κεϋλάνης αποτελεί την κανέλα με τις περισσότερες ευεργετικές ιδιότητες και την μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η κανέλα Ινδονησίας είχε μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση σε σχέση με την κανέλα Κεϋλάνης.

**Λέξεις κλειδιά:** κανέλα, κανέλα Κεϋλάνης, κανέλα Ινδονησίας, αντιοξειδωτικά, αντιοξειδωτική δράση, ελεύθερες ρίζες, οξειδωτικό στρες, παθήσεις, ευεργετικές ιδιότητες

## ABSTRACT

Cinnamon is a plant with rich antioxidant and antimicrobial properties. In recent years, it has particularly concerned the scientific community because of its properties and many studies have been carried out to find its antioxidant activity. The main types of cinnamon are *Cinnamomum zeylanicum* or Ceylon cinnamon, Saigon cinnamon is known as Vietnamese cassia or *Cinnamomum loureirii*, *Cinnamomum cassia* also known as Chinese cinnamon and finally *Cinnamomum brumannii* known as Indonesian cinnamon. Antioxidants are substances that exist naturally in every body. One of their most important functions is neutralizing the adverse reactions of free radicals. Natural and artificial antioxidants are divided into two major categories. Some of the most important groups of antioxidants are Vitamin E, carotenoids, Vitamin C and polyphenols. In order to study the antioxidant activity of Ceylon cinnamon (*C. Zeylanicum*) and Indonesian cinnamon (*C. Brumannii*), an experiment was carried out in order to find which type of cinnamon is more antioxidant. Based on the literature of the scientific community, Ceylon cinnamon is the cinnamon with the most beneficial properties and greater antioxidant activity. Nevertheless, the results of the experiment showed that Indonesian cinnamon had a greater antioxidant activity than Ceylon cinnamon.

**Key words:** cinnamon, Ceylon cinnamon, Indonesian cinnamon, antioxidants, antioxidant action, free radicals, oxidative stress, diseases, beneficial properties

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
ABSTRACT .....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	6
ΕΙΚΟΝΕΣ .....	8
ΠΙΝΑΚΕΣ .....	9
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ .....	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	10
1.1 Ελεύθερες ρίζες .....	12
1.2 Οξειδωτικό στρες .....	14
1.3 Αντιοξειδωτικές ουσίες .....	16
1.3.1 Βιταμίνη C .....	17
1.3.2 Βιταμίνη E .....	21
1.3.3 Πολυφαινόλες .....	23
1.3.3.1 Φλαβονοειδή (flavonoids) .....	24
1.3.3.2 Φλαβονόλες (flavonols) .....	25
1.3.3.3 Φλαβόνες (flavones) .....	26
1.3.3.4 Φλαβανόνες (flavanones) .....	27
1.3.3.5 Φλαβανόλες (flavanols) .....	28
1.3.3.6 Ανθοκυανίνες (anthocyanins) .....	28
1.3.3.7 Ισοφλαβόνες (isoflavones) .....	29
1.3.3.8 Φαινολικές αλκοόλες (phenolic alcohols) .....	30
1.3.3.9 Φαινολικά οξέα (phenolic acids) .....	31
1.3.3.10 Ταννίνες (tannins) .....	33
1.3.3.11 Στιλβένια (stilbenes) .....	34
1.3.3.12 Λιγνάνες (lignans) .....	35
1.3.4 Καροτενοειδή .....	37
2.1 Κανέλα: Ιστορία .....	41
2.2 Αντιοξειδωτική δράση κανέλας .....	42
2.3 Κανέλα Κεϋλάνης .....	43
2.3.1 Εισαγωγικά στοιχεία .....	43

2.3.2 Στοιχεία βοτανολογίας και καλλιέργεια της <i>Cinnamomum zeylanicum</i> .....	43
2.3.3 Χημική σύνθεση <i>Cinnamomum zeylanicum</i> .....	45
2.3.4 Επίδραση στην ανθρώπινη υγεία (κυρίως αντιοξειδωτική δράση) .....	50
2.4 Κανέλα Σαϊγκόν .....	52
2.5 Κινέζικη κανέλα .....	53
2.6 Κανέλα Ινδονησίας .....	55
3.1 Μέθοδος ανάλυσης αντιοξειδωτικών .....	56
3.1.1 DPPH .....	56
3.1.2 ORAC .....	57
3.1.3 TEAC .....	58
3.1.4 FRAP .....	59
4.1 Πειραματικό μέρος .....	61
4.1.1 Στόχος .....	61
4.1.2 Πειραματικό μέρος .....	61
4.1.3 Αποτελέσματα .....	65
4.1.4 Συμπεράσματα- Συζήτηση .....	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	68

## ΕΙΚΟΝΕΣ

<b>Εικόνα 1:</b> Ασκορβικό οξύ .....	17
<b>Εικόνα 2:</b> Ασκορβικά και οξειδοαναγωγικά κυκλικά αντιοξειδωτικά. AA, ασκορβικό; DHA, αφυδροασκορβικό; DHAR, ημιδεϋδροασκορβική αναγωγή; GSH, γλουταθειόνη; GSSG, αναγωγή ημι-γλουταθειόνης; GR, αναγωγή γλουταθειόνης; APX, ασκορβική υπεροξειδάση; και GPX, υπεροξειδάση γλουταθειόνης.....	18
<b>Εικόνα 3:</b> Χημική δομή τοκοφερολών και τοκοτριενολών.....	21
<b>Εικόνα 4:</b> Αντιοξειδωτική δράση τοκοφερολών .....	22
<b>Εικόνα 5:</b> Ταξινόμηση των φλαβονοειδών ενώσεων.....	25
<b>Εικόνα 6:</b> Χημικές δομές της τυροσόλης και της υδροξυτυροσόλης.....	30
<b>Εικόνα 7:</b> Χημικές δομές των φαινολικών οξέων της ομάδας. Παράγωγα του βενζοϊκού οξέος και παράγωγα του κινναμωμικού οξέος.....	32
<b>Εικόνα 8:</b> Συμπυκνωμένες και υδρολυόμενες ταννίνες .....	33
<b>Εικόνα 9:</b> Χημική δομή σπιλβενίων και ρεσβερατρόλης.....	35
<b>Εικόνα 10:</b> Χημική δομή λιγνανών. Διακρίνεται ο βασικός δακτύλιος προπυλονβενζολίου.....	36
<b>Εικόνα 11:</b> Δομή ορισμένων κύριων διατροφικών καροτενοειδών .....	38
<b>Εικόνα 12:</b> (a) Φύλλα, (c) άνθη, (e) καρπός, (g) φλοιός που δεν έχει υποστεί επεξεργασία και (i) φλοιός που έχει υποστεί επεξεργασία του είδους <i>C. Zeylanicum</i> .....	44
<b>Εικόνα 13:</b> Χωνί Buncher.....	61
<b>Εικόνα 14:</b> Κενό αέρα .....	62
<b>Εικόνα 15:</b> Rotary evaporator .....	63
<b>Εικόνα 16:</b> Rotary evaporator .....	64



## ΠΙΝΑΚΕΣ

<b>Πίνακας 1:</b> Ορισμένες ελεύθερες ρίζες .....	13
<b>Πίνακας 2:</b> Ορισμένες από τις κυριότερες ενώσεις του φυτού <i>C. zeylanicum</i> .....	46
<b>Πίνακας 3:</b> Συστατικά της <i>C. Zeylanicum</i> , ανάλογα το μέρος του φυτού που εξετάζεται .....	49
<b>Πίνακας 4:</b> Επίδραση της <i>C.zeylanicum</i> στην ανθρώπινη υγεία .....	50

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

<b>Διάγραμμα 1:</b> Γραφική παράσταση απορρόφησης – συγκέντρωσης του πρότυπου γαλλικού οξέος.....	65
<b>Διάγραμμα 2:</b> Διάγραμμα απορρόφησης – συγκέντρωσης για την κανέλα Κεϋλάνης .....	66
<b>Διάγραμμα 3:</b> Διάγραμμα απορρόφησης – συγκέντρωσης για την κανέλα Ινδονησίας .....	66

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την αρχαιότητα , τα βότανα και τα μπαχαρικά χρησιμοποιούνται για την αντιβακτηριδιακή τους δράση κατά της αλλοίωσης που προκαλείται από παθογόνα βακτήρια που προκαλούν αλλοίωση των τροφίμων , με εξαίρεση τις αντιοξειδωτικές και γευστικές τους ιδιότητες. Πολλά φυτά που χρησιμοποιούνται στην παραδοσιακή ιατρική είναι άφθονες πηγές βιοδραστικών φυσικών ενώσεων που προάγουν την υγεία και δεν έχουν αρνητικές παρενέργειες . Πάνω από το 65% του παγκόσμιου πληθυσμού λαμβάνει πλέον την ιατρική του φροντίδα από την παραδοσιακή ιατρική. Για να μειωθεί ο κίνδυνος αλλεργιών που συνδέονται με συνθετικά συντηρητικά, έχει πρόσφατα αυξηθεί σημαντικά η ζήτηση για καλλυντικά χωρίς συντηρητικά και αντιμικροβιακά φυτικά εκχυλίσματα . Τα αυξανόμενα δεδομένα των τελευταίων δύο δεκαετιών έχουν δείξει ότι τα φυτά είναι άφθονες πηγές διαφόρων αντιμικροβιακών ενώσεων που χρησιμεύουν ως αμυντικοί μηχανισμοί για την προστασία τους από βιολογικές ( ζωντανές ) και αβιοτικές (μη ζωντανές) προκλήσεις. Το θυμάρι (*Thymus vulgaris* L.), το τσάι (*Camellia sinensis* L.), το σκόρδο (*Allium sativum* L.), ο κουρκουμάς (*Curcuma longa* L.), τα μούρα από την οικογένεια *Rosaceae* και η κανέλα (είδος που ανήκει στο γένος *Cinnamomum* ) είναι μόνο μερικά παραδείγματα γαστρονομικών και φαρμακευτικών φυτών με ισχυρές αντιβακτηριακές ιδιότητες.

Περισσότερα από 300 αρωματικά αειθαλή δέντρα και θάμνοι μπορούν να βρεθούν στο γένος *Cinnamomum* ( οικογένεια *Lauraceae*). Ο αποξηραμένος φλοιός του *Cinnamomum zeylanicum* και του *C. aromaticum*, ο οποίος χρησιμοποιείται για την παρασκευή πολλών ειδών σοκολάτας , ποτών , πικάντικων γλυκών και λικέρ. Για την παρασκευή αιθέριων ελαίων για χρήση σε τρόφιμα ή καλλυντικά είδη, χρησιμοποιούνται φλοιοί κανέλας , φύλλα, άνθη και καρποί .Επιπλέον, η κανέλα έχει χρησιμοποιηθεί στην παραδοσιακή κινεζική ιατρική ( περίπου 4.000 χρόνια πριν ) (*Seyed Fazel Nabavi, et. Al. 2015*).

Οι ελεύθερες ρίζες είναι ασταθή μόρια που παράγει το σώμα ως απάντηση σε περιβαλλοντικούς και άλλους στρεσογόνους παράγοντες . Τα αντιοξειδωτικά είναι ενώσεις που μπορούν να σταματήσουν ή να επιβραδύνουν την κυτταρική βλάβη που προκαλείται από αυτά τα ασταθή μόρια. Μερικοί

αναφέρουν τα αντιοξειδωτικά ως « καθαριστές ελεύθερων ριζών » ,παρεμποδίζουν το οξειδωτικό στρες και συντελούν στην μείωση κινδύνου χρόνιων ασθενειών . Τα αντιοξειδωτικά υποτίθεται ότι βοηθούν στην απομάκρυνση των ελεύθερων ριζών από το σώμα μας, κάτι που θεωρείται ότι βελτιώνει τη γενική υγεία. Τα αντιοξειδωτικά βρίσκονται σε κάθε ομάδα τροφίμων, ωστόσο εμφανίζουν μεγαλύτερο ποσοστό στις φυτικές ομάδες τροφίμων, 'όπως φρούτα, λαχανικά, μπαχαρικά και βότανα (Megan Ware, 2018).

## 1.1 Ελεύθερες ρίζες

Με τον όρο ελεύθερη ρίζα ορίζεται κάθε μοριακό είδος (άτομο, μόριο ή ιόν) που υπάρχει ανεξάρτητα και διαθέτει τουλάχιστον ένα ατομικό τροχιακό με ασύζευκτο ηλεκτρόνιο. Πρόκειται για χημικές δομές που στην πλειοψηφία τους είναι εξαιρετικά ασταθείς και ευαίσθητες σε αντιδράσεις. Οι ρίζες έχουν την τάση είτε να αποσπούν ηλεκτρόνια από γειτονικά μόρια είτε να δέχονται ηλεκτρόνια από αυτά, άρα λειτουργούν είτε ως οξειδωτικά είτε ως αναγωγικά σώματα. Συχνά, τα μόρια με τα οποία αντιδρούν μετατρέπονται τα ίδια σε ελεύθερες ρίζες και έτσι δημιουργείται μία αλυσιδωτή αντίδραση παραγωγής ελεύθερων ριζών (Lobo et al., 2010)

Οι ελεύθερες ρίζες στον ανθρώπινο οργανισμό φυσιολογικά παράγονται ενδογενώς από διάφορες μεταβολικές διαδικασίες ή ως απόκριση σε εξωτερικούς παράγοντες. Έτσι, ελεύθερες ρίζες δημιουργούνται :

- Σαν απόκριση στην έκθεση σε εξωγενείς παράγοντες όπως είναι ο καπνός του τσιγάρου, οι περιβαλλοντικοί ρύποι, η έκθεση σε ακτίνες-Χ ή στην υπεριώδη ακτινοβολία, τα φάρμακα, τα φυτοφάρμακα και οι βιομηχανικοί διαλύτες (Lobo et al., 2010).
- Κατά τη λειτουργία της αναπνευστικής αλυσίδας που συντελείται στα μιτοχόνδρια των κυττάρων, παράγονται ως παραπροϊόντα ελεύθερες ρίζες σουπεροξειδίου. Ηλεκτρόνια που συμμετέχουν στην αναπνευστική οδό, απομακρύνονται και ανάγουν το οξυγόνο σε σουπεροξείδιο.
- Ως παραπροϊόντα της δράσης ορισμένων οξειδωτικών ενζύμων, όπως είναι οι λιποξυγονάσες
- Ως προϊόντα χημικών αντιδράσεων παρουσία μεταλλικών ιόντων. Παράγονται ελεύθερες ρίζες υδροξυλίου, οι οποίες είναι και οι πλέον δραστικές μορφές ριζών
- Ως μέρος της λειτουργίας του ανοσοποιητικού συστήματος. Ορισμένα από τα κύτταρα του συστήματος αυτού παράγουν ελεύθερες ρίζες για να εξουδετερώσουν βακτήρια εισβολείς. Σε περιπτώσεις που η διαδικασία αυτή είναι εκτός ελέγχου, όπως συμβαίνει με τις αυτοάνοσες ασθένειες, μερικές ελεύθερες ρίζες που παράγονται προκαλούν βλάβες

στα ίδια τα κύτταρα του οργανισμού από τον οποίο παράγονται. Οι ελεύθερες ρίζες λειτουργούν ως κρίσιμα μόρια σηματοδότησης για την έναρξη προγραμματισμένου κυτταρικού θανάτου στην ανάπτυξη, τη γήρανση και την απόκριση σε ένα παθογόνο (Mano et al., 2019).

Στο ανθρώπινο σώμα ένα ποσοστό 1%–4% του οξυγόνου που προσλαμβάνεται μέσω της αναπνοής μετατρέπεται σε ελεύθερες ρίζες. Οι πιο ενεργές μορφές ελεύθερων ριζών είναι οι ελεύθερες ρίζες οξυγόνου (Sharma et al. 2018).

Οι ελεύθερες ρίζες φυσιολογικά εμπλέκονται, επίσης και στην ανάπτυξη των φυτών. Ειδικά οι δραστικές μορφές οξυγόνου συμμετέχουν σε διάφορες αναπτυξιακές διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένης της επέκτασης των φύλλων, της διαφοροποίησης του ξηλώματος, της βλάστησης, γεωτροπισμός<sup>1</sup> της ρίζας, τυχαίος σχηματισμός ριζών) και ανάπτυξη ριζικών τριχιδιών. Το  $O_2^-$  και το  $H_2O_2$ , που σχηματίζονται στη μεριστωματική ζώνη και στη ζώνη επιμήκυνσης, αντίστοιχα, ρυθμίζουν τη διαφοροποίηση των κυττάρων (Biswas et al., 2019)

**Πίνακας 1:** Ορισμένες ελεύθερες ρίζες

Σύμβολο	Ονομασία
$^1O_2$	Singlet οξυγόνο
$O_2^{\bullet-}$	Ανιόν σουπεροξειδίου (superoxide radical anion)
$OH^{\bullet}$	Ρίζα υδροξυλίου (hydroxyl radicals)
$RO^{\bullet}$	Αλκοξυλική ρίζα (alkoxyl)
$ROO^{\bullet}$	Υπεροξειδική ρίζα (peroxyl)
$H_2O_2$	Υπεροξειδίο του υδρογόνου (hydrogen peroxide)
LOOH	Λιπιδικό υδροϋπεροξειδίο

<sup>1</sup> Γεωτροπισμός ή βαρυτροπισμός : η πρωτογενής ρίζα αναπτύσσεται προς την κατεύθυνση της βαρύτητας.

HOCl	Υποχλωριώδες οξύ
NO <sup>•</sup>	Μονοξειδίο του αζώτου
RS <sup>•</sup>	Θειύλιο (ρίζα με κεντρικό άτομο το θείο)
CCl <sub>3</sub>	Τριχλωρομεθύλιο (ρίζα με κεντρικό άτομο τον άνθρακα)

## 1.2 Οξειδωτικό στρες

Συγκεκριμένα, ανάμεσα στις ελεύθερες ρίζες που δημιουργούνται και στις ελεύθερες ρίζες που αφομοιώνει ο οργανισμός με βάση τους εσωτερικούς μηχανισμούς που έχει, δημιουργείται μία ανισορροπία. Ο ρυθμός σχηματισμού των ελεύθερων ριζών είναι πιο ταχύς από το ρυθμό αφομοίωσης και δημιουργείται μία κατάσταση που λέγεται οξειδωτικό στρες. Πρόκειται για μία αναστρέψιμη κατάσταση, σε αντίθεση με την οξειδωτική βλάβη που είναι μη αναστρέψιμη.

Η υπερπαραγωγή δραστικών μορφών οξυγόνου, ιδιαίτερα των ριζών υδροξυλίου και υπεροξυλίου, υπεροξειδίου υδρογόνου και ανιόντος ρίζας υπεροξειδίου σχετίζονται με οξειδωτική βλάβη, κυρίως των μακρομορίων των κυττάρων (Krumova & Cosa, 2016, Sharam et al., 2018).

- **Λιπίδια.** Τα λιπίδια με την επίδραση των ελεύθερων ριζών μετατρέπονται σε υπεροξειδία λιπιδίων, κετόνες ή αλδεΐδες. Οι ρίζες έναρξης αφαιρούν ένα άτομο υδρογόνου από ένα μόριο στόχο, όπως ένα ακόρεστο λιπαρό οξύ, και δημιουργούν μία νέα ελεύθερη ρίζα. Το διαθέσιμο μοριακό οξυγόνο μπορεί να συνδυαστεί με την ρίζα του λιπαρού οξέος και να σχηματίσουν μία νέα ρίζα υπεροξυ- και όσο η διαδικασία συνεχίζεται οι μοριακές αλλοιώσεις συνεχίζονται.

- **DNA.** Οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να προκαλέσουν τροποποίηση του DNA, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μεταλλάξεις ή καταστροφή του κυττάρου. Ειδικά οι δραστικές μορφές οξυγόνου, μπορούν να προκαλέσουν διασταυρώσεις DNA-πρωτεΐνης, βλάβη στη κύρια αλυσίδα του DNA και συγκεκριμένα στη σύνδεση δεοξυριβόζης-φωσφορικού καθώς και ειδικές χημικές τροποποιήσεις των βάσεων πυριμιδίνης και πουρίνης.
- **Πρωτεΐνες και υδατάνθρακες.** Οι δραστικές ελεύθερες ρίζες μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στη διαμόρφωση των πρωτεϊνών και των υδατανθράκων, κατακερματισμό ή διασταυρωμένη σύνδεση. Ορισμένες από αυτές τις τροποποιήσεις μπορούν να οδηγήσουν τις πρωτεΐνες να χάσουν τον λειτουργικό τους ρόλο.

Το οξειδωτικό στρες είναι μία κατάσταση που μπορεί να επιδράσει αρνητικά στον οργανισμό και να δημιουργήσει σημαντικές διαταραχές στην ανθρώπινη υγεία. Σύμφωνα με τα υπάρχοντα επιστημονικά δεδομένα, συνδέεται με την εμφάνιση και την εξέλιξη χρόνιων ασθενειών όπως είναι : ο καρκίνος (Klaunig, 2018, Hamza et al., 2021), ο σακχαρώδης διαβήτης (Bohloudi et al., 2021), τα εγκεφαλικά επεισόδια (Maciejczyk et al., 2021), καρδιαγγειακές, φλεγμονώδεις και νευροεκφυλιστικές ασθένειες όπως η νόσος του Πάρκινσον και η νόσος του Αλτσχάιμερ (Kibel et al., 2020, Kung et al., 2021, Ionescu-Tucker & Cotman, 2021) η επιτάχυνση ορισμένων διαδικασιών γήρανσης (Kumar et al., 2021).

### 1.3 Αντιοξειδωτικές ουσίες

Οι αντιοξειδωτικές ουσίες είναι ενώσεις οι οποίες έχουν την ικανότητα να εξουδετερώνουν τις ελεύθερες ρίζες των βιολογικών κυττάρων. Συνήθως περιέχονται στα τρόφιμα ή στον ανθρώπινο οργανισμό και ακόμη και σε μικρή συγκέντρωση επιτυγχάνουν να καθυστερήσουν, να ελέγξουν ή να αποτρέψουν τις οξειδωτικές διεργασίες που υποβαθμίζουν ποιοτικά τα τρόφιμα ή στην εμφάνιση και διάδοση εκφυλιστικών ασθενειών στον άνθρωπο (Munteanu & Apetrei, 2021).

Ο άνθρωπος μπορεί είτε να παράγει ενδογενώς αντιοξειδωτικά μόρια είτε να τα προσλάβει από εξωγενείς πηγές, δηλαδή από τρόφιμα ή διατροφικά συμπληρώματα. Τα κυριότερα ενδογενή αντιοξειδωτικά ένζυμα είναι (Munteanu & Apetrei, 2021):

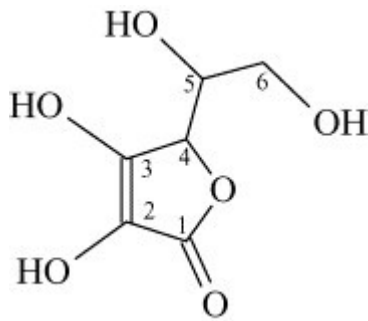
- Η υπεροξειδική δεσμουτάση (superoxide dismutase - SOD), η οποία μετατρέπει το ανιόν υπεροξειδίου σε υπεροξείδιο του υδρογόνου και το οποίο λειτουργεί ως υπόστρωμα για τα ένζυμα καταλάση και υπεροξυδάση της γλουταθειόνης.
- Η καταλάση (catalase - CAT), η οποία μεταβολίζει το υπεροξείδιο του υδρογόνου σε νερό και οξυγόνο
- Η υπεροξυδάση της γλουταθειόνης (glutathione peroxidase - GSH-Px), που μειώνει τη συγκέντρωση του υπεροξειδίου του υδρογόνου και των οργανικών υδροϋπεροξειδίων παρουσία του γλουταθείου (GSH).

Εξωγενείς αντιοξειδωτικές ουσίες είναι, για παράδειγμα, η βιταμίνη C (υδατοδιαλυτή βιταμίνη), η βιταμίνη E (λιποδιαλυτή βιταμίνη) και οι φαινολικές ενώσεις. Οι βιταμίνες C και E βρίσκονται στην κυτταρική μεμβράνη και στο εξωκυτταρικό και ενδοκυτταρικό υγρό. Τα εξωγενή αντιοξειδωτικά αντιδρούν με τις δραστικές μορφές οξυγόνου (ROS) και έτσι τις εξαλείφουν ή μειώνουν την οξειδωτική δράση τους (Munteanu & Apetrei, 2021).



### 1.3.1 Βιταμίνη C

Η βιταμίνη C, συχνά γνωστή ως ασκορβικό οξύ (ASA) είναι ένα οργανικό μόριο που εμφανίζεται φυσικά και έχει ισχυρή αντιοξειδωτική δράση. Μπορεί να βρεθεί τόσο σε φυτά όσο και σε ζώα.



**Εικόνα 1:** Ασκορβικό οξύ

Πηγή: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010854506000713>

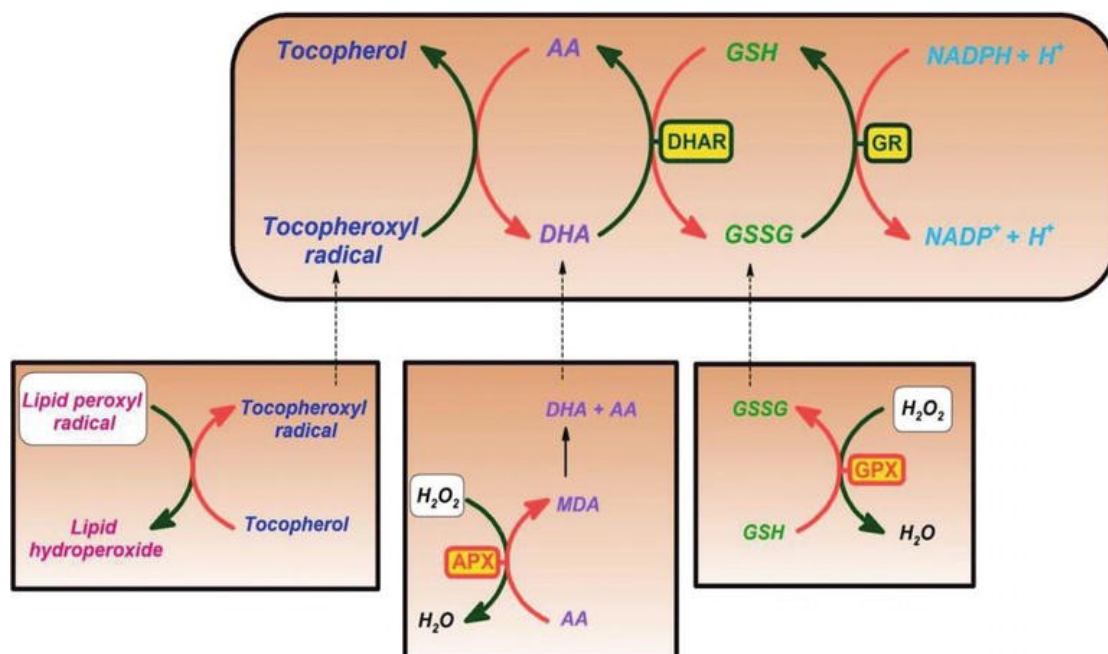
Χρησιμεύει ως ρυθμιστικό οξειδοαναγωγής που μπορεί να μειώσει τα αντιδραστικά είδη οξυγόνου και με αυτό τον τρόπο να τα εξουδετερώνει. Λειτουργεί ως συμπαραγοντας για τα ένζυμα που ελέγχουν τη φωτοσύνθεση, τη βιοσύνθεση ορμονών και την παραγωγή άλλων αντιοξειδωτικών. Ελέγχει επίσης την κυτταρική διαίρεση και ανάπτυξη, συμμετέχει στη μεταγωγή σήματος και κατέχει σημαντικό μέρος σε φυσιολογικές διεργασίες που περιλαμβάνουν την διέγερση του ανοσοποιητικού κολλαγόνου, ορμονών και νευροδιαβιβαστών καθώς και την απορρόφηση σιδήρου. Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία αποτοξίνωσης του σώματος από βαρέα μέταλλα.

Το σκορβούτο προκαλείται από σοβαρή ανεπάρκεια βιταμίνης C ενώ τα σημάδια χαμηλής κατανάλωσης βιταμίνης C περιλαμβάνουν:

- αυξημένη ευαισθησία σε λοιμώξεις
- χαλαρά δόντια
- ξηροστομία
- έλλειψη όρεξης

- πέσιμο μαλλιών
- κόπωση
- αϋπνία

Ταυτόχρονα μπορεί να δράσει ως ισχυρό αντιοξειδωτικό και να συμπεριφέρεται ως ριζικός υποκινητής. Η βιταμίνη C αποτελεί ισχυρό αναγωγικό παράγοντα για να δεσμεύει ελεύθερες ρίζες σε βιολογικά συστήματα και για να δεσμεύει οξειδωτικές ρίζες και επιβλαβείς ουσίες που προέρχονται από το οξυγόνο όπως η ρίζα υδροξυλίου, το οξυγόνο και το υπεροξείδιο του υδρογόνου.



**Εικόνα 2:** Ασκορβικά και οξειδοαναγωγικά κυκλικά αντιοξειδωτικά. AA, ασκορβικό; DHA, αφυδροασκορβικό; DHAR, ημιδεϋδροασκορβική αναγωγή; GSH, γλουταθειόνη; GSSG, αναγωγή ημι-γλουταθειόνης; GR, αναγωγή γλουταθειόνης; APX, ασκορβική υπεροξειδάση; και GPX, υπεροξειδάση γλουταθειόνης

Πηγή : <https://www.intechopen.com/chapters/56013>

Όσο ισχυρή βιταμίνη και αν είναι, δεν έχει δώσει σαφή αποτελέσματα βοήθειας στην αντιμετώπιση του καρκίνου του στομάχου, στον διαβήτη, στον

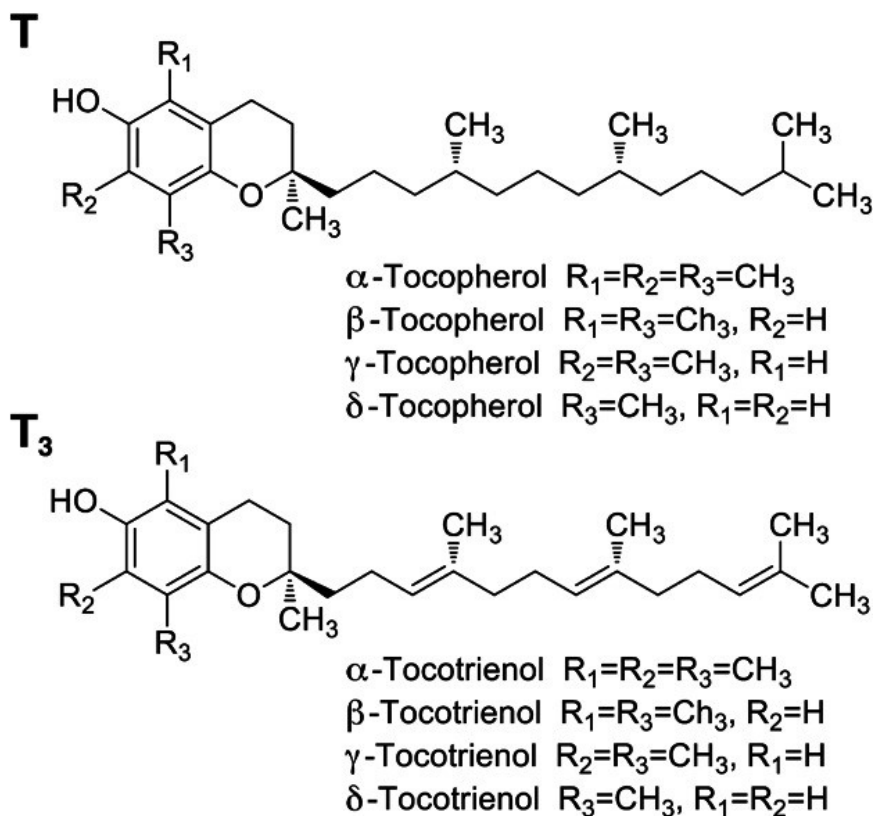
καταρράκτη, στις καρδιακές παθήσεις. Όσον αφορά την αντιοξειδωτική της δράση η βιταμίνη C είναι ίσως το πιο ισχυρό αντιοξειδωτικό και αυτό δεν είναι καθόλου τυχαίο. Ως αντιοξειδωτική βιταμίνη μειώνει αισθητά χρόνιες ορισμένες παθήσεις ενώ η ανεπαρκής συγκέντρωση 1-ασκορβικού οξέος σχετίζεται με καρδιαγγειακές αναταραχές.. Ενισχύει την απορρόφηση σιδήρου και συμβάλλει ως προ οξειδωτικό καθώς δημιουργεί ρίζες υδροξυλίου οι οποίες οξειδώνουν τα λιπίδια , το DNA ,τις πρωτεΐνες. Αποτελεί σημαντικό υδατοδιαλυτό αντιοξειδωτικό που καταστρέφει τα ROS μειώνοντας το οξειδωτικό στρες. Λειτουργεί ως στρατιώτης θα έλεγε κανείς καθώς πολεμά στην πρώτη γραμμή άμυνας προστατεύοντας τις λιπιδικές μεμβράνες και πρωτεΐνες από οξειδωτικές βλάβες, και ως δυνατό υδατοδιαλυτό μόριο προστατεύει μέσα και έξω από τα κύτταρα την δημιουργία πολλών ελεύθερων ριζών. Ως ηλεκτρόνιο το ασκορβικό οξύ βοηθάει τις ελεύθερες ρίζες να σταθεροποιηθούν στο ηλεκτρόνιο αυτό μειώνοντας την αντιδραστικότητα τους. Η αντιοξειδωτική της δράση οφείλεται στην ικανότητά της να απελευθερώνει ηλεκτρόνια από το δεύτερο και τρίτο άνθρακα. Σε μελέτη ανακαλύφθηκε πως το ασκορβικό οξύ είναι αποτελεσματικός καθαριστής σε απλό οξυγόνο, ρίζα υδροξυλίου καθώς και σε άλλα είδη οξυγόνου. Ως δότης ηλεκτρονίων καθώς και αναγωγική ουσία η βιταμίνη C μεταδίδει ηλεκτρόνια υψηλής ενέργειας για να καταστρέψει τις ελεύθερες ρίζες και να οξειδωθεί σε αφυδροασκορβικό οξύ κατά τη διάρκεια της δέσμευσης που παρουσιάζουν οι ελεύθερες ρίζες. Ως πρωταρχικό αντιοξειδωτικό η βιταμίνη C ελαττώνει τα οξειδωτικά συστατικά, μειώνει τα μεταλλικά ιόντα. Η βιταμίνη C μεταφέρεται ως δευδροασκορβικό οξύ (σε οξειδωμένη μορφή) μέσα από τον μεταφορέα γλυκόζης ένα. Ύστερα το δευδροασκορβικό οξύ μετατρέπεται σε ασκορβικό μέσα στο κύτταρο μειώνοντας την συγκέντρωσή του, και προστατεύοντας τα μιτοχόνδρια από οξειδωτικές βλάβες που προκαλούνται από ελεύθερες ρίζες.

Σε ασθένειες η βιταμίνη C έχει συμβάλλει ως ανασταλτικός και αντιοξειδωτικός παράγοντας. Η ελάχιστη κατανάλωση της βιταμίνης C στον άνθρωπο που απαιτείται καθημερινά είναι 40-60mg για την αντιμετώπιση της νεφρικής ανεπάρκειας. Το συμπλήρωμα της βιταμίνης C συνίσταται να χρησιμοποιείται καθημερινά για την πρόληψη του καρκίνου λόγω της ικανότητάς του να διορθώνει τις μεταλλαξιογόνες βλάβες του DNA, και να

αυξάνει τον χρόνο ζωής των καρκινοπαθών σε τελικό στάδιο. Το ασκορβικό οξύ προστατεύει τους ανθρώπους που καπνίζουν μόνο εάν καταναλώσουν τριπλάσια δόση ασκορβικό σε σχέση με τους μη καπνίζοντες για να ελαττώσουν τους κινδύνους που φέρει το κάπνισμα (*Fadime Eryilmaz Pehlivan, 2017*). Όσον αφορά την καρδιαγγειακή και την εγκεφαλοαγγειακή νόσο η βιταμίνη C βοηθάει στη μείωση της εμφάνισής τους , μόνο όμως σε συγκεκριμένες ποσότητες πρόσληψης ασκορβικού οξέος (*Anitra C Carr & Balz Frei , 1999*).

### 1.3.2 Βιταμίνη Ε

Με τον όρο βιταμίνη Ε νοούνται δύο ομάδες χημικών ενώσεων, οι τοκοφερόλες και οι τοκοτριενόλες. Όπως φαίνεται στην εικόνα 3, κάθε ομάδα αποτελείται από τέσσερα μόρια (α-, β-, γ- και δ- τοκοφερόλες και α-, β-, γ- και δ- τοκοτριενόλες). Και οι δύο ομάδες ενώσεων έχουν ένα δακτύλιο χρωμανόλης που φέρει υδροξύλιο (-OH) και μία υδρόφοβη πλευρική αλυσίδα. Διαφέρουν ως προς την παρουσία των 3 διπλών δεσμών στην πλευρική αλυσίδα των τοκοτριενολών (Xu et al.,2015).



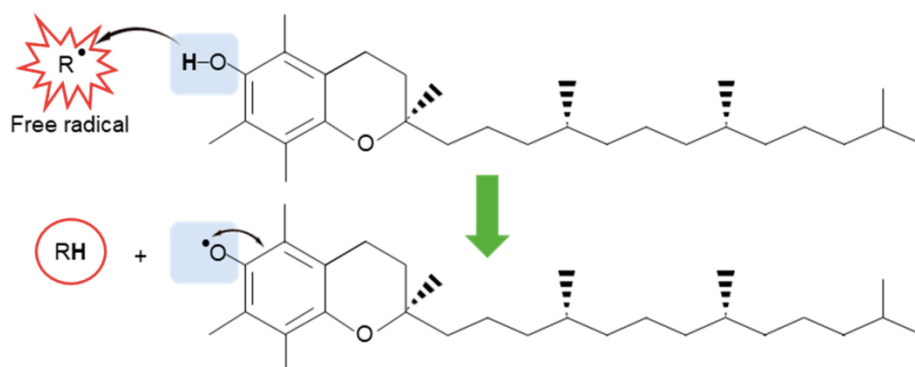
**Εικόνα 3:** Χημική δομή τοκοφερολών και τοκοτριενολών

Πηγή: Xu et al., 2015

Η βιταμίνη Ε είναι λιποδιαλυτή βιταμίνη και διαθέτει αντιοξειδωτική δράση. Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες της βιταμίνης Ε αποδίδονται κυρίως στις τοκοφερόλες, με σημαντικότερη την α-τοκοφερόλη (Oroian & Escriche, 2015).

Το υδροξύλιο που βρίσκεται στο δακτύλιο της χρωμανόλης μπορεί να ελευθερώσει το άτομο του υδρογόνου (-H) που διαθέτει, δημιουργώντας παράλληλα μία ρίζα τοκοφερόλης. Το άτομο υδρογόνου μπορεί να δεσμευθεί από μία ελεύθερη ρίζα (εικόνα 4) και ουσιαστικά να την εξουδετερώσει (Rungratanawanich et al., 2018).

## Vitamin E



**Εικόνα 4:** Αντιοξειδωτική δράση τοκοφερολών

Πηγή: Rungratanawanich et al., 2018

Έχει μελετηθεί κυρίως η αντιοξειδωτική δράση της α-τοκοφερόλης, η οποία θεωρείται ότι έχει τη βέλτιστη βιοδιαθεσιμότητα, με αποτέλεσμα να είναι η μορφή αυτή της βιταμίνης E που ο ανθρώπινος οργανισμός απορροφά και μεταβολίζει κατά προτίμηση. Η α-τοκοφερόλη θεωρείται ότι προστατεύει το κύτταρο από την υπεροξειδωση των λιπιδίων. Έτσι, συνδέεται στην κυτταρική μεμβράνη, αντιδρά με τις λιπιδικές ρίζες και οξειδώνεται παράγοντας ρίζα α-τοκοφερόλης. Παρουσία ασκορβικού οξέος, ρετινόλης ή ουμπικινόλης μπορεί να αναχθεί προς το αρχικό μόριο (Ifeanyi et al., 2018).

Η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (European Food Safety Authority – EFSA) συνιστά η πρόσληψη της βιταμίνης E μέσω της διατροφής να κυμαίνεται από 8 έως 25 mg/ημέρα, σε συνάρτηση με την ηλικία και το φύλο (EFSA, 2010).

Ορισμένες φυσικές πηγές της βιταμίνης E είναι (Oroian & Escriche, 2015, Mutalip et al., 2018):

- δημητριακά (κριθάρι, βρώμη, σίκαλη)
- πράσινο τσάι
- καρύδα,
- ξηροί καρποί (καρύδι, φουντούκι)
- σπόροι παπαρούνας
- ελιές και ελαιόλαδο
- φοινικέλαιο
- σπόροι κολοκύθας
- ηλιόσποροι και ηλιέλαιο

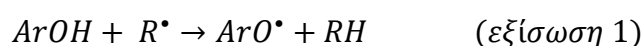
Σύμφωνα με έρευνες, η βιταμίνη E εμφανίζει αντιοξειδωτική δράση και συμβάλει θετικά στην ανδρική (Anel-López et al., 2012) και γυναικεία (Mutalip et al., 2018) αναπαραγωγική υγεία, στη διαχείριση καταθλιπτικών διαταραχών (Manosso et al., 2022) και είναι ένα από τα κύρια προστατευτικά της μεμβράνης έναντι των δραστικών μορφών οξυγόνου και της υπεροξειδωσης των λιπιδίων (Yousef, 2010).

### 1.3.3 Πολυφαινόλες

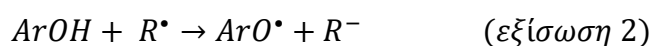
Οι πολυφαινολικές ενώσεις είναι πανταχού παρούσες σε όλα τα φυτικά όργανα και, ως εκ τούτου, αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της ανθρώπινης διατροφής. Έχουν αναφερθεί περισσότερες από 8000 φαινολικές δομές και είναι ευρέως διασκορπισμένες σε όλο το φυτικό βασίλειο – πολλές εμφανίζονται στα τρόφιμα. Οι φαινολικές ουσίες κυμαίνονται από απλές, χαμηλού μοριακού βάρους, ενώσεις απλών αρωματικών δακτυλίων έως τις μεγάλες σύνθετες τανίνες και τις παράγωγες πολυφαινόλες. Συντίθενται από τις οδούς σικιμικού, πολυκετιδίου και μεβαλονικού ή μικτές οδούς, οι οποίες παράγουν τη μεγάλη ποικιλία φυτικών φαινολών. Στα τέλη του 20<sup>ου</sup> αιώνα, το ενδιαφέρον για τις φαινολικές ουσίες των τροφίμων αυξήθηκε λόγω των αντιοξειδωτικών και των ικανοτήτων τους για την σάρωση των ελεύθερων ριζών, την αντιφλεγμονώδη δράση, στη σηματοδότηση, τις αντιμικροβιακές και αντιπολλαπλασιαστικές

τους δραστηριότητες. Οι πολυφαινόλες μπορεί να ασκούν έμμεση αντιοξειδωτική δράση, προστατεύοντας τα ενδογενή αντιοξειδωτικά ένζυμα στο ανθρώπινο σώμα. Οι κύριες ομάδες πολυφαινολών είναι τα φλαβονοειδή, τα φαινολικά οξέα, οι φαινολικές αλκοόλες, τα σπιλβένια και οι λιγνάνες (Ogoian & Escriche, 2015).

Ο μηχανισμός για την αντιοξειδωτική δράση των πολυφαινολών έχει προταθεί από τους Leopoldini et al. (2011). Αρχικά το μόριο πολυφαινόλης απενεργοποιεί τις ελεύθερες ρίζες σύμφωνα με τη μεταφορά ατόμου υδρογόνου και τους μηχανισμούς μεταφοράς απλών ηλεκτρονίων. Ο μηχανισμός μεταφοράς ατόμου υδρογόνου υποθέτει ότι το αντιοξειδωτικό, ArOH, αντιδρά με την ελεύθερη ρίζα, R, με μεταφορά ατόμου υδρογόνου:



Ο άλλος μηχανισμός, η μεταφορά ενός ηλεκτρονίου, υποθέτει ότι το οξειδωτικό δωρίζει ένα ηλεκτρόνιο στο αντιοξειδωτικό μόριο



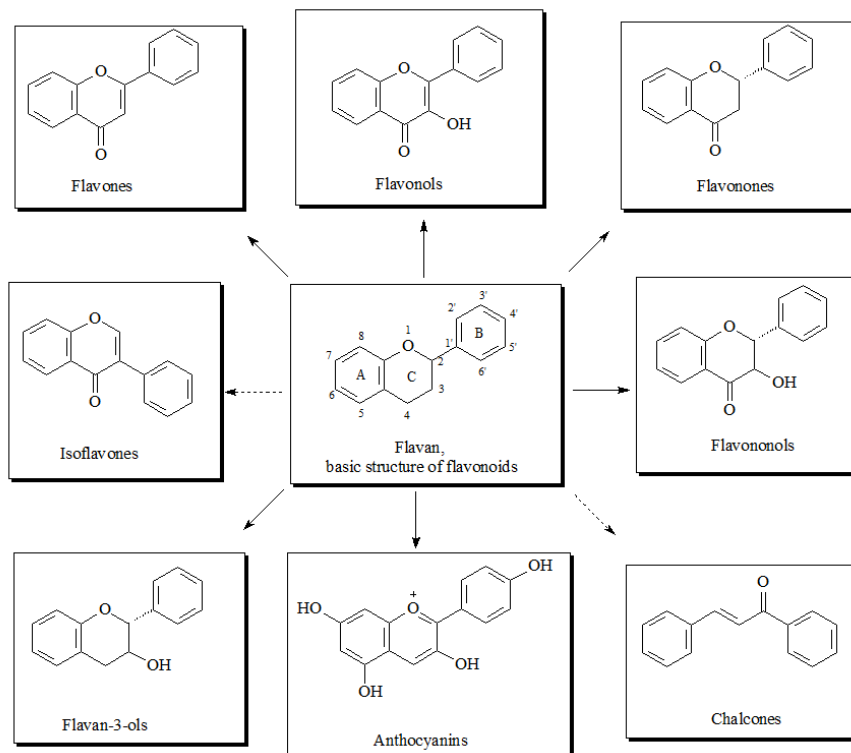
Τα προϊόντα αντίδρασης των δύο μηχανισμών είναι: ένα αβλαβές είδος (RH), μια οξειδωμένη ρίζα (ArO·), μια ρίζα κατιόντων (ArOH·+) και ένα ενεργειακά σταθερό είδος (R-).

### 1.3.3.1 Φλαβονοειδή (flavonoids)

Τα φλαβονοειδή πολλά από τα οποία είναι φυτικές χρωστικές, είναι άφθονα στη φύση. Διακρίνονται σε διάφορες υποκατηγορίες, από τις οποίες οι πιο αντιπροσωπευτικές είναι: φλαβόνες, φλαβονόνες, φλαβονόλες, φλαβανόλες (ονομάζονται επίσης φλαβανό-3-όλες ή κατεχίνες), ανθοκυανιδίνες



και ισοφλαβόνες (Εικόνα 5). Η γενική δομή των φλαβονοειδών περιλαμβάνει έναν σκελετό με 15 άτομα άνθρακα (C6-C3-C6) (Oroian & Escriche, 2015).



**Εικόνα 5:** Ταξινόμηση των φλαβονοειδών ενώσεων.

Πηγή: <https://encyclopedia.pub/entry/2767>

Η ταξινόμηση των φλαβονοειδών πραγματοποιείται όταν στον βασικό σκελετό του μορίου πραγματοποιηθεί (i) υδροξυλίωση, (ii) Ο-μεθυλίωση, (iii) C-μεθυλίωση, (iv) ισοπρενυλίωση ή (v) υποκατάσταση μεθυλενοδιοξυ.

### 1.3.3.2 Φλαβονόλες (flavonols)

Οι φλαβονόλες έχουν μία ομάδα υδροξυλίου (-OH) στον δακτύλιο C στη θέση 3 και ένα καρβονύλιο (C=O) στη θέση 2. Οι φλαβονόλες μπορούν να μετατραπούν σε γλυκοζίτες. Συνήθως σχηματίζουν γλυκοζιτικό δεσμό με γλυκόζη, ραμνόζη, γαλακτόζη και αραβινόζη (Oroian & Escriche, 2015).

Οι κυριότερες διατροφικές φλαβονόλες είναι η κερσετίνη, η μυρικετίνη, η ρουτίνη, η ισοραμνετίνη και η καμπφερόλη. Η κερσετίνη, (3, 3', 4', 5, 7 – πενταϋδροξυφλαβόνη), υπάρχει σε σημαντική ποσότητα στα φρούτα και στα λαχανικά. Εμφανίζεται κυρίως στα φύλλα και στα άλλα μέρη των φυτών ως αγλυκόνη ή γλυκοσίδη, στην οποία μία ή περισσότερες ομάδες σακχάρων έχουν συνδεθεί με φαινολικές ομάδες μέσω γλυκοσιδικού δεσμού. Γενικά, οι γλυκοσίδες κερσετίνης περιέχουν μια ομάδα σακχάρων στην 3-θέση (Oroian & Escriche, 2015).

Ορισμένες πηγές φλαβονολών είναι (Oroian & Escriche, 2015):

- Φλοιοί σταφυλιών *Vitis vinifera*
- Πράσινο τσάι
- Κρασί
- Μάραθο
- Κρεμμύδι

Μελέτες έχουν δείξει ότι η κερσετίνη, η οποία είναι η κύρια φλαβονόλη που υπάρχει στα κρεμμύδια, εμφανίζει αντικαρκινική, αντιφλεγμονώδη, αντι-ιική δράση και μπορεί επίσης να αποτρέψει καρδιαγγειακές παθήσεις στον άνθρωπο (Caridi et al., 2007, Santos et al. 2014 ).

### 1.3.3.3 Φλαβόνες (flavones)

Η χημική δομή των φλαβονών είναι παρόμοια με τη χημική δομή των φλαβονολών, με μόνη διαφορά ότι οι φλαβόνες στερούνται την υδροξυομάδα στη θέση 3 του δακτυλίου C. Οι φλαβόνες μπορούν να βρεθούν σε όλα τα μέρη των φυτών, πάνω και κάτω από το έδαφος, στα βλαστικά και γεννητικά όργανα: στέλεχος, φύλλα, μπουμπούκια, φλοιός, εγκάρδιο, αγκάθια, ρίζες, ριζώματα, άνθη, φρούτα, σπόροι, καθώς και στα εκκρίματα ρίζας και φύλλων ή ρητίνη (Oroian & Escriche, 2015).

Φυσικές πηγές των φλαβονών είναι:

- Φλούδες εσπεριδοειδών

- Κρεμμύδι
- Μαϊντανός

Οι φλαβόνες σύμφωνα με έρευνες έχουν αντιοξειδωτικές, αντικαρκινικές, αντιφλεγμονώδεις, νευροπροστατευτικές, αντι- διαβητικές, αντιμικροβιακές ιδιότητες ενώ μπορούν να δράσουν κατά του έλκους (Oroian & Escriche, 2015)

#### 1.3.3.4 Φλαβανόνες (flavanones)

Οι φλαβανόνες και οι φλαβόνες διαφέρουν ως προς την παρουσία ενός διπλού δεσμού μεταξύ των ανθράκων 2 και 3 του δακτυλίου C. Τον δεσμό αυτό δεν τον παρουσιάζουν οι φλαβανόνες, οι οποίες έχουν ένα ασύμμετρο άτομο άνθρακα στη θέση 2. Μπορούν να εμφανιστούν ως O-ή C-γλυκοσίδες και είναι ιδιαίτερα άφθονες στα εσπεριδοειδή και τα δαμάσκηνα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα φλαβανόνης είναι η ναρινγκενίνη ( naringenin ή 4', 5, 7-τριυδροξυ-φλαβανόνη) που βρίσκεται κυρίως σε εσπεριδοειδή όπως τα πορτοκάλια και το γκρέιπφρουτ.

Ορισμένες πηγές φλαβανονών είναι (Oroian & Escriche, 2015):

- Λεμόνια, λάιμ, γλυκά πορτοκάλια, μανταρίνι και διάφορα είδη εσπεριδοειδών
- Μαύρο σόργο

Ως φλαβανόνη, η ναρινγκενίνη σύμφωνα με τα επιστημονικά δεδομένα εμφανίζει αντιοξειδωτική και αντιδιαβητική δράση, καθώς και επιδεικνύει αντιπολλαπλασιαστικές ιδιότητες στον καρκίνο του τραχήλου της μήτρας. Η ναρινγκενίνη αναστέλλει τη συσταλτικότητα του γαστρεντερικού λείου μυός σε απομονωμένους ζωικούς ιστούς και την έκκριση χλωρίου σε απομονωμένα επιθήλια του παχέος εντέρου. Έχει επίσης αντιφλεγμονώδεις, αντικαρκινογόνες, αντιυπερτασικές, αντιαθηρογόνες και αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Oroian & Escriche, 2015).

### 1.3.3.5 Φλαβανόλες (flavanols)

Οι φλαβανόλες είναι ευάλωτες σε διάφορες αντιδράσεις αποσύνθεσης που επιταχύνονται από τη θερμότητα, τα συστατικά των τροφίμων, τις συνθήκες αυξημένου pH (>5) και την παρουσία διαλυμένου οξυγόνου ή άλλων ενεργών μορφών οξυγόνου

Ορισμένες πηγές φλαβανολών είναι:

- Πράσινο τσάι
- Ανθρώπινο γάλα
- Λικέρ κυδώνι

Οι φλαβανόλες έχουν αντιοξειδωτική, αντιθρομβωτική, αντιφλεγμονώδη και αντιπολλαπλασιαστική δράση, καθώς και αναστολή παθογόνων βακτηρίων και ρύθμιση του μεταβολισμού των λιπιδίων (Oroian & Escriche, 2015).

### 1.3.3.6 Ανθοκυανίνες (anthocyanins)

Οι ανθοκυανίνες είναι η μεγαλύτερη ομάδα φυσικών χρωστικών ενώσεων στη φύση. Είναι υπεύθυνες για το χρώμα ορισμένων φρούτων και λουλουδιών. Είναι μια κατηγορία φυσικών βιοδραστικών ουσιών των οποίων η παρουσία σε τρόφιμα και ποτά μπορεί να εκτιμηθεί οπτικά, κάτι που διευκολύνει τη μεταφορά πληροφοριών από τη διατροφική και φαρμακολογική έρευνα σε πρακτικές συμβουλές σε καταναλωτές που ασχολούνται με την υγεία. Οι ανθοκυανίνες σχηματίζουν γλυκοζιτικούς δεσμούς με έναν ή περισσότερους μονοσακχαρίτες, οπότε ονομάζονται ανθοκυάνες. Τα σάκχαρα μπορεί να συνδέονται με την ανθοκυανιδίνη με α ή β δεσμό, και πάντα στη θέση 3 της αγλυκόνης. Όταν υπάρχουν πρόσθετα σάκχαρα στο μόριο της ανθοκυανίνης, συνδέονται με τις θέσεις 5 και 7 και σπανιότερα με 3' και 5'. Τα σάκχαρα που απαντώνται στις ανθοκυανίνες μπορεί να είναι εξόζες (γλυκόζη και γαλακτόζη) και πεντόζες (ξυλόζη, αραβινόζη) (Oroian & Escriche, 2015).

Οι ανθοκυανίνες είναι εξαιρετικά ασταθείς και έχουν την τάση να αποικοδομούνται εύκολα, με την επίδραση της θερμοκρασίας, του pH, του

φωτός, του οξυγόνου, διαλυτών, μεταλλικών ιόντων, ασκορβικού οξέος, θειώδους και ενζύμων (Oroian & Escriche, 2015).

Φυσικές πηγές ανθοκυανινών είναι:

- Μούρα
- Σταφύλια και κρασί
- Ντομάτες
- Ρόδια
- Πράσινοι κόκκοι καφέ
- Κόκκινο λάχανο
- Γλυκοπατάτες

Οι ανθοκυανίνες έχουν ευεργετικές επιδράσεις στον άνθρωπο. Παρουσιάζουν αντιοξειδωτική και αντικαρκινογόνο δράση, δρουν προληπτικά κατά των καρδιαγγειακών παθήσεων, του καρκίνου και του διαβήτη. Το αντιοξειδωτικό δυναμικό των ανθοκυανινών εξαρτάται από τη χημική δομή του μορίου, τη φαινολική δομή που δίνει αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Oroian & Escriche, 2015).

### 1.3.3.7 Ισοφλαβόνες (isoflavones)

Οι ισοφλαβόνες είναι μια ομάδα ετεροκυκλικών ενώσεων οξυγόνου που ανήκουν στα φυτοοιστρογόνα. Οι κύριες μορφές ισοφλαβονών στα φυτά είναι οι γλυκοσίδες με ένα σάκχαρο (π.χ. γλυκόζη, μηλονυλογλυκόζη, ακετυλογλυκόζη, γαλακτόζη, ραμνόζη κ.λπ.)

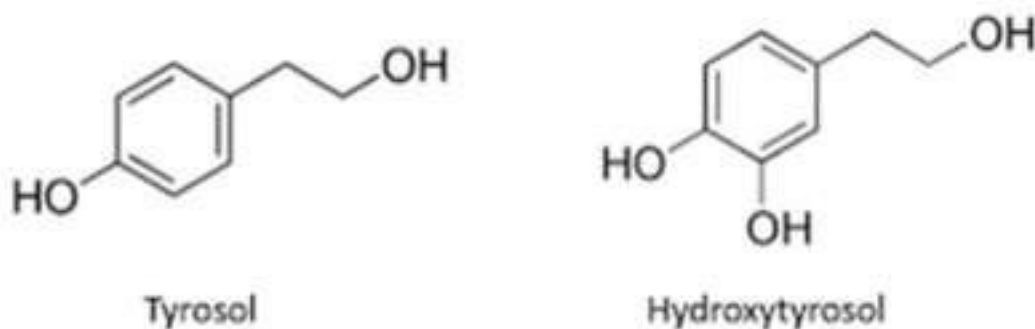
Ορισμένες φυσικές πηγές ισοφλαβονών είναι:

- Σόγια
- Πράσινες, κίτρινες και κόκκινες φακές, κόκκινα φασόλια, φασόλια και ρεβίθια

Οι ισοφλαβόνες έχουν ένα μεγάλο φάσμα λειτουργικών πλεονεκτημάτων στον ανθρώπινο οργανισμό, όπως μείωση του καρδιαγγειακού κινδύνου, μετεμμηνοπαυσιακά συμπτώματα ή καρκίνο (Oroian & Escriche, 2015).

### 1.3.3.8 Φαινολικές αλκοόλες (phenolic alcohols)

Οι φαινολικές αλκοόλες είναι 2-φαινυλαιθανόλη, (3, 4-διυδροζυφαινυλ) αιθανόλη, που ονομάζεται επίσης υδροξυτυροσόλη, (π-υδροξυφαινυλ) αιθανόλη, που ονομάζεται επίσης τυροσόλη και (3,4-διϋδροφαινυλ-) αιθανόλη-γλυκόζη. Η τυροσόλη και η υδροξυ-τυροσόλη, υπάρχουν στις ελιές, το ελαιόλαδο και τα λύματα του ελαιοτριβείου.



**Εικόνα 6:** Χημικές δομές της τυροσόλης και της υδροξυτυροσόλης

Πηγή: [https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structures-of-two-phenolic-alcohol-compounds-isolated-from-olive-fruit-modified\\_fig2\\_349311539](https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structures-of-two-phenolic-alcohol-compounds-isolated-from-olive-fruit-modified_fig2_349311539)

Ορισμένες φυσικές πηγές φαινολικών αλκοολών είναι:

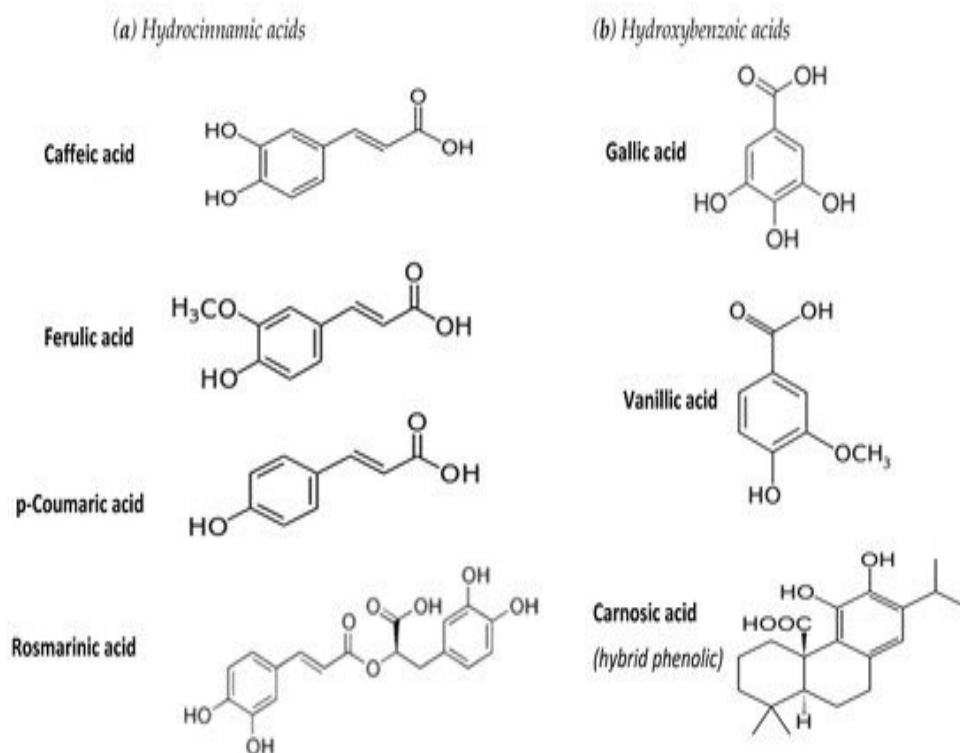
- Ελιές και ελαιόλαδο
- Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου
- Ελληνικά λευκά κρασιά από *Vitis vinifera* L cv. Μαλαγουσία

Η αξιοσημείωτη αντιοξειδωτική δράση της υδροξυτυροσόλης την καθιστά μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση στα συνθετικά αντιοξειδωτικά όπως το 2,6-δι-τριπ-βουτυλ-4-υδροξυτολουόλιο (BHT), οι 2- και 3-τριπ-βουτυλ-4-υδροξυανισόλες (BHA), ή αιθοξυκίνη, τα οποία εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται συνήθως ως συντηρητικά τροφίμων ή/και ζωοτροφών παρά την επιβεβαιωμένη τοξικότητά τους. Η υδροξυτυροσόλη και η τυροσόλη ασκούν *in vitro* προστατευτική δράση έναντι της οξείδωσης των λιποπρωτεϊνών

χαμηλής πυκνότητας (LDL) και σε χαμηλή συγκέντρωση έχει βρεθεί ότι προστατεύουν τα ανθρώπινα ερυθροκύτταρα και το DNA από οξειδωτικές βλάβες. Η υδροξυτυροσώλη είναι ένα από τα λίγα θρεπτικά συστατικά που έχουν εγκριθεί από την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (2011) για την ικανότητά του να διατηρεί υγιή επίπεδα χοληστερόλης LDL και την αντιοξειδωση των λιπιδίων (Oroian & Escriche, 2015)

#### **1.3.3.9 Φαινολικά οξέα (phenolic acids)**

Τα φαινολικά οξέα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τη δομή τους. Διακρίνονται σε παράγωγα του βενζοϊκού οξέος και παράγωγα του κινναμωμικού οξέος (εικόνα 7). Αυτές οι ενώσεις αποτελούνται από ένα δακτύλιο βενζολίου συνδεδεμένο με μια καρβοξυλική ομάδα (βενζοϊκά οξέα) ή με ένα προπενοϊκό οξύ (κινναμωμικά οξέα). Τα υδροξυβενζοϊκά οξέα περιλαμβάνουν γαλλικό, π-υδροξυ-βενζοϊκό, πρωτοκατεχοϊκό, βανιλικό και συριγικό οξύ. Τα πιο σημαντικά υδροξυκινναμικά οξέα είναι το καφεϊκό, το φερουλικό, το π-κουμαρικό και το σιναπτικό οξύ (Oroian & Escriche, 2015).



**Εικόνα 7:** Χημικές δομές των φαινολικών οξέων της ομάδας. Παράγωγα του βενζοϊκού οξέος και παράγωγα του κινναμωμικού οξέος

Πηγή: <https://encyclopedia.pub/entry/14567>

Ορισμένες φυσικές πηγές φαινολικών οξέων είναι:

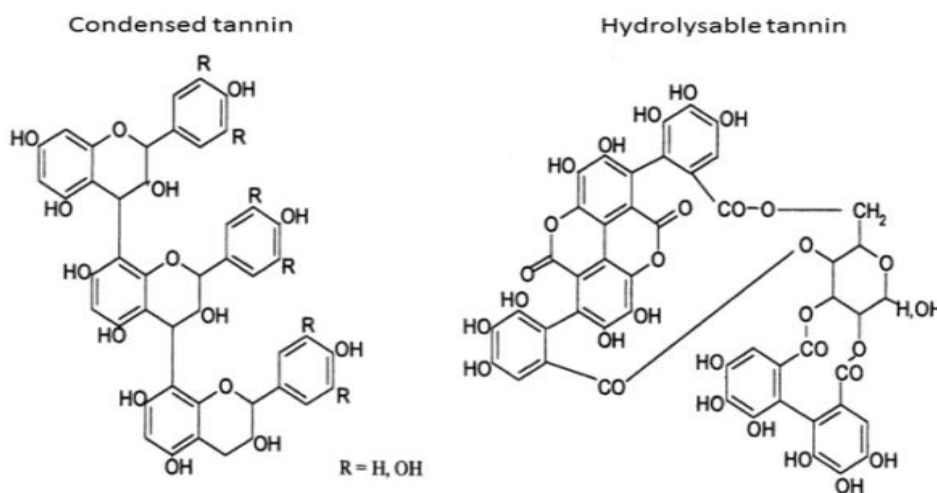
- Αποξηραμένο τζίντζερ
- Μάραθο
- Δημητριακά
- Πράσινοι κόκκοι καφέ
- Μουστάρδα
- Χυμός πορτοκαλιού
- Αρωματικά φυτά (θυμάρι, φασκόμηλο, δεντρολίβανο, ρίγανη, βασιλικός, μαντζουράνα
- Οίνος

Τα φαινολικά οξέα είναι ισχυρά αντιοξειδωτικά και έχει αναφερθεί ότι επιδεικνύουν αντιβακτηριακές, αντιικές, αντικαρκινογόνες, αντιφλεγμονώδεις και αγγειοδιασταλτικές δράσεις (Oroian & Escriche, 2015).



### 1.3.3.10 Ταννίνες (tannins)

Οι τανίνες έχουν μεγάλη με μοριακή μάζα έως και 30.000 Da και παράγονται από τα φυτά ως δευτερογενείς μεταβολίτες. Οι ταννίνες μπορούν να χωριστούν σε υδρολυόμενες και συμπυκνωμένες ταννίνες. Οι υδρολυόμενες ταννίνες έχουν μοριακή μάζα που κυμαίνεται μεταξύ 500 και 5000 Da. Έχουν έντονο στυπτικό χαρακτήρα και σημαντική αντιοξειδωτική δράση (Oroian & Escriche, 2015).



**Εικόνα 8:** Συμπυκνωμένες και υδρολυόμενες ταννίνες

Πηγή: [https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-condensed-tannins-and-hydrolysable-tannins-McSweeney-et-al\\_fig7\\_315804884](https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-condensed-tannins-and-hydrolysable-tannins-McSweeney-et-al_fig7_315804884)

Σημαντικές ποσότητες ταννινών έχουν ταυτοποιηθεί σε :

- Συμπυκνωμένες τανίνες υπάρχουν σε καλύμματα σπόρων, λωτούς, και canola.
- Πράσινοι κόκκοι καφέ
- Οι υδρολυόμενες γαλλοταννίνες μπορεί να υπάρχουν στο κρασί που έχει παλαιωθεί σε δρύινο βαρέλι και θα μπορούσαν να προστεθούν ως οινοταννίνες κατά την οινοποίηση (παραδοσιακά για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων πρωτεϊνών)
- Κουκούτσια μάνγκο

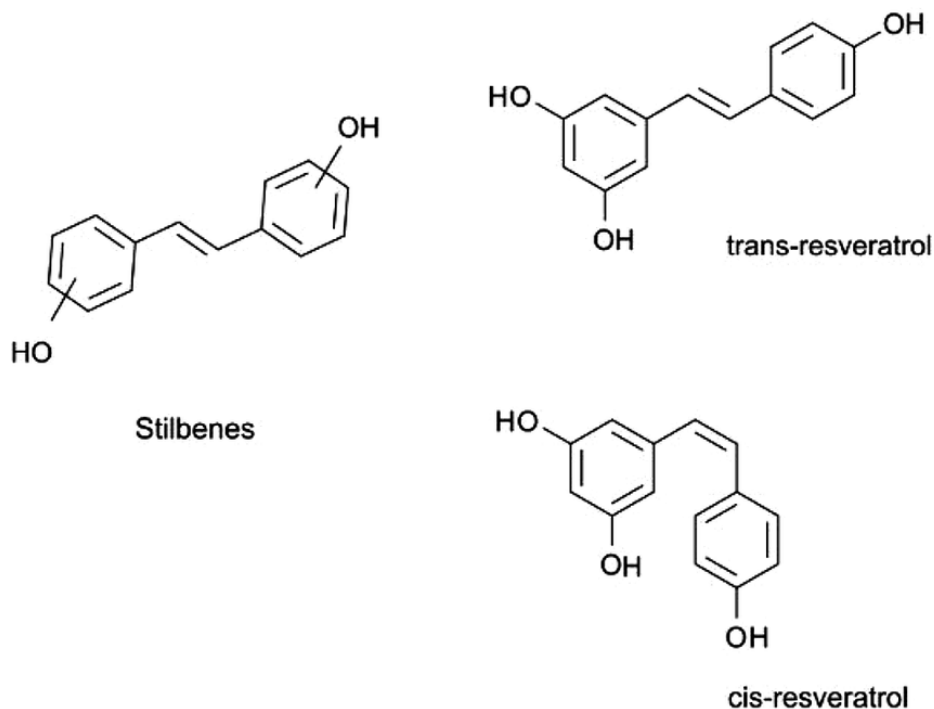
- Ρόδια
- Φράουλες
- Καρύδια
- Ούισκι

Οι τανίνες έχουν αναφερθεί ότι έχουν αντιθρομβωτικές, αντιαθηρογόνες, αντιμεταλλαξιγόνες, αντιδιαβητικές και αντι-πολλαπλασιαστικές επιδράσεις, αντικαρκινογόνες, αντιφλεγμονώδεις, αντιικές και αντιβακτηριακές ιδιότητες (Oroian & Escriche, 2015)..

#### 1.3.3.11 Στιλβένια (stilbenes)

Τα στιλβένια είναι φαινολικές ενώσεις που εμφανίζουν δύο αρωματικούς δακτυλίους που συνδέονται με μια γέφυρα αιθανίου και διακρίνονται μονομερή (ρεσβερατρόλη, οξυρεσβερατρόλη) και ολιγομερή (διμερή, τριμερή ή άλλα στιλβένια) ή άλλα στιλβένια (π.χ. έψιλον-βινιφερίνη, παλλιδόλη, κ.λπ.). Είναι σημαντικά λόγω των επιπτώσεών τους στην υγεία, οι οποίες εμφανίζονται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις σε σύγκριση με άλλες φαινολικές ενώσεις (Oroian & Escriche, 2015).

Η ρεσβερατρόλη είναι ένα χαρακτηριστικό σημαντικό στιλβένιο, παράγεται από τα αμπέλια ως απόκριση στη μόλυνση από βοτρυτή και σε άλλες μυκητιασικές προσβολές (εικόνα 7).



**Εικόνα 9:** Χημική δομή στιλβενίων και ρεσβερατρόλης

Πηγή: [https://www.researchgate.net/figure/The-basic-structure-of-stilbenes-1-2-diarylethenes-left-and-cis-and-trans-resveratrol\\_fig3\\_339171852](https://www.researchgate.net/figure/The-basic-structure-of-stilbenes-1-2-diarylethenes-left-and-cis-and-trans-resveratrol_fig3_339171852)

Φυσικές πηγές στιλβενίων είναι :

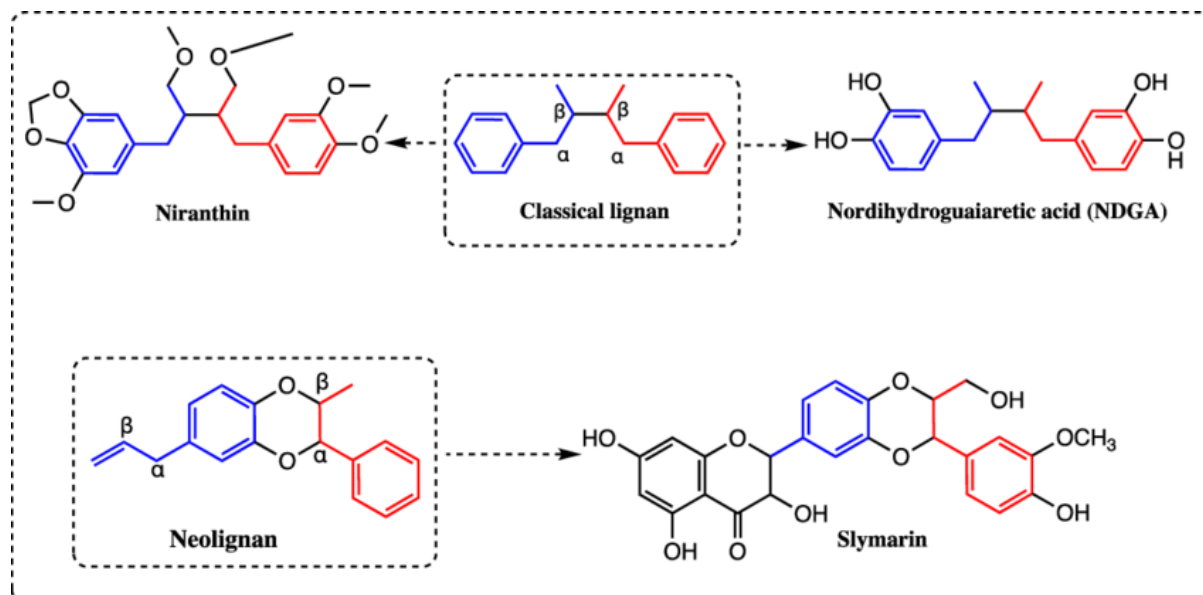
- Αμύγδαλα
- Σοκολάτα και κακάο
- Φλοιοί από σταφύλια, κόκκινο κρασί

Τα στιλβένια έχουν: αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή αποτελεσματικότητα προλαμβάνουν τις καρδιαγγειακές παθήσεις, την αρτηριοσκλήρωση και τον καρκίνο και δρουν ως αντιφλεγμονώδεις και αντιιικοί παράγοντες (Oroian & Escriche, 2015).

### 1.3.3.12 Λιγνάνες (lignans)

Οι λιγνάνες είναι μια ομάδα φαινολικών ενώσεων, οι οποίες εμφανίζονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στον λιναρόσπορο και σε άλλους σπόρους, στις ρίζες, στα φύλλα, στους καρπούς και στα ξυλώδη μέρη των αγγειακών φυτών

και δημητριακά. Οι δομές των λιγνανών είναι βασισμένες στη δομική μονάδα C6-C3 (σκελετός προπυλοβενζολίου).



**Εικόνα 10:** Χημική δομή λιγνανών. Διακρίνεται ο βασικός δακτύλιος προπυλονβενζολίου.

Πηγή: [https://www.researchgate.net/figure/The-classification-and-chemical-structures-of-lignans\\_fig5\\_339955834](https://www.researchgate.net/figure/The-classification-and-chemical-structures-of-lignans_fig5_339955834)

Φυσικές πηγές λιγνανών είναι:

- Ρίζες, φύλλα, σπόροι, φρούτα και ξυλώδη μέρη αγγειακών φυτών, λαχανικών, μη αλκοολούχων ποτών, αλκοολούχων ποτών και δημητριακών
- Μπαχαρικά

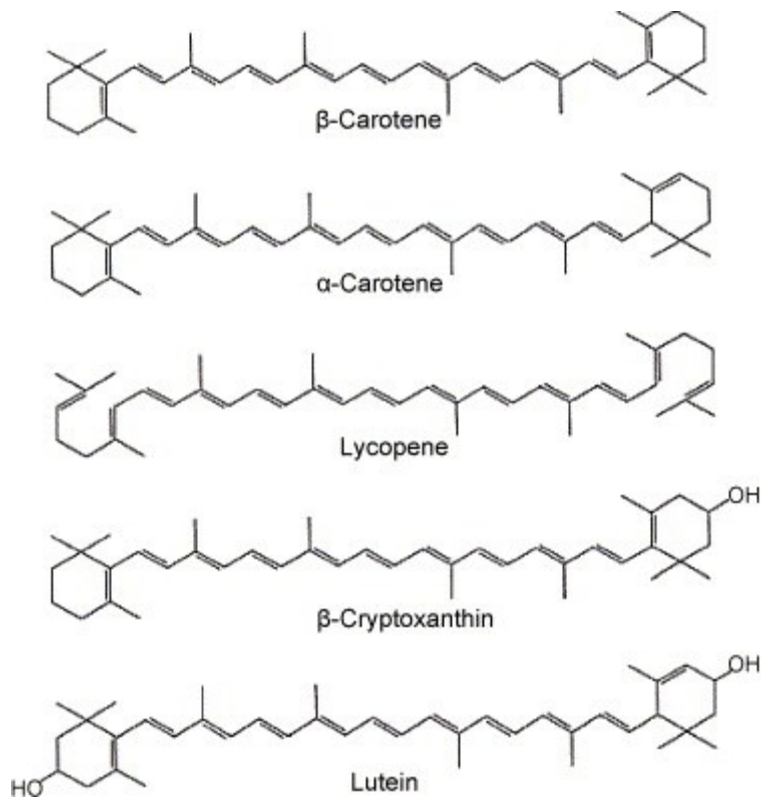
Οι λιγνάνες είναι αντιοξειδωτικά και παίζουν ρόλο στη φυσιολογική λειτουργία του παχέος εντέρου και αναστέλλουν/καθυστερούν την ανάπτυξη του πειραματικού καρκίνου του μαστού (Oroian & Escriche, 2015).

### 1.3.4 Καροτενοειδή

Τα καροτενοειδή είναι μία οικογένεια χρωστικών ενώσεων που συντίθεται από μικροοργανισμούς και φυτά. Προστατεύουν τα φυτά από την φωτοφθορά. Στη διατροφή τα καροτενοειδή τα βρίσκει κανείς στα φρούτα και στα λαχανικά ως μικροσυστατικά που είναι υπεύθυνα για το χρώμα τους. Έχει αποδειχθεί πως οι ευεργετικές ιδιότητες των καροτενοειδών μέσα από τα φρούτα και τα λαχανικά συνέβαλλαν στην πρόληψη χρόνιων ασθενειών όπως τα καρδιαγγειακά, τα καρκινικά, οφθαλμολογικά κ.α. Έχουν εντοπιστεί στη φύση περισσότερα από 600 καροτενοειδή όμως μόνο 40 υπάρχουν στην ανθρώπινη διατροφή και 20 από τα 40 έχουν εντοπιστεί στο αίμα και στους ιστούς. Τα πιο ενεργά καροτενοειδή είναι :

- Β- καροτίνη
- Α-καροτίνη
- Λυκοπένιο
- Λουτεΐνη
- Κρυπτοξανθίνη

Τα οποία βρίσκονται στο ανθρώπινο σώμα και αποτελούν και το 90% της ανθρώπινης διατροφής.



**Εικόνα 11:** Δομή ορισμένων κύριων διατροφικών καροτενοειδών

Πηγή: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043661807000357>

Στη σύνθεση τους διαθέτουν πολυισοπρενοειδή δομή, μεγάλη συζευγμένη αλυσίδα διπλού δεσμού, και σχεδόν αμφοτερόπλευρη συμμετρία ως παρόμοια χημικά χαρακτηριστικά (A.V Rao & L.G. Rao, 2007). Τα καροτενοειδή χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τα καροτένια που περιέχουν μόνο άτομο άνθρακα και υδρογόνο και οι ξανθοφύλλες που έχουν μόνο ένα άτομο οξυγόνου (Wilhelm Stahl & Helmut Sies, 2003). Τα κίτρινο -πορτοκαλί λαχανικά και φρούτα περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις β-καροτίνης, α-καροτίνης, τα πορτοκαλί φρούτα α-κρυπτοξανθίνη , τα σκούρα πράσινα λαχανικά λουτείνη και οι ντομάτες το λυκοπένιο. Τα καροτενοειδή απορροφούνται καλύτερα στο γαστρεντερικό βλεννογόνο και παρουσιάζονται αμετάβλητα στο αίμα και στους ιστούς όταν οι τροφές είναι καλά μαγειρεμένες. Στο έντερο απορροφούνται με παθητική διάχυση. Συνήθως τα καροτενοειδή αποθηκεύονται στον λιπώδη ιστό.

Ο αντιοξειδωτικός μηχανισμός των καροτενοειδών αποτελεί την πρώτη άμυνα των ευεργετικών ιδιοτήτων τους. Μελέτες έχουν αναδείξει ότι τα καροτενοειδή ότι μπορούν να λειτουργήσουν μέσα από άλλους μηχανισμούς

όπως η ρύθμιση της εξέλιξης κυττάρων , να επικοινωνήσουν με διάκενο, η ανοσοαπόκριση , μέσω της ρύθμισης των γονιδίων και ως ρυθμιστές των ενζύμων μεταβολισμού φάσης ένα και δύο. Το πιο μεγάλο ίσως προσόν των καροτενοειδών είναι η μετατροπή τους και σε βιταμίνη Α που αποτελεί σημαντική βιταμίνη αντιοξειδωτικών. Οι ουσίες που λειτουργούν κυρίως ως αντιοξειδωτικά στα καροτενοειδή είναι η β-καροτίνη και το λυκοπένιο. Η β-καροτίνη κατέστειλε την έκφραση του γονιδίου της αίμης οξυγενάσης-1 με δοσοεξαρτώμενη μέθοδο , όταν οι ανθρώπινοι ινοβλάστες εκτέθηκαν σε ακτινοβολία (UVA). Η β-καροτίνη έχει λειτουργήσει και ως προοξειδωτικό σε πολλές καταστάσεις.

Το λυκοπένιο είναι και αυτό μία σημαντική αντιοξειδωτική ουσία στα καροτενοειδή και υπάρχει σε μεγάλες συγκεντρώσεις στην ντομάτα σε μικρότερη συγκέντρωση στο καρπούζι, την παπάγια ,το βερίκοκο, ροζ γκρέιπφρουτ κτλ.. Μελέτη του 1999 έδειξε ότι η αυξημένη πρόσληψη λυκοπενίου μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου , και ιδιαίτερα καρκίνου του μαστού ,του προστάτη, ωοθηκών και τραχήλου της μήτρας, ήπατος. Για μελέτη που έγινε στο οξειδωτικό στρες και στο πως επιδρούν τα καροτενοειδή ως αντιοξειδωτικά σε καρκινοπαθείς , εμφανίστηκαν διαφορές στα επίπεδα του καροτενοειδού ορού, στο ειδικό αντιγόνο (PSA), και στους βιοδείκτες οξείδωσης σε αυτά τα άτομα. Το λυκοπένιο σε έρευνα έδειξε ότι μειώνει τα επίπεδα του PSA , και συμβάλλει στη διόρθωση της οξειδωτικής βλάβης του DNA. Επιπλέον το in vivo λυκοπένιο λειτουργεί ως ισχυρό αντιοξειδωτικό προστατεύοντας τα κύτταρα από οξειδωτικές βλάβες και αποτρέποντας επί το πλείστον τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνων. Το λυκοπένιο έχει αποδειχθεί πως ελαττώνει τα επίπεδα της οξειδωμένης χοληστερόλης LDL, και συμβάλλει στη μείωση της καρδιαγγειακής νόσου μειώνοντας τα επίπεδα ολικής χοληστερόλης στον ορό. Στο οξειδωτικό στρες το λυκοπένιο ως αντιοξειδωτικό ,καταστρέφει τις βλάβες που προκαλεί το οξειδωτικό στρες και ταυτόχρονα διεγείρει τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων προστατεύοντας τον οργανισμό. Μελέτες έχουν δείξει ότι τα αντιοξειδωτικά εξουδετερώνουν την επίδραση της οστεοπόρωσης, οπότε η β-καροτίνη μειώνει τον κίνδυνο της οστεοπόρωσης.

Τέλος το λυκοπένιο έχει προσεγγίσει έρευνες για την προστασία που παρέχει ενάντια στην υπέρταση, στο εμφύσημα, στην ανδρική υπογονιμότητα,

στη νόσο Πάρκινσον. Η αντιοξειδωτική δράση του λυκοπενίου έχει ανοίξει νέους δρόμους στην ανάπτυξη καινούριων προϊόντων με λυκοπένιο σε βιομηχανίες τροφίμων, φαρμάκων και καλλυντικών. Όλες οι μελέτες καταλήγουν στο ότι τα καροτενοειδή εμποδίζουν την ανάπτυξη του αρχικού σταδίου των ασθενειών βελτιώνοντας την ποιότητα της ανθρώπινης ζωής (A.V Rao & L.G. Rao, 2007).



## 2.1 Κανέλα: Ιστορία

Η χρήση της κανέλας χρονολογείται χιλιάδες χρόνια πριν ως μπαχαρικό, αιθέριο έλαιο και φυτικό φάρμακο. Το επιστημονικό όνομα *Cinnamomum* προκύπτει από την αραβική και εβραϊκή λέξη *amomon* που σημαίνει αρωματικό φυτό μπαχαρικών. Μπαχαρικά όπως η κανέλα και η κασσία χρησιμοποιούνταν ευρέως στην αρχαία Ελλάδα και τη Ρώμη. Ο όρος “κανέλα” προέρχεται από την ελληνική λέξη “κινάμον”. Είναι τόσο αρχαία η χρήση της κανέλας που χρησιμοποιούνταν ως ένα από τα μπαχαρικά που έκαιγαν με θυμίαμα σε θρησκευτικές τελετές. Συγκαταλέγεται ως ένα από τα παλαιότερα φυτικά φάρμακα δεδομένου ότι αναφέρεται στη Βίβλο (Έξοδος, Παροιμίες και Άσμα Ασμάτων) και στις κινέζικες γραφές πριν από 4.000 χρόνια (*Denys J, 2012*).

Οι Αιγύπτιοι συνήθιζαν να χρησιμοποιούν την κανέλα για την ταρίχευση πάνω από 3.600 χρόνια πριν. Τον δέκατο όγδοο αιώνα ο Ολλανδός Francois Valentijn έγραψε εκτενώς για τη συλλογή του φλοιού της κανέλας. Τον δέκατο πέμπτο αιώνα οι πορτογάλοι έφεραν την κανέλα και άλλα μπαχαρικά στην Πορτογαλία από το Calicut της Ινδίας. Μεταξύ του 1767 και 1770 ένας Ολλανδός άποικος ξεκίνησε τη συστηματική καλλιέργεια της κανέλας στη Σρι Λάνκα και ύστερα ο Pierre Poivre έφερε την κανέλα στις Σεϋχέλλες το 1771. Οι Ολλανδοί μετέφεραν την κανέλα και στις περιοχές που κατείχαν στην Ανατολική Ινδία όπου μετέπειτα αποτέλεσε ένα από τα πιο προσοδοφόρα μπαχαρικά στο εμπόριο. Η κανέλα και η κασσία θεωρήθηκε ότι προήλθαν από την Αραβία τόσο από τον Ηρόδοτο τον πέμπτο αιώνα π.Χ. όσο και από τον Θεόφραστο τον τέταρτο αιώνα π.Χ. Ήδη από το 2500 π.Χ. οι Κινέζοι κατανάλωναν την κανέλα ως φάρμακο (*Denys J, 2012*).

## 2.2 Αντιοξειδωτική δράση κανέλας

Διάφορα εκχυλίσματα κανέλας αιθερικά, υδατικά, και μεθανολικά έχουν δείξει ιδιαίτερη αντιοξειδωτική δράση. Διαφορετικά φλαβονοειδή που προέρχονται από την κανέλα έχουν αντιοξειδωτική δράση και δράση δέσμευσης ελευθέρων ριζών. Η κινναμαλδεύδη έχει την ικανότητα να καταστέλλει τόσο τον σχηματισμό μονοξειδίου του αζώτου όσο και την έκφραση του επαγωγίμου μονοξειδίου του αζώτου σύμφωνα με έρευνα σχετικά με τις ανασταλτικές επιδράσεις των άλλων συστατικών της κανέλας στη σύνθεση του μονοξειδίου του αζώτου. Οι ισχυρότερες ανασταλτικές δράσεις καταγράφηκαν σε συγκεντρώσεις 81,5%, 71,7% και 41,2% σε 1,0, 0,5, και 0,1 μg/mL αντίστοιχα. Γενικά η κανέλα παρουσίασε μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση σε σύγκριση με τα άλλα μπαχαρικά. Σε μία άλλη έρευνα εξετάστηκε η επίδραση ενός μείγματος μπαχαρικών στην αντιοξειδωτική δράση και στους δείκτες οξειδωτικού στρες σε αρουραίους που ήταν ανθεκτικοί στην ινσουλίνη και τρέφονταν με δίαιτα υψηλής φρουκτόζης. Σε σύγκριση με την ομάδα της φρουκτόζης ο συνδυασμός που περιείχε 1g/100g φλοιού κανέλας είχε σημαντική αντιοξειδωτική δράση (*Pasupuleti Visweswara & Siew Hua, 2014*).

Η κανέλα έχει θετικά οφέλη για το σάκχαρο του αίματος, την ευαισθησία στην ινσουλίνη, τα λιπίδια, την αρτηριακή πίεση, την άλιπη μάζα και την κένωση του στομάχου σε δοκιμές που έγιναν σε ανθρώπους υγιείς και ανθρώπους με μεταβολικό σύνδρομο, διαβήτη τύπου 2 και σύνδρομο πολυκυστικών ωοθηκών (Denys J, 2012).

## 2.3 Κανέλα Κεϋλάνης

### 2.3.1 Εισαγωγικά στοιχεία

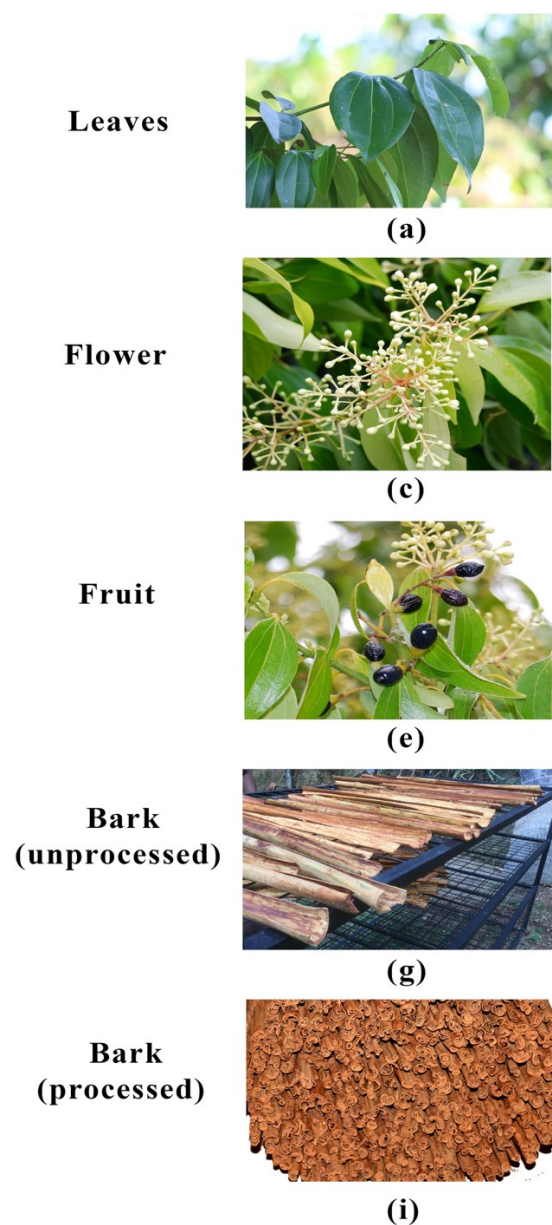
Η *Cinnamomum zeylanicum* (συν. *Cinnamomum Verum*) έχει την κοινή ονομασία «κανέλα Κεϋλάνης» ή «αληθινή» ή «μεξικάνικη κανέλα». Η *C. zeylanicum* αποτελεί γηγενής καλλιέργεια των περιοχών Σρι Λάνκα, Ινδία, Μαδαγασκάρη, Βραζιλία και Καραϊβική. Επίσης, καλλιεργείται στη Δυτική Αφρική, όπου έχει πολλές χρήσεις. Για παράδειγμα, χρησιμοποιείται ως καρύκευμα, προστίθεται σε ποτά και σάλτσες, ο φλοιός του δέντρου θεωρείται βρώσιμος και τα φύλλα είναι ιδιαίτερα αρωματικά. Ο φλοιός, τα φύλλα και οι ρίζες της *C. zeylanicum* έχουν χρησιμοποιηθεί στην παραδοσιακή ιατρική ως φάρμακο για τη θεραπεία του πόνου, της αρθρίτιδας, των ρευματισμών, των ρινοφαρυγγικών παθήσεων, της διάρροιας και της δυσεντερίας (Mbaveng & Kuete, 2017).

### 2.3.2 Στοιχεία βοτανολογίας και καλλιέργεια της *Cinnamomum zeylanicum*

Η *Cinnamomum zeylanicum* είναι δέντρο με μέσο ύψος 10 - 15 m. Τα άνθη (εικόνα 12c) έχουν πρασινωπό χρώμα και αναδύουν μία μάλλον δυσάρεστη οσμή. Ο καρπός (εικόνα 12e) έχει μωβ χρώμα και οβάλ σχήμα με μήκος περίπου 1 cm, ο οποίος περιέχει ένα μόνο σπόρο (Mbaveng & Kuete, 2017).

Η *C. zeylanicum* προτιμά να αναπτύσσεται σε τροπικό κλίμα. Συναντάται σε διάφορα υψόμετρα, από ορεινές πλαγιές έως πεδινά δάση και μπορεί να καλλιεργηθεί τόσο ελώδη εδάφη όσο και σε εδάφη με καλή ικανότητα στράγγισης. Σε περιοχές όπου παρουσιάζονται εποχιακές κλιματικές συνθήκες, η ανάπτυξη της είναι δύσκολη και σπάνια (Mbaveng & Kuete, 2017).

*Cinnamomum zeylanicum*



**Εικόνα 12:** (a) Φύλλα, (c) άνθη, (e) καρπός, (g) φλοιός που δεν έχει υποστεί επεξεργασία και (i) φλοιός που έχει υποστεί επεξεργασία του είδους *C. Zeylanicum*

Πηγή: De Silva et al., 2021

Ο πολλαπλασιασμός του *C. zeylanicum* πραγματοποιείται με δύο κυρίως μεθόδους: με σπόρους ή με μοσχεύματα. Κατά τη διαδικασία του αγενή

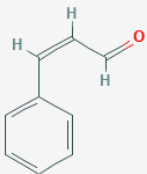
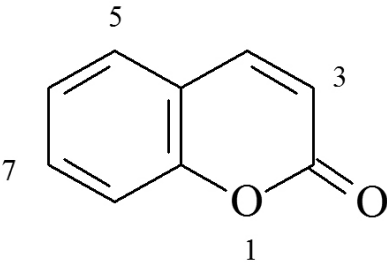
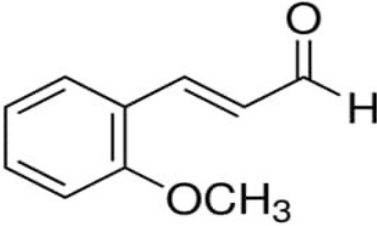
πολλαπλασιασμού επιλέγονται μίσχοι με μήκος περίπου 2,5 cm. Για ένα διάστημα 4-6 μηνών οι μίσχοι ή οι σπόροι φύονται και αναπτύσσονται σε φυτώρια, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Στη συνέχεια οδηγούνται στο χωράφι και όταν πρόκειται για εμπορικά εκμεταλλεύσιμες φυτείες, το ένα δέντρο τοποθετείται από το άλλο σε αποστάσεις 120 × 90 cm ή 60 × 120 cm σε καλλιέργειες που δεν είναι επίπεδες. Το έδαφος, τα ζιζάνια, η λίπανση, η αφαίρεση παρασίτων και η αντιμετώπιση των ασθενειών αποτελούν κύριες εργασίες φροντίδας (Suriyagoda et al., 2021).

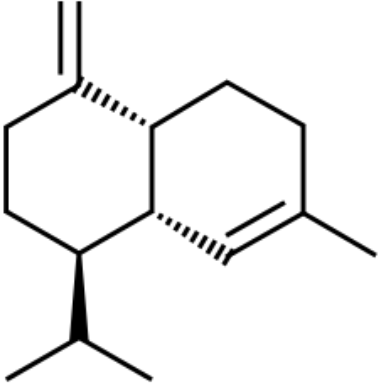
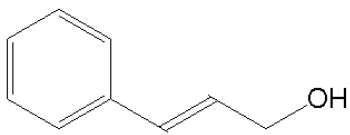
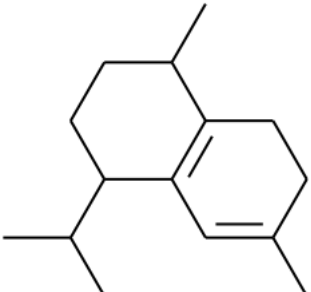
Μετά από περίπου 3-4 έτη από τη στιγμή της φύτευσης στο χωράφι μπορεί να ξεκινήσει η εμπορική εκμετάλλευση του *C. Zeylanicum*. Τα φυτά είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμα για ένα χρονικό διάστημα που κυμαίνεται κατά μέσο όρο στα 35-40 ετών. Η πραγματική απόδοση (μέσος όρος 445 kg/ha) είναι σημαντικά πιο χαμηλή από την απόδοση που θεωρητικά υπολογίζεται (1.000 kg/ha). Η απόδοση εξαρτάται από την ηλικία του φυτού, τις καλλιεργητικές τεχνικές που εφαρμόζονται, την εμφάνιση και την αντιμετώπιση των παρασίτων και των ασθενειών. Σημαντικός εχθρός της *C. Zeylanicum* είναι ο σκόρος του ξύλου (*Ichneumoniptera cinnamomumi*) μπορεί να θεωρηθεί ως το κύριο παράσιτο και η ασθένεια εκείνη που μπορεί να προκαλέσει τις μεγαλύτερες απώλειες στην απόδοση είναι η ασθένεια του τραχύ φλοιού (*Phomopsis spp*) (Suriyagoda et al., 2021).

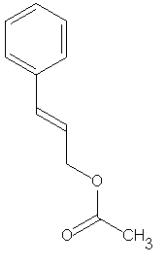
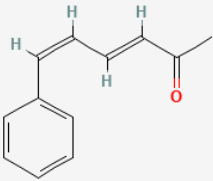
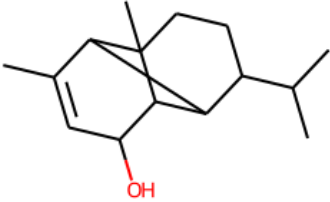
### 2.3.3 Χημική σύνθεση *Cinnamomum zeylanicum*

Η κανέλα περιέχει ένα σημαντικό αριθμό βιοδραστικών χημικών ενώσεων. Οι Batiha et al. (2020) πραγματοποίησαν αέρια χρωματογραφία-φασματοσκοπία μάζας (GC-MS) σε εκχυλίσματα του φυτού *Cinnamomum Verum* με διαλύτη εκχύλισης ακετόνη και οξικό αιθυλεστέρα αντίστοιχα και προσδιορίστηκαν 17 και 26 φυτοχημικές ενώσεις αντίστοιχα. Οι κυριότερες ενώσεις που εντοπίστηκαν και στα δύο εκχυλίσματα, φαίνονται στον πίνακα 2.

**Πίνακας 2:** Ορισμένες από τις κυριότερες ενώσεις του φυτού *C. zeylanicum*

Χημική ένωση	Χημικός τύπος	Μοριακός τύπος
(E) – κινναμαλδεΐδη	 <a href="https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cinnamaldehyde#section=2D-Structure">https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cinnamaldehyde#section=2D-Structure</a>	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O
Κουμαρίνη	 <a href="https://www.researchgate.net/figure/Molecular-structure-of-coumarin-2H-chromen-2-one_fig1_288166046">https://www.researchgate.net/figure/Molecular-structure-of-coumarin-2H-chromen-2-one_fig1_288166046</a>	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>
2-μεθοξυ-κινναμαλδεΐδη	 <a href="https://www.sigmaaldrich.com/GR/en/product/aldrich/w318108">https://www.sigmaaldrich.com/GR/en/product/aldrich/w318108</a>	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>

<p>γ-μουρολένιο</p>	 <p><a href="https://www.chemsrc.com/en/cas/30021-74-0_1652621.html">https://www.chemsrc.com/en/cas/30021-74-0_1652621.html</a></p>	<p>C<sub>15</sub>H<sub>24</sub></p>
<p>(E)-3-Φαινυλο-2-προπεν-1-όλη ή κινναμωμική αλκοόλη</p>	 <p><a href="https://www.chemsynthesis.com/base/chemical-structure-3475.html">https://www.chemsynthesis.com/base/chemical-structure-3475.html</a></p>	<p>C<sub>9</sub>H<sub>10</sub>O</p>
<p>Cadina-1 (10),4-diene</p>	 <p><a href="https://www.chemeo.com/cid/53-040-8/trans-Cadina-1-6-4-diene">https://www.chemeo.com/cid/53-040-8/trans-Cadina-1-6-4-diene</a></p>	<p>C<sub>15</sub>H<sub>24</sub></p>

<p>Οξικός κινναμυλεστέρας</p>	 <p><a href="https://www.chemsynthesis.com/base/chemical-structure-6194.html">https://www.chemsynthesis.com/base/chemical-structure-6194.html</a></p>	<p>C<sub>11</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub></p>
<p>6-φαινυλ-εξα-3,5-διεν-2-όνη</p>	 <p><a href="https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3E_5Z_6-Phenyl-3_5-hexadiene-2-one#section=2D-Structure">https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3E_5Z_6-Phenyl-3_5-hexadiene-2-one#section=2D-Structure</a></p>	<p>C<sub>12</sub>H<sub>12</sub>O</p>
<p>α-κοπαένιο</p>	 <p><a href="https://www.chemeo.com/cid/14-173-4/.alpha.-Copaene-8-ol">https://www.chemeo.com/cid/14-173-4/.alpha.-Copaene-8-ol</a></p>	<p>C<sub>15</sub>H<sub>24</sub></p>

Πηγή: Batiha et al., 2020



Η κουμαρίνη είναι μία ουσία που έχει θεωρηθεί υπεύθυνη για την πρόκληση ηπατικής βλάβης. Στο είδος *C. Zeylanicum* διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα, περίπου στα 17 mg/kg (Mbaveng et al., 2017)

Ο Vangalapati et al. (2012) σε ανασκόπηση που έκανε, συγκέντρωσε τα συστατικά της *C. Zeylanicum* στον φλοιό, στα φύλλα, στον καρπό, στην ρίζα (Πίνακας 3)

**Πίνακας 3:** Συστατικά της *C. Zeylanicum*, ανάλογα το μέρος του φυτού που εξετάζεται

Μέρος φυτού	Χημικές ενώσεις ( ποσοστό)
Φλοιός	Κινναμαλδεΐδη - 65 έως 80% Ευγενόλη - 5 έως 10%
Φύλλα	Κινναμαλδεΐδη - 1 έως 5% Ευγενόλη - 70 έως 95%
Φλοιός ρίζας	Καμφορά -60%
Καρπός	trans οξικός κινναμυλεστέρας β-καρνοφυλλένιο
Μπουμπούκια <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Τερπενικοί υδρογονάνθρακες - 78% α-περγαμοτένιο - 27,38% α-κοπαένιο - 23,05% Οξυγονωμένα τερπενοειδή - 9%
Άνθη <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	(E)-οξικός κινναμυλεστέρας - 41,98% trans-α- περγαμοτένιο - 7,97% Οξείδιο καρνοφυλλενίου - 7,2%

Πηγή: Vangalapati et al., 2012

Σε μελέτη που πραγματοποίησαν οι Behbahani et al. (2020) το αιθέριο έλαιο της κανέλας *C.Zeylanicum* αναλύθηκε με αέρια χρωματογραφία-χρωματογραφία μάζας (GC-MS). Οι κυριότερες ενώσεις που ταυτοποιήθηκαν είναι: (E)-κινναμαλδεΐδη (71,50%), λιναλοόλη (7,00%), β-καρνοφυλλένιο (6,40%), ευκαλυπτόλη (5,40%), και ευγενόλη (4,60%) (Behbahani et al., 2020).

### 2.3.4 Επίδραση στην ανθρώπινη υγεία (κυρίως αντιοξειδωτική δράση)

Η κανέλα του είδους *C. Zeylanicum*, έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης για ένα σημαντικό αριθμό επιστημονικών ερευνών. Έχει μελετηθεί η δράση της έναντι χρόνιων ασθενειών, η αντιμικροβιακή και αντιφλεγμονώδης ικανότητα της, αλλά και το αντιοξειδωτικό δυναμικό της.

**Πίνακας 4:** Επίδραση της *C.zeylanicum* στην ανθρώπινη υγεία

<b>Δράση του <i>C.zeylanicum</i></b>	<b>Αποτέλεσμα</b>	<b>Αναφορά</b>
Αντιμικροβιακή δράση αιθέριου ελαίου από φύλλα και φλοιό.	Ανασταλτική δράση στην ανάπτυξη του <i>Penibacillus Larvae</i> . Αποδόθηκε στην παρουσία κινναμαλδεύδης και ευγενόλης	Gende et al, 2008
Εκχύλισμα <i>C. zeylanicum</i> και β-πινένιο που απομονώθηκε από εκχύλισμα.	Δόθηκε σε 32 ποντίκια στα οποία είχε προκληθεί κατάθλιψη. Αύξηση δραστηριότητας ζώου, επιπέδου ντοπαμίνης και μείωση δραστηριότητας μονοαμινοξειδάσης	Aryanezhad et al., 2020
Υδατικό εκχύλισμα κανέλας έναντι της νόσου Alzheimer (in vitro μελέτη)	Αναστολή της συσσωμάτωσης των	Peterson et al, 2009

	<p>πρωτεϊνών tau<sup>2</sup> και αναστολή του σχηματισμού ινιδίων. Αποδόθηκε στην παρουσία προανθοκυανιδινών και κινναμαλδεΰδης</p>	
<p>Αντιοξειδωτική ικανότητα, αντιμικροβιακή και αντιπολλαπλασιαστική δράση του αιθέριου ελαίου</p>	<p>Περιέχει σημαντικές ποσότητες φαινολικών και βιοδραστικών ενώσεων. Αναστέλει την οξειδωση της β-καροτίνης. Ανέπτυξε αντιμικροβιακή δράση έναντι Gram θετικών και αρνητικών βακτηρίων και παρουσίασε δόσοεξαρτώμενη αντιπολλαπλασιαστική δράση.</p>	Behbahani et al., 2020
<p>Αντιχολινεργική, αντιδιαβητική και αντιοξειδωτική δράση αιθανολικών και υδατικών εκχυλισμάτων του φλοιού</p>	<p>Πλούσια περιεκτικότητα των εκχυλισμάτων σε φαινολικά συστατικά. Παρουσίασαν αντιχολινεργικά, αντιδιαβητικά και αντιοξειδωτικά αποτελέσματα.</p>	Gulcin et al., 2019

<sup>2</sup> Πρωτεΐνες tau: Ουσίες που σχετίζονται με τη δομή του εγκεφαλικού ιστού και τη σταθερότητα του σχήματος των κυττάρων και τις μεταβολικές διαδικασίες που εκτελούνται εκεί

Η αντιοξειδωτική δράση της κανέλας *C. Zeylanicum* είναι αποτέλεσμα της συνεργιστικής δράσης διαφορετικών συστατικών της, τα οποία αλληλεπιδρούν με τις ελεύθερες ρίζες, αποτρέποντας της οξειδωτική δράση τους (Behbahani et al., 2020). Σύμφωνα με τους Gulcin et al. (2019), υπολογίστηκε ότι η περιεκτικότητα των εκχυλισμάτων *C. Zeylanicum* σε φαινολικά συστατικά (153,5 και 205,5 GAE/g υδατικού και αλκοολικού εκχυλίσματος, αντίστοιχα) και φλαβονοειδή (16,67 και 11,25 QE/g, υδατικού και αλκοολικού εκχυλίσματος, αντίστοιχα) είναι υψηλό, γεγονός που δηλώνει υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα (Gulcin et al., 2019).

## 2.4 Κανέλα Σαϊγκόν

Η *Saigon cinnamon* είναι γνωστή ως *Vietnamese cassia* ή *Cinnamomum loureirii*. Στο Βιετνάμ η κανέλα καλλιεργείται σε πολλές επαρχίες τόσο στο Βορρά όσο και στον Νότο (Trinh et al., 2015). Υπάρχει μία σύγχυση στο αν η *Saigon cinnamon* είναι ξεχωριστό είδος από την ινδονησιακή κανέλα. Το ISO 6538:1997 αναγνώρισε την *Cinnamomum loureirii* ως ξεχωριστή ποικιλία με κριτήριο ότι παρουσιάζει υψηλότερη συγκέντρωση πτητικών ελαίων σε σύγκριση με την κινεζική ή ινδονησιακή *cassia*. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετές αμφιβολίες για το εάν το *C. loureirii* είναι στην πραγματικότητα ένα ξεχωριστό είδος από το *C. cassia* (γνωστό και ως κινέζικη κασσία) (ISO 6538:1997). Οι Ito et al. (2004) μελέτησαν τις ποικιλίες κανέλας στο Βιετνάμ και ανέφεραν σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα σε έλαιο και στη γεύση μεταξύ των δέντρων που καλλιεργούνται στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της χώρας. Ενώ οι συγγραφείς προτείνουν ότι αυτά θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν διαφορετικά είδη, με το *C. loureirii* στο κεντρικό Βιετνάμ και το *C. cassia* στο βόρειο Βιετνάμ, σημειώνουν ότι απαιτούνται περισσότερες ταξινομικές δοκιμές για να καθοριστεί εάν η προέλευση του είδους είναι πραγματικά διαφορετική (Ito et al., 2004).

## 2.5 Κινέζικη κανέλα

Η *Cinnamomum cassia* αλλιώς κινέζικη κανέλα είναι ένα από τα τέσσερα κύρια είδη της κανέλας. Η *cassia* χρησιμοποιείται κυρίως στην Κίνα και στις ΗΠΑ. Οι Αμερικάνοι τη προτιμούν περισσότερο από την *C. verum* διότι έχει ένα έντονο άρωμα και γεύση πικάντικη- γλυκιά (*Pei Chen et all, 2014*).



**Εικόνα 13:** Αριστερά η κανέλα Κεϋλάνης, δεξιά η Κινέζικη κανέλα.

Πηγή: [https://www.researchgate.net/figure/Appearance-of-cinnamon-C-zeylanicum-left-and-cassia-C-cassia-bark-right\\_fig2\\_345808658](https://www.researchgate.net/figure/Appearance-of-cinnamon-C-zeylanicum-left-and-cassia-C-cassia-bark-right_fig2_345808658)

Σε μελέτες για την *cassia* διαπιστώθηκε ότι στο *in vitro* και *in vivo* μοντέλο ποντικού, η αντικαρκινική δράση της κανέλας ενισχύει την προ- αποπτωτική δραστηριότητα και αναστέλλει τις δραστηριότητες NF- $\kappa$ B και AP1 και των γονιδίων στόχων τους (*Denys.J, 2012*). Ως αιθέριο έλαιο σε άλλη μελέτη η *cassia* μπορεί να ελέγξει την εξέλιξη του αλλοιωτικού μικροοργανισμού *L. Monocytogenes* χωρίς να μεταβάλλει τις αισθητηριακές ιδιότητες σε προϊόντα κρέατος που μολύνθηκαν σε συγκέντρωση 5ppm, και να μειώσει την ανάπτυξη των βακτηρίων (*Nabavi et all, 2015*). Επίσης σε *in vivo* αντιοξειδωτική δράση δύο διαφορετικών εκχυλισμάτων του αιθανολικού και του ζεστού νερού από τον ξηρό φλοιό *cassia* η τελευταία εμφάνισε σημαντική αναστολή (96,3%) σε σύγκριση με το φυσικό αντιοξειδωτικό  $\alpha$ -τοκοφερόλη (93,74%) (*Cheng-Hong Yang et all, 2012*). Μια πρόσφατη έρευνα εξέτασε τις αντιοξειδωτικές ικανότητες των φύλλων, του φλοιού και των μπουμπουκιών του *C. cassia*. Σε σύγκριση με την εκχύλιση με χρήση του υπερκρίσιμου υγρού, το αιθανολικό εκχύλισμα κάθε φυτικής μερίδας παρουσίαζε αξιοσημείωτα αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά. Σε σύγκριση με τα εκχυλίσματα αιθανόλης, τα υπερκρίσιμα εκχυλίσματα είχαν

μειωμένη δραστηριότητα, αποδεικνύοντας ότι τα δραστικά συστατικά είναι εξαιρετικά πολικές ενώσεις.

Η κινναμαλδεΐδη , που απομονώθηκε από το *C. cassia*, υπάρχει σε ποσότητες έως και 72,7 % σε σύγκριση με άλλα πτητικά συστατικά. Για τη δράση της κατά της τυροσινάσης, η κινναμαλδεΐδη είναι η πιο γνωστή. Το αιθέριο έλαιο από την *C. Cassia* αναστέλλει την παραγωγή ορμόνης μελανίνης. Η κινναμωμικής αλδεΐδη και το κινναμωμικό οξύ, που απομονώθηκαν από το *C. cassia*, απέδειξαν ότι η κανέλα έχει επίσης τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία καρδιαγγειακών παθήσεων κατά την ισχαιμία του μυοκαρδίου (*Pasupuleti Visweswara & Siew Hua , 2014*).

Σε μελέτη που διεξήχθη, εξετάστηκε η αντιβακτηριδιακή δράση 58 φυτών που εκχυλίστηκαν με 95% αιθανόλη. Τα αποτελέσματα που βγήκαν ήταν πως τα sticks *C. Cassia* παρουσίασαν αυξημένη αντιμικροβιακή δράση σε όλο το φάσμα ενάντια στις ανθεκτικές απομονώσεις του *Pseudomonas aeruginosa* στα φάρμακα ( *Cheng-Hong Yang et all, 2012*). Η *C. Cassia* έχει αντιφλεγμονώδης δράση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θεραπεία καρδιαγγειακών παθήσεων, στη μείωση χοληστερόλης και λιπιδίων σε ζώα και ανθρώπους (*Pasupuleti Visweswara & Siew Hua , 2014*).

## 2.6 Κανέλα Ινδονησίας

Το *Cinnamomum Burmannii* ή αλλιώς ινδονησιακή κανέλα είναι ένα είδος κανέλας που χρησιμοποιείται ως μπαχαρικό σε τρόφιμα, ως βότανο στην παραδοσιακή ιατρική (Ervin et al, 2019).



**Εικόνα 14 :** Κανέλα Κεϋλάνης (*Cinnamomum verum*) στην αριστερή πλευρά, και Κανέλα Ινδονησίας (*Cinnamomum burmannii*) στη δεξιά πλευρά.

Πηγή: <https://hindiflavours.blogspot.com/2014/10/cinnamon.html>

Αποτελεί ένα αυτοφυές φυτό που καλλιεργείται σε πολλά μέρη της Ινδονησίας. Σε έρευνα που διεξήχθη σε πέντε από τις περιοχές που καλλιεργούσαν την *C. burmannii* στην Ινδονησία, αποδείχθηκε πως η κανέλα *burmannii* από το όρος Kerinci είναι η καλύτερη καθώς εμφάνισε μεγαλύτερη οσμή σε σχέση με τις υπόλοιπες, το πιο αυξημένο υδατοδιαλυτό και αλκοολοδιαλυτό εκχύλισμα καθώς και την πιο μεγάλη περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο και σε κινναμαλδεΐδη (Budiyastuti et al, 2020). Έχει πιο απαλή γεύση με λιγότερο δάγκωμα από τις υπόλοιπες κανέλες παρόλο που έχει υψηλή περιεκτικότητα σε κινναμαλδεΐδη (Pei Chen et al, 2014). Παρόλο την εμπορική του διαθεσιμότητα και το ότι δεν είναι ακριβή κανέλα, λόγω του υψηλού ιξώδους που έχει ως αφέψημα δεν χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων (Nunes et al, 2022). Το συγκεκριμένο είδος κανέλας δεν έχει αναπτυχθεί αρκετά βιβλιογραφικά με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν αρκετές πληροφορίες.

## 3.1 Μέθοδος ανάλυσης αντιοξειδωτικών

### 3.1.1 DPPH

Οι ελεύθερες ρίζες είναι ζωτικής σημασίας για την οξειδωτική βλάβη που συμβαίνει στα βιολογικά συστήματα. Επομένως, ελέγχεται η ικανότητα των καθαρών ουσιών ή εκχυλισμάτων να δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες προκειμένου να εκτιμηθούν οι αντιοξειδωτικές τους δράσεις. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται μέθοδοι που μετρούν την ικανότητα μιας ένωσης να δεσμεύει τις ελεύθερες ρίζες. Η πιο δημοφιλής είναι η μέθοδος DPPH που χρησιμοποιεί σταθερή ρίζα 2,2'-διφαινυλ-1-πικρυλυδραζυλίου (DPPH) (Andrzej L. Dawidowicz et al, 2012).

Μία από τις κοινές και απλές χρωματομετρικές μεθόδους για την αξιολόγηση των αντιοξειδωτικών ικανοτήτων των καθαρών ενώσεων είναι ο προσδιορισμός DPPH, ο οποίος χρησιμοποιείται συχνά για να προσδιοριστεί πόσο καλά ένα συγκεκριμένο μόριο αντιοξειδωτικού καθαρίζει τις ελεύθερες ρίζες. Αυτή η ανάλυση χρησιμοποιείται συχνά για την αξιολόγηση της περιεκτικότητας σε αντιοξειδωτικά σε κόκκους και πίτουρο σιταριού, λαχανικών, συζευγμένων λινολεϊκών οξέων, βοτάνων, βρώσιμων σποροελαίων και αλεύρων σε διάφορα συστήματα διαλυτών, όπως αιθανόλη, υδατική ακετόνη, μεθανόλη, υδατική αλκοόλη και βενζόλιο, παρά το γεγονός ότι αυτή η ρίζα έχει λίγες μόνο ομοιότητες με τις ρίζες υπεροξυλίου.

Η DPPH είναι μια σταθερή ρίζα που απορροφάται στα 515 nm σε μεθανόλη και έχει μωβ εμφάνιση. Αυτή η δοκιμή βασίζεται στην ιδέα ότι όταν το DPPH δέχεται ένα άτομο υδρογόνου (H) από το αντιοξειδωτικό μόριο, το οποίο προκαλεί τη μείωση του DPPH σε DPPH<sub>2</sub>, το μωβ χρώμα γίνεται κίτρινο και η απορρόφηση στα 515 nm μειώνεται. Η φασματοφωτομετρική παρακολούθηση της αλλαγής χρώματος χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των παραμέτρων για τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Krishnanand Mishra et al., 2012). Η μέθοδος DPPH βασίζεται στη φασματοφωτομετρική αξιολόγηση των διακυμάνσεων της συγκέντρωσης DPPH που προκαλείται από την αντίδραση DPPH με ένα αντιοξειδωτικό. Ένα άτομο υδρογόνου από ένα αντιοξειδωτικό μειώνει το DPPH, το οποίο έχει ένα ασύζευκτο ηλεκτρόνιο σθένους σε ένα άτομο αζώτου στη γέφυρα, κατά τη διάρκεια της αντίδρασης. Η κινητική αυτής



της αντίδρασης χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των αντιοξειδωτικών ικανοτήτων των υπό διερεύνηση ουσιών (Andrzej L. Dawidowicz et al, 2012). Ο Blois (1958) ανέπτυξε αυτή την τεχνική, δείχνοντας για πρώτη φορά την ικανότητα μιας σταθερής ελεύθερης ρίζας DPPH να παίρνει ένα άτομο H .

Η ανάλυση DPPH φαίνεται επομένως απλή στην επιφάνεια , αλλά λόγω της μόνιμης ρίζας αζώτου που παράγει, πολλά αντιοξειδωτικά μπορεί να αντιδράσουν διαφορετικά ή και καθόλου .Επιπλέον, δεδομένου ότι η αντίδραση DPPH και αντιοξειδωτικών είναι αναστρέψιμη , μόνο ένα μέρος της μείωσης της ρίζας θα αποδοθεί στο αντιοξειδωτικό επειδή η DPPH<sub>2</sub> θα αλλάξει σε μορφή DPPH . Λόγω της ανιστρεψιμότητας της αντίδρασης , πολλά αντιοξειδωτικά μπορεί να έχουν περιορισμένες αντιοξειδωτικές ικανότητες. Οι Bondet et al. ανέφεραν την επίπτωση της ανιστρεψιμότητας σε αυτή την αντίδραση για την ισοευγενόλη και οι Huang et al. τονίστηκε το για την υποτίμηση της αντιοξειδωτικής δράσης άλλων φαινολών με παρόμοιο δομικό τύπο . Εξαιτίας αυτού, οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες πολλών αντιοξειδωτικών υπερεκτιμούνται (Krishnanand Mishra et al., 2012).

Για τη σύγκριση της αντιοξειδωτικής δράσης διαφόρων ουσιών, χρησιμοποιείται η αντιοξειδωτική συγκέντρωση που απαιτείται για τη μείωση της αρχικής συγκέντρωσης DPPH κατά 50% . Κατά την διάρκεια των δοκιμών DPPH/ αντιοξειδωτικών θα πρέπει να ελέγχονται οι τιμές της DPPH μέχρι να φτάσει σε μια σταθερή τιμή. Με βάση την βιβλιογραφία ο χρόνος επώασης είναι συνήθως από 1 έως 60 λεπτά και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και τις 24 ώρες. Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ότι μια μικρή περίοδος επώασης είναι συχνά ανεπαρκής για να φέρει την αντίδραση σε σταθερή κατάσταση .Αν και η DPPH αναγνωρίζεται ότι είναι σταθερή, τα πειραματικά ευρήματα αποκαλύπτουν ότι εξαφανίζεται σιγά σιγά με το χρόνο. Ως αποτέλεσμα , η διάρκεια επώασης δεν θα πρέπει να είναι ουσιαστικά μεγαλύτερη από το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την επίτευξη της σταθεροποιημένης κατάστασης(Andrzej L. Dawidowicz et al, 2012).

### 3.1.2 ORAC

Αυτή η τεχνική , γνωστή ως προσδιορισμός ικανότητας απορρόφησης ριζών οξυγόνου (ORAC) , εξακολουθεί να είναι μία από τις λίγες που συνδυάζει

το ποσοστό της δράσης των δραστικών ειδών που αναστέλλεται και το χρονικό διάστημα που αναστέλλεται από τα αντιοξειδωτικά σε μία μόνο ποσότητα . Ο προσδιορισμός ORAC έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς για την αξιολόγηση της δυνατότητας του ανθρώπινου πλάσματος, των πρωτεϊνών, του DNA, των καθαρών αντιοξειδωτικών χημικών ουσιών και των αντιοξειδωτικών εκχυλισμάτων φυτών/τροφών για τον καθαρισμό των ελεύθερων ριζών (Alberto Dávalos et al., 2003)

Η μέθοδος ORAC , η οποία καθιερώθηκε για πρώτη φορά από τους Cao , Alessio και Cutler (1993), μετρά τη μείωση του φθορισμού μιας πρωτεΐνης ως αποτέλεσμα της απώλειας της διαμόρφωσής της όταν υφίσταται οξειδωτική βλάβη που προκαλείται από μια πηγή ρίζας υπεροξυλίου ( ROO ). Η διαδικασία αξιολογεί την ικανότητα των αντιοξειδωτικών να προστατεύουν την πρωτεΐνη από οξειδωτική βλάβη. Η συγκεκριμένη μέθοδος παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι χρησιμοποιεί ελεύθερες ρίζες με βιολογική σημασία, επιτρέπει τη συγκρισιμότητα δεδομένων μεταξύ εργαστηρίων και τέλος περιλαμβάνει το ρυθμό και τη διάρκεια της αντιοξειδωτικής απόκρισης. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι είναι ευαίσθητη στο pH, είναι χρονοβόρα για την ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων , η μεταβλητότητα των δεδομένων μπορεί να είναι σημαντική και συνήθως απαιτεί ακριβό εξοπλισμό( Ana Zulueta et al., 2009)

### 3.1.3 TEAC

Για να προσδιοριστεί πόσες ρίζες μπορεί να δεσμεύσει ένα αντιοξειδωτικό ή την αντιοξειδωτική του ικανότητα, χρησιμοποιείται συχνά ο προσδιορισμός trolox ισοδύναμης αντιοξειδωτικής ικανότητας ( TEAC) .Στην πιο πρόσφατη επανάληψη αυτής της δοκιμής, ένα αντιοξειδωτικό προστίθεται σε ένα διάλυμα ρίζας ABTS ( ABTS) και μετά από ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα , το υπόλοιπο ABTS μετράται φασματοφωτομετρικά

Η πτώση της συγκέντρωσης ABTS που προκαλείται από μια συγκεκριμένη συγκέντρωση αντιοξειδωτικού συσχετίζεται με αυτή του trolox και

παρέχει την τιμή TEAC του αντιοξειδωτικού .Το τεστ είναι γρήγορο, απλό και αφορά τη βιολογική δράση των αντιοξειδωτικών (Mariken JTJ Arts et. al.,2004)

Ο προσδιορισμός 2,2'-αζινοδις(3-αιθυλβενζθειαζολινο-6-σουλφονικό οξύ) (ABTS) , γνωστός και ως προσδιορισμός TEAC , βασίζεται στα αντιοξειδωτικά σε ένα δείγμα για τον καθαρισμό του ριζικού κατιόντος ABTS . Οι μεγαλύτερες τιμές απορρόφησης της ρίζας ABTS , είναι στα 645 nm , 734 nm και 815 nm και έχει μια γαλαζοπράσινη απόχρωση .Όταν υπάρχουν αντιοξειδωτικές χημικές ουσίες στα μέσα αντίδρασης , παγιδεύουν την ελεύθερη ρίζα , με αποτέλεσμα την απώλεια χρώματος και, κατά συνέπεια , τη μείωση της απορρόφησης , ποσοτικά ίση με την παρούσα ποσότητα αντιοξειδωτικού (Ana Zulueta et. al., 2009)

### 3.1.4 FRAP

Το σύμπλοκο σιδήρου 2,4,6-τριπυριδυλ-s-τριαζίνης [Fe(III)-(TPTZ)<sub>2</sub>] είναι μια ένωση σιδήρου που μπορεί να αναχθεί από αντιοξειδωτικά χρησιμοποιώντας τον προσδιορισμό FRAP .Το εξαιρετικά μπλε σύμπλοκο σιδηρούχων [Fe(II)-(TPTZ)<sub>2</sub>] απαιτεί 3+ .σε όξινο μέσο , 2+. Ανιχνεύοντας την αλλαγή στην απορρόφηση στα 593 nm και συγκρίνοντάς την είτε με ένα πρότυπο διάλυμα ιόντων σιδήρου είτε με ένα πρότυπο διάλυμα αντιοξειδωτικού , προσδιορίζονται οι τιμές FRAP . Προκειμένου να βελτιωθεί η αναπαραγωγικότητα και να αυξηθεί η απόδοση του δείγματος , αυτή η προσέγγιση έχει επίσης τροποποιηθεί για συσκευές ανάγνωσης μικροπλακών 96 φρεατίων .

Όσον αφορά τους περιορισμούς της, οποιαδήποτε ουσία ( ακόμη και εκείνες που στερούνται αντιοξειδωτικών χαρακτηριστικών) με δυναμικό οξειδοαναγωγής χαμηλότερο από αυτό του ζεύγους οξειδοαναγωγής Fe ( III ) / Fe ( II) μπορεί θεωρητικά να μειώσει το Fe(III) σε Fe(II), ενισχύοντας την Αξία FRAP και παραγωγή τεχνητά υψηλών ευρημάτων. Οι θειόλες και τα καρτενοειδή, ειδικότερα , είναι αντιοξειδωτικά που λειτουργούν μέσω ριζικής απόσβεσης ( μεταφορά H), αλλά η αναγωγική τους ικανότητα δεν μπορεί να αξιολογηθεί με την ανάλυση FRAP , καθώς βασίζεται στη μείωση του ιόντος σιδήρου .

Η ταυτόχρονη δημιουργία του Fe(II), ενός πολύ γνωστού προοξειδωτικού, είναι ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη . Αυτή η διαδικασία μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη επιπλέον ριζών στο μέσο αντίδρασης , όπως OH ριζικές κουκκίδες από H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> .Τέλος, η παρεμβολή από ουσίες που απορροφούν στο μήκος κύματος της μέτρησης θα μπορούσε να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση της τιμής FRAP (Luís M.Magalhães et. al.,2008)

## 4.1 Πειραματικό μέρος

### 4.1.1 Στόχος

Το πειραματικό μέρος της εργασίας είχε ως στόχο τη μελέτη της αντιοξειδωτικής δράσης της κανέλας Κεϋλάνης και κανέλας Ινδονησίας.

### 4.1.2 Πειραματικό μέρος

Αρχικά, πάρθηκαν δείγματα από τους δυο τύπους κανέλας. Ζυγίστηκαν 10 g από το κάθε δείγμα κανέλας και στη συνέχεια προστέθηκαν 75 ml μεθανόλη. Έπειτα, στο κάθε δείγμα έγινε διπλή διήθηση με Buncher σε κενό αέρα.

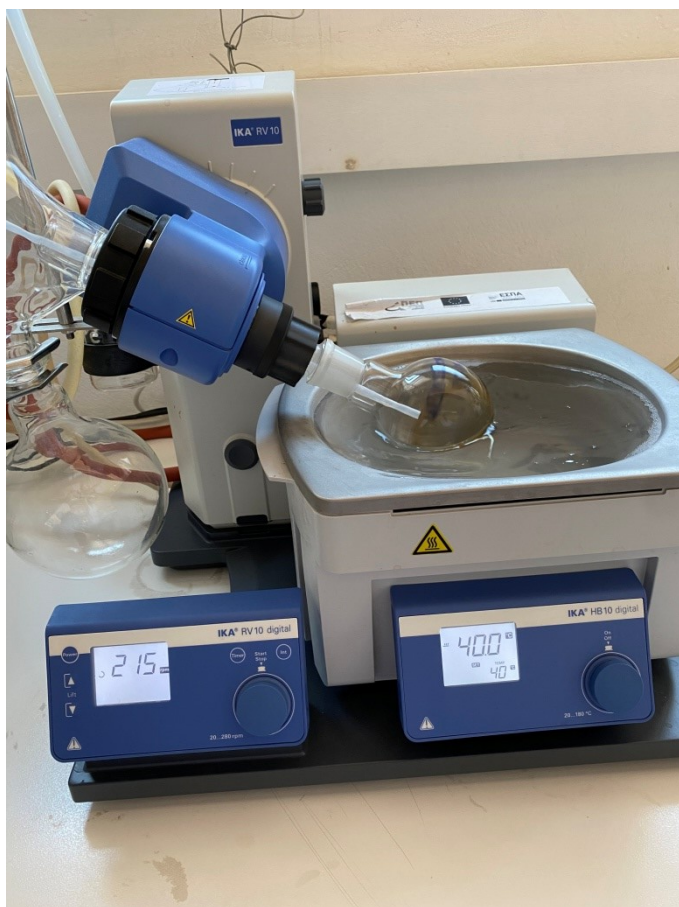


**Εικόνα 13:** Χωνί Buncher



**Εικόνα 14:** Κενό αέρα

Στη συνέχεια ακολούθησε φυγοκέντρηση των δειγμάτων στις 8.000 στροφές για 15 λεπτά. Μετά την φυγοκέντρηση τοποθετήθηκαν στον περιστροφικό εξατμιστήρα ( rotary evaporator) προκειμένου να εξατμιστεί το δείγμα. Η θερμοκρασία ρυθμίστηκε στους 40°C και στις 215 στροφές για 1 ώρα.



**Εικόνα 15:** Rotary evaporator



**Εικόνα 16:** Rotary evaporator

Μετά την εξάτμιση παρέμειναν οι επιθυμητές ποσότητες από τα δείγματα προκειμένου να ελεγχθεί η αντιοξειδωτική ικανότητα. Για την μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας χρησιμοποιήθηκε η ρίζα DPPH. Με αυτή τη μέθοδο μελετάται η δραστηριότητα δέσμευσης ελεύθερων ριζών με τη χρήση μιας σταθερής ρίζας DPPH. Η μέθοδος εφαρμόστηκε σύμφωνα με τους Dudonné et al. (2009) με κάποιες τροποποιήσεις. Η DPPH• είναι μια σταθερή ελεύθερη ρίζα μπλε χρώματος, η οποία ανάγεται σε 2,2-διφαινυλ-1-πικρυλυδραζίνη (ωχροκίτρινη), αντιδρώντας με ένα αντιοξειδωτικό. Προστέθηκαν 3,4 mL της ρίζας DPPH• σε 100 μl διαφόρων συγκεντρώσεων των εκχυλισμάτων κανέλας (Δείγμα A). Τα δείγματα παρέμειναν στο σκοτάδι για 45 λεπτά και αφέθηκε να

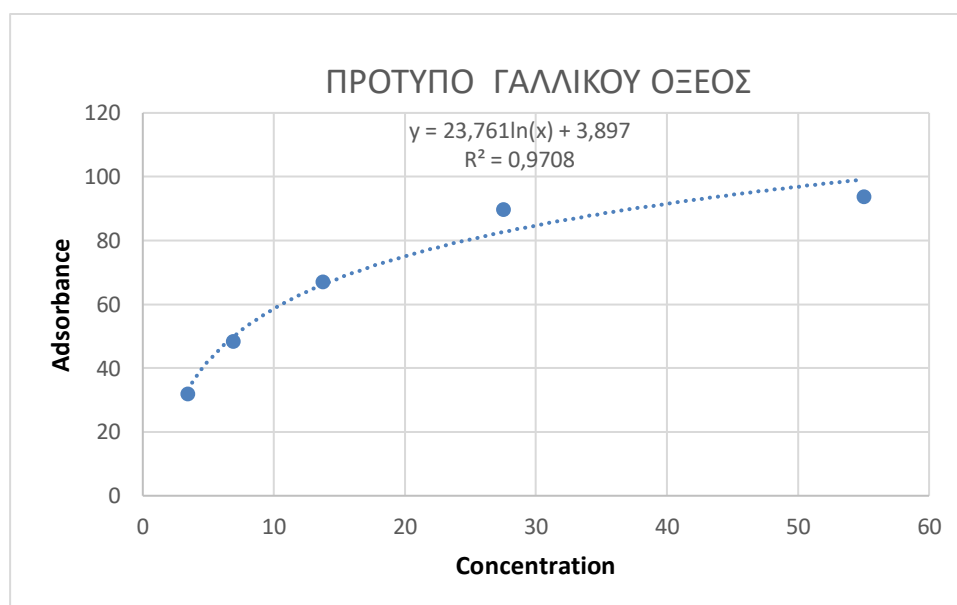


αντιδράσει σε θερμοκρασία δωματίου. Η απορρόφηση μετρήθηκε στα 517 nm. Η απορρόφηση της ρίζας DPPH χωρίς εκχύλισμα ήταν μετρήθηκε επίσης (Έλεγχος Α). Η συνολική αντιοξειδωτική δράση εκφράζεται σε mg/ml γαλλικού οξέος. Τα αποτελέσματα είναι εκφράζεται ως η ποσότητα του αντιοξειδωτικού που απαιτείται για να προκαλέσει 50% μείωση στην απορρόφηση της DPPH(IC50). Η % αναστολή υπολογίζεται με τον ακόλουθο τύπο:

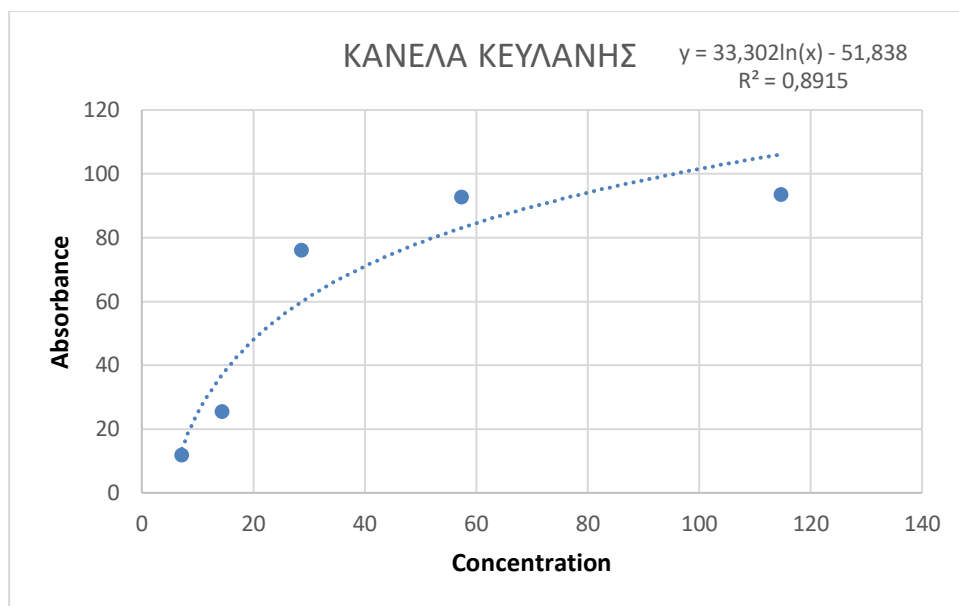
$$IC = \frac{A_{CONTROL} - A_{SAMPLE}}{A_{CONTROL}} \times 100\%$$

Όλοι οι προσδιορισμοί πραγματοποιήθηκαν εις τριπλούν.

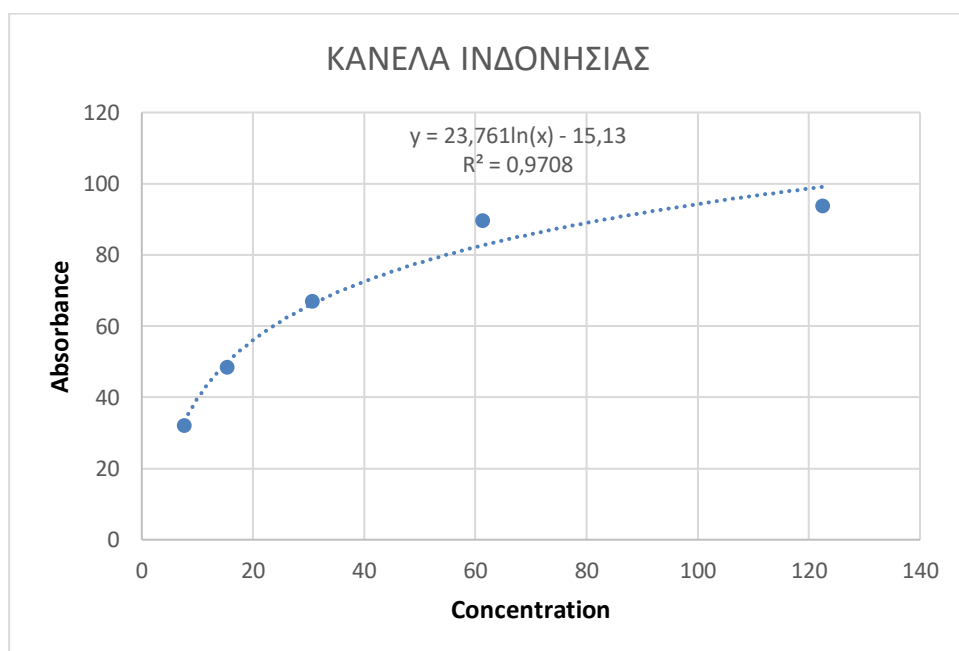
#### 4.1.3 Αποτελέσματα



**Διάγραμμα 1:** Γραφική παράσταση απορρόφησης – συγκέντρωσης του πρότυπου γαλλικού οξέος



**Διάγραμμα 2:** Διάγραμμα απορρόφησης – συγκέντρωσης για την κανέλα Κεϋλάνης



**Διάγραμμα 3:** Διάγραμμα απορρόφησης – συγκέντρωσης για την κανέλα Ινδονησίας

Με βάση τα παραπάνω γραφήματα βρέθηκαν οι τιμές, για την κανέλα Κεϋλάνης το  $IC_{50} = 21,35$  mg/ml με βάση την εξίσωση της καμπύλης  $y = 33,302\ln(x) - 51,838$  και για την κανέλα Ινδονησίας το  $IC_{50} = 15,48$  mg/ml λαμβάνοντας υπόψη την εξίσωση  $y = 23,761\ln(x) - 15,13$ .

#### 4.1.4 Συμπεράσματα- Συζήτηση

Η αντιοξειδωτική δράση της κανέλας είναι αδιαμφισβήτητη, ανεξάρτητα από τα διάφορα είδη της. Αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα φυτά που έχουν απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα καθώς είναι ένα φυτό με πολλαπλές χρήσεις, όπως η χρήση του ως καρύκευμα στην μαγειρική, ως αιθέριο έλαιο για αρωματισμό του χώρου και αρωματοθεραπείες, αλλά και με πιο σύνθετες όπως είναι η χρήση του στην βιομηχανία για την παραγωγή καλλυντικών και φαρμάκων καθώς και στην παραδοσιακή ιατρική.

Με βάση τα αποτελέσματα του παραπάνω πειράματος διαπιστώνεται ότι, η κανέλα με την μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση είναι η κανέλα της Ινδονησίας. Το αποτέλεσμα αυτό βρέθηκε με βάση την σύγκριση των δυο καμπυλών με την καμπύλη του πρότυπου γαλλικού οξέος. Η καμπύλη της κανέλας Ινδονησίας πλησιάζει αριθμητικά (15,48 mg/ml) περισσότερο αυτή του γαλλικού οξέος ( $\cong 7$ ) σε σχέση με την καμπύλη της κανέλας Κεϋλάνης (21,35 mg/ml).

Παρόλο που η επιστημονική κοινότητα παρουσιάζει βιβλιογραφικά ότι η κανέλα Κεϋλάνης έχει μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση συγκριτικά με τα άλλα είδη κανέλας, δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες για την αντιοξειδωτική δράση των υπόλοιπων ειδών. Θα ήταν ωφέλιμο να διεξαχθούν περαιτέρω έρευνες και στα υπόλοιπα είδη κανέλας προκειμένου να αναλυθούν σε βάθος οι ευεργετικές και αντιοξειδωτικές του ιδιότητες. Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών θα συντελέσουν στην ορθότερη χρήση της κανέλας από το ευρύ κοινό και την επιστημονική κοινότητα.

## BIBΛIOΓPAΦIA

▪ **Anel-Lopez, L, Alvarez-Rodriguez, M., Garcia-Alvarez, O., Alvarez, M., Maroto-Morales, A., Anel, L., De Paz, P., Garde, J.J., Martinez-Pastor, F.** (2012). Reduced glutathione and Trolox (vitamin E) as extender supplements in cryopreservation of red deer epididymal spermatozoa. *Animal Reproduction Science*, 135 (1-4): 37-46:

▪ **Anitra C Carr , Balz Frei ( 1999).**Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in human. *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 69, Issue 6, Pages 1086–1107.

▪ **Arts M. J.T.J , Dallinga J S. , Voss H. P. , Haenen G. R.M.M , Bast A.,** A new approach to assess the total antioxidant capacity using the TEAC assay, *Food Chemistry*, Volume 88, Issue 4, December 2004, Pages 567-570

▪ **Aryanezhad M., Abdi M., Amini S., Hassanzadeh K., Valadbeigi E., Hassanzadeh K., Valadbeigi E., Rahimi K., Izadpanah E., Moloudi M.R.** (2020). Cinnamomum zeylanicum extract haw antidepressant-like effects by increasing brain derived neurotrophic factor (BDNF) and its receptor in prefrontal cortex of rats. *Journal of Phytomedicine*: PMC8140207:

▪ **A.V.Rao , L.G.Rao.**(2007) Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*, Volume 55 , Issue 3 , Pages 207-216.

▪ **Batiha, G.E.-S., Beshbishy, A.M., Guswanto, A., Nugraha, A., Munkjargal., T., Abdel-Daim, M.M., Mosqueda J., Igarashi, I.** (2020). Phytochemical Characterization and Chemotherapeutic Potential of Cinnamomum verum Extracts on the Multiplication of Protozoan Parasites in Vitro and In Vivo. *Molecules*, 25 (4): 996:

▪ **Biswas, S., Fukaki, H., Mori, I.C., Nakahara, K, Mano, J.** (2019). Reactive oxygen species and reactive carbonyl species constitute a feed-forward loop in auxin signaling for lateral root formation. *The plant journal*, 100 (3): 536-548

▪ **Bohloudi, J., Namjoo, I., Borzoo-Isfahani, M., Kermani, M.A.H., Zehi, Z.B., Moravejolahkami.** (2021). Effect of probiotics on oxidative stress and

inflammatory status in diabetic nephropathy: A systematic review and meta-analysis of clinical trials. *Heliyon*, 7(1)

▪ **Budiasti, Yushia Wahyu A, Intan Ayu C, R.Primaharinastiti, Sukardiman.** (2020). Standardization Bark of *Cinnamomum burmannii* Nees Ex Bl. from Five Areas of Indonesia. *Pharmacology Journal*, 12,3,578-588

▪ **C. Nunes, J.Raposo, S. Petronilho, F.Machado, R.Fulgencio , H.Gomes, V.Evtguin. S.Rocha, M.Coimbra.**(2022) *Cinnamomum burmannii* decoction: A thickening and flavouring ingredient. *LWT*, Volume 153, 112428.

▪ **Cheng-Hong Y, Rong-Xiang L, L.Y.Cheng.** (2012). Antioxidant Activity of Various Parts of *Cinnamomum cassia* Extracted with Different Extraction Methods. *Natural Products Chemistry*, 17(6), 7294-7304.

▪ **Dávalo A. , Gómez-Cordovés C. , Bartolomé B. ,** Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC–Fluorescein) Assay, *J. Agric. Food Chem.* 2004, 52, 1, 48–54 Publication Date: December 16, 2003

▪ **Dawidowicz A. L. , Wianowska D. , Olszowy M. ,** On practical problems in estimation of antioxidant activity of compounds by DPPH method (Problems in estimation of antioxidant activity) ,*Food Chemistry*, Volume 131, Issue 3, 1 April 2012, Pages 1037-1043

▪ **De Silva, D.A.M., Jeewanthi, R.K.C., Rajapaksha, R.H.N., Weddagala, W.M.T.B., Hirotsu, N., Shimizu, B. Munasinghe, M.A.J.P.** (2021). Clean vs dirty labels: Transparency and authenticity of the labels of Ceylon cinnamon. *PLoS ONE*, 16 (11): e0260474:

▪ **D. J. Charles.** (2012). Cinnamon. *Antioxidant Properties of Spices, Herbs, and other Sources*, pp 231-243

▪ **EFSA (European Food Safety Authority).** (2010). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to vitamin E and protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 160, 162, 1947), maintenance of the normal function of the immune system (ID 161, 163), maintenance of normal bone (ID 164), maintenance of normal teeth (ID 164), maintenance of normal hair (ID 164), maintenance of normal skin (ID 164), maintenance of normal nails (ID 164), maintenance of normal cardiac function (ID 166), maintenance of normal vision by protection of the lens of the eye (ID 167), contribution to normal cognitive function (ID 182, 183), regeneration of the reduced form of vitamin C (ID 203), maintenance of normal blood circulation (ID 216) and maintenance of normal a scalp (ID 2873) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*, 8 (10): 1816:

▪ **Gende L.B., Floris I., Fritz R. Eguaras M.J.** (2008). Antimicrobial activity of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) essential oil and its main componets against *Paenibacillus* larvae from Argentine. *Bulletin of Insectology*, 61 (1): 1-4 :

▪ **Gulcin, I., Kaya, R., Goren, A.C., Akincioglu, H., Topal, M., Bingol, Z. et al.** (2019). Anticholinergic, antidiabetic and antioxidant activities of cinnamon (*Cinnamomum verum*) bark extracts: polyphenol contents analysis by LC-MS/MS. *International Journal of Food Properties*, 22 (1): 1511-1526:

▪ **Hamza, A.A., Heeba, G.H., Hamza, S., Abdalla, A., Amin, A.** (2021). Standardized extract of ginger ameliorates liver cancer by reducing proliferation and inducing apoptosis through inhibition oxidative stress/ inflammation pathway. *Biomedicine & Pharamacotherapy*, 134: 111102:

▪ **Ifeanyi, O.E.** (2018). A Review on Free Radicals and Antioxidants. *International Journal of Current Research in Medical Sciences*, 4 (2): 123-133:

▪ **Ionescu-Tucker, A. & Cotman, C.W.** (2021). Emerging roles of oxidative stress in brain aging and Alzheimer's disease. In: *Neurobiology of Aging*, 107: 86-95:

▪ **ISO 6538:1997.** Cassia, Chinese type, Indonesian type and Vietnamese type [*Cinnamomum aromaticum* (Nees) syn. *Cinnamomum cassia* (Nees) ex Blume, *Cinnamomum burmanii* (C.G. Nees) Blume and *Cinnamomum loureirii*

Nees] – Specification. Last reviewed and confirmed 2012. *Available online [24/09/2022]:*

▪ **Ito, M., Shimada, Y., Kiuchi, F., Qui, T. K., & Honda, G.** (2004). Field survey of cinnamon in Viet Nam. *Natural Medicines*, 58(4): 168-176:

▪ **Kibel, A., Lukinac, A.M., Dambic, V., Juric, I, Selthofer-Relatic, K.** (2020). Oxidative Stress in Inschemic Heart Disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020: 6627144:

▪ **Klaunig, J.E.** (2018). Oxidative Stress and Cancer. *Current Pharmaceutical Design*, 24 (40): 4771-4778:

▪ **Krumova, K. & Cosa, G.** (2016). Chapter 1- Overview of Reactive Oxygen Species in Singlet Oxygen: Applications in Biosciences and Nanosciences, 1: 1-21:

▪ **Kumar, P., Liu, C., Hsu, J.W., Chacko, S., Minard, C., Jahoor, F., Sekhar, R.V.** (2021). Glycine and N-acetylcysteine (GlyNAC) supplementation in older adults improves glutathione deficiency, oxidative stress, mitochondrial dysfunction, inflammation, insulin resistance, endothelial dysfunction, genotoxicity, muscle strength, and cognition: Results of a pilot clinical trial. *Clinical and Translational Medicine*, 11 (3): e372:

▪ **Kung, H.-C., Lin, K.-J., Kung, C.-T., Lin, T.-K.** (2021). Oxidative Stress, Mitochondrial Dysfunction, and Neuroprotection of Polyphenols with Respect to Resveratrol in Parkinson's Disease. *Biomedicines*, 9 (8): 918:

▪ **Leopoldini, M., Russo, N, Toscano, M.** (2011). The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 125 (2): 288-306:

▪ **Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., Chandra, N.** (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Review*, 4 (8):118-126:

▪ **Maciejczyk, M, Bielas, M., Zalewska, A., Gerreth, K.** (2021). Salivary Biomarkers of Oxidative Stress and Inflammation in Stroke Patients: From Basic Research to Clinical Practice. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021: 5545330:

- **Magalhães L. M. , Segundo M. A. , Reis S., Lima J. L.F.C. ,** Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties, *Analytica Chimica Acta*, Volume 613, Issue 1, 14 April 2008, Pages 1-19,
  
- **Mano, J., Biswas, S., Sugimoto, K.** (2019). Reactive Carbonyl Species: A missing Link in ROS Signaling. *Plants*, 8 (10): 391:
  
- **Manosso, L.M., Camargo, A., Dafre, A.L., Rodrigues, A.L.S.** (2022). Vitamin E for the management of major depressive disorder: possible role of the anti-inflammatory and antioxidant systems. *Nutritional Neuroscience*, 25: 6:
  
- **Mbaveng, A.T. & Kuete, V.** (2017). Chapter 17: Cinnamon Species. In: *Medicinal Spices and Vegetables from Africa*: 385-395:
  
- **M. Ervina, H. Sanjaya Lie, J.Diva, Caroline, S. Tewfik, I.Tewfic.** (2019). Optimization of water extract of *Cinnamomum burmannii* bark to ascertain its in vitro antidiabetic and antioxidant activities. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, Volume 19, 101152.
  
- **Mishra K. , Ojha H. , Chaudhury N. K. ,** Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results, *Food Chemistry*, Volume 130, Issue 4, 15 February 2012, Pages 1036-1043
  
- **Munteanu, I.G. & Apetrei, C.** (2021). Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 (7): 3380
  
- **Mutalip, S.S.M., Ab-Rahim, S., Rajikin, M.H.** (2018). Vitamin E as an Antioxidant in Female Reproductive Health. *Antioxidants*, 7(2): 22:
  
- **Oroian M. & Escriche I.** (2015). Antioxidants: Characterization, natural sources, extraction and analysis. *Food Research International*, 74: 10-36.
  
- **Pei Chen Jianghao Sun and Paul Ford.** (2014). Differentiation of the Four Major Species of Cinnamons (*C. burmannii*, *C. verum*, *C. cassia*, and *C. loureiroi*) Using a Flow Injection Mass Spectrometric (FIMS) Fingerprinting Method. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 62,12,2516-2521.



▪ **Peterson D.W., George R.C., Scaramozzino F., LaPointe N.E., Anderson R.A., Graves D.J., Lew J.** (2009). Cinnamon extract inhibits tau aggregation associated with Alzheimer's disease in vitro. *Journal of Alzheimer's Disease*, 17 (3): 585-597:

▪ **P. Visweswara Rao, S.Hua Gan.**(2014). Cinnamon: A Multifaceted Medicinal Plant, Volume 2014, Article ID 642942.

▪ **Rungratanawanich, W., Memo, M., Uberti, D.** (2018). Redox Homeostasis and Natural Dietary Compounds: Focusing on Antioxidant of Rice (*Oryza sativa L.*). *Nutrients*, 10 (11): 1605:

▪ **S. f. Nabavi, A. D. Lorenzo, M. Izanti , E. S. Sanchez , M. Daglia, S. M. Nabavi.**(2015). Antibacterial Effects of Cinnamon: From Farm to Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries. Selected papers from 2015 International Symposium on Phytochemicals in Medicine and Food, Volume 7, Issue 9.

▪ **Sharma, G.N., Gupta, G. Sharma, P.** (2018). A Comprehensive Review of Free Radicals, Antioxidants, and Their Relationship with Human Ailments. *Critical Reviews in Eukaryotic Gene Expression*, 28 (2): 139-154:

▪ **S.Shreaz, W.S. Wani, J.M.Behbehani, V.Raja, Md.Irshad, M.Karched, A.Intzar, W.A.Siddiqi, L.Ting Hun.**(2016). Cinnamaldehyde and its derivatives, a novel class of antifungal agents. *Fitoterapia*, Volume 112, Pages 116.131.

▪ **Suriyagoda, L., Mohotti, A.J., Vidanarachchi, J.K., Kodithuwakku, S.P., Chaturika, M., Bandaranayake, P.C.G., Hetherington, A.M., Beneragama, C.K.** (2021). "Ceylon cinnamon": Much more than just a spice. *Plants People Plante*, 3: 319-326:

▪ **Trinh, N.-T.-T., Dumas, E., Thanh, M.L., Degraeve, P., Amara, C.B., Gharsallaoui, A., Oulahal, N.** (2015). Effect of a Vietnamese Cinnamomum cassia essential oil and its major componets trans-cinnamaldehyde on the cell viability, membrane integrity, membrane fluidity, and proton motive force of *Listeria Innocua*. *Canadian Journal of Microbiology*, 61 (4): 1-9:

▪ **Vangalapati, M., Satya, S, Prakash, S., Avanigadda, S.** (2012). A Review of Pharmacological Activities and Clinical Effects of Cinnamon Species. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 3(1): 653-663

▪ **Willhelm Stahl, Helmut Sies.** (2003). Antioxidant activity of carotenoids. *Molecular aspects of Medicine*, Volume 24. Issue 6, Pages 345-351.

▪ **Xu, Z, Harvey, K.A., Pavlina, T.M., Zaloga, G.P., Siddiqui, R.A.** (2015). Tocopherol and tocotrienol homologs in parenteral lipid emulsion. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117 (1): 15-22:

▪ **Yousef, M.I.** (2010). Vitamin E modulates reproductive toxicity of pyrethroid lambda-cyhalothrin in male rabbits. *Food and Chemical Toxicology*, 48 (5): 1152-1159:

▪ **Zulueta A. , Esteve M. J. , Frígola A.,** ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products, *Food Chemistry*, Volume 114, Issue 1, 1 May 2009, Pages 310-316