



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Πτυχιακή/Διπλωματική Εργασία

**ΤΙΤΛΟΣ: «Μελέτη της Αντιοξειδωτικής και αντιριζικής δράσης
σε εκχυλίσματα βρώσιμων ανθέων»**



ΠΕΤΡΙΑΗ ΚΟΡΑΛΙΑ

ΑΜ: 15083

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Σινάνογλου Βασιλεία

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2021



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF FOOD SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

Diploma Thesis

**Title: “Study of antioxidant and anti-radical action of edible
flower extracts”**



Student: Koralia Petridi

Registration Number: 15083

Supervisor: Sinanoglou Vasilias

Athens, July 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Τίτλος εργασίας: «Μελέτη της Αντιοξειδωτικής και αντιριζικής δράσης σε εκχυλίσματα βρώσιμων ανθέων»

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

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

A/a	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
	ΣΙΝΑΝΟΓΛΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΑ	ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	
	ΣΤΡΑΤΗ ΕΙΡΗΝΗ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	
	ΖΟΥΜΠΟΥΛΑΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη **Πετρίδη Κοραλία του Κωνσταντίνου**, με αριθμό μητρώου **15083** φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του **Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων**, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα 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, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

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

Η Δηλούσα

Πετρίδη Κοραλία



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα βρώσιμα άνθη χρησιμοποιούνταν από διάφορους πολιτισμούς στην αρχαιότητα για τις ευεργετικές τους ιδιότητες. Στη σημερινή εποχή η χρήση τους στη μαγειρική αυξάνεται με ταχύτατους ρυθμούς. Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται όλο και περισσότερες έρευνες που μελετούν διεξοδικά τα συστατικά των βρώσιμων ανθέων, τις δράσεις και τα οφέλη τους στην υγεία του ανθρώπου, οι οποίες υποστηρίζουν τη πιθανή χρήση τους ως εναλλακτική λύση για πολλά συνθετικά πρόσθετα τροφίμων ή για τον εμπλουτισμό τροφίμων. Συνεπώς, παρουσιάζουν ιδιαίτερο οικονομικό ενδιαφέρον στη βιομηχανία τροφίμων, φαρμάκων καθώς και σε άλλους τομείς. Στην εργασία αυτή, μελετώνται ορισμένα είδη βρώσιμων ανθέων ως προς το ολικό φαινολικό περιεχόμενό τους και την αντιοξειδωτική και αντιριζική τους δράση. Μετά τη διεξαγωγή αποτελεσμάτων, το τριαντάφυλλο *Rosa Chinesis* και ο κατιφές *Tagetes erecta*, τα δύο άνθη με τα πιο έντονα χρώματα, παρουσίασαν αρκετά ισχυρή αντιοξειδωτική ικανότητα και επομένως τη προοπτική για μελλοντική χρήση τους σε διάφορες εφαρμογές, ενώ τα υπόλοιπα δείγματα είχαν στατιστικά αρκετά χαμηλότερη περιεκτικότητα σε φαινολικά. Επιπλέον, βρέθηκε έπειτα από στατιστική ανάλυση με το πρόγραμμα SPSS, ότι η αντιοξειδωτική με την αντιριζική δράση δεν ταυτίζονται απαραίτητα, ενώ σίγουρα υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ αυτών και του ολικού φαινολικού περιεχόμενου.

Λέξεις κλειδιά: βρώσιμα άνθη, αντιοξειδωτική ικανότητα, φαινολικές ενώσεις, Folin, FRAP, ABTS

ABSTRACT

Edible flowers have been used since ancient times by various civilizations for their beneficial properties. Since then, their use has been growing rapidly. In recent years, more and more research has been carried out that studies in detail the components of edible flowers and their benefits on human health. A lot of researchers support the possible use of various components of edible flowers as an alternative to many synthetic food additives or for enrichment of foods. Therefore, they have a great economic interest in the food, pharmaceutical and other industries. In this work, certain kinds of edible flowers were studied in terms of their total phenolic content and their antioxidant and anti-root activity. The results of this study showed that out of the analyzed samples, *Rosa Chinesis* and *Tageres erecta*, the ones with the most colorful petals, showed mostly abundance in phenolics and a quite strong antioxidant capacity. Therefore they could be considered as more “promising” for future uses. On the other hand, the ones with the most fragile and colorless petals turned out to be poor in phenolics and they had weak antioxidant and anti-root capacity. Furthermore, it was found after a statistical analysis with the SPSS program, that the antioxidant and the anti-radical action are not necessarily identical, while there is certainly a strong correlation between them and the total phenolic content.

Keywords: Edible flowers, phenolic compounds, antioxidant capacity, Folin, FRAP, ABTS

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1. Βρώσιμα άνθη.....	8
1.2. Πηγές & Ποιότητα βρώσιμων ανθέων & Νομικές απαιτήσεις.....	8
1.3. Καλλιέργεια & Συντήρηση Ανθέων.....	9
1.4. Διατροφική αξία βρώσιμων ανθέων.....	10
1.5. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά βρώσιμων ανθέων	11
1.6. Αντιοξειδωτικά & Ελεύθερες ρίζες.....	13
1.7. Κατηγορίες αντιοξειδωτικών που βρίσκονται στα φυτά.....	14
1.7.1. Καροτενοειδή.....	14
1.7.2. Κατηγοριοποίηση πολυφαινόλων	15
1.7.2.1. Φλαβονοειδείς φαινολικές ενώσεις	16
1.7.2.2. Μη φλαβονοειδείς φαινολικές ενώσεις	22
1.8. Είδη ανθέων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα	25
1.8.1. Ορχιδέα (<i>Dendrobium Orchid</i>).....	25
1.8.2. Τριαντάφυλλο κόκκινο (<i>Rosa chinensis jacq.</i>).....	27
1.8.3. Γλαδιόλα (<i>Gladiolus communis L.</i>).....	28
1.8.4. Χρυσάνθεμο (<i>Chrysanthemum indicum</i>).....	29
1.8.5. Κατιφές (<i>Tagetes erecta</i>)	30
1.9. Σκοπός της εργασίας	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ	32
2.1. Δειγματοληψία και σχεδιασμός πειράματος	32
2.2. Προσδιορισμός του ολικού φαινολικού περιεχομένου (Total Phenolic Content, TPC) με τη μεθοδο Folin–Ciocalteu.....	34
2.3. Μέθοδος μέτρησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας (FRAP)	38
2.4. Εκτίμηση της ικανότητας δέσμευσης/ανάσχεσης της σταθερής ελεύθερης ρίζας ABTS* ⁺ [2,2'-αζινο-δις(3-αιθυλοβενζοθειαζολινο-6-σουλφονικό οξύ)].....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	44
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Βρώσιμα άνθη

Ως «βρώσιμα» χαρακτηρίζονται τα άνθη που δεν είναι τοξικά και μπορούν να καταναλωθούν από τον άνθρωπο για τις πρόσθετες θρεπτικές και φαρμακευτικές τους ιδιότητες (Zheng, Yu, Maninder, and Xu, 2018). Συνήθως καταναλώνονται ολόκληρα. Ωστόσο σε ορισμένα είδη λουλουδιών καταναλώνονται μόνο κάποια μέρη όπως για παράδειγμα στις τουλίπες (*Tulipa spp.*), τα τριαντάφυλλα (*Rosa spp.*) και τα χρυσάνθεμα (*Chrysanthemum*) καταναλώνονται μόνο τα πέταλα ενώ στις μαργαρίτες (*Bellis perennis*) μόνο τα άνθη (Mlcek & Rop, 2011).

Η κατανάλωση βρώσιμων ανθέων αλλά και η χρήση τους για μαγειρικούς και ιατροφαρμακευτικούς σκοπούς είναι γνωστή εδώ και χιλιάδες χρόνια. Διάφορα είδη χρησιμοποιούνταν στην αρχαία Ελλάδα ως βελτιωτικά γεύσης σε πολλά γλυκά και αλμυρά πιάτα. Στην αρχαία Ρώμη, τα τριαντάφυλλα χρησιμοποιούνταν, ως πρόσθετα για πουρέ και ομελέτες ενώ, στη μεσαιωνική Γαλλία, τα άνθη της καλέντουλας (*Calendula officinalis*) ως συστατικό σε σαλάτες. Ακόμα, το σαφράν (κρόκος) και οι βιολέτες αξιοποιούνταν ως χρωστικές. Στη Κίνα μεγάλος αριθμός βρώσιμων ανθέων χρησιμοποιούνταν σε παραδοσιακά κινέζικα φάρμακα για τη θεραπεία χρόνιων ασθενειών ήδη από την προϊστορική εποχή (Zheng, Meenu, Xu, 2019).

Στη σημερινή εποχή, τα άνθη χρησιμοποιούνται κυρίως ως γαρνιτούρα ή συστατικά σε σαλάτες, σούπες, ορεκτικά, επιδόρπια και ποτά (Kaisoon, Siriamornpun, Weerapreeyakul & Meeso, 2011) καθώς, όχι μόνο βελτιώνουν την εμφάνιση του πιάτου, αλλά αυξάνουν και τη γεύση, την αισθητική και φυσικά τη θρεπτική αξία αυτών των τροφίμων. Μπορούν να καταναλωθούν φρέσκα (π.χ. άνθη κατιφέ σε σαλάτες) ή σε ξηρή μορφή σε εγχύματα ή σε σκόνη, κρυσταλλωμένα ή ως αφρός στη μοριακή γαστρονομία.

1.2. Πηγές & Ποιότητα βρώσιμων ανθέων & Νομικές απαιτήσεις

Πηγές βρώσιμων ανθέων μπορεί να είναι ταξιανθίες οπωροφόρων φυτών, λαχανικών, φαρμακευτικών φυτών και διακοσμητικά φυτά. Τα πιο δημοφιλή καλλωπιστικά φυτά περιλαμβάνουν: το χρυσάνθεμο, το τριαντάφυλλο, την τουλίπα, τη βιολέτα, τον κατιφέ κ.α. Η πηγή από την οποία προέρχονται έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς άνθη από μη

δοκιμασμένες ποικιλίες ή ανθοπωλεία, ενδέχεται να περιέχουν χημικά προϊόντα όπως συνθετικά λιπάσματα, ζιζανιοκτόνα ή άλλα είδη φυτοφαρμάκων (Fernandes, Casal, Pereira, Saraiva, Ramalhosa, 2017). Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητο να παραλαμβάνονται αποκλειστικά από βιολογικές καλλιέργειες. Ακόμα, άνθη που παραλαμβάνονται ελεύθερα από τη φύση, είναι απαραίτητο να προσδιορίζονται ακριβώς πριν καταναλωθούν καθώς, εκτός από τοξικές επιδράσεις και λοιμώξεις λόγω παθογόνων που ενδέχεται να έχουν αναπτυχθεί σε αυτά, είναι επίσης πιθανό, ακόμη αν φαίνονται υγιή, καθαρά και χωρίς προβλήματα, να προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις σε άτομα που είναι ευαίσθητα σε ορισμένα από τα μη καθορισμένα συστατικά τους (π.χ. η κατανάλωση ανθέων χρυσάνθεμου μπορεί να προκαλέσει αλλεργικές αντιδράσεις οι οποίες συχνά εκδηλώνονται ως εξάνθημα και έκζεμα) (Osimitz, Franzosa, Maciver, & Maibach, 2006). Επομένως λεπτομερής αναγνώρισή τους είναι απαραίτητη.

Αξίζει να σημειωθεί ότι μέχρι τώρα, οποιοσδήποτε διεθνής οργανισμός, συμπεριλαμβανομένου του Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), World Health Organization (WHO), Food and Drug Administration (FDA) ή European Food Safety Authority (EFSA) δεν έχουν υποβάλει επίσημους καταλόγους βρώσιμων και μη βρώσιμων ανθέων (Fernandes, Casal, Pereira, Saraiva, Ramalhosa, 2017). Ωστόσο, ο ευρωπαϊκός κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 258/97, σχετικά με τα νέα τρόφιμα και τα νέα συστατικά τροφίμων, παρέχει μερικές πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια ανθέων. Κατά συνέπεια, δεν υπάρχουν νομικές απαιτήσεις για την εμπορία βρώσιμων ανθέων (Chen & Wei, 2017).

1.3. Καλλιέργεια & Συντήρηση Ανθέων

Για τη καλλιέργεια ανθέων είναι απαραίτητο να μπορούν να καλλιεργηθούν σε μεγάλες εκτάσεις, με σταθερές αποδόσεις, αντοχή σε μηχανικές βλάβες και με όσο τον δυνατόν μεγαλύτερη αντίσταση σε ασθένειες και παράσιτα καθώς πολλές ποικιλίες λουλουδιών και ειδικά τα άνθη τους, είναι πολύ ευαίσθητα και επιρρεπή σε μικροβιακή αλλοίωση και τη φθορά από εξωτερικούς παράγοντες. Για το λόγο αυτό μετά τη συγκομιδή τα άνθη πρέπει να τοποθετούνται αμέσως σε πλαστικές σακούλες ή δοχεία που να τα προστατεύουν από τη μόλυνση και το μαρασμό. Αυτά πρέπει να είναι διάτρητα για να αποτρέπεται η συμπύκνωση ατμών στην εσωτερική τους επιφάνεια. Στη συνέχεια πρέπει

να ψύχονται και να αποθηκεύονται γρήγορα σε θερμοκρασία από +1°C έως +4°C για περίοδο 2-14 ημερών (Mlcek & Rop, 2011).

Ωστόσο, η ανάγκη για την ανάπτυξη νέων πιο αποτελεσματικών τεχνικών για την επιμήκυνση της διάρκειας ζωής των βρώσιμων ανθέων, καθίσταται απαραίτητη. Μέχρι σήμερα δεν έχουν καθοριστεί οδηγίες για την αποθήκευση βρώσιμων ανθέων και ούτε έχουν δημοσιευτεί πληροφορίες που προσδιορίζουν τους περιοριστικούς παράγοντες ποιότητας και μεθόδους συντήρησης. Έχουν γίνει πολύ λίγες μελέτες μέχρι στιγμής στις οποίες έχουν εξεταστεί η επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης, η χρήση συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP) και η επίδραση διαφορετικών τύπων συσκευασιών όπως (PVC) ή πολυπροπυλένιο (PP) συνδυαστικά με ή χωρίς τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών έδειξαν ότι κάθε είδος ανθέων έχει διαφορετικές απαιτήσεις θερμοκρασίας αποθήκευσης ενώ η χρήση συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας μείωσε σημαντικά την απώλεια βάρους και βοήθησε στη διατήρηση της φρέσκιας εμφάνισης, τη μείωση της μαρασμού και την παράταση της διάρκειας ζωής. Όσον αφορά το υλικό συσκευασίας, αποδείχθηκαν καλύτερα τα διαφανή κουτιά PET καθώς αυξάνουν τη διάρκεια ζωής χωρίς να υπάρχει απώλεια της εμπορικής ποιότητας ή της αντιοξειδωτικής ικανότητας (Fernandes, Casal, Pereira, Saraiva, Ramalhosa, 2017). Εναλλακτικά, αν τα άνθη δεν προορίζονται για κατανάλωση σε φρέσκια μορφή, μπορούν να επεξεργαστούν με διάφορες μεθόδους όπως για παράδειγμα να ξηραθούν, να εμβαπτιστούν σε αλκοόλη ή ζάχαρη, να κατεψυχθούν είτε απευθείας είτε σε μορφή κύβων πάγου ή να προστεθούν σε κοκτέιλ. Η μέθοδος της ξήρανσης με εξάχνωση είναι οικονομικά και τεχνικά αρκετά απαιτητική αλλά πολύ αποτελεσματική γιατί η αρχική εμφάνιση, το χρώμα, το σχήμα, και η λάμψη των λουλουδιών διατηρείται σε μεγάλο βαθμό. Σε κάθε περίπτωση, η εύρεση νέων τρόπων επέκτασης της διάρκειας ζωής των βρώσιμων ανθέων θα φέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη που θα οδηγήσουν σε λιγότερη σπατάλη προϊόντος, μειωμένο κόστος μεταφοράς και επέκταση της χρήσης τους στην αγορά.

1.4. Διατροφική αξία βρώσιμων ανθέων

Το κύριο συστατικό των ανθέων είναι το νερό, το οποίο αντιπροσωπεύει περισσότερο από 80%. Δεν έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες σχετικά με τη διατροφική σύνθεση των βρώσιμων ανθέων, ωστόσο οι Mlcek και Rop (2011) ανέφεραν ότι από διατροφική

άποψη τα άνθη μπορούν να χωριστούν σε γύρη, νέκταρ, πέταλα και άλλα μέρη. Διαπίστωσαν ότι η γύρη είναι μια πολύ πλούσια πηγή πρωτεϊνών, αμινοξέων και υδατανθράκων, κορεσμένων και ακόρεστων λιπιδίων, καροτενοειδών και φλαβονοειδών. Η γεύση της, ωστόσο, συνήθως δεν είναι πολύ διακριτική και αρεστή. Το νέκταρ περιέχει ένα ισορροπημένο μείγμα σακχάρων (φρουκτόζη, γλυκόζη και σακχαρόζη) μαζί με ελεύθερα αμινοξέα (κυρίως προλίνη), πρωτεΐνες, ανόργανα ιόντα, λιπίδια, οργανικά οξέα, φαινολικές ουσίες, αλκαλοειδή και τερπενοειδή, μεταξύ άλλων (Mlcek and Rop, 2011). Τα πέταλα και άλλα μέρη των ανθών είναι μια σημαντική πηγή από τις προαναφερθείσες ενώσεις καθώς και βιταμίνες (τα κίτρινα λουλούδια είναι συνήθως μια πολύ καλή πηγή βιταμίνης A), μέταλλα και αντιοξειδωτικά.

Οι Fernandes, Casal, Pereira, Saraiva, Ramalhosa (2017) μελέτησαν ορισμένα είδη βρώσιμων ανθέων ως προς τη διατροφική τους αξία. Έτσι, ως προς τα μακροθρεπτικά συστατικά τους, βρήκαν ότι το πιο άφθονο είναι οι υδατάνθρακες και ανάλογα με το είδος, συναντώνται σε ένα εύρος τιμών. Συγκεκριμένα, τα *E. caribaea* και *Rosa micrantha* μεταξύ περιείχαν 42,4 και 90,2 g / 100 g ξηρού βάρους, αντίστοιχα, ενώ χαμηλότερες ποσότητες υδατανθράκων ανιχνεύθηκαν στο *B. oleracea var. italica* (10,0 g / 100 g ξηρού βάρους). Αυτή η διακύμανση πιθανότατα οφείλεται σε διαφορές στους υφιστάμενους ιστούς μεταξύ των ειδών. Σχετικά με τη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, το εύρος τιμών κυμαινόταν μεταξύ 2,0 και 52,3 g / 100 g ξηρού βάρους για *Begonia boliviensis* και *B. oleracea var. italica*, αντίστοιχα. Ακόμα, διαπίστωσαν ότι τα λιπίδια ήταν παρόντα σε άνθη, που κυμαίνονταν από 1,3 έως 6,1 g / 100 g ξηρού βάρους για *R. micrantha* (πέταλα) και *Madhuca indica*, αντίστοιχα. Αναφορικά με τα μεταλλικά στοιχεία (τέφρα) παρατήρησαν ότι ήταν τα στοιχεία με την υψηλότερη μεταβλητότητα στο συνολικό περιεχόμενο (κυμαίνονταν μεταξύ 2,6 και 15,9 g / 100 g ξηρού βάρους). Με κύρια συστατικά το κάλιο, το φώσφορο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο. Τέλος, συμπέραναν ότι τα βρώσιμα άνθη είναι πλουσιότερα σε κάλιο παρά σε νάτριο, που είναι ωφέλιμο για την πρόληψη των καρδιαγγειακών παθήσεων.

1.5. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά βρώσιμων ανθέων

Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητο να αναφερθούν τουλάχιστον τα βασικά αισθητήρια χαρακτηριστικά τους. Η γεύση των ανθέων μπορεί να ανιχνεύεται διαφορετικά από τους υποδοχείς μας. Η γλυκιά γεύση προκύπτει από την περιεκτικότητα σε σακχαρόζη και

χαρακτηρίζεται ως ευχάριστη. Κατά τη διάρκεια της γήρανσης των ανθέων, η περιεκτικότητα σε σακχαρόζη μπορεί να αυξηθεί λόγω αυξημένης υδρόλυσης φρουκτανών. Αυτό σημαίνει ότι η αλλαγή στη γεύση και την υφή των ανθέων εξαρτώνται από το είδος: μερικά είναι πολύ τρυφερά και τραγανά και άλλα είναι εύθραυστα ή ακόμη και μεταξένια. Αισθητικά χαρακτηριστικά που γίνονται αντιληπτά από τις αισθήσεις μας όπως η ελκυστική εμφάνιση, το μέγεθος, το σχήμα, η γεύση, το άρωμα και ο χρωματισμός, αντιπροσωπεύουν τα πιο σημαντικά κριτήρια ποιότητας των βρώσιμων ανθέων. Καθότι είναι κάτι πολύ «καινούριο», έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες για να διαπιστωθεί αν οι καταναλωτές θα τα προσέθεταν στη διατροφή τους ή όχι. Έχει βρεθεί, λοιπόν, ότι οι καταναλωτές προτιμούν συνήθως τα κίτρινα και πορτοκαλί χρώματα ενώ τα μπλε και οι συνδυασμοί άλλων χρωμάτων προτιμούνται λιγότερο. Στη συνέχεια, αξίζει να γίνει αναφορά στη τεχνολογική σημασία των φαινολικών ενώσεων καθώς παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Οι φαινολικές ενώσεις επηρεάζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων. Ειδικότερα, οι ταννίνες προσδίδουν στυφή, αδρή γεύση, ενώ οι φλαβονόλες πικρή όπως αυτή των εσπεριδοειδών φρούτων (D.Belitz, W.Grosch, P.Schieberle, 2018).

Ο σημαντικότερος παράγοντας που κάνει τα βρώσιμα άνθη πηγή θρεπτικών και βιοδραστικών συστατικών είναι το χρώμα: Κίτρινα και πορτοκαλί άνθη όπως η μαργαρίτα και ο κατιφές, είναι πλούσια σε καροτενοειδή, συγκεκριμένα σε καροτένια (α -, β -, γ -, δ -, ϵ - και ζ -καροτένιο) και ξανθοφύλλες (λουτεΐνη, ζεαξανθίνη, νεοξανθίνη, φλαβοξανθίνη, α - και β - κρυπτοξανθίνη). Επίσης, τα κίτρινα άνθη είναι συνήθως μια πολύ καλή πηγή βιταμίνης Α. Στα λευκά άνθη, υπάρχει αυξημένο επίπεδο λευκών ανθοκυανιδινών και απουσία του ενζύμου φλαβονοειδο-3,5-υδροξυλάση, που συμβάλλει στην απουσία δελφινιδίνης, που δίνει χαρακτηριστικό χρωματισμό στα άνθη (Mleck & Rop, 2011). Κόκκινα, λευκά, μωβ ή μπλε άνθη περιέχουν υψηλές ποσότητες από διάφορες ανθοκυανίνες. Σε έρευνα που έγινε σε 15 είδη κοινών ανθέων βρέθηκε ότι 4 φλαβονόλες, 3 φλαβόνες, 3 ανθοκυανίνες, 3 φαινολικά οξέα και τα παράγωγά τους ήταν κοινά φυτοχημικά και συνέβαλαν στην υγεία με αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, αντικαρκινικές και νευροπροστατευτικές ιδιότητες (Fernandes, Casal, Pereira, Saraiva & Ramalhosa, 2017).

1.6. Αντιοξειδωτικά & Ελεύθερες ρίζες

Ως ελεύθερες ρίζες ορίζονται άτομα ή ομάδες ατόμων που φέρουν ένα ασύζευκτο ηλεκτρόνιο και έχουν την τάση να σχηματίζουν δεσμούς με άλλα άτομα είτε δωρίζοντας ένα ηλεκτρόνιο (οξειδωτικά) είτε προσλαμβάνοντας ένα ηλεκτρόνιο (αναγωγικά) με σκοπό να φτάσουν σε μια κατάσταση υψηλότερης ενεργειακής σταθερότητας (Lobo, Patil, Phatak, and Chandra, 2010).

Σχηματίζονται είτε από φυσιολογικές μεταβολικές διεργασίες στο ανθρώπινο σώμα (π.χ. σωματική άσκηση) είτε από εξωτερικές πηγές όπως η έκθεση σε ακτίνες X, καπνό τσιγάρων, ατμοσφαιρικούς ρύπους και ηλιακό φως. Οι ελεύθερες ρίζες είναι εξαιρετικά αντιδραστικές χημικές ουσίες που εμφανίζουν αυξημένη δραστηριότητα και αστάθεια και παίζουν ρόλο σε πολλές φυσιολογικές κυτταρικές λειτουργίες. Ωστόσο σε αυξημένες συγκεντρώσεις μπορούν να προκαλέσουν «οξειδωτικό στρες», μια διαδικασία που μπορεί να βλάψει τα κύτταρα και θεωρείται ότι σχετίζεται με διάφορες ασθένειες όπως ο σακχαρώδης διαβήτης, καρδιαγγειακές παθήσεις, η νόσος του Αλτσχάιμερ, η νόσος του Πάρκινσον, ορισμένοι τύποι καρκίνου και οι οφθαλμικές παθήσεις όπως ο καταρράκτης.

Τα κύτταρα στην προσπάθειά τους να αντιμετωπίσουν τις επιβλαβείς δράσεις των ελευθέρων ριζών έχουν αναπτύξει αντιοξειδωτικούς μηχανισμούς οι οποίοι δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες ή μειώνουν την παραγωγή τους. Αντιοξειδωτικό είναι ένα μόριο ικανό για να επιβραδύνει να παρεμποδίσει την οξείδωση άλλων μορίων. Οξείδωση είναι μια χημική αντίδραση κατά την οποία μεταφέρονται ηλεκτρόνια από μια ουσία σε έναν φορέα οξείδωσης. Τα χαμηλά επίπεδα αντιοξειδωτικών, ή η παρεμπόδιση των αντιοξειδωτικών ενζύμων, της οξειδωτικοί πίεσης μπορούν να βλάψουν ή να σκοτώσουν τα κύτταρα (Σωτηρούδης, 2004). Το σώμα έχει την ικανότητα να παράγει ένα μικρό μέρος των αντιοξειδωτικών που χρειάζεται (ενδογενή αντιοξειδωτικά), ωστόσο το μεγαλύτερο μέρος λαμβάνεται από εξωτερικές (εξωγενείς) πηγές, όπως η διατροφή. Τα φρούτα, τα λαχανικά και τα δημητριακά είναι πλούσιες πηγές διατροφικών αντιοξειδωτικών. Ορισμένα διαιτητικά αντιοξειδωτικά διατίθενται επίσης ως συμπληρώματα διατροφής. Παραδείγματα διατροφικών αντιοξειδωτικών περιλαμβάνουν β-καροτένιο, λυκοπένιο και βιταμίνες A, C και E (άλφα-τοκοφερόλη) (Yadav, Kumari, Yadav, Mishra, Srivatva & Prabha, 2016). Στα βρώσιμα άνθη, τα φυτοχημικά που περιέχουν σε μεγαλύτερα ποσοστά είναι οι φλαβόνες, οι φλαβονόλες, οι ανθοκυανίνες, τα

φαινορικά οξέα και οι φλαβανόλες (Lu, Li & Yin, 2016). Φυσικά, ανάλογα με το είδος, οι περιεχόμενες αντιοξειδωτικές ουσίες και η περιεκτικότητα τους διαφοροποιούνται.

1.7. Κατηγορίες αντιοξειδωτικών που βρίσκονται στα φυτά

1.7.1. Καροτενοειδή

Τα καροτενοειδή είναι ενώσεις με κόκκινες, πορτοκαλί και κίτρινες αποχρώσεις που βρίσκονται σε αφθονία στα τρόφιμα, σε φρούτα και λαχανικά και σε ζωικά προϊόντα όπως ο σολομός και ο κρόκος του αυγού, αλλά και στη φύση, σε πέταλα λουλουδιών και φύλλα δέντρων. Πρόκειται για παράγωγα πολυακόρεστων υδρογονανθράκων με οκτώ ισοπρενικές ομάδες στο μόριό τους, δηλαδή με 40 άτομα C (Σφλώμος, 2017). Τα καροτένια είναι πολυένια με 11 έως 13 συζυγιακούς διπλούς δεσμούς, που προκαλούν βαθυχρωμική μετατόπιση και σε αυτά οφείλεται η χαρακτηριστική ερυθρή απόχρωση. Η δομή τους ευθύνεται όχι μόνο για το χρώμα αλλά και για τη χημική και βιολογική τους δράση. Έχει βρεθεί ότι τα καροτενοειδή προστατεύουν το ανθρώπινο δέρμα από την υπεριώδη ακτινοβολία (UV), το ορατό φως (VIS) και τις υπέρυθρες ακτίνες (IR) καθώς παρεμποδίζουν το σχηματισμό ελεύθερων ριζών (Skrajda-Brdak, Dąbrowski, Konopka, 2020).

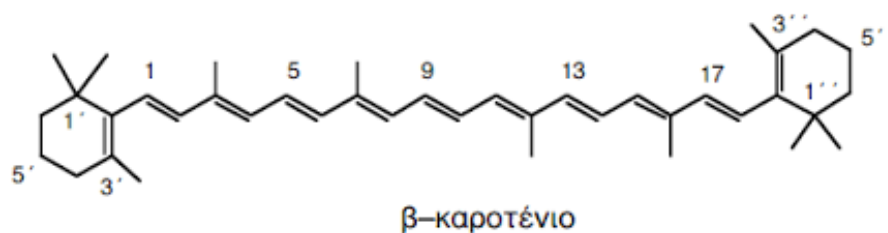
Τα καροτενοειδή διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- τα καροτένια που είναι πολυακόρεστοι υδρογονάνθρακες
- τις ξανθοφύλλες που είναι οξυγονωμένα παράγωγα καροτενίων

Μέχρι σήμερα, έχουν απομονωθεί περισσότερα από 600 καροτενοειδή από φυσικές πηγές. Οι πιο κοινές χρωστικές ουσίες που ανήκουν στην ομάδα αυτή περιλαμβάνουν τη λουτεΐνη, ζεαξανθίνη, β-κρυπτοξανθίνη, α-καροτένιο, β-καροτένιο και λυκοπένιο (Maiani et al., 2009).

Το β-καροτένιο έχει πορτοκαλί χρώμα και βρίσκεται στα καρότα, στις γλυκοπατάτες και στα βερίκοκα, καθώς και σε όλα τα φύλλα των φυτών και των δένδρων όπου γίνεται ορατό μόνο κατά τους φθινοπωρινούς μήνες, με την αποσύνθεση της χλωροφύλλης. Έχει ευρεία χρήση σε συμπληρώματα διατροφής και σκευάσματα βιταμινών καθώς επίσης και ως χρωστική σε διάφορα τρόφιμα, όπως στη μαργαρίνη, το ρύζι, τα ζυμαρικά, χυμούς και

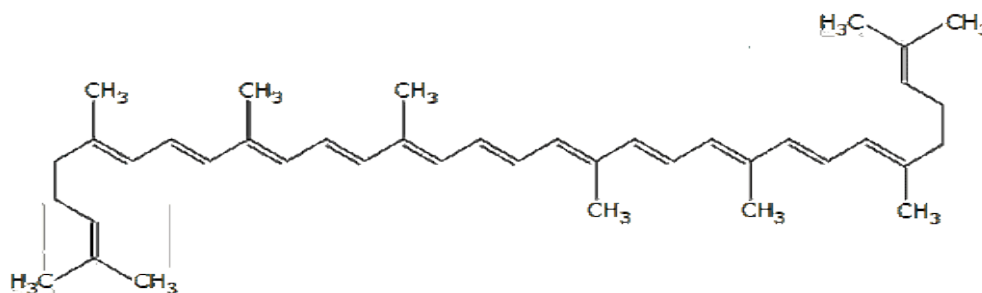
ποτά και παραλαμβάνεται είτε με εκχύλιση από φυτά-φρούτα-λαχανικά είτε με συνθετικό τρόπο.



Εικόνα 1 Χημική δομή β-καροτένιου (Ανδρικόπουλος, 2015)

Ο αναγκαίος ρόλος του β-καροτενίου (προβιταμίνη Α) καθώς και άλλων καροτενοειδών ως η κύρια πηγή της βιταμίνης Α είναι γνωστός εδώ και πολλά χρόνια, καθώς είναι ισχυρά αντιοξειδωτικό και βοηθά στη πρόληψη οφθαλμικών παθήσεων.

Το λυκοπένιο είναι κόκκινο και αποτελεί τη κύρια χρωστική της ντομάτας απ' όπου παραλαμβάνεται ως φυσική χρωστική προκειμένου να χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία τροφίμων. Ακόμα βρίσκεται σε αυξημένα ποσοστά στο καρπούζι και το ροζ γκρέιπ-φρουτ. Έχει αντιοξειδωτικές και αντικαρκινικές ιδιότητες, ενώ πολλές μελέτες αναφέρονται στη προστατευτική δράση του λυκοπενίου για τον καρκίνο του προστάτη.



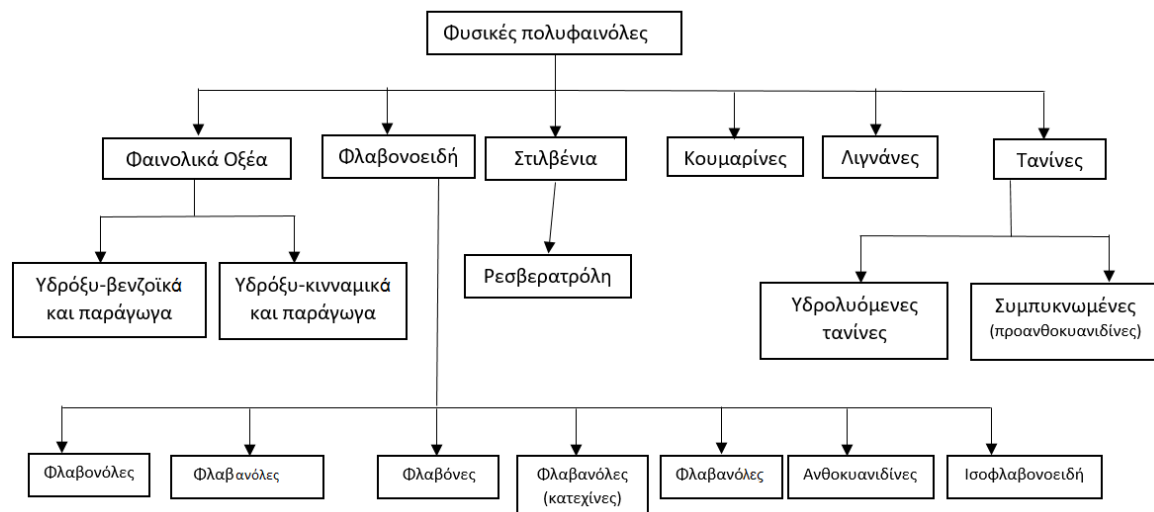
Εικόνα 2: Χημική δομή λυκοπενίου (Βαλανίδης & Ευσταθίου, 2013)

1.7.2. Κατηγοριοποίηση πολυφαινολών

Οι φαινολικές ενώσεις είναι μια μεγάλη ομάδα φυτοχημικών που ταξινομούνται ως δευτερογενείς μεταβολίτες και παρουσιάζονται στα φυτά και ειδικά στα βρώσιμα άνθη. Ορίζονται ως αρωματικές ενώσεις με τουλάχιστον μία δομή δακτυλίου και μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες (Zhenga et al., 2018) και υπάρχουν σε τρεις μορφές: ελεύθερες, εστεροποιημένες και αδιάλυτες δεσμευμένες.

Έχουν ισχυρές in vitro και in vivo αντιοξειδωτικές δραστηριότητες που συνδέονται με την ικανότητά τους να αδρανοποιούν τις ελεύθερες ρίζες παρέχοντας ηλεκτρόνιο ή άτομο υδρογόνου και να σπάνε τις ριζικές αλυσιδωτές αντιδράσεις και τα χηλικά μέταλλα (Kaisoon et al., 2011). Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει εκτεταμένη έρευνα σχετικά με τις ευεργετικές ιδιότητες των φαινολικών ουσιών. Αναφέρονται ενδεικτικά μερικές από αυτές: αποτρέπουν την οξείδωση της LDL χοληστερόλης και μειώνουν τον κίνδυνο καρκίνου, καρδιαγγειακής νόσου και νευροεκφυλιστικών ασθενειών, προστατεύουν από την οξείδωση του DNA, προστατεύουν το κολλαγόνο, αποτρέπουν τη συσσώρευση αιμοπεταλίων κ.α.

Οι κύριες φαινολικές ενώσεις που απαντώνται στα άνθη είναι τα φαινολικά οξέα και τα флаβονοειδή (Kaisoon et al., 2011, Navarro-González et al., 2014) ενώ άλλα φυσικά αντιοξειδωτικά εμφανίζονται στα υπόλοιπα μέρη του φυτού (ξύλο, φλοιός, μίσχοι, λοβοί, φύλλα, φρούτα, ρίζες, λουλούδια, γύρη και σπόροι).

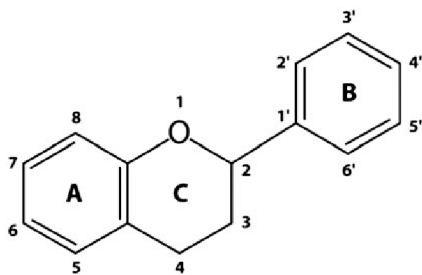


Εικόνα 3 Σχηματική απεικόνιση και ταξινόμηση φυσικών πολυφαινολών (Μπισμπίκης, 2017)

1.7.2.1. Φλαβονοειδείς φαινολικές ενώσεις

Τα φλαβονοειδή είναι μια μεγάλη υποκατηγορία φαινολικών που υπάρχουν σε αφθονία στα βρώσιμα άνθη. Είναι ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους και έχουν χαρακτηριστική C6 – C3 – C6 δομή, αποτελούμενες από αρωματικούς δακτυλίους, Α και Β συνδεδεμένες με μια γέφυρα τριών ανθράκων, συνήθως με τη μορφή ετεροκυκλικού δακτυλίου, Γ. Ο αρωματικός δακτύλιος Α προέρχεται από την μεταβολική οδό του οξικού/μαλονικού

οξέος ενώ ο Β από φαινυλαλανίνη μέσω της οδού του σικιμικού οξέος (Ignat, Volf, Popa, 2011).

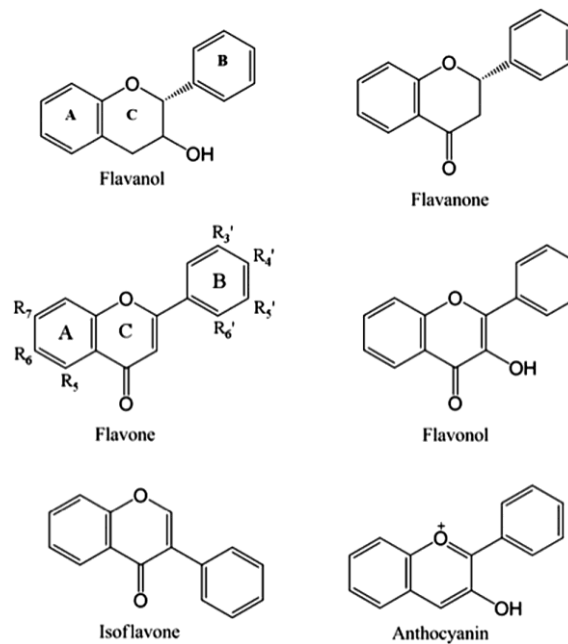


Εικόνα 4 Γενική δομή φλαβονοειδών (Pietta, 2000)

Τα φλαβονοειδή μπορούν να χωριστούν σε έξι υποκατηγορίες ανάλογα με τον υποκαταστάτη και το βαθμό οξειδωσης, κορεσμού και υδροξυλίωσης του κεντρικού δακτυλίου Γ σε: φλαβονόλες, φλαβόνες, ισοφλαβόνες, φλαβονόνες, ανθοκυανιδίνες και φλαβανόλες.

Έχουν αναγνωριστεί πάνω από 8.000 διαφορετικά φλαβονοειδή στους φυτικούς ιστούς ενώ συναντώνται συχνότερα στο εσωτερικό των κυττάρων ή στα φύλλα, στους ιστούς των λουλουδιών και στα ξυλώδη μέρη όπως ο φλοιός. Βοηθούν στην προστασία του φυτού από το υπεριώδες φως, τα παράσιτα, τα φυτοφάγα και τα παθογόνα και είναι υπεύθυνα για τη φυσιολογική ανάπτυξη και άμυνα κατά των οξειδωτικών τραυμάτων. Επιπλέον, συμβάλλουν στην προσέλκυση των εντόμων για τροφή και την επικονίαση ενώ παράλληλα προσδίδουν μαζί και με άλλες φαινολικές ενώσεις, χρώματα σε λουλούδια, φύλλα, φρούτα και λαχανικά.

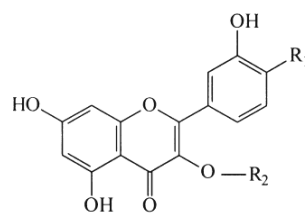
Ο τρόπος δράσης τους, αφορά την αναστολή της οξειδωσης των λιπιδίων μέσω της απομάκρυνσης των ελευθέρων ριζών ή με άλλους μηχανισμούς όπως η απόσβεση οξυγόνου, η χηλίωση μετάλλων και η αναστολή λιποξυγενάσης (Kaisoon et al., 2011). Έτσι, η τακτική κατανάλωση φρούτων και λαχανικών τα οποία περιέχουν σημαντικές ποσότητες φλαβονοειδών, έχει συσχετιστεί με τη μείωση της επίπτωσης ασθενειών όπως ο καρκίνος και οι καρδιακές παθήσεις.



Εικόνα 5 Κατηγορίες φλαβονοειδών (Bordenave, Hamaker and Ferruzzi, 2014)

Φλαβονόλες

Οι φλαβονόλες είναι τα διαδεδομένα φλαβονοειδή στα τρόφιμα. Κύριοι εκπρόσωποι είναι η καμπεφερόλη και η κουερσετίνη (ή κερκετίνη) και στη συνέχεια η ισοραμνητίνη, η μυρικετίνη και η καμφερόλη οι οποίες θεωρούνται ισχυρά αντιοξειδωτικές και αντιριζικές ενώσεις και βρίσκονται συνήθως σε γλυκοσυλιωμένες μορφές. Οι πλουσιότερες πηγές φλαβονολών είναι τα κρεμμύδια, το σγουρό λάχανο, τα πράσα, το μπρόκολο, τα βατόμουρα, το κόκκινο κρασί και το τσάι. (El Gharras, 2009).

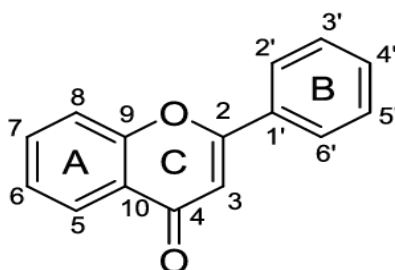


Flavonol	R ₁	R ₂
Rutin	OH	Rutinose
Quercitrin	OH	Rhamnose
Quercetin	OH	H
Kaempferol	H	H
Isorhamnetin	OCH ₃	H

Εικόνα 6 Χημικές δομές φλαβονολών και των κύριων εκπροσώπων τους (Dubber&Kanfer, 2004)

Φλαβόνες

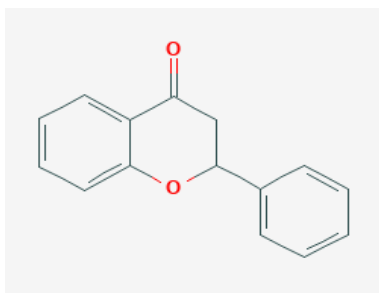
Οι φλαβόνες είναι ένα σχετικά σπάνιο συστατικό των βρώσιμων λουλουδιών που αποτελούνται κυρίως από γλυκοσίδες της λουτεολίνης και απιγενίνης. Οι σημαντικότερες ποσότητες φλαβονών που έχουν ανιχνευτεί μέχρι σήμερα είναι στο μαϊντανό και το σέλινο, ενώ υπάρχουν και σε μικρότερες ποσότητες σε βότανα, σε δημητριακά όπως το κεχρί και το σιτάρι και σε μερικά λαχανικά. Στα φρούτα και τα λαχανικά οι φλαβόνες είναι πολύ λιγότερο συχνές από τις φλαβονόλες. Μεγάλες ποσότητες πολυμεθοξυλιωμένων φλαβονών έχουν εντοπιστεί στο δέρμα των εσπεριδοειδών, ενώ υποστηρίζεται ότι είναι υπεύθυνα για τους κίτρινους και πορτοκαλί χρωματισμούς αυτών (El Gharras, 2009).



Εικόνα 7 Χημική δομή φλαβονών (Dias-Catarino, Alves-Silva, Pereira, Cardoso, 2014)

Φλαβανόνες

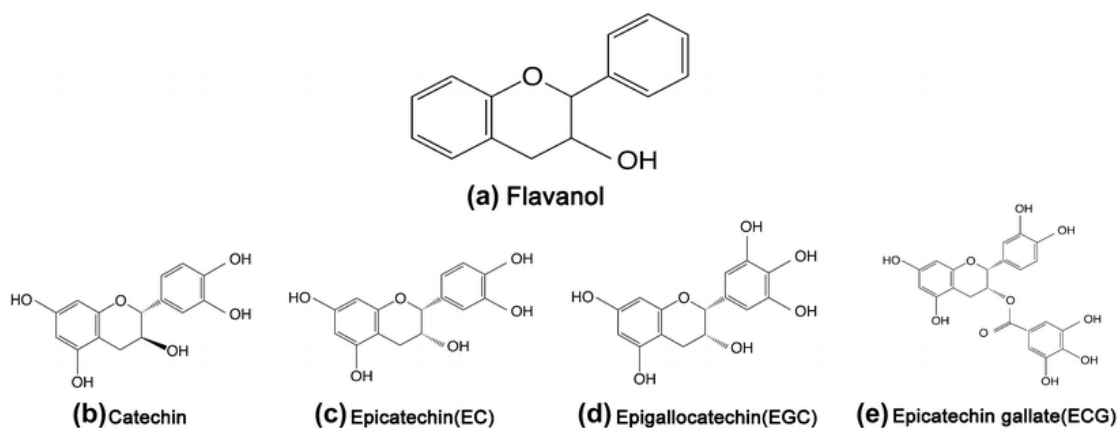
Οι φλαβανόνες χαρακτηρίζονται από την παρουσία ενός κορεσμένης αλυσίδας τριών ανθράκων και ενός ατόμου οξυγόνου στο C4. Γενικά γλυκοζυλιώνεται από ένα δισακχαρίτη στον C7. Φλαβανόνες περιέχονται σε ντομάτες και ορισμένα αρωματικά φυτά όπως η μέντα και σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις σε εσπεριδοειδή. Οι κύριοι αγλυκόνες είναι η ναρρενίνη σε γκρέιπφρουτ, η εσπερετίνη στα πορτοκάλια και η εριδοδικτυόλη στα λεμόνια. Έχει βρεθεί ότι τα ολόκληρα φρούτα μπορεί να περιέχουν έως και πέντε φορές μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε φλαβανόνες από ένα ποτήρι χυμό πορτοκαλιού.



Εικόνα 8 Χημική δομή φλαβανόνων (PubChem)

Φλαβανόλες

Οι φλαβανόλες περιέχουν μια κορεσμένη αλυσίδα τριών ανθράκων με μια ομάδα υδροξυλίου στον C3. Υπάρχουν και σε μονομερή μορφή (κατεχίνες) αλλά και σε μορφή όλιγο/πολυμερούς (προανθοκυανιδίνες ή συμπυκνωμένες τανίνες), και παρουσιάζονται σε πολλά τρόφιμα: διάφορα είδη φρούτων και λαχανικών, πράσινο και μαύρο τσάι, κακάο και κόκκινο κρασί, με τη σοκολάτα να θεωρείται ως η πλουσιότερη πηγή φλαβανολών. Η κατεχίνη και η επικατεχίνη είναι οι κύριες φλαβανόλες που συναντώνται στα φρούτα, ενώ η γαλκατεχίνη, η επιγαλοκατεχίνη και η γαλλική επικατεχίνη βρίσκονται σε ορισμένους σπόρους, όσπρια, σταφύλια, στο κόκκινο κρασί ακόμα και στο τσάι όπου το μαύρο περιέχει σημαντικά μικρότερες ποσότητες κατεχινών συγκριτικά με το πράσινο. Οι προανθοκυανιδίνες απαντώνται κυρίως σε μούρα, κακάο, μερικά φρούτα όπως το μήλο και δαμάσκηνο, ξηροί καρποί, φασόλια και μερικά δημητριακά αλλά λόγω της δυσκολίας τους στην ανάλυση, συχνά δεν είναι εφικτός ο υπολογισμός της περιεκτικότητάς τους σε φυτά και τρόφιμα.

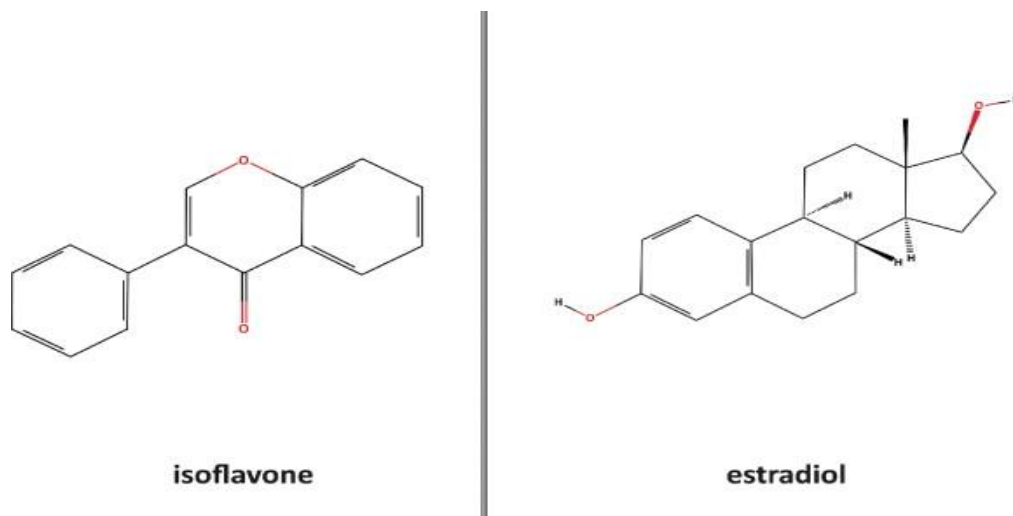


Εικόνα 9 Χημικές δομές φλαβανολών, κατεχίνης, επικατεχίνης, επιγαλοκατεχίνης και γαλλικής επικατεχίνης (Cai, Palamara, Burrow, 2018)

Ισοφλαβόνες

Οι ισοφλαβόνες έχουν παρόμοια δομή με τα οιστρογόνα, δηλαδή, έχουν τις υδροξυλομάδες στις θέσεις C7 και C4, όπως ακριβώς οι β-οιστραδιόλες. Έτσι, μαζί με τις λιγνάνες και τα στυλβένια ταξινομούνται ως «φυτοοιστρογόνα». Είναι φυτοχημικά που βρίσκονται σε πολλά φυτά και φυτικά τρόφιμα σε φυσική μορφή και ως ακετυλο- ή μηλονυλο- κ.λπ., β-γλυκοζίτες. Κύριες πηγές ισοφλαβονών αποτελούν η σόγια και τα μεταποιημένα προϊόντα της όπως το tofu, το miso, το γάλα ή το αλεύρι σόγιας, ενώ συναντάται και σε μικρότερες ποσότητες στα όσπρια. Έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην

υγεία και για το λόγο αυτό συστήνονται για την πρόληψη ή τη θεραπεία ασθενειών όπως η αθηροσκλήρωση ή ο καρκίνος (Ignat, Volf, Pora, 2011).



Εικόνα 10 Παράθεση των δομών της ισοφλαβόνης και της οιστραδιόλης (Zuiter, 2014)

Ανθοκυανίνες

Οι ανθοκυανίνες είναι υδατοδιαλυτές χρωστικές που ανάλογα με το pH, έχουν κόκκινο, μωβ ή μπλε χρώμα και βρίσκονται σε όλους τους ιστούς των φυτών, συμπεριλαμβανομένων των φύλλων, των στελεχών, των ριζών, των λουλουδιών και των φρούτων. Οι ανθοκυανιδίνες, η βασική δομή των ανθοκυανινών, αποτελούνται από έναν αρωματικό δακτύλιο Α συνδεδεμένο με έναν ετεροκυκλικό δακτύλιο Γ που περιέχει οξυγόνο και συνδέεται επίσης με δεσμό άνθρακα-άνθρακα με έναν τρίτο αρωματικό δακτύλιο Β. Όταν οι ανθοκυανιδίνες βρίσκονται στη γλυκοσίδη μορφή τους, δηλαδή είναι συνδεδεμένες με ένα σάκχαρο, συντελούν τις ανθοκυανίνες. Στη φύση έχουν εντοπιστεί περίπου 30 ανθοκυανιδίνες και οι πιο διαδεδομένες από αυτές είναι η κυανιδίνη, η δελφινιδίνη, η πετουνιδίνη.



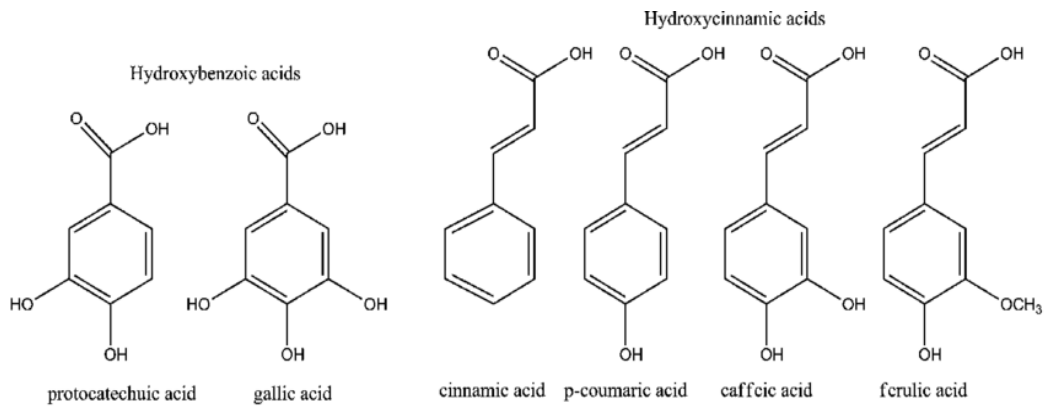
Εικόνα 11 Βασική χημική δομή των ανθοκυανινών (Martín, Navas, Jiménez-Moreno and Asuero, 2017)

Στα φυτά, οι ανθοκυανίνες εμφανίζονται στα φύλλα, τα στελέχη, τις ρίζες, τα λουλούδια και τους καρπούς. Στα τρόφιμα, υπάρχουν σε υψηλές συγκεντρώσεις στα κόκκινα φρούτα όπως τα μούρα, τα φραγκοστάφυλα και τα βατόμουρα καθώς και σε λαχανικά όπως οι μελιτζάνες, το κόκκινο λάχανο και το κρεμμύδι και στο κόκκινο κρασί (Santos-Buelga, González-Paramása, Oludemib, Ayuda-Durána, González-Manzano, 2019). Πολλές μελέτες έχουν αποδείξει την ισχυρή αντιφλεγμονώδη και αντιοξειδωτική δράση των ανθοκυανίνων που σχετίζονται με την πρόληψη ορισμένων εκφυλιστικών ασθενειών. Επιπλέον, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον καθότι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατα απαγορευμένων συνθετικών βαφών τροφίμων που θεωρούνται τοξικά και καρκινογόνα. Έτσι χάρη στα φωτεινά και ελκυστικά χρώματά τους και στην υψηλή διαλυτότητά τους στο νερό, επιτρέπουν την εύκολη ενσωμάτωσή τους σε υδατικά συστήματα τροφίμων.

1.7.2.2. Μη φλαβονοειδείς φαινολικές ενώσεις

Φαινολικά οξέα

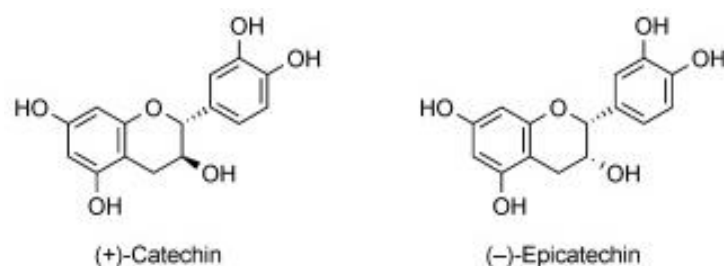
Τα φαινολικά οξέα αποτελούν περίπου το ένα τρίτο των φαινολών που υπάρχει στα φυτά σε ελεύθερες και δεσμευμένες μορφές. Οι διαφορετικές μορφές φαινολικών οξέων έχουν ως αποτέλεσμα ποικίλη καταλληλότητα σε διαφορετικές συνθήκες εκχύλισης και διαφορετικές ευαισθησίες στην αποδόμηση. Τα φαινολικά οξέα αποτελούνται από δύο υποομάδες, τα υδροξυβενζοϊκά και υδροξυκινναμικά οξέα. Τα πιο κοινά υδροξυβενζοϊκά οξέα στα άνθη περιλαμβάνουν γαλλικά, p-υδροξυβενζοϊκά, πρωτοκουχικά, βανιλικά και συριγγικά οξέα, τα οποία έχουν κοινή δομή C₆ – C₁. Υδροξυκινναμικά οξέα, από την άλλη, είναι αρωματικές ενώσεις με πλευρική αλυσίδα με τρεις άνθρακες (C₆– C₃) με κύριους εκπροσώπους το καφεϊκό, το φουρουλικό, το p-κουμαρικό και το καφεϊκό. (Fernandes, Casal, Pereira, Saraiac, Ramalhosa, 2017)



Εικόνα 12 Χημικές δομές των βασικότερων υδροβενζοϊκών και υδροξυκινναμικών οξέων (Vasicek, 2014)

Τανίνες

Σύμφωνα με τον ορισμό που διατύπωσαν το 1962 οι Bate-Smith και Swain, οι φυτικές τανίνες είναι υδατοδιαλυτές φαινολικές ενώσεις σχετικά υψηλού μοριακού βάρους που εκτός από τις συνήθεις φαινολικές αντιδράσεις, έχουν την ικανότητα να κατακρημνίζουν τις πρωτεΐνες (Lattanzio, 2014). Πρόκειται για άχρωμες μη κρυσταλλικές ουσίες οποίες όταν διαλύονται στο νερό, σχηματίζουν κολλοειδή διαλύματα με στυφή γεύση. Στα ανώτερα φυτά, οι τανίνες υποδιαιρούνται δύο μεγάλες ομάδες: τις υδατοδιαλυτές τανίνες και τις συμπυκνωμένες τανίνες. Οι υδατοδιαλυτές προέρχονται από εστερικό δεσμό μεταξύ μιας πολυυδρο-αλκοόλης όπως η γλυκόζη με το γαλλικό οξύ ή του διμερούς του προϊόντος εξαϋδροδιφενικού οξέος. Τα μόρια τους διαμορφώνονται με περαιτέρω προσθήκες μορίων γαλλικού οξέος. Οι συμπυκνωμένες τανίνες προέρχονται από τον πολυμερισμό φλαβαν-3-ολών όπως η κατεχίνη ή η επικατεχίνη και συνδέονται με δεσμούς C-C με δομή (C6 — C3 — C6)_n. Ονομάζονται αλλιώς «προανθοκυανιδίνες» επειδή αποσυντίθενται σε ανθοκυανιδίνες μέσω αντίδρασης οξειδωσης που καταλύεται από ισχυρό οξύ κατά τη θέρμανση σε διαλύματα όξινης αλκοόλης (Dai & Mumper, 2010).

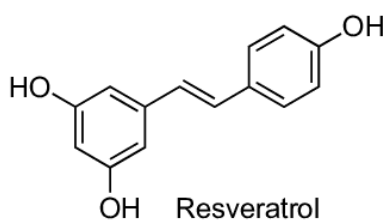


Εικόνα 13 Χημική δομή (+)-κατεχίνης και (-)-επικατεχίνης (Crozier, Jaganath & Clifford, 2009)

Μια τρίτη υποδιαίρεση, οι «φλοροταννίνες», έχει απομονωθεί από καφέ φύκια. Ωστόσο δεν παρουσιάζουν ενδιαφέρον για την ανθρώπινη διατροφή καθώς αποτελούνται εξ ολοκλήρου από φλωρογλυκινόλη (Ignat, Volf, Popa, 2011). Σημαντικές πηγές τανινών αποτελούν πολλά τροπικά φρούτα όπως μάνγκο, χουρμάδες κ.α., το τσάι, ο καφές και κακάο καθώς και τα σταφύλια και το κρασί. Έχουν αντιμικροβιακές ιδιότητες καθώς δρουν παρεμποδιστικά στα ένζυμα και την απώλεια υποστρώματος και ποικίλες δράσεις στα βιολογικά συστήματα αφού μπορούν να δράσουν ως χηλικοί ιόντες μετάλλων, παράγοντες καταβύθισης πρωτεϊνών και βιολογικά αντιοξειδωτικά.

Στιλβενοειδή

Τα στιλβενοειδή είναι υδροξυλιωμένα παράγωγα του στιλβενίου και έχουν τη δομή C₆-C₂-C₆. Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για τα στιλβενοειδή λόγω των βιολογικών τους δραστηριοτήτων και των πιθανών φαρμακολογικών εφαρμογών τους. Τα περισσότερα φυτικά στιλβένια είναι παράγωγα της ρεσβερατρόλης, μιας ουσίας η οποία υπάρχει και στις δύο cis και trans ισομερείς μορφές και έχει μελετηθεί εκτενώς. Θεωρείται ότι μπορεί να αποτρέψει ή να επιβραδύνει την εξέλιξη μιας ευρείας ποικιλίας ασθενειών, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου και των καρδιαγγειακών παθήσεων, καθώς και να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής διαφόρων οργανισμών (Chong, Routaroud, Hugueney, 2009). Παράγεται από φυτά για την αντιμετώπιση λοιμώξεων από παθογόνα ή σε διάφορες καταστάσεις στρες. Έχει εντοπιστεί σε πολλά είδη φυτών, συμπεριλαμβανομένων σταφυλιών, μούρων και φιστικιών.

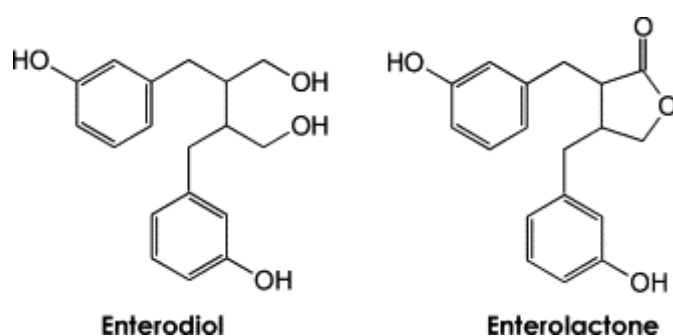


Εικόνα 14 Χημική δομή ρεσβερατρόλης (Omran, 2017)

Λιγνάνες

Οι λιγνάνες αποτελούνται από δύο μονάδες φαινυλο-προπανίου και είναι η πιο διαδεδομένη ουσία στα φυτά, ως επί το πλείστον σε ελεύθερη μορφή. Στα τρόφιμα, η πλουσιότερη διατροφική πηγή λιγνανών είναι ο λιναρόσπορος. Άλλα δημητριακά, σπόροι, φρούτα και ορισμένα λαχανικά περιέχουν επίσης ίχνη από λιγνάνες, αλλά οι

συγκεντρώσεις στον λιναρόσπορο είναι 1.000 φορές υψηλότερες από τις συγκεντρώσεις σε αυτά τα τρόφιμα (El Gharras, 2009). Στη φύση υπάρχουν σε ελεύθερη μορφή και έχουν δομικές λειτουργίες μέσα στις κυτταρικές μεμβράνες των φυτών. Αποτελούν βασικό τμήμα της διαιτητικής ίνας όλων των φυτικών τροφίμων και διασπώνται από τα βακτήρια του εντέρου κυρίως προς εντερολακτόνη και εντεροδιόλη. Μελέτες έχουν δείξει ότι αυτοί οι δύο μεταβολίτες δρουν προληπτικά κατά της οστεοπόρωσης, των καρδιαγγειακών παθήσεων καθώς και των καρκινικών κυττάρων του μαστού, του παχέος εντέρου και του προστάτη.



Εικόνα 15 Χημικές δομές εντεροδιόλης και εντερολακτόνης (Kuijsten, Buijsman, Arts, Mulder&Hollman, 2005)

1.8. Είδη ανθέων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα

1.8.1. Ορχιδέα (*Dendrobium Orchid*)



Εικόνα 16 Ορχιδέα *Dendrobium* που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα

Οικογένεια: Ορχιδοειδή (*Orchidaceae*)

Γένος: *Dendrobium Orchid* – *Dendrobium aggregatum*

Είδος: *Dendrobium Orchid*

Οι ορχιδέες, μια από τις μεγαλύτερες ανθοφόρες οικογένειες, είναι γνωστές λόγω της ποικιλομορφίας και των ιδιαίτερα ελκυστικών χρωμάτων που διαθέτουν. Το γένος *Dendrobium*, του οποίου το όνομα προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις «δένδρον» και «βίος», είναι ένα από τα μεγαλύτερα της οικογένειας *Orchidaceae* και ευδοκίμει σε διάφορες χώρες της Νότιας Ασίας, στην Ιαπωνία, στην Αυστραλία και σε μερικά Νησιά του Ειρηνικού. Μπορούν να φτάσουν σε μήκος έως 1m ενώ η διάρκεια ζωής των ανθέων του *Dendrobium* ποικίλει από μία ημέρα έως δέκα μήνες, με μέσο όρο ζωής λίγες εβδομάδες. Οι ορχιδέες απαιτούν αρκετά χρόνια ανάπτυξης πριν αρχίσουν να ανθίζουν ενώ η φάση της αναπαραγωγικής ανάπτυξης, επηρεάζεται από εξωγενείς περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η διάρκεια προβολής σε φως κ.α. (Teixeira da Silva, Aceto, Liu, Yu & Kanno, 2014). Τα κύρια δραστικά συστατικά των ανθέων αυτών στα οποία οφείλουν και τις ευεργετικές τους ιδιότητες είναι πολυσακχαρίτες, αλκαλοειδή, φλαβονοειδή, αμινοξέα και ίχνη από μεταλλικά στοιχεία.

Εδώ και εκατοντάδες χρόνια, πολλά φυτά του γένους *Dendrobium* χρησιμοποιούνται σαν παραδοσιακά βότανα, κυρίως σε ασιατικές χώρες. Έχουν πολύ υψηλή εμπορική αξία με τη ζήτησή τους να αυξάνεται συνεχώς καθώς έχουν εξαιρετικές αντιφλεγμονώδεις, αντιμυκητιακές, αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες και δρουν κατά της γαστρίτιδας, του διαβήτη και της γήρανσης (Cakova, Bonte & Lobstein, 2017). Για το λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια η έρευνα και το ενδιαφέρον των επιστημόνων γύρω από τα άνθη αυτά εντείνεται όλο και περισσότερο.

Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι έχει βρεθεί ότι τα αιθανολικά εκχυλίσματα ορισμένων ορχιδεών *Dendrobium* είναι ικανά να αναστείλλουν τη δραστηριότητα της τυροσινάσης καθώς και την παραγωγή μελανίνης (Athipornchai & Jullaro, 2018).

1.8.2. Τριαντάφυλλο κόκκινο (*Rosa chinensis jacq.*)



Εικόνα 17 Τριαντάφυλλο *Rosa Chinensis* που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα

Οικογένεια: *Rosaceae*

Γένος: *Rosa*

Είδος: *R. Chinensis*

Τα τριαντάφυλλα είναι ένα από τα πιο γνωστά διακοσμητικά άνθη με τεράστια οικονομική σημασία λόγω του ευχάριστου αρώματός τους και των ιδιαίτερων χρωμάτων τους. Τα άνθη *R. Chinensis* έχουν μωβ, κόκκινα ή ροζ πέταλα και καλλιεργούνται ευρέως στη Κίνα. Στη παραδοσιακή κινέζικη ιατρική χρησιμοποιούνταν για τη θεραπεία του τραύματος και των διαταραχών του αίματος καθώς και για την απάλυνση του πόνου γυναικολογικών ασθενειών. Στη σύγχρονη εποχή, χρησιμοποιείται στη μαγειρική σαν συστατικό τροφίμων ή σαν διακοσμητικό σε διάφορα πιάτα και αλκοολούχα ποτά, στη ζαχαροπλαστική λόγω της γλυκιάς του γεύσης σε κέικ και τούρτες ή παραδοσιακό γλυκό τριαντάφυλλο, στην αρωματοθεραπεία αλλά και στη φαρμακοβιομηχανία σε διάφορα καλλυντικά περιποίησης του δέρματος καθώς έχει αποδειχτεί ότι έχει αντιγηραντικές ιδιότητες (Li et al., 2021).

Τα είδη *Chinensis* είναι πλούσια σε φυτοχημικά όπως φαινολικά οξέα (π.χ. γαλλικό οξύ, χλωρογενικό οξύ), φλαβονοειδή (π.χ. φλαβονόλες, ανθοκυανίνες), αρωματικά συστατικά (έλαια, π.χ. μονοτερπένια, σεσκιτερπένια) και τανίνες (Cai, Xing, Sun, Zhan, Corke, 2005). Σύμφωνα με έρευνα των Skrajda-Brdak, Dąbrowski & Konopka (2020) ανιχνεύθηκαν και απομονώθηκαν από το εκχύλισμα *R. Chinensis* γαλλικό οξύ, χλωρογενικό οξύ, ρ-υδροξυβενζοϊκό οξύ, 3-υδροξυ-4-μεθοξυβενζαλδεΐδη, θειοημικαρβαζόνη, ρ-κουμαρικό οξύ. Αυτές οι βιοδραστικές ενώσεις έχουν αποδειχθεί

ότι έχουν θετική επίδραση για την υγεία καθώς δρουν σαν αντιοξειδωτικά, καθαριστές ελεύθερων ριζών, αντικαρκινικά και αντιφλεγμονώδη. Τέλος, ο έντονα κόκκινος χρωματισμός των πετάλων του είδους αυτού, οφείλεται στην ύπαρξη ανθοκυανινών οι οποίες έχουν πολύ ισχυρή αντιοξειδωτική δράση.

1.8.3. Γλαδιόλα (*Gladiolus communis L.*)



Εικόνα 18 Λουλούδι *Gladiolus communis L.* που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα

Οικογένεια: *Iridaceae*

Γένος: *Gladiolus*

Είδος: *Gladiolus communis L.*

Το *Gladiolus* (*Gladiolus spp*) είναι ένα από τα πιο γνωστά καλλωπιστικά φυτά της οικογένειας *Iridaceae* που φημίζεται για τα εντυπωσιακά πολύχρωμα άνθη του και καλλιεργείται εδώ και πολλούς αιώνες στη Μεσογειακή Ευρώπη, την Ασία, την Τροπική Αφρική και τη Νότια Αφρική. Συγκεκριμένα το είδος *G. communis* ευδοκimeί στην Ιταλία, την Ισπανία, την Ελλάδα, τη Κορσική, την Σικελία και την Σαρδηνία λόγω του εύκρατου κλίματος. Πρόκειται για ένα ποώδες πολυετές φυτό, με γραμμικά φύλλα και λαμπερά ροζ πέταλα που μπορεί να φτάσει σε ύψος το 1 m και ανθίζει από τον Απρίλιο έως τον Ιούνιο. Η ονομασία του γένους *Gladiolus* προέρχεται από το λατινικό «gladius» που σημαίνει μικρό σπαθί και αναφέρεται στο χαρακτηριστικό σχήμα των φύλλων του. Πολλά είδη *Gladiolus* χρησιμοποιούνταν ως παραδοσιακά φυτικά φάρμακα λόγω της αντιοξειδωτικής τους δράσης και των ευεργετικών επιδράσεων τους στην ανθρώπινη υγεία, όπως στην αρχαία Ελλάδα όπου χρησιμοποιούσαν τους βολβούς ως φαγητό ή ακόμα και ως φάρμακο για τη θεραπεία των πονόδοντων και για πέτρες στα νεφρά (Cantor and Tolety,2011).

1.8.4. Χρυσάνθεμο (*Chrysanthemum indicum*)



Εικόνα 19 *Chrysanthemum indicum* L. που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα

Οικογένεια: Αστεροειδή (*Asteraceae*)

Γένος: Χρυσάνθεμο (*Chrysanthemum*)

Είδος: *Chrysanthemum indicum* L.

Το *Chrysanthemum indicum* καλλιεργείται εδώ και πολλούς αιώνες στη Ρωσία, στη βορειοανατολική Ευρώπη και σε χώρες της νοτιοανατολικής Ασίας. Χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα στη Κορέα και στη Κίνα κυρίως σε τσάι και σε αλκοολούχα ποτά ή σε ανάμιξη μπαχαρικών και πρόσθετα τροφίμων για κάλυψη γεύσεων, καθώς και σαν παραδοσιακό φαρμακευτικό φυτό για τη θεραπεία μολυσματικών ασθενειών όπως η πνευμονία ενώ ακόμα βοηθά στην αντιμετώπιση φλεγμονών, πυρετού, υπέρτασης και ιλίγγων (Lee et al., 2014). Ειδικότερα, το *Chrysanthemum indicum* διαθέτει αντιβακτηριακές, αντικαρκινικές, αντιφλεγμονώδεις, αντιυικές, αντιοξειδωτικές και ανοσορρυθμιστικές ιδιότητες οι οποίες έχουν αποδεδειχθεί σε διάφορες σχετικές μελέτες.

Όσον αφορά το φυτοχημικό προφίλ αυτού του φυτού, έχουν απομονωθεί πλήθος φλαβονοειδών, τερπενοειδών και φαινολικών ενώσεων. Σύμφωνα με έρευνα όπου εξετάστηκαν τα εγχύματα μωβ και κίτρινου χρυσάνθεμου, βρέθηκε ότι τα σκούρα μωβ πέταλα περιείχαν υψηλή περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες και λιναρίνη οι οποίες δεν ανιχνεύτηκαν στα εγχύματα των κίτρινων πετάλων. Επιπλέον, το μωβ χρυσάνθεμο είχε πολύ μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση σε σχέση με το κίτρινο, το οποίο οφείλεται στη παρουσία των ανθοκυανίνων, γνωστών ως ισχυρό αντιοξειδωτικό (Giampieri & Naughton, 2019).

1.8.5. Κατιφές (*Tagetes erecta*)



Εικόνα 20 Κατιφές (*Tagetes erecta*) που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα

Οικογένεια: Αστερίδες (*Asteraceae*)

Γένος: Ταγέτης (*Tagetes*)

Είδος: *Tagetes erecta*

Ο κατιφές (Marigold) με επιστημονική ονομασία *Tagetes erecta* Linn. είναι ένα άνθος που καλλιεργείται σε πολλά μέρη του κόσμου καθώς είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό. Φτάνει σε ύψος τα 90εκ. και τα άνθη του έχουν ευχάριστη οσμή και πικρή γεύση, ενώ το χρώμα τους κυμαίνεται από έντονο κίτρινο έως πορτοκαλί ή καφέ (Shetty, Sakr, Al-Obaidy, Patel & Shareef, 2015).

Τα άνθη του *T. erecta* περιέχουν τανίνες, φαινολικές ενώσεις (κυρίως p-κουμαρικό οξύ), φλαβονοειδή (κυρίως καεμπερόλη), στερόλες, τριτερπυνοειδή και αλκαλοειδή ενώ αποτελούν σημαντική πηγή λουτεΐνης, ενός λιποδιαλυτού καροτενοειδούς που ο ανθρώπινος οργανισμός δεν μπορεί να συνθέσει και στο οποίο οφείλεται ο κίτρινος/πορτοκαλί χρωματισμός τους. Έτσι, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας λουτεΐνης που περιέχουν, αξιοποιούνται για εμπορικούς σκοπούς σαν πηγή φυσικών καροτενοειδών, σε συμπληρώματα διατροφής, στον εμπλουτισμό τροφίμων και ποτών ή σαν φυσική χρωστική σε ζωοτροφές πουλερικών για την ενίσχυση του χρωματισμού του κρόκου των αυγών και για τη παραγωγή χρωστικών τροφίμων ή ακόμα και σαν φυσική βαφή υφασμάτων (Rodrigues, Mercadante, Barros-Mariutti, 2019).

Ο *Tagetes erecta* L. χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά σαν γιρλάντα σε θρησκευτικές τελετές και κοινωνικές εκδηλώσεις σε πολλές χώρες του κόσμου. Στο Μεξικό λαμβάνονταν σαν αφέψημα για κρυολογήματα, βρογχίτιδα και ρευματισμούς ενώ ο

χυμός των ανθέων και των φύλλων σαν αντιπυρετικό, μυοχαλαρωτικό και για ανωμαλίες της εμμηνου ρύσεως. Ακόμα, χρησιμοποιούνταν σαν φάρμακο για την ελονοσία και είχε θεραπευτικές εφαρμογές σε πληγές, εγκαύματα, έλκη, έκζεμα, νεφρικά προβλήματα, επιπεφυκίτιδα και κακή όραση, κίρσους και αιμορροΐδες. Έχει αποδειχθεί ότι ο κατιφές αλλά και το εκχύλισμά του, έχουν αντιμικροβιακές, αντιφλεγμονώδης, αντι-ιικές και αντι-μεταλλαξιγόνες ιδιότητες και δρουν σαν εντομοκτόνα και αναλγητικά (Chitrakara, Zhanga, Bhandari, 2019).

1.9. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη του ολικού φαινολικού περιεχόμενου και της αντιοξειδωτικής και αντιριζικής ικανότητας έξι βρώσιμων ανθέων που επιλέχθηκαν για την έρευνα αυτή. Οι δοκιμές που χρησιμοποιούνται είναι κατά αντιστοιχία οι Folin– Ciocalteu , FRAP και ABTS. Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα συγκρίνονται μεταξύ τους καθώς επίσης και με τη βιβλιογραφία, ενώ εξάγονται περαιτέρω συμπεράσματα με τη βοήθεια στατιστικής ανάλυσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Δειγματοληψία και σχεδιασμός πειράματος

Τα άνθη που χρησιμοποιήθηκαν παραλήφθηκαν από φυτώριο ολόκληρα (με τα κοτσάνια τους), απομονώθηκαν τα πέτάλά τους και χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα σε νωπή μορφή. Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε εκχύλιση με υδατομεθανολικό διάλυμα σε αναλογία 20 μέρη νερού: 80 μέρη μεθανόλης (v/v). Συγκεκριμένα, για κάθε δείγμα ζυγίστηκε ποσότητα 1g πετάλων, τοποθετήθηκε σε δοκιμαστικό σωλήνα Falcon και προστέθηκαν 20mL υδατομεθανολικού διαλύματος. Ακολούθησε ανάδευση στο Vortex για 1-1,5min καθώς και με γυάλινη ράβδο για την υποβοήθηση της εκχύλισης και τα δείγματα παρέμειναν 24h σε ψύξη. Έπειτα έγινε αποστράγγιση των πετάλων από το διάλυμα μέσω διήθησης και καταγραφή του τελικού όγκου του διαλύματος. Κάθε είδος αναλύθηκε τρεις φορές και για κάθε φορά πραγματοποιήθηκαν δύο επαναλήψεις (N=3x2). Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν ο προσδιορισμός ολικού φαινολικού περιεχομένου καθώς και η αντιοξειδωτική και αντιριζική δράση κάθε δείγματος με τις μεθόδους που αναφέρονται παρακάτω:



Εικόνα 21 Ορχιδέα (*Dendrobium Orchid*)



Εικόνα 22 Τριαντάφυλλο (*R. chinensis*)



Εικόνα 23 Χρυσάνθεμο ιώδες (*Chrysanthemum indicum L.*)



Εικόνα 24 Χρυσάνθεμο μπορντώ (*Chrysanthemum indicum L.*)



Εικόνα 25 Κατιφές (*Tagetes erecta L.*)



Εικόνα 26 Γλαδιόλα (*Gladiolus communis L.*)

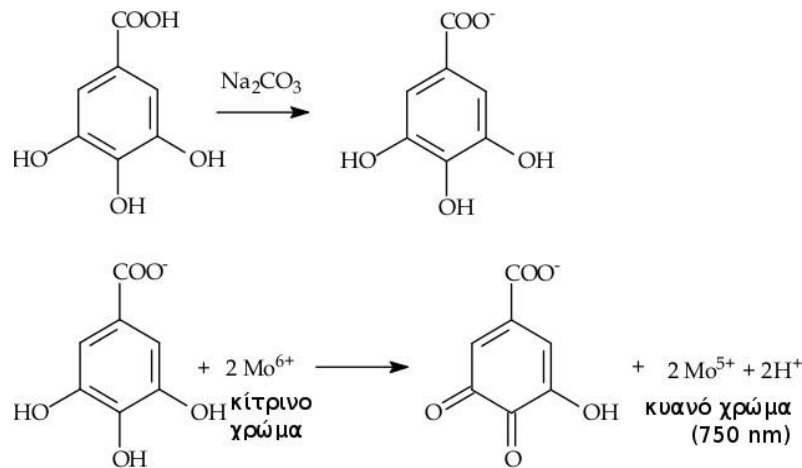
Εικόνα 27 Πέταλα των ανθέων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα

2.2. Προσδιορισμός του ολικού φαινολικού περιεχομένου (Total Phenolic Content, TPC) με τη μεθοδο Folin–Ciocalteu

Το αντιδραστήριο Folin– Ciocalteu είναι ένα διάλυμα με έντονο κίτρινο χρώμα που αποτελείται από άλατα του μολυβδαινίου(Mo) και του βολφραμίου (W). Σε αλκαλικό περιβάλλον, οι φαινολικές ενώσεις οξειδώνονται με ταυτόχρονη αναγωγή των ετεροπολυμερών οξέων. Συγκεκριμένα το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu ανάγεται προς μείγμα κυανών οξειδίων του βολφραμίου (W8O23) και του μολυβδαινίου (Mo8O23). Το σχηματιζόμενο κυανό χρώμα παρουσιάζει μέγιστη απορρόφηση περίπου στα 750 nm και η ένταση του χρώματος είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων.

Η μέθοδος Folin-Ciocalteu εφαρμόζεται σε υδατικά διαλύματα (Huang et al., 2005) και είναι μία φωτομετρική τεχνική που εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό του ολικού φαινολικού περιεχομένου σε φυσικά προϊόντα. Η μέθοδος είναι εξαιρετικά χρήσιμη αφού επιτρέπει την εκτίμηση του συνόλου των πολυφαινολικών συστατικών ενός φυσικού προϊόντος, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που δεν έχουν μέχρι σήμερα ταυτοποιηθεί. Η μέθοδος βασίζεται σε χρωματομετρική οξειδοαναγωγική αντίδραση με την οποία προσδιορίζεται το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο του δείγματος, χωρίς διαχωρισμό μεταξύ μονομερών, διμερών και μεγαλύτερων φαινολικών συστατικών.

Τα φαινολικά συστατικά αντιδρούν με το FCR μόνο υπό βασικές συνθήκες, γι' αυτό πραγματοποιείται ρύθμιση με διάλυμα ανθρακικού νατρίου σε pH 10. Ο ιοντισμός ενός φαινολικού πρωτονίου οδηγεί στο σχηματισμό φαινολικού ανιόντος, το οποίο ανάγει το FCR. Η αντίδραση αυτή υποστηρίζει τον μηχανισμό μεταφοράς ηλεκτρονίου σύμφωνα με την εξίσωση: **Mo(VI) (κίτρινο) + e⁻ → Mo(V) (μπλε)** (Prior et al., 2005) Τα κυανού χρώματος συστατικά που σχηματίζονται, είναι ανεξάρτητα από τη δομή των φαινολικών συστατικών, αποκλείοντας την πιθανότητα σχηματισμού συμπλόκων μεταξύ του κεντρικού μετάλλου και των φαινολικών συστατικών (Huang et al., 2005).



Σχήμα Ι Αντίδραση του γαλλικού οξέος με το αντιδραστήριο F-C μέσω μηχανισμού μεταφοράς ενός e- (Ρεσίνη & Μανίκα, 2018)

Οι φαινολικές ουσίες που προσδιορίζονται με τον δείκτη Folin-Ciocalteu εκφράζονται συνήθως ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος. Δεδομένου ότι η μέθοδος αυτή μετράει το σύνολο των φαινολών η επιλογή του γαλλικού οξέος ως πρότυπο βασίζεται στη διαθεσιμότητα μιας καθαρής και σταθερής ουσίας, και το γαλλικό οξύ τηρεί και τους δυο αυτούς παράγοντες και είναι σχετικά φθηνό

Παρ' όλο που ο μηχανισμός της αντίδρασης δεν έχει μελετηθεί επαρκώς, η μέθοδος προσδιορισμού των ολικών φαινολών με χρήση του FCR είναι απλή και αναπαραγώγιμη. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται συχνά στη μελέτη των φαινολικών αντιοξειδωτικών.

Για την απόκτηση αξιόπιστων αλλά και προβλέψιμων αποτελεσμάτων απαραίτητη προϋπόθεση είναι (Prior et al., 2005):

- Η σωστή αναλογία του όγκου μεταξύ του αντιδραστήριου και του αλκαλίου
- Εφαρμογή του βέλτιστου χρόνου αντίδρασης και θερμοκρασίας για την ανάπτυξη του χρώματος
- Οπτική πυκνότητα λ_{max} στα 765 nm
- Χρήση γαλλικού οξέος ως πρότυπο

Υλικά και αντιδραστήρια

- Αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu's Phenol reagent
- Κορεσμένο διάλυμα ανθρακικού νατρίου (Na_2CO_3)
- Αποσταγμένο νερό
- Δείγματα
- Πρότυπη ουσία Γαλλικό οξύ (gallic acid)
- Μεθανόλη αναλυτικής καθαρότητας
- Πλαστικές κυψελίδες των 4.0mL

Όργανα

- Φασματοφωτόμετρο ορατού απλής δέσμης ψηφιακό (Spectro 23, Digital Spectrophotometer, Labomed, Inc., USA).
- Πιπέτα σταθερού όγκου 1000 μL
- Σιφόνια των 10-100 mL
- Μικροσύριγγα των 100,00 μL
- Υδατόλουτρο ρυθμιζόμενης θερμοκρασίας

Πειραματική πορεία

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε στη παρούσα μελέτη, είναι μια τροποποίηση της μεθόδου F-C με το δυνατόν ελάχιστη χρήση αντιδραστηρίων και διαλυτών που εφαρμόζεται ως ανάλυση ρουτίνας σε δείγματα τροφίμων και ποτών.

- I. **Προετοιμασία κορεσμένου διαλύματος ανθρακικού νατρίου Na_2CO_3 :** Αρχικά παρασκευάζεται το κορεσμένο διάλυμα ανθρακικού νατρίου (Na_2CO_3) ως εξής: Σε 800,00mL απεσταγμένου H_2O διαλύονται 200,00g άνυδρου ανθρακικού νατρίου με τη βοήθεια ήπιου βρασμού. Αφού το διάλυμα επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, προστίθενται περίπου 80g κρυστάλλων Na_2CO_3 και το διάλυμα αφήνεται για 24h. Τέλος, φιλτράρεται και αραιώνεται μέχρι το 1,00L απεσταγμένου H_2O . Το διάλυμα αυτό μένει σταθερό και κατάλληλο για χρήση για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- II. **Προετοιμασία προτύπων διαλυμάτων:** Ως πρότυπη φαινολική ουσία για τη κατασκευή της καμπύλης συσχέτισης επιλέχθηκε το γαλλικό οξύ (Gallic acid, GA). Παρασκευάστηκε stock διάλυμα αυτής, συγκέντρωσης 5g GA/L ως εξής: 0,500g GA διαλύονται πλήρως σε 10,0mL μεθανόλης και αραιώνονται με απεσταγμένο νερό μέχρι τα 100,00mL. Διατηρείται στο ψυγείο μέχρι 2 βδομάδες. Από το stock διάλυμα παρασκευάζονται υδατικά διαλύματα συγκεντρώσεων από 25 μέχρι 500mg GA/L κάθε διαφορετική ημέρα σειράς πειραμάτων.
- III. **Προετοιμασία προτύπων και δειγμάτων για φωτομέτρηση:** Η μετέπειτα πειραματική πορεία για τα δείγματα και τα πρότυπα διαλύματα περιγράφεται ακολούθως: σε πλαστικές κυψελίδες των 4,0mL, τοποθετούνται με μικροσύριγγα των 100,0 μL οι προκαθορισμένες ποσότητες προτύπου ή αραιωμένου δείγματος, 2500,0 μL απεσταγμένου H_2O και 200,0 μL αντιδραστηρίου F-C (βιομηχανικά παρασκευασμένου). Ακολουθεί ισχυρή ανάδευση και μετά από παραμονή 8min

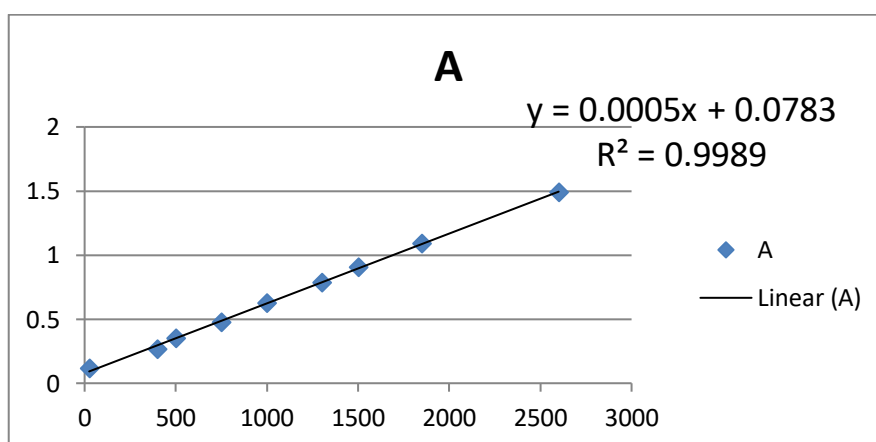
σε σκοτάδι, προστίθενται 500,0μL κορεσμένου διαλύματος Na_2CO_3 για τη δημιουργία αλκαλικού περιβάλλοντος. Το κάθε μείγμα αναδεύεται ξανά και εμφανίζεται τότε ο μπλε χρωματισμός. Έπειτα οι κυψελίδες τοποθετούνται για 30min σε υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας στους 40°C. Αφού το περιεχόμενο των κυψελίδων αποκτήσει τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, τότε μετριέται σε φασματοφωτόμετρο η απορρόφηση τους στα 750nm ($A_{750\text{nm}}$) για κάθε δείγμα ή πρότυπο. Τέλος, για κάθε δείγμα ή διάλυμα της πρότυπης ουσίας πραγματοποιούνται δύο επαναλήψεις κάθε φορά.

- IV. **Προετοιμασία τυφλού διαλύματος για τη διόρθωση της απορρόφησης:** Η διόρθωση στο σφάλμα της τιμής της απορρόφησης που οφείλεται στην πιθανή απορρόφηση των αντιδραστηρίων γίνεται με «τυφλό» δείγμα. Το τυφλό ακολουθεί την ίδια διαδικασία προετοιμασίας με τα πρότυπα και τα δείγματα, δηλαδή προστίθενται, στις ίδιες ποσότητες, το αποσταγμένο νερό, το ανθρακικό νάτριο και το αντιδραστήριο F-C, με τη μόνη διαφορά ότι δεν προστίθεται καθόλου ποσότητα δείγματος.

Ως τυφλό διάλυμα για τη ρύθμιση του φασματοφωτομέτρου χρησιμοποιείται αποσταγμένο νερό.

Έκφραση αποτελεσμάτων

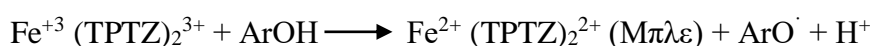
Από την πρότυπη καμπύλη συσχέτισης του γαλλικού οξέος που προέκυψε, υπολογίζεται η περιεκτικότητα κάθε δείγματος σε ολικές φαινολικές ενώσεις ως ισοδύναμα του γαλλικού οξέος (Gallic Acid Equivalents, GAE).



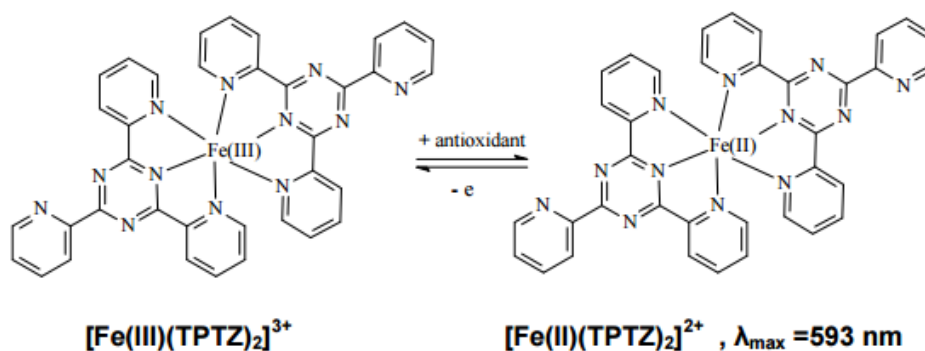
Σχήμα II Πρότυπη καμπύλη αναφοράς του γαλλικού οξέος

2.3. Μέθοδος μέτρησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας (FRAP)

Η μέθοδος FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power/Αντιοξειδωτική Ισχύς Αναγωγής Τρισθενούς Σιδήρου) είναι μια γρήγορη και άμεση φασματοφωτομετρική μέθοδος υπολογισμού της συνολικής αντιοξειδωτικής δύναμης (αναγωγικής ικανότητας) ενός φυτικού εκχυλίσματος. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην αναγωγή, κάτω από όξινες συνθήκες, του συμπλόκου Fe^{+3} -τριπυριδύλο-τριαζίνη (Fe^{+3} -TPTZ) σε δισθενή μορφή (Fe^{+2} -TPTZ), με έντονο μπλε χρώμα που εμφανίζει απορρόφηση στα 593 nm. Η αντίδραση πραγματοποιείται σε pH=3,6 για τη διατήρηση της διαλυτότητας του σιδήρου στο διαλύτη. Ο μηχανισμός της αντίδρασης είναι ο εξής:



όπου ArOH=φαινολικό αντιοξειδωτικό, TPTZ=2,4,6-τρι-(2-πυριδύλο)-τριαζίνη



Σχήμα III Αντίδραση αναγωγής του σιδήρου (Ρεσίνη & Μανίκα, 2018)

Πειραματική πορεία

Στη μέθοδο αυτή, το άλας του τρισθενούς σιδήρου $\text{Fe(III)(TPTZ)}_2\text{Cl}_3$ (TPTZ = 2,4,6-τριπυριδύλο-s-τριαζίνη) χρησιμοποιείται ως οξειδωτικό. Το οξειδοαναγωγικό δυναμικό του άλατος του Fe(III) (~0,70V) είναι όμοιο με αυτό του ABTS^{*+} (~0,68 V) (Pulido et al., 2000). Η μέθοδος πραγματοποιείται σε όξινες συνθήκες (pH = 3,6) και περιλαμβάνει την ακόλουθη διαδικασία:

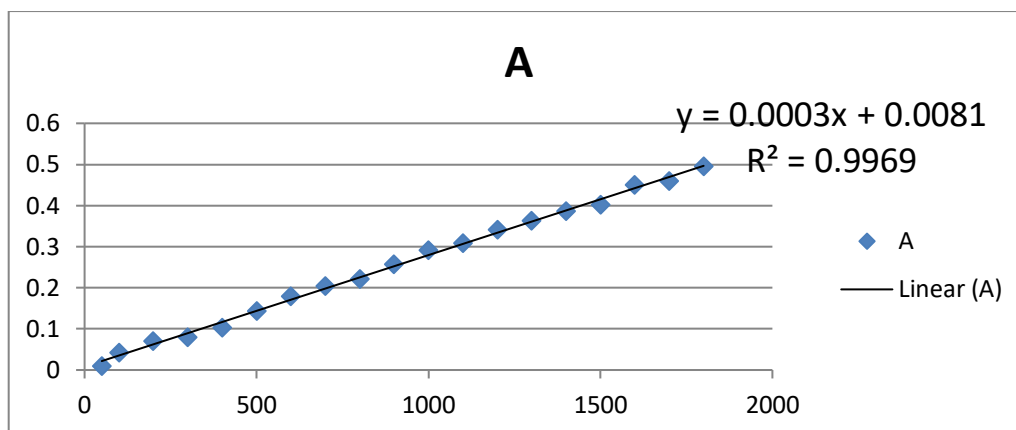
- Προετοιμασία ρυθμιστικού διαλύματος $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$ συγκέντρωσης 300mM και pH 3,6
- Παρασκευή διαλύματος HCl συγκέντρωσης 40mM

- Παρασκευή διαλύματος TPTZ συγκέντρωσης 10mM με ανάμειξη στερεού TPTZ με διάλυμα HCl 40mM
- Προετοιμασία υδατικού διαλύματος $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ συγκέντρωσης 20mM. Το διάλυμα διατηρήθηκε στο ψυγείο καλυμμένο με αλουμινόχαρτο.
- Προετοιμασία των πρότυπων διαλυμάτων Fe^{2+} συγκέντρωσης 20 – 400 μM για τη δημιουργία της πρότυπης καμπύλης αναφοράς.
- Ετοιμασία του αντιδραστηρίου FRAP με μίξη 200,00mL P.Δ. CH_3COOH – CH_3COONa , 20,00mL $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 20mM, 20,00mL διαλύματος TPTZ 10mM και θέρμανση στους 37°C για 20min έως ότου το διάλυμα να αποκτήσει γκρι-μωβ χρώμα. Το αντιδραστήριο FRAP διατηρείται στο σκοτάδι.

Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν σε κάθε κυψελίδα 20 μL ή 100 μL δείγματος ή τυφλό ή πρότυπο με τη βοήθεια μικροσύριγγας, 2mL ή 1,8mL H_2O αντιστοίχως, 500 μL ρυθμιστικού διαλύματος CH_3COOH – CH_3COONa και 900 μL αντιδραστηρίου FRAP θερμασμένου στους 37°C. Ακολουθεί ανάδευση και τοποθέτηση όλων των δειγμάτων σε υδατόλουτρο στους 37°C για 90min. Τέλος, γίνεται φασματοφωτομέτρηση σε $\lambda = 595\text{nm}$ αφού πρώτα έχει γίνει μηδενισμός με νερό και έχει μετρηθεί το λευκό διάλυμα (blank). Η πειραματική πορεία επαναλαμβάνεται δύο φορές για κάθε δείγμα ή διάλυμα πρότυπης ουσίας.

Έκφραση αποτελεσμάτων

Από τη σύγκριση των τιμών της A_{595} πρότυπης καμπύλης και των δειγμάτων ποσοτικοποιήθηκε ο Fe^{2+} που βρίσκεται στα δείγματα. Ο Fe^{2+} είναι το αποτέλεσμα της αντίδρασης του συμπλόκου Fe^{3+} με τα αντιοξειδωτικά και επομένως η αντιοξειδωτική ισχύς μπορεί να εκφραστεί με την ποσοτικοποίηση του Fe^{2+} .



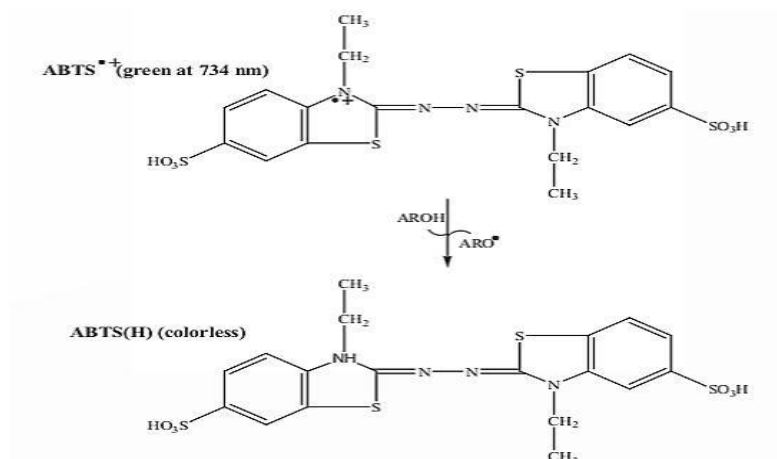
Σχήμα IV Πρότυπη καμπύλη αναφοράς του Fe²⁺

2.4. Εκτίμηση της ικανότητας δέσμευσης/ανάσχεσης της σταθερής ελεύθερης ρίζας ABTS^{•+} [2,2'-αζινο-δισ(3-αιθυλοβεξοθειαζολινο-6-σουλφονικό οξύ)]

Αρχή μεθόδου

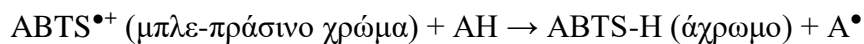
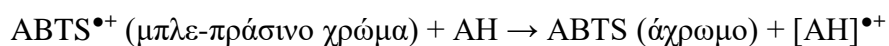
Η μέθοδος ABTS είναι μια σχετικά πρόσφατα αναπτυγμένη δοκιμή από τους Milleretal (1993), στην οποία χρησιμοποιείται η ρίζα ABTS^{•+} [2,2'-αζινο-δισ(3-αιθυλοβεξοθειαζολινο-6-σουλφονικό οξύ)] και εφαρμόζεται εξίσου σε λιπόφιλα και υδρόφιλα αντιοξειδωτικά. Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την εκτίμηση της αντιριζικής ισχύος διάφορων ουσιών, μεταξύ αυτών και των φαινολικών, βασίζεται σε μια αντίδραση αποχρωματισμού.

Η μονοκατιοντική ρίζα ABTS^{•+} χρώματος μπλε-πράσινου (μέγιστο απορρόφησης στα 734 nm) σχηματίζεται άμεσα από την οξείδωση του μη ριζικού μορίου ABTS με υπερθειικό κάλιο ή νάτριο. Με την παρουσία μορίων που είναι δότες υδρογόνου, η ρίζα ABTS^{•+} μειώνεται ποσοτικά ανάλογα με τη δραστηριότητα του δότη υδρογόνου, τη συγκέντρωσή του και τη διάρκεια της αντίδρασης (Karadaget al., 2009).



Σχήμα V Δομή της ρίζας ABTS•+ που απορροφά στα 734nm (Ρεσίνη & Μανίκα, 2018)

Η σάρωση της ρίζας ABTS•+ πραγματοποιείται είτε με τη μεταφορά υδρογόνου είτε με τη μεταφορά ηλεκτρονίου από μια αντιριζική ένωση (AH).



Είναι μια γρήγορη, λειτουργικά απλή και ακριβής μέθοδος για τη συστηματική εκτίμηση της ικανότητας σάρωσης ελευθέρων ριζών διάφορων εκχυλισμάτων από φυτικά υλικά και τρόφιμα και εφαρμόζεται σε μεγάλη κλίμακα.

Υλικά και αντιδραστήρια

- Αντιδραστήριο ABTS•+ [2,2'-αζινο-δισ(3-αιθυλοβεζοθειαζολινο-6-σουλφονικό οξύ)]
- Na₂S₂O₈ σε συγκέντρωση
- Απεσταγμένο νερό
- Δείγματα
- Πρότυπη ουσία Trolox
- Αιθανόλη αναλυτικής καθαρότητας
- Πλαστικές κυψελίδες

Όργανα

- Φωτοφασματοφωτόμετρο Spectro23, Digital Spectrophotometer, Labomed, Inc, USA
- Πιπέτα σταθερού όγκου 1000μL
- Σιφόνια των 10-100mL

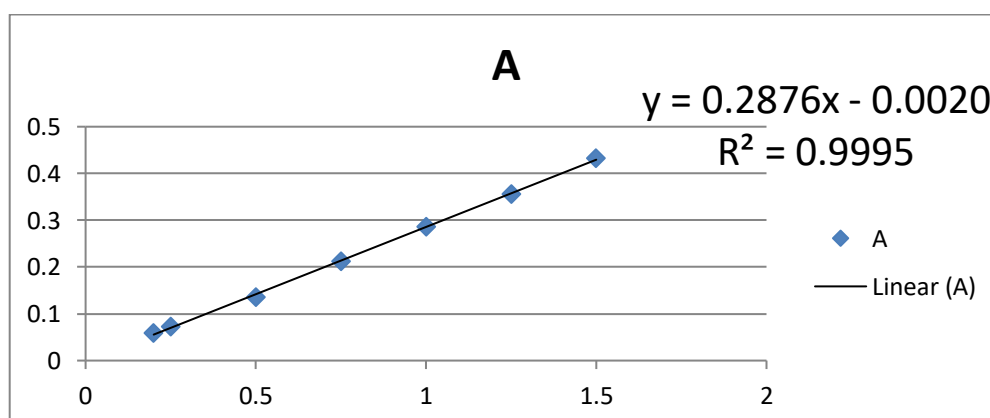
Πορεία του πειράματος

Πρώτο στάδιο αποτελεί η δημιουργία της ρίζας ABTS^{*+}. Παρασκευάζεται, λοιπόν, υδατικό διάλυμα που περιέχει εν διαλύσει την ουσία ABTS συγκέντρωσης 7,00mM και υπερθειικό νάτριο (Na₂S₂O₈) συγκέντρωσης 2,45mM. Το μείγμα αφήνεται στο σκοτάδι για 16h σε θερμοκρασία δωματίου. Η οξείδωση της ρίζας ABTS από τα υπερθειικά ιόντα ξεκινά κατευθείαν, αλλά η στοιχειομετρία της αντίδρασης είναι 1,0 : 0,5 οπότε η οξείδωση θα είναι ατελής. Η ρίζα υπό τη μορφή του μονού κατιόντος είναι σταθερή για πάνω από 2 ημέρες αποθηκευμένη σε σκοτάδι και θερμοκρασία δωματίου.

Στην αρχή κάθε σειράς πειραμάτων, το διάλυμα της ρίζας αραιώνεται κατάλληλα με αιθανόλη ώστε να δίνει τιμή απορρόφησης $A_{734nm} = 0,70 \pm 0,02$. Στη συνέχεια σε πλαστικές κυψελίδες των 4,0mL τοποθετούνται με μικροσύριγγα 10, 100 ή 200μL δείγματος ή προτύπου σε 3000,0μL αραιωμένου διαλύματος ABTS^{*+} και αναδεύονται στο σκοτάδι για 1min. Η απορρόφηση A_{734nm} μετράται μετά τη πάροδο 8 min. Η πειραματική διαδικασία και οι προσδιορισμοί έγιναν εις διπλούν για κάθε δείγμα ή διάλυμα πρότυπης ουσίας. Ως πρότυπη ουσία χρησιμοποιείται η Trolox, της οποίας παρασκευάζεται το stock αιθανολικό διάλυμα 0,006M και από αυτό διαλύματα συγκεντρώσεων από 0,20 έως 1,50mM. Τα διαλύματα της πρότυπης ουσίας πρέπει να είναι πρόσφατα παρασκευασμένα.

Έκφραση των αποτελεσμάτων

Η δοκιμή της ABTS^{*+} παρέχει μια εκτίμηση για τη δραστικότητα των δειγμάτων απέναντι στη συγκεκριμένη ρίζα, η οποία εκφράζεται ως συγκέντρωση αυτών σε ισοδύναμα της πρότυπης ουσίας Trolox (Trolox Equivalents, TE) μέσω της πρότυπης καμπύλης αναφοράς.



Σχήμα VI Πρότυπη καμπύλη αναφοράς του Trolox

Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Σε όλες τις μετρήσεις υπολογίστηκαν ο μέσος όρος (Average) και η τυπική απόκλιση (Standard Deviation, SD) ενώ, με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS, έγινε περαιτέρω στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και βρέθηκαν η Συσχέτιση αποτελεσμάτων (Correlations) και Ανάλυση διάκρισης (Factor Analysis).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ύστερα από ανάλυση των εκχυλισμάτων των ανθέων που εξετάστηκαν, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα όπου καταγράφονται: το ολικό φαινολικό περιεχόμενο (εκφρασμένο σε mg ισοδυνάμων γαλλικού οξέος/g άνθους), η αντιοξειδωτική δράση (εκφρασμένη σε mg Fe²⁺/g άνθους) και η αντιριζική δράση (εκφρασμένη σε mg ισοδυνάμων Trolox/g άνθους).

Δείγμα λουλουδιού	Ολικό φαινολικό περιεχόμενο (TPC) (mg GAE/g άνθους)	Αντιοξειδωτική δράση (mg Fe ²⁺ /g άνθους)	Αντιριζική δράση (mg TE/g άνθους)
Ορχιδέα <i>Dedrobium</i>	0,62 ± 0,05	152,63 ± 17,28	74,15 ± 4,50
Τριαντάφυλλο <i>Rosa chinensis jacq.</i>	18,55 ± 2,27	6547,92 ± 590,09	2193,97 ± 80,11
Γλαδιόλα <i>Gladiolus communis L.</i>	1,71 ± 0,18	384,85 ± 25,43	125,10 ± 11,12
Χρυσάνθεμο (ιώδες) <i>Chrysanthemum indicum</i>	2,13 ± 0,32	636,72 ± 71,86	222,35 ± 45,85
Χρυσάνθεμο (μπορντό) <i>Chrysanthemum indicum</i>	1,94 ± 0,13	479,02 ± 23,25	170,01 ± 10,94
Κατιφές <i>Tagetes erecta</i>	7,58 ± 0,81	6213,58 ± 820,51	883,44 ± 130,07

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα, είναι εμφανείς οι διαφορές ανάμεσα στα δείγματα: υπάρχουν αποκλίσεις από δείγμα σε δείγμα καθώς και στις τιμές του ολικού φαινολικού περιεχομένου, της αντιοξειδωτικής και αντιριζικής δράσης του κάθε άνθους. Μερικές γενικές παρατηρήσεις που μπορούν να γίνουν με μια πρώτη εκτίμηση βλέποντας τον πίνακα των αποτελεσμάτων, είναι ότι κατά γενική ομολογία, όσο πιο μεγάλο είναι το ολικό φαινολικό περιεχόμενο (TPC) σε ένα δείγμα, τότε και η αντιοξειδωτική δράση, σε μεγαλύτερο βαθμό, και η αντιριζική, σε μικρότερο βαθμό, θα είναι στατιστικά κατά αναλογία μεγαλύτερες. Παραδείγματος χάρη, το τριαντάφυλλο (*Rosa chinensis jacq.*) έχει με διαφορά τις υψηλότερες τιμές στις τρεις παραμέτρους που εξετάστηκαν, ο κατιφές (*Tagetes erecta*) με τη σειρά του, έχει και πάλι κατά αντιστοιχία αυξημένες τιμές αλλά παντού μικρότερες από αυτές του τριαντάφυλλου. Αντίστοιχα λοιπόν, η ορχιδέα *Dendrobium* καθώς περιέχει τη μικρότερη ποσότητα φαινολικών, έχει τη μικρότερη αντιοξειδωτική δράση και την ακόμα μικρότερη αντιριζική δράση. Επιπλέον, παρατηρείται ότι στατιστικά σε κάθε περίπτωση, ο μέσος όρος κάθε δείγματος για την αντιριζική δράση είναι πάντοτε μικρότερος από αυτόν της αντιοξειδωτικής ($p < 0,05$), πολλές φορές μάλιστα υποδιπλάσιος ή ακόμα και υποτριπλάσιος όπως συμβαίνει στο *Rosa chinensis*. Παρακάτω αναλύεται και δίνεται εξήγηση για τα αποτελέσματα που προέκυψαν για κάθε άνθος που εξετάστηκε:

Η ορχιδέα (*Dendrobium Orchid*) ήταν το άνθος που παρουσίασε τις χαμηλότερες τιμές στα αποτελέσματα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα άνθη που μελετήθηκαν σε αυτό το πείραμα και σε όλες τις παραμέτρους που εξετάστηκαν. Αυτό οφείλεται στον λευκό χρωματισμό των πετάλων του ο οποίος υποδεικνύει την έλλειψη ουσιών που προσδίδουν χρώμα σε αυτά και που όπως έχει ήδη αναφερθεί, έχουν και σημαντικές αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Οι Athipornchai & Jullapo (2018) μελέτησαν ορισμένα είδη *Dendrobium*, άλλα με λευκή βάση στα πέταλά τους και άλλα με κιτρινωπή. Διαπίστωσαν ότι το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο των εκχυλισμάτων αιθανόλης κυμαίνονταν από $5,34 \pm 0,30$ έως $1,15 \pm 0,34$ mg GAE/g flower και απέδωσαν το εύρος τιμών στη περιεκτικότητα σε φαινολικά και φλαβονοειδή: τα άνθη που είχαν ροζ, μωβ και κοκκικωπά άνθη, δηλαδή χρωστικές ανθοκυανίνης, είχαν υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση σε σχέση με τα λευκά. Από την άλλη, στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε για τη παρούσα εργασία, η ανάλυση Folin – Ciocalteu έδωσε αποτέλεσμα μόλις $0,62 \pm 0,05$ mg GAE/g άνθους, δηλαδή ακόμα πιο χαμηλό από τις θεωρητικές τιμές. Η διαφορά αυτή μπορεί να σχετίζεται με το διαλύτη που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε εκχύλιση, με το είδος ή άλλους παράγοντες. Επιπλέον, οι

δοκιμές FRAP και ABTS έδωσαν τις χαμηλότερες τιμές σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη ανθέων, κάτι το οποίο είναι απόλυτα λογικό αφού είχαν και το χαμηλότερο φαινολικό περιεχόμενο.

Το δείγμα που εμφανίζει με διαφορά τις υψηλότερες τιμές σε κάθε στήλη του πίνακα είναι το τριαντάφυλλο *Rosa chinensis jacq.* Σύμφωνα με έρευνα των Cai, Xing, Sun, Zhan & Corke (2005) όπου εξετάστηκαν μεθανολικά εκχυλίσματα αποξηραμένων ανθών *R. Chinensis*, βρέθηκε ότι περιείχαν ιδιαίτερα αυξημένες ποσότητες ολικών φαινολικών και συγκεκριμένα 18,9 g ισοδύναμων γαλλικού οξέος / 100 g DW ενώ, όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα, υπολόγισαν με τη μέθοδο FRAP ότι περιείχαν 46,2 μM TE / 100 g DW. Στην ίδια έρευνα πραγματοποιήθηκε και ταυτοποίηση των φαινολικών που περιέχονταν στα μεθανολικά εκχυλίσματα αυτά και ανιχνεύθηκαν υδρολύσιμες τανίνες, φλαβονολικές και ανθοκυανίνες. Αυτό έχει αποδειχτεί και σε άλλες έρευνες όπως αυτή των Pei, Wang, Wang, Zhou, Zhao & Jia (2014) όπου βρέθηκε ότι τα άνθη *Rosae chinensis* είναι μια καλή πηγή φλαβονοειδών. Συνεπώς, αυτό υποδηλώνει ότι η αντιοξειδωτική δράση του *R. chinensis* εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητά του σε φλαβονοειδή ενώ, η αντιοξειδωτική δράση αυτών των ενώσεων εξαρτάται από τον αριθμό και τη θέση των υδροξυλομάδων στους αρωματικούς δακτυλίους τους. Έτσι, τα αποτελέσματα της έρευνας κρίνονται αναμενόμενα καθότι τα φαινολικά που εντοπίστηκαν διέθεταν πολλές υδροξυλομάδες στο μόριο τους, το οποίο δικαιολογεί την ισχυρή αντιοξειδωτική και αντιριζική ισχύ τους. Ακόμα, το έντονο κόκκινο χρώμα των πετάλων του τριαντάφυλλου είναι αδιαμφισβήτητα ένας παράγοντας που παίζει σημαντικό ρόλο στη έντονη παρουσία φαινολικών. Συγκριτικά με άλλα είδη της οικογένειας *Rosaceae*, σε μελέτη των Li et al. (2014) όπου εξετάστηκαν, μεταξύ άλλων, και το ολικό φαινολικό περιεχόμενο 51 εκχυλισμάτων βρώσιμων και άγριων ανθών με διαλύτες το μείγμα μεθανόλη - οξικό οξύ - νερό σε συγκεκριμένη αναλογία, βρέθηκε ότι το είδος *Rosa hybrida* περιείχε 35.84 ± 1.67 mg GAE/g άνθους. Η τιμή αυτή σε σχέση με τη πειραματική ($18,55 \pm 2,27$ mg GAE / g άνθους) είναι σχεδόν η διπλάσια. Η διαφορά αυτή εξηγείται λόγω της διαφοράς του είδους, του διαλύτη και της προκατεργασίας του δείγματος. Συνολικά, το είδος *R. Chinensis* θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένα είδος με πολλές προοπτικές για χρήση στη βιομηχανία τροφίμων ή/και φαρμάκων σαν πηγή φυσικών αντιοξειδωτικών.

Στην περίπτωση της γλαδιόλας (*Gladiolus communis L.*), ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι τα πέταλά της αποχρωματίστηκαν πλήρως και σε πολύ

σύντομο χρονικό διάστημα όταν ήρθαν σε επαφή με το διαλύτη, κάτι το οποίο δεν συνέβη με κανένα άλλο είδος. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στα χαρακτηριστικά των πετάλων της γλαδιόλας που είναι πολύ εύθραυστα και λεπτά. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι το ολικό φαινολικό περιεχόμενο του *Gladiolus hybrids*, ενός άλλου είδους του γένους *Gladiolus*, είναι 2.30 ± 0.23 mg GAE/g, ενώ του *Gladiolus communis* L. $1,71 \pm 0,18$ mg GAE/g. Να σημειωθεί ότι η βιβλιογραφική τιμή έχει υπολογιστεί με διαλύτη μεθανόλη - οξικό οξύ - νερό. Οι δύο αυτές τιμές είναι πολύ κοντινές, γεγονός που αποδεικνύει τη σταθερή περιεκτικότητα των ειδών γλαδιόλας σε φαινολικές ενώσεις. Έτσι λοιπόν, ο αποχρωματισμός ενδεχομένως επηρεάστηκε και από τη μικρή συγκέντρωση φαινολικών στα πέταλα του *Gladiolus*. Να επισημανθεί ότι οι αντιοξειδωτικές ουσίες είναι αρκετά ευαίσθητες σε συνθήκες καταπόνησης, όπως για παράδειγμα οι μέθοδοι εκχύλισης και η χρήση διαλυτών πολύ δραστικών όπως η μεθανόλη. Κατά συνέπεια, ο διαλύτης εκχυλίζει με ευκολία μια τόσο μικρή ποσότητα μέσα στο δοθέν χρονικό διάστημα. Σχετικά με τις δοκιμές FRAP και ABTS, οι μέσοι όροι (average) και οι τυπικές αποκλίσεις (Standard Deviation, SD) των τιμών που προέκυψαν είναι αντίστοιχα $384,85 \pm 25,43$ mgFe²⁺/g και $125,10 \pm 11,12$ mgTE/g και ήταν από τις πιο χαμηλές σε σύγκριση με τα υπόλοιπα είδη που εξετάστηκαν, κατ' αναλογία και με τη περιεκτικότητα σε φαινόλες. Γενικά για το γένος *Gladiolus* δεν έχουν γίνει πολλές έρευνες καθότι με μια πρώτη ματιά, φαίνεται να μην έχει ιδιαίτερο αναλυτικό και οικονομικό ενδιαφέρον.

Στη συνέχεια, στα χρυσάνθεμα εξετάστηκε το ίδιο είδος (*Chrysanthemum indicum*) αλλά σε δύο διαφορετικά χρώματα, το ιώδες και το μπορντό. Παρά τις παρεμφερές αποχρώσεις τους, εμφάνισαν σχετικά μικρές αποκλίσεις, με το ιώδες χρυσάνθεμο να υπερτερεί στατιστικά του μπορντό ($p < 0,05$). Και πάλι, σε μια αναλογική σχέση, αυτό με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινολικά έχει την ισχυρότερη αντιοξειδωτική δράση και την ισχυρότερη αντιριζική, χωρίς όμως η τιμή της δεύτερης να ξεπερνά αυτή της πρώτης. Παρατηρώντας τις χαμηλές τιμές και των δύο χρωματιστών χρυσάνθεμων, θα ήταν αναμενόμενο να έχουν αποχρωματιστεί και τα δικά τους πέταλα μέσα στις 24 ώρες της εκχύλισης όπως συνέβη και στη περίπτωση της γλαδιόλας (*Gladiolus communis* L.). Όμως, κάτι τέτοιο δε συνέβη. Αυτό ίσως οφείλεται στη διαφορετικότητα των φαινολικών ουσιών που περιέχουν οι οποίες προσδίδουν το διαφορετικό χρώμα στο κάθε άνθος και στη διαφορετική υφή και δομή των πετάλων του κάθε είδους, καθώς αυτά των χρυσάνθεμων είναι πιο ανθεκτικά και πολύ πιο σκληρά σε σχέση με αυτά της γλαδιόλας.

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι το ολικό φαινολικό περιεχόμενο σε εκχυλίσματα μεθανόλης 75% από το 17 είδη προϊόντων τσαγιού χρυσάνθεμου περιέχουν 5,31-35,60 mg GAE / g άνθους (Li et al., 2019). Οι πειραματικές τιμές *Chrysanthemum indicum* με ιώδες και μπορντό χρώμα βρέθηκαν $2,13 \pm 0,32$ mg GAE / g και $1,94 \pm 0,13$ mg GAE / g αντιστοίχως, και συγκριτικά με τις θεωρητικές τιμές, βρίσκονται και οι δύο πιο χαμηλά. Από την άλλη πλευρά, σύμφωνα με έρευνα των Chen et al., (2015), το ολικό φαινολικό περιεχόμενο του *Chrysanthemum morifolium* μετρήθηκε $24,58 \pm 0,24$ mg GAE/g, δηλαδή πολύ πιο υψηλό από αυτών των πειραματικών τιμών. Οι αποκλίσεις αυτές μπορεί να οφείλονται στο είδος, τη μορφή του (ξηρή ή νωπή), στη μέθοδο, το διαλύτη και τις αναλογίες διαλυτών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα καθώς και σε σφάλματα κατά τη πειραματική διαδικασία ή επιμολύνσεις. Ακόμα, στις δοκιμές FRAP και ABTS, οι τιμές που προέκυψαν είναι μεγαλύτερες για το είδος *C.indicum* ιώδες χρώματος σε σχέση με το μπορντό. Αυτό αποδεικνύει ότι οι φαινολικές ενώσεις που περιέχονται σε κάθε ένα από τα δείγματα αυτά, διαφέρουν όπως προς τη δομή τους και επομένως ως προς την αντιοξειδωτική και αντιριζική τους δράση.

Ο κατιφές (*Tagetes erecta*) έδωσε αρκετά ενδιαφέροντα αποτελέσματα: η αντιοξειδωτική του δράση ($6213,58 \pm 820,51$ mgFe²⁺/g άνθους) βρέθηκε ιδιαίτερα αυξημένη, σχετικά παραπλήσια με αυτήν του *Rosa chinensis*, ενώ αντίστοιχα η αντιριζική του δράση πολύ πιο μειωμένη ($883,44 \pm 130,07$ mg TE/g για το *T. Erecta* και $2193,97 \pm 80,11$ mg TE/g για το *R. chinensis*) ($p < 0,05$). Η εξήγηση για τις τιμές που προέκυψαν σχετίζονται με τον έντονο κίτρινο χρωματισμό των ανθέων του *T. Erecta*. Ο χαρακτηριστικός αυτός χρωματισμός των πετάλων του, οφείλεται σε διάφορες ενώσεις (κυρίως των καροτενοειδών της λουτεΐνης και της ζεαξανθίνης) οι οποίες έχουν ισχυρή αντιοξειδωτική ικανότητα. Ακόμα, αξίζει να σημειωθεί ότι στατιστικά η τιμή της αντιριζικής δράσης του *T. Erecta* είναι περίπου επτά φορές μικρότερη από αυτήν της αντιοξειδωτικής. Η διαφορά αυτή μπορεί να οφείλεται στη δραστηριότητα των ουσιών που περιέχονται στα άνθη του ή σε σφάλματα κατά τη πειραματική διαδικασία. Όσον αφορά το ολικό φαινολικό περιεχόμενο, η τιμή που προέκυψε ήταν $7,58 \pm 0,81$ mg GAE/g και σε σύγκριση με τα υπόλοιπα δείγματα ήταν η δεύτερη υψηλότερη. Στη βιβλιογραφία, ένα πολύ κοντινό είδος του *T. Erecta*, η *Calendula officinalis*, η γνωστή καλέντουλα, σε πείραμα των Chen et al., (2015) βρέθηκε ότι περιέχει $13,03 \pm 0,24$ mg GAE/g. Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται για άλλη μια φορά στην επιλογή του μίγματος των διαλυτών που στη

περίπτωση αυτή ήταν η αιθανόλη και όχι η μεθανόλη, στο είδος και στη μέθοδο παρασκευής του διαλύματος που ακολουθήθηκε σε κάθε πείραμα.

Αναφορικά με τις τιμές των τυπικών αποκλίσεων (Standard Deviation) στο πίνακα των αποτελεσμάτων, προκύπτουν κάποιες ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις: στη μέθοδο Folin-Ciocalteu οι τυπικές αποκλίσεις όλων των δειγμάτων είναι μικρότερες της μονάδας εκτός από αυτήν του τριαντάφυλλου *Rosa chinensis jacq.* ($18,55 \pm 2,27$ mg GAE/g). Αντίθετα στις δοκιμές FRAP και ABTS η τυπική απόκλιση των τιμών που προέκυψαν πειραματικά είναι πολύ μεγάλη. Ενδεικτικά αναφέρονται οι τιμές για την αντιοξειδωτική και αντιριζική ικανότητα αντίστοιχα των ανθέων: *Tagetes erecta* $6213,58 \pm 820,51$ mg Fe²⁺/g και $883,44 \pm 130,07$ mg TE/g, *Rosa chinensis jacq.* $6547,92 \pm 590,09$ mg Fe²⁺/g και $2193,97 \pm 80,11$ mg TE/g και του ιώδους *Chrysanthemum indicum* $636,72 \pm 71,86$ mg Fe²⁺/g και $222,35 \pm 45,85$ mg TE/g. Τα τρία αυτά δείγματα ήταν αυτά που παρουσίασαν τη μεγαλύτερη τυπική απόκλιση στις δύο αυτές δοκιμές. Επομένως, ίσως τα συγκεκριμένα άνθη να περιέχουν κάποιες ασταθείς ενώσεις που να επηρεάστηκαν από τον διαλύτη ή τη μέθοδο και να μην διευκόλυναν την έκβαση ενός πιο σταθερού αποτελέσματος. Οι μεγάλες αυτές διαφορές μεταξύ των πειραματικών τιμών για κάθε δείγμα είναι πιθανό να οφείλονται σε σφάλματα κατά την πειραματική διαδικασία. Συγκεκριμένα στη μέθοδο FRAP, η μέτρηση της απορρόφησης γίνεται έπειτα από 90 λεπτά αναμονής, μετά από την προσθήκη των αντιδραστηρίων και παραμονής των δειγμάτων σε υδατόλουτρο. Έτσι, είναι πολύ πιθανό στην επιφάνεια των διαλυμάτων, οι πολύ ευαίσθητες στη μεταχείριση αντιοξειδωτικές ουσίες να έχουν ήδη αντιδράσει με τον αέρα της ατμόσφαιρας κι έτσι πιθανόν να έχουν χάσει σε κάποιο βαθμό τη δραστηρότητά τους. Για αυτό επικρατεί αισθητή διαφορά ανάμεσα στα δείγματα και τις επαναλήψεις των δειγμάτων. Από την άλλη, στη μέθοδο ABTS, για να πραγματοποιηθεί η μέτρηση απορρόφησης στα 8 λεπτά ακριβώς, θα πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά η διαχείριση των δειγμάτων και να υπάρχει άσογη οργάνωση, κάτι το οποίο δεν είναι πάντα εύκολο να επιτευχθεί σε εργαστηριακές συνθήκες. Συνεπώς, αν το χρονικό πλαίσιο ξεπεράσει αυτό των 8 λεπτών, πιθανότατα να επηρεάσει τις τιμές της απορρόφησης.

Γενικότερα, σε όλες τις μεθόδους ανεξαιρέτως, πάντα υπάρχουν μικρές αποκλείσεις για τις οποίες ευθύνονται συστηματικά ή τυχαία σφάλματα. Τα πρώτα μπορεί να σχετίζονται με τη χρήση οργάνων και σκευών που δεν έχουν βαθμονομηθεί σωστά (π.χ. φασματοφωτόμετρα, υάλινα σκεύη με μόνιμες παραμορφώσεις κ.α.), ζυγών που δεν είναι σωστά ισοσταθμισμένοι ή ελλιπή καθαρισμό των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν (π.χ.

της μικροσύριγγας και των σιφωνίων) ενώ τα δεύτερα, σε φυσικές αδυναμίες αναλυτή και προσωπικά σφάλματα κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας και άλλους αστάθμητους παράγοντες.

Εν συνεχεία, από την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων που πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα SPSS, προέκυψε ο παρακάτω πίνακας που απεικονίζει τη συσχέτιση αποτελεσμάτων (Correlations):

Πίνακας Ι Συσχέτιση αποτελεσμάτων

Correlations

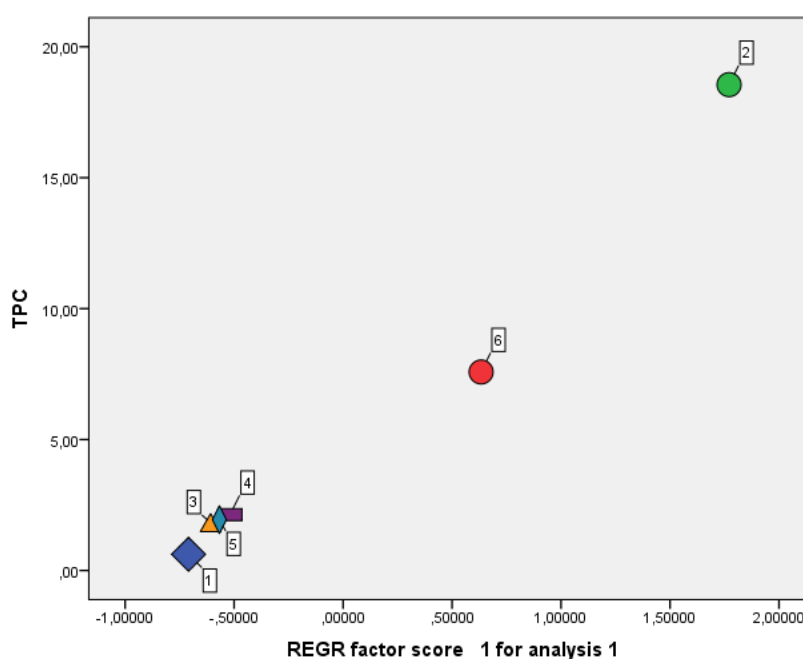
		TPC	FRAP	ABTS
TPC	PearsonCorrelation	1	,880*	,999*
	Sig. (2-tailed)		,021	,000
	N	6	6	6
FRAP	PearsonCorrelation	,880*	1	,883*
	Sig. (2-tailed)	,021		,020
	N	6	6	6
ABTS	PearsonCorrelation	,999*	,883*	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,020	
	N	6	6	6

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι απαραίτητο να αναφερθεί ότι όσο πιο κοντά στη μονάδα βρίσκεται ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης του Pearson (r), τόσο πιο ισχυρή συσχέτιση υπάρχει ανάμεσα στις μεθόδους. Σύμφωνα με τον πίνακα λοιπόν, για $p < 0,05$, παρατηρείται στατιστικά σημαντική συσχέτιση του ολικού φαινολικού περιεχόμενου και της αντιοξειδωτικής και αντιριζικής δράσης. Συγκεκριμένα, οι μέθοδοι Folin και ABTS έχουν πολύ ισχυρή συσχέτιση καθώς ο συντελεστής r είναι σχεδόν ίσος με τη μονάδα ($r=0,999$), δηλαδή έχουν σχεδόν τέλεια γραμμική συσχέτιση. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι σχεδόν όλες οι φαινολικές ενώσεις που βρίσκονται στα άνθη που εξετάστηκαν, έχουν αντιριζική δράση και άρα όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των περιεχόμενων φαινολών, τόσο ισχυρότερη θα είναι αντιριζική δράση. Από την άλλη, η TPC με την FRAP έχουν στατιστικά μικρότερη συσχέτιση ($r=0,880$) που σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητα όλες οι φαινολικές ενώσεις των ανθέων και αντιοξειδωτικές. Αντιστοίχως, οι μέθοδοι FRAP και ABTS έχουν αρκετά δυνατή συσχέτιση ($r=0,883$),

γεγονός που φανερώνει ότι η αντιοξειδωτική με την αντιριζική δράση δεν ταυτίζονται απαραίτητα. Δηλαδή μπορεί να υπάρχουν ενώσεις που είναι αντιοξειδωτικές αλλά δεν έχουν αντιριζική ισχύ και αντίστροφα. Αυτό οφείλεται στη δομή των περιεχόμενων φαινολικών ενώσεων που επηρεάζουν κατ' επέκταση και την αντιοξειδωτική και αντιριζική ικανότητά τους.

Μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση της αξιολόγησης των έξι βρώσιμων ανθέων που μελετήθηκαν στην παρούσα έρευνα φαίνεται παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα I Factor Analysis (Ανάλυση διάκρισης)

Στο διάγραμμα αυτό αντιστοιχούν: (1) Ορχιδέα *Dedrobium*, (2) Τριαντάφυλλο *Rosa chinesis jacq.*, (3) Γλαδιόλα *Gladiolus communis L.*, (4) Χρυσάνθεμο (ιώδες) *Chrysanthemum indicum*, (5) Χρυσάνθεμο (μπορντό) *Chrysanthemum indicum*, (6) Κατιφές *Tageres erecta*

Η διαγραμματική αναπαράσταση αυτή αφορά σε ανάλυση διάκρισης όπου το άνθος *Rosa chinesis* είναι αυτό που στατιστικά υπερέρχει σημαντικά σε σχέση με τα υπόλοιπα παρουσιάζοντας την υψηλότερη περιεκτικότητα φαινολικών ενώσεων. Αρκετά χαμηλότερα αλλά και πάλι με στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση από τα υπόλοιπα άνθη, βρίσκεται ο *Tageres erecta* που εμφάνισε αρκετά αξιόλογα αποτελέσματα. Στη

συνέχεια, ακολουθούν χωρίς σημαντικές διακρίσεις τα υπόλοιπα δείγματα: το *Gladiolus communis L.* και το ιώδες και μπορντό *Chrysanthemum indicum* ομαδοποιούνται σε πολύ πιο χαμηλές συγκεντρώσεις φαιολικών ενώ ακόμα πιο χαμηλά ταξινομείται το είδος *Orchid Dedrobium*.

Εν κατακλείδι, συμπεραίνεται ότι από τα δείγματα που αναλύθηκαν, αυτά με τις υψηλότερες προδιαγραφές για μελλοντική χρήση τους στη βιομηχανία τροφίμων, φαρμάκων και αλλού, είναι το τριαντάφυλλο (*Rosa chinensis jacq*) και ο κατιφές (*Tageres erecta*). Κρίνεται, ωστόσο, απαραίτητο να διευκρινιστεί ότι το εύρος τιμών που λαμβάνεται για την αντιοξειδωτική δράση ποικίλλει ευρέως ανάμεσα στα άνθη. Για το λόγο αυτό, είναι δύσκολο να συγκριθούν τα αποτελέσματα της αντιοξειδωτικής ισχύος μεταξύ διαφόρων δειγμάτων βρώσιμων ανθέων γιατί παρόλο που στις βιβλιογραφικές αναφορές χρησιμοποιείται η ίδια μέθοδος, χρησιμοποιούνται επίσης διαφορετικά πρότυπα ή διαφορετικές μονάδες έκφρασης των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, ορισμένοι συγγραφείς αξιολόγησαν μόνο ένα κλάσμα των εκχυλισμάτων (διαλυτό ή αδιάλυτο), όπως οι Kaisoon et al. (2012), και άλλοι αξιολόγησαν ολόκληρο το εκχύλισμα, πράγμα που καθιστά δύσκολη τη σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων διαφορετικές μελέτες (Fernandes, Casal, Pereira, Saraiva, Ramalhosa, 2017). Συνεπώς, καθότι μέχρι σήμερα δεν έχει γίνει επαρκής έρευνα, η ανάγκη να καθοριστούν οι βέλτιστες συνθήκες στις οποίες κάθε άνθος παρουσιάζει τις μέγιστες τιμές αντιοξειδωτικής δράσης, είναι επιτακτική. Επιπλέον, η εύρεση των ανθέων εκείνων που παρουσιάζουν οικονομικό ενδιαφέρον σε πιθανή χρήση τους στη βιομηχανία τροφίμων, φαρμάκων και οπουδήποτε αλλού θα μπορούσαν να έχουν εφαρμογή, είναι εξίσου σημαντική.

ΙΔΕΕΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα και συζήτηση, συμπεραίνεται ότι τα βρώσιμα άνθη περιέχουν σε αφθονία ενώσεις ευεργετικές για την ανθρώπινη υγεία. Είναι λοιπόν σημαντικό να διερευνηθεί περαιτέρω ο ενδεχόμενος ρόλος τους στην υγεία και ευεξία του ανθρώπου με *in vivo* και *in vitro* μελέτες που να αποδεικνύουν αυτές τις θετικές επιδράσεις. Όσον αφορά τα είδη των βρώσιμων ανθών, υπάρχει πολύ μεγάλη ποικιλία που δεν έχει μελετηθεί μέχρι τώρα. Στην συγκεκριμένη έρευνα, τα είδη που εξετάστηκαν ήταν περιορισμένα και επιλέχθηκαν λόγω του ότι άνθιζαν την συγκεκριμένη εποχή του χρόνου που πραγματοποιήθηκε το πειραματικό μέρος της εργασίας αυτής. Επομένως,

παρόμοια έρευνα θα μπορούσε να διεξαχθεί για άνθη που ακμάζουν άλλες εποχές του χρόνου ή κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους, σε διάφορα στάδια, μέχρι τη πλήρη ανθοφορία. Ακόμα, μελέτες που να συγκρίνουν μεταξύ τους άνθη που ανήκουν στην ίδια οικογένεια ή γένος, που να διερευνούν το ρόλο που μπορεί να παίζουν η γεωγραφική προέλευση, το κλίμα και άλλοι παράγοντες που πιθανώς επηρεάζουν την αντιοξειδωτική ικανότητα των ανθέων. Καθότι βρέθηκε συσχέτιση του ολικού φαινολικού περιεχομένου με το χρώμα, είναι ωφέλιμο να συγκριθούν μεταξύ τους άνθη του ίδιου είδους αλλά διαφορετικού χρώματος ή πιο στοχευμένα να ερευνηθούν σε βάθος κυρίως άνθη με έντονες αποχρώσεις. Όσον αφορά τον διαλύτη που επιλέχθηκε για τις εκχυλίσεις στο πείραμα αυτό, χρησιμοποιήθηκε η μεθανόλη, διαλύτης που αν και πολύ ισχυρός και αποδοτικός, είναι αρκετά τοξικός. Για το λόγο αυτό, δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί μεθανολικό εκχύλισμα βρώσιμου άνθους σε βιομηχανικό επίπεδο, καθώς αποτελεί πρόβλημα τοξικότητας η ενσωμάτωσή τους σε τρόφιμα και φάρμακα. Έτσι λοιπόν, είναι αναγκαίο να βρεθεί ο «βέλτιστος» διαλύτης που δεν θα είναι ακριβός, τοξικός για τον άνθρωπο και βλαβερός για το περιβάλλον και που δεν θα απομακρύνεται δύσκολα αλλά αντίθετα με το χαμηλότερο δυνατό κόστος θα δίνει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί με πειραματισμούς αλλάζοντας παραμέτρους όπως ο διαλύτης, οι αναλογίες ανάμιξης διαλυτών και η θερμοκρασία. Επιπλέον, ένα μεγάλο ζήτημα προς διερεύνηση, είναι φυσικά οι εφαρμογές που μπορούν να έχουν τα βρώσιμα άνθη στη βιομηχανία τροφίμων, φαρμάκων και καλλυντικών. Αναφέρονται ενδεικτικά η χρήση τους ως εναλλακτική των συνθετικών προσθέτων τροφίμων, συνθετικών χρωστικών που είναι ιδιαίτερα τοξικά για τον άνθρωπο καθώς και η αξιοποίησή τους στον εμπλουτισμό τροφίμων και ποτών ή σε βιταμινούχα σκευάσματα σαν φυσικά αντιοξειδωτικά. Ολοκληρώνοντας, είναι πολύ σημαντικό να γίνουν έρευνες για τις προτιμήσεις των καταναλωτών όσον αφορά τη πιθανή ένταξη βρώσιμων ανθέων στο διαιτολόγιό τους, τη συχνότητα κατανάλωσής τους και φυσικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που επιθυμεί ο μέσος καταναλωτής να έχουν τα βρώσιμα άνθη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη βιβλιογραφία

- A. Athipornchai, N. Jullapo (2018, September). Tyrosinase inhibitory and antioxidant activities of Orchid (*Dendrobium spp.*). *South African Journal of Botany*, 119 (2018), pp. 188–192
- Ah-Reum Han, Bomi Nam, Bo-Ram Kim, Ki-Chang Lee, Beom-Seok Song, Sang Hoon Kim, Jin-Baek Kim and Chang Hyun Jin (2019, January). Phytochemical Composition and Antioxidant Activities of Two Different Color Chrysanthemum Flower Teas. *Molecules*, 24 (2), 329
- Anneleen Kuijsten, Michel N.C.P. Buijsman, Ilja. C.W.Arts, Patrick P.J. Mulder, Peter C.H. Hollman (2005, August). A validated method for the quantification of enterodiol and enterolactone in plasma using isotope dilution liquid chromatography with tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*, 822, 1–2, pp. 178-184
- An-Na Li, Sha Li, Hua-Bin Li, Dong-Ping Xu, Xiang-Rong Xu, Feng Chen (2014, January). Total phenolic contents and antioxidant capacities of 51 edible and wild flowers. *Journal of Functional Foods*, 6 (2014), pp. 319-330
- Anuj Yadav, Rewa Kumari, Ashwani Yadav, J.P. Mishra, Seweta Srivatva and Shashi Prabha (2016, November). Antioxidants and its functions in human body - A Review. *Research in Environment and Life Science*, 9(11) 1328-1331
- A.S. Zwitter, Proanthocyanidin: Chemistry and Biology: From Phenolic Compounds to Proanthocyanidins, Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering, Elsevier, 2014, ISBN 9780124095472, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.11046-7>.
- Baiyi Lu, Maiquan Li & Ran Yin (2016). Phytochemical Content, Health Benefits, and Toxicology of Common Edible Flowers: A Review (2000–2015). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56:1, pp.130-148 DOI: 10.1080/10408398.2015.1078276

- Bimal Chitrakar, Min Zhang, Bhesh Bhandari (2019, May). Edible flowers with the common name “marigold”: Their therapeutic values and processing. *Trends in Food Science & Technology*, 89 (2019), 76–87
- Bui Thi Thuy Luyen, Bui Huu Tai, Nguyen Phuong Thao, Ji Yun Cha, Hoon Yeon Lee, Young Mi Lee, Young Ho Kim (2015, January). Anti-inflammatory components of *Chrysanthemum indicum* flowers. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 25 (2), pp. 266-269
- Cantor M., Tolety J. (2011) *Gladiolus*. In: Kole C. (eds) *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*. Springer, Berlin, Heidelberg
- Celestino Santos-Buelga, Ana M. González-Paramás, Taofiq Oludemi, Begoña Ayuda-Durán, Susana González-Manzano (2009). Plant phenolics as functional food ingredients *Advances in Food and Nutrition Research*, 90, (2019), pp. 183-257
- Cetin-Karaca Hayriye (2011). “Evaluation of natural antimicrobial phenolic compounds against foodborne pathogens”. *University of Kentucky Master's Theses*, 652 https://uknowledge.uky.edu/gradschool_theses/652
- Daniele Bobrowski Rodrigues, Adriana Zerlotti Mercadante, Lilian Regina Barros Mariutti (2018, October). Marigold carotenoids: Much more than lutein esters. *Food Research International*, 119 (2019), 653–664
- D. N. Afifah, Yessy, F. N. Rahmani, A. L. Ningsih, C. D. P. Sari, R. R. Yudapradja, Praptiwi, R. Ridwan (2020, December). Antioxidant activity of red rose leaves (*Rosa chinensis* Jacq.) extract. *Acta Biochimica Indonesiana*, 3 (2), 81-88
- Do Yeon Lee, Goya Choi, Taesook Yoon, Myeong Sook Cheon, Byung Kil Choo, Ho Kyoung Kim (2009, May). Anti-inflammatory activity of *Chrysanthemum indicum* extract in acute and chronic cutaneous inflammation. *Journal of Ethnopharmacology*, 123 (1), pp. 149-154
- Elisabeta Susaj, Lush Susaj, Lush Susaj, Irena Kallço, Florina Pazari (2012, November). *Gladiolus* (*Gladiolus spp*) – an important plant of wild and cultivated flora in the central part of Albania. International Conference "Towards future sustainable development", Shkodër, Albania, 16-17 November 2012, Volume: 1 (ISBN: 978-9928-4011-9-9), pp. 240-245

- Erick Paul Gutiérrez-Grijalva, Dulce Libna Ambriz-Pérez, Nayely Leyva-López, Ramón Ignacio Castillo-López, José Basilio Heredia (2016, March). Review: dietary phenolic compounds, health benefits and bioaccessibility. *ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN*, 66 (2), pp. 87-100
- Evangelina A. González a, Mónica A. Nazareno (2010, September). Antiradical action of flavonoid - ascorbate mixtures. *LWT - Food Science and Technology* 44 (2011) 558-564
- G. Gopi, A. Elumalai and P. Jayasri (2012, February). A concise review on *Tageres Erecta*. *International journal of phytopharmacy research*, 3:1, 16-19
- Guan-Lin Chena, Song-Gen Chena, Yi Xiaob, Nan-Lin Fu (January, 2018). Antioxidant capacities and total phenolic contents of 30 flowers. *Industrial Crops and Products*, 111 (2018),430-445
- Guan-Lin Chen, Song-Gen Chen, Ying-Qing Xie, Fu Chen, Ying-Ying Zhao, Chun-Xia Luo, Yong-Qing Gao (2015, August). Total phenolic, flavonoid and antioxidant activity of 23 edible flowers subjected to *in vitro* digestion, *Journal of Functional Foods*, 17, (2005), 243-259
- Haixia Lu, Ke Yang, Lianghai Zhan, Tingting Lu, Xue Chen, Xiamiao Cai, Cong Zhou, He Li, Liuqing Qian, Guiyuan Lv and Suhong Chen (2019, March). Optimization of Flavonoid Extraction in *Dendrobium officinale* Leaves and Their Inhibitory Effects on Tyrosinase Activity. *International Journal of Analytical Chemistry*,
Volume 2019, Article ID 7849198, 10 pages
- Hanxiao Tang, Tianwen Zhao, Yunjie Sheng, Ting Zheng, Lingzhu Fu and Yongsheng Zhang *Dendrobium officinale* (2017, March). Kimura et Migo: A Review on Its Ethnopharmacology, Phytochemistry, Pharmacology, and Industrialization. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2017, Article ID 7436259, 19 pages
- Hasna El Gharras (2009, August). Polyphenols: food sources, properties and applications – a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44 (2009), 2512–2518

- Inmaculada Navarro-González, Rocío González-Barrio, Verónica García-Valverde, Ana Belén Bautista-Ortín and María Jesús Periago (2014, December). Nutritional Composition and Antioxidant Capacity in Edible Flowers: Characterisation of Phenolic Compounds by HPLC-DAD-ESI/MSⁿ. *International Journal Molecular Sciences*, 16 (2015), pp. 805-822
- Ioana Ignat, Irina Volf, Valentin I. Popa (2010, December). A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 126 (2011), pp. 1821–1835
- Jaime A. Teixeira da Silva, Serena Aceto, Wei Liu, Hao Yu, Akira Kanno (2014, June). Genetic control of flower development, color and senescence of *Dendrobium* orchids. *Scientia Horticulturae*, 175 (2014), 74–86
- Jing Cai, Joseph Palamara, Michael F Burrow (2018, March). Effects of Collagen Crosslinkers on Dentine: A Literature Review Springer. *Calcified Tissue International* 102(3) DOI: 10.1007/s00223-017-0343-7
- Jin Dai & Russell J. Mumper (2010, October). Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352 <https://doi.org/10.3390/molecules15107313>
- Jingyun Zheng, Maninder Meenu, Baojun Xu (2019, August). A systematic investigation on free phenolic acids and flavonoids profiles of commonly. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 175, (5), 268-277
- Jingyun Zhenga, Xiaoming Yu, Meenu Maninder and Baojun Xu (2018, July). Total phenolics and antioxidants profiles of commonly consumed edible flowers in China. *International Journal of Food Properties*, 21:1, 1524–1540
- Jiri Mlcek, Otakar Rop (2011, October). Fresh edible flowers of ornamental plants – A new source of nutraceutical foods. *Trends in Food Science & Technology* , 22 (10), pp. 561-569

- Juan Carlos Sanchez-Rangel, Jorge Benavides, J. Basilio Heredia, Luis Cisneros-Zevallos and Daniel A. Jacobo-Velazquez (2013, November). The Folin–Ciocalteu assay revisited: improvement of its specificity for total phenolic content determination. *Analytical Methods*, 5, (2013), 5990-5999 DOI: 10.1039/c3ay41125g
- Julia Martín, María José Navas, Ana María Jiménez-Moreno, Ana María Jiménez-Moreno and Agustín G. Asuero (2017, March). Anthocyanin Pigments: Importance, Sample Preparation and Extraction, Phenolic Compounds - Natural Sources, Importance and Applications, Marcos Soto-Hernandez, Mariana Palma-Tenango and Maria del Rosario Garcia-Mateos, IntechOpen, DOI: 10.5772/66892.
- Julie Chong, Anne Poutaraud, Philippe Huguency (2009, May). Metabolism and roles of stilbenes in plants. *Plant Science*, 177 (2009), 143–155
- Lattanzio V. (2013) Phenolic Compounds: Introduction. In: K.G. Ramawat, J.M. Mérillon (eds.), *Natural Products*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany, pp. 1543-1580 Lin Li, Hyeonmi Ham, Jeehye Sung, Younghwa Kim, Heon-Sang Jeong and Junsoo Lee (2014, February). Antioxidant Activities of Methanolic Extracts from Four Different Rose Cultivars. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2 (2), 69-73
- Lillian Barros, Montserrat Dueñas, Ana Maria Carvalho, Isabel C.F.R. Ferreira, Celestino Santos-Buelga, (2012, February). Characterization of phenolic compounds in flowers of wild medicinal plants from North eastern Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, 50 (2012), 1576–1582
- Lina Xiong, Jiajia Yang, Yirong Jiang, Baiyi Lu, Yinzhou Hu, Fei Zhou, Shuqin Mao, and Canxi Shen, (2014, March). Phenolic Compounds and Antioxidant Capacities of 10 Common Edible Flowers from China. *Journal of Food Science*, 79 (4), pp.517-525 <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12404>
- Lobo V., Patil A., Phatak A., & Chandra N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, 4(8), 118–126

- Lojek Antonin, Denev Petko, Ciz Milan, Vasicek Ondrej & Kratchanova Maria. (2014, June). The effects of biologically active substances in medicinal plants on the metabolic activity of neutrophils. *Phytochemistry Reviews*, 13(2):499-510
- Lokesh J Shetty, Farouk M Sakr, Kais Al-Obaidy, Mohammed J Patel, Hidayatullah Shareef (2015, November). A brief review on medicinal plant *Tagetes erecta* Linn. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5:3, pp. 091-095
- Luana Fernandes, Susana Casal, José Alberto Pereira, Jorge A. Saraiva, Elsa Ramalhosa (2017, July). Edible flowers: A review of the nutritional, antioxidant, antimicrobial properties and effects on human health. *Journal of Food Composition and Analysis*, 60 (2017), pp. 38-50
- Marcelo Dias Catarino, Jorge Miguel Alves-Silva, Olívia R. Pereira, Susana M Cardoso, (2014, December) Antioxidant Capacities of Flavones and Benefits in Oxidative-Stress Related Diseases. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 15(2)
- Marta Skrajda-Brdak, Grzegorz Dąbrowski, Iwona Konopka (2020, September). Edible flowers, a source of valuable phytonutrients and their pro-healthy effects – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 103 (2020), pp. 179-199
- Ming-Xiang Li, Jing Xie, Xue Bai, Zhi-Zhi Du (2021, January). Anti-aging potential, anti-tyrosinase and antibacterial activities of extracts and compounds isolated from *Rosa chinensis* cv. 'JinBian'. *Industrial Crops and Products*, 159 (2021), 113059
- Natalia Mikołajczak, Daria Anna Sobiechowska, Małgorzata Tańska (2020, August). Edible flowers as a new source of natural antioxidants for oxidative protection of cold-pressed oils rich in omega-3 fatty acids. *Food Research International*, 134 (2020), 109216
- Nicolas Bordenave, Bruce R. Hamaker and Mario G. Ferruzzi, (2013, October). Nature and consequences of non-covalent interactions between flavonoids and macronutrients in foods. *Food & Function*, 5 (18)

- Ningning Du, Wei Tian, Dongfang Zheng, Xinyi Zhang, Pinyan Qin Extraction, purification and elicitor activities of polysaccharides from *Chrysanthemum indicum* (2016, January). *International Journal of Biological Macromolecules*, 82 (2016), pp.347-354
- Onanong Kaisoona, Sirithon Siriamornpuna, Natthida Weerapreeyakul, Naret Meeso (2011, April). Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. *Journal of functional foods*, 3 (2), pp. 88-99
- Renata Nowak, Marta Olech, Łukasz Pecio, Wiesław Oleszek, Renata Los, Anna Malm and Jolanta Rzymowska (2014, February). Cytotoxic, antioxidant, antimicrobial properties and chemical composition of rose petals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94 (2014), 560–567. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6294>
- S. A. Stanner, J. Hughes, C. N. M. Kelly & J. Buttris (2003, September). A review of the epidemiological evidence for the ‘antioxidant hypothesis’. *Public Health Nutrition*, 7(3), 407–422. DOI: 10.1079/PHN2003543
- Skrajda Marta Natalia (2017, August). Phenolic compounds and antioxidant activity of edible flowers. *Journal of Education, Health and Sport*, 7(8), 946-956
- Tânia C.S.P. Pires , Maria Inês Dias, Lillian Barros, Isabel C.F.R. Ferreira, (2016, October). Nutritional and chemical characterization of edible petals and corresponding infusions: Valorization as new food ingredients. *Food Chemistry*, 220 (2017), 337–343.
- Tânia C.S.P. Piresa, Maria Inês Dias, Lillian Barros, João C.M. Barreira, Celestino Santos-Buelga, Isabel C.F.R. Ferreira (2018, November). Incorporation of natural colorants obtained from edible flowers in yogurts. *LWT*, 97 (2018), pp. 668-675
- Tânia C.S.P. Piresa, Maria Inês Dias, Lillian Barros, Ricardo C. Calhelha, Maria José Alves, M. Beatriz P.P. Oliveira, Celestino Santos-Buelga, Isabel C.F.R. Ferreira (2018, March). Edible flowers as sources of phenolic compounds with bioactive potential. *Food Research International*, 105 (2018), 580-588

- Veronika Cakova, Frederic Bonte, Annelise Lobstein (2017, December). *Dendrobium: Sources of Active Ingredients to Treat AgeRelated Pathologies. Aging and disease*, 8(6): 827-849.
- Wiley Blackwell (2021). “Dietary polyphenols: Their metabolism and health effects” In Tomas-Barberan, F. A., In González-Sarriás, A., & In García-Villalba, R. (eds) *Structural diversity of polyphenols and distribution in foods*. John Wiley & Sons, inc
- Woo Seok Yanga, Donghyun Kimc, Young-Su Yi, Ji Hye Kim, Hye Yoon Jeong, Kyeonghwan Hwang, Jong-Hoon Kim, Junseong Park, Jae Youl Cho (2017, April). AKT-targeted anti-inflammatory activity of the methanol extract of *Chrysanthemum indicum* var. albescens. *Journal of Ethnopharmacology*, 201 (2017), pp. 82-90
- Yakov Vinokur, Victor Rodov, Natalie Reznick, Genady Goldman, Batia Horev, Nakdimon Umiel, Haya Friedman (2006, May). Rose Petal Tea as an Antioxidant-rich Beverage: Cultivar Effects. *Journal of Food Science*, 71 (1), pp. S42-S47
- Yanfang Lia, Puyu Yang, Yinghua Luo, Boyan Gao, Jianghao Sun, Weiyong Lu, Jie Liu, Pei Chen, Yaqiong Zhang, Liangli (Lucy) Yu (2019, July). Chemical compositions of chrysanthemum teas and their anti-inflammatory and antioxidant properties. *Food Chemistry*, 286 (2019), pp. 8-16
- Yingxin Pei, Shasha Wang, Wenwen Wang, Yonghui Zhou, Huanhuan, Zhao & Lu Jia (2013, September). Isolation and Structure-Activity Relationship of the Antioxidant Chemical Constituents from the Flowers of *Rosa Chinensis* Jacq. *International Journal of Food Properties*, 17:1, 38-44
- Yi-Zhong Cai, Jie Xing, Mei Sun, Zhao-Qi Zhan, and Harold Corke (2005, November). Phenolic Antioxidants (Hydrolyzable Tannins, Flavonols, and Anthocyanins) Identified by LC-ESI-MS and MALDI-QIT-TOF MS from *Rosa chinensis* Flowers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (26), 9940-9948

Zhicai Wang, Meili Zhao, Hongqiu Cui, Jian Li and Meina Wang (2020, April). Transcriptomic Landscape of Medicinal *Dendrobium* Reveals Genes Associated With the Biosynthesis of Bioactive Components. *Frontiers in Plant Science*, 11:391

Ελληνική βιβλιογραφία

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Αικατερίνη Καραμανώλη. «Δευτερογενείς μεταβολίτες: βιοσυνθετικές οδοί και βιολογικός ρόλος. Φαινολικές ενώσεις». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://opencourses.auth.gr/courses/OCRS510/>

Αλεξάνδρου Ν. Ε. & Βάρβογλη Α. Γ. (1996). *Οργανική Χημεία*, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Αναγνωστοπούλου Α. & Ταλέλλη Α. (2008). *Τεχνολογία & Ποιότητα φρούτων & λαχανικών*, Αθήνα, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Βικτώρια Ρεσίνη & Ευθυμία-Μαρία Μάνικα (2018). «Βελτιστοποίηση της τεχνητής παλαίωσης τσίπουρου με τη χρήση πρόσθετων δρυός με στόχο τον εμπλουτισμό του τσίπουρου με βιοδραστικά φαινολικά συστατικά». Πτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Αθήνα.

Belitz H.-D., Grosch W. & Schieberle P. (2018). *Χημεία Τροφίμων*. Στο Σ. Ν. Ραφαηλίδης (Επιμ.), ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

Ενεπεκόγλου Α. & Μαρκοπούλου Β. (2019). «Σύγκριση της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, των ολικών φαινολικών συστατικών και των ολικών καροτενοειδών ανάμεσα σε επιλεγμένα υπερτρόφιμα ελληνικής και ξένης προέλευσης» (πτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μύρινα)

Harris D. (2009). Πειραματικό σφάλμα. Στο Ν. Χανιωτάκης & Μ. Φουσκάκη (Επιμ.), *Ποσοτική Χημική Ανάλυση*, (45-60), Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Jeremy M. B., Tymoczko J. & Stryer L. (2015). *Βιοχημεία*. In Α. Καραμανλίδης & Γ. Κ. Παπαδόπουλος (Επιμ.), Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

- Θεόδωρος Γ. Σωτηρούδης. «Ελεύθερες ρίζες, αντιοξειδωτικά και υγεία», *Ινστιτούτο Βιολογικών Ερευνών και Βιοτεχνολογίας (IBEB), Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών*
<http://helios-eie.ekt.gr/EIE/bitstream/10442/535/1/M01.036.18.pdf>
- Καλλιτσουνάκης Γ. (2016). «Εκχύλιση φύλλων υποφαούς (*Hipporhae Rhamnoides L.*) σε θειωμένους και αθειώτους οίνους & μέτρηση ολικών φαινολικών συστατικών & αντιοξειδωτικής δράσης». Πτυχιακή εργασία, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
- Μπισμίκης Μ. (2017). «Προσδιορισμός και αξιολόγηση των διατιθέμενων προς απορρόφηση αντιοξειδωτικών από Μεσογειακά ξηρά φρούτα». Πτυχιακή εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
- Νικολαΐδης Δ. Π. (2008). «Προσδιορισμός της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας και της ποσότητας των ολικών φαινολικών ουσιών και της ελεύθερης αργινίνης σε δώδεκα είδη ξηρών καρπών». Μεταπτυχιακή διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Παπαγεωργίου Ε. (2016). *Βιοστατιστική και εφαρμογές*, Αθήνα, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ
- Πορτοκαλλίδου Λ. & Τσαγκάκη Αικ. (2013). «Προσδιορισμός της επίδρασης ασκορβικού οξέος και θειώδων στην αντιοξειδωτική δράση και τα ολικά φαινολικά συστατικά σε χυμό βύσσινου κατά την αποθήκευση». Πτυχιακή εργασία, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Σφλώμος Κ. (2017). *Βιολειτουργικά Τρόφιμα, Πρόσθετα & Συμπληρώματα Διατροφής*, Αθήνα, Εκδόσεις ΝΟΤΑ
- Σωτηρούδης, Θεόδωρος Γ, 2004. *Ελεύθερες ρίζες, αντιοξειδωτικά και υγεία*. In Κοινωνία και υγεία III: από τη βασική έρευνα στην κλινική εφαρμογή. pp. 207-225. Available at: <http://hdl.handle.net/10442/535>.
- Σωτηρούδης, Θ. Γ. (2004). Ελεύθερες ρίζες, αντιοξειδωτικά και υγεία.

Ζαχαριουδάκη Ε. & Μανωλάκης Β. (2018). Πτυχιακή εργασία με τίτλο: “Προσδιορισμός ολικών φαιολικών με την χρήση νανοσωματιδίων Αργύρου”. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μύρινα.

Ζώτου Α. & Στέφου Ε. (2019). «Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας σε φυτά της *Portulaca oleracea* που καλλιεργήθηκαν σε συνθήκες σκίασης». Πτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Άρτα.