



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: «ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Χαρακτηρισμός και γεωγραφική διαφοροποίηση του χυμού ροδιού από την ποικιλία «WONDERFUL» με ενόργανη ανάλυση και χημειομετρία».

ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΙΧΑΛΟΥΛΗΣ

Επιβλέπουσα: Αναστασία Μπαδέκα, Αναπλ. Καθηγήτρια

ΙΩΑΝΝΙΝΑ, 2021



SCHOOL OF NATURAL SCIENCES
DEPARTMENT OF CHEMISTRY

PROGRAM OF POSTGRADUATE STUDIES
SPECIALIZATION: “FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY”

DIPLOMA THESIS

“Characterization and geographical differentiation of pomegranate juice from
“WONDERFUL” cultivar with instrumental analysis and chemometrics.”

IOANNIS MICHALOULIS

Supervisor: Anastasia Badeka, Associate Professor

IOANNINA, 2021

Επιβλέπουσα:

Μπαδέκα Αναστασία

Αναπλ. Καθηγήτρια

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Μπαδέκα Αναστασία

Αναπλ. Καθηγήτρια

Βλεσσίδης Αθανάσιος

Καθηγητής

Πατακιούτας Γεώργιος

Αναπλ. Καθηγητής

Supervisor:

Badeka Anastasia

Associate Professor

Examiners Committee:

Badeka Anastasia

Associate Professor

Vlessidis Athanasios

Professor

Patakioutas Georgios

Associate Professor

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κ. Μπαδέκα για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεργαστούμε. Με την βοήθειά της ανοίχτηκε μπροστά μου ο υπέροχος κόσμος της Χημείας Τροφίμων, καθώς επίσης και ευρύτερα της Αναλυτικής Χημείας, που είχε ως αντίκτυπο προβληματισμούς και ερωτηματικά που ακόνισαν το μυαλό μου και εμβάθυναν τις γνώσεις μου.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου την Δρα. Ι. Κοσμά για την αμέριστη βοήθεια, συμπαράσταση, κατανόηση, υπομονή και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας. Οι υποδείξεις της ήταν απαραίτητες και οι γνώσεις που απέκτησα δίπλα της θα είναι εφόδιο για την μετέπειτα εξέλιξή μου.

Επίσης, χρωστάω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, Θάνο και Δήμητρα, διότι χωρίς αυτούς δε θα βρισκόμουν εδώ σήμερα. Τους ευχαριστώ για τα πολύτιμα εφόδια και τις αξίες που μου μεταλαμπάδευσαν, καθώς και για την συνεχή συναισθηματική και υλική υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα τελευταία χρόνια, σημειώνεται ραγδαία αύξηση της καλλιέργειας της ροδιάς στην Ελλάδα, με κυρίως καλλιεργούμενη ποικιλία, την ξένης προέλευσης ποικιλία «WONDERFUL». Παράλληλα, έρχονται στο φως όλο και περισσότερες μελέτες που επιβεβαιώνουν τα πολλαπλά οφέλη του καρπού της ροδιάς στην υγεία του ανθρώπου κυρίως λόγω των πολλών αντιοξειδωτικών συστατικών που περιέχει. Το διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια δημιούργησε την ανάγκη περαιτέρω διερεύνησής της και αποτέλεσε ουσιαστική αφορμή για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πραγματοποιήθηκε η σύγκριση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών και της αντιοξειδωτικής ικανότητας χυμού ροδιών ποικιλίας «WONDERFUL» από 5 διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας (Θεσσαλονίκη, Ξάνθη, Λάρισα, Αγρίνιο, Πύργος). Μετρήθηκαν το χρώμα, η οξύτητα, τα συνολικά σάκχαρα, ο δείκτης ωρίμανσης, το pH, καθώς και το ολικό φαινολικό περιεχόμενο και η αντιοξειδωτική ικανότητα των δειγμάτων χυμού. Ταυτοποιήθηκαν το κιτρικό, το μηλικό, το τρυγικό και το φορμικό οξύ (οργανικά οξέα) μέσω της υγρής χρωματογραφίας υψηλής πίεσης (HPLC) σε συνδυασμό με ανιχνευτή συστοιχίας φωτοδιόδων (DAD) και τα πτητικά συστατικά μέσω της τεχνικής SPME σε συνδυασμό με αέρια χρωματογραφία και φασματομετρία μαζών (GC-MS). Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικές σημαντικές διαφορές στα συνολικά σάκχαρα (Πύργος διέφερε με Θεσσαλονίκη, Λάρισα και Ξάνθη), το δείκτη ωρίμανσης (Πύργος διέφερε με Λάρισα), το pH (Ξάνθη διέφερε με όλες τις υπόλοιπες περιοχές), την ιοντική ισχύ (Πύργος διέφερε με Λάρισα), τη φωτεινότητα (Ξάνθη, Λάρισα διέφεραν με Πύργο, Αγρίνιο και Πύργος διέφερε με Θεσσαλονίκη), την ερυθρότητα (Πύργος διέφερε με Ξάνθη, Λάρισα), την ωχρότητα (Ξάνθη, Λάρισα διέφεραν με Πύργο, Αγρίνιο) και την αντιοξειδωτική ικανότητα (Πύργος διέφερε με Λάρισα). Όσον αφορά τα οργανικά οξέα, στατιστικές σημαντικές διαφορές εμφάνισαν το φορμικό οξύ (Πύργος διέφερε με Αγρίνιο), το κιτρικό οξύ (Αγρίνιο διέφερε με Ξάνθη) και το μηλικό οξύ (Αγρίνιο διέφερε με Ξάνθη). Όσον αφορά τα πτητικά συστατικά, στατιστικές σημαντικές διαφορές παρουσίασαν από την ομάδα των αλκοολών η αιθανόλη (Λάρισα διέφερε με Πύργο, Αγρίνιο), η 3-εξεν-1-όλη, (E) (Λάρισα διέφερε με Θεσσαλονίκη, Πύργο), η 3-εξεν-1-όλη, (Z) (Πύργος διέφερε με Αγρίνιο, Λάρισα και Θεσσαλονίκη διέφερε με Λάρισα) και η 1-εξανόλη (Θεσσαλονίκη διέφερε με Λάρισα, Αγρίνιο), από την ομάδα των κετονών η 3-μεθυλ-2-πεντανόνη (Πύργος, Λάρισα διέφεραν με Ξάνθη, Θεσσαλονίκη, Αγρίνιο), η 6-μεθυλ-5-επτεν-2-όνη (Λάρισα διέφερε με Θεσσαλονίκη, Αγρίνιο και Ξάνθη) και η 2,6-δισ-(1,1-διμεθυλ-αιθυλ)-2,5-κυκλοεξαδιεν-1,4-διόνη (Πύργος διέφερε με όλες τις υπόλοιπες περιοχές), από την ομάδα των εστέρων ο οξικός αιθυλεστέρας (Ξάνθη διέφερε με Λάρισα) και από την ομάδα των διαφόρων ενώσεων η μεθοξυ-φαινυλ-οξίμη (Πύργος, Λάρισα διέφεραν με Αγρίνιο, Ξάνθη και Θεσσαλονίκη διέφερε με Ξάνθη), το

μεθυλ-(1-μεθυλ-αιθυλ)-βενζόλιο (Θεσσαλονίκη, Ξάνθη διέφεραν με Λάρισα), το 1,3-δισ-(1,1-διμεθυλ-αιθυλ)-βενζόλιο (Θεσσαλονίκη, Αγρίνιο, Ξάνθη διέφεραν με Πύργο, Λάρισα) και η 3,5-δισ-(1,1-διμεθυλ-αιθυλ)-φαινόλη (Θεσσαλονίκη, Αγρίνιο, Ξάνθη διέφεραν με Πύργο). Αντίθετα, δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των 5 περιοχών όσον αφορά την ογκομετρούμενη οξύτητα, την αγωγιμότητα, τα συνολικά διαλυτά στερεά, την αλατότητα, το ολικό φαινολικό περιεχόμενο, το τρυγικό οξύ (οργανικά οξέα), τη 2-αιθυλ-1-εξανόλη από την ομάδα των αλκοολών, την ομάδα των τερπενοειδών, τη 2-νονανόνη από την ομάδα των κετονών, την ομάδα των αλδεϋδών και το λιμονένιο από την ομάδα των διαφόρων ενώσεων (πτητικά συστατικά). Η στατιστική επεξεργασία έγινε με τη χρήση ANOVA, ενώ τέλος για τη διαφοροποίηση χρησιμοποιήθηκε η MANOVA.

ABSTRACT

The physicochemical characteristics and antioxidant capacity of "WONDERFUL" pomegranate juice were compared from 5 different geographical regions of Greece (Thessaloniki, Xanthi, Larissa, Agrinio, Pyrgos). The color, acidity, total sugars, maturation index, pH, total phenolic content and antioxidant capacity of the juice samples were measured. Citric, malic, tartaric and formic acid (organic acids) were identified by high-pressure liquid chromatography (HPLC) in combination with a photodiode array detector (DAD) and volatile components by SPME in combination with gas chromatography and spectrometry mass (GC-MS). The results showed statistically significant differences in total sugars (Pyrgos differed from Thessaloniki, Larissa and Xanthi), ripening index (Pyrgos differed from Larissa), pH (Xanthi differed from all other regions), ionic strength (Pyrgos differed from Larissa), luminosity (Xanthi, Larissa differed from Pyrgos, Agrinio and Pyrgos differed from Thessaloniki), redness (Pyrgos differed from Xanthi, Larissa), lightness (Xanthi, Larissa differed from Pyrgos, Agrinio) and antioxidant activity (Pyrgos differed from Larissa). Regarding organic acids, statistically significant differences appeared in formic acid (Pyrgos differed from Agrinio), citric acid (Agrinio differed from Xanthi) and malic acid (Agrinio differed from Xanthi). Regarding the volatile constituents, statistically significant differences were displayed by ethanol (Larissa differed from Pyrgos, Agrinio), 3-hexen-1-ol, (E) (Larissa differed from Thessaloniki, Pyrgos), 3-hexen-1-ol, (Z) (Pyrgos differed from Agrinio, Larissa and Thessaloniki differed from Larissa) and 1-hexanol (Thessaloniki differed from Larissa, Agrinio) from the alcohol group, by 3-methyl-2-pentanone (Pyrgos, Larissa differed from Xanthi, Thessaloniki, Agrinio), 6-methyl-5-hepten-2-one (Larissa differed from Thessaloniki, Agrinio and Xanthi) and 2,6-bis-(1,1-dimethyl-ethyl)-2,5-cyclohexadien-1,4-dione (Pyrgos differed from all other regions) from the ketone group, by ethyl acetate (Xanthi differed from Larissa) from the ester group and by methoxy-phenyl-oxime (Pyrgos, Larissa differed from Agrinio, Xanthi and Thessaloniki differed from Xanthi), methyl-(1-methyl-ethyl)-benzene (Thessaloniki, Xanthi differed from Larissa), 1,3-bis-(1,1-dimethyl-ethyl)-benzene (Thessaloniki, Agrinio, Xanthi differed from Pyrgos, Larissa) and 3,5-bis-(1,1-

dimethyl-ethyl)-phenol (Thessaloniki, Agrinio, Xanthi differed from Pyrgos) from the group of various compounds. In contrast, no statistically significant differences were observed between the 5 regions in terms of volumetric acidity, conductivity, total dissolved solids, salinity, total phenolic content, tartaric acid (organic acids), 2-ethyl-1-hexanol from the alcohol group, the terpenoid group, 2-nonanone from the ketone group, the aldehyde group and limonene from the group of various compounds (volatile components). Statistical analysis was performed using ANOVA and finally MANOVA was used for differentiation.

Λέξεις – κλειδιά: διπλωματική εργασία, χαρακτηρισμός, γεωγραφική διαφοροποίηση, ποικιλία «WONDERFUL», ενόργανη ανάλυση, χημειομετρία

Keywords: diploma thesis, characterization, geographical differentiation, “WONDERFUL” cultivar, instrumental analysis, chemometrics

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	13
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	15
1.2.1. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	15
1.2.2. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	16
1.2.2.1. ΒΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ.....	16
1.2.2.2. ΑΝΘΟΣ.....	16
1.2.2.3. ΚΑΡΠΟΣ.....	18
1.2.2.4. ΝΕΑΝΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΗΛΙΚΙΑ ΦΡΟΥΤΩΝ.....	18
1.2.2.5. ΕΠΙΚΟΝΙΑΣΗ ΚΑΙ ΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ.....	19
1.3. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ.....	19
1.3.1. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	19
1.4. ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΡΟΔΙΟΥ.....	20
1.4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	20
1.4.2. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΡΟΔΙ.....	22
1.4.2.1. ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΕΣ.....	22
1.4.2.2. ΒΙΤΑΜΙΝΗ C.....	29
1.4.2.3. ΣΑΚΧΑΡΑ.....	30
1.4.2.4. ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΟΞΕΑ.....	30
1.4.2.5. ΑΜΙΝΟΞΕΑ.....	31

1.4.2.6. ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.....	31
1.5. ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΡΟΔΙΟΥ.....	32
1.5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	32
1.5.2. ΓΗΓΕΝΕΙΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ.....	34
1.5.3. ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΞΕΝΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ.....	36
1.6. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ.....	40
1.6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	40
1.6.2. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	42
1.6.3. ΑΝΤΙΚΑΡΚΙΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	43
1.6.4. ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΗ ΥΓΕΙΑ.....	44
1.6.5. ΑΝΤΙΔΙΑΒΗΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	45
1.6.6. ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	46
1.6.7. ΑΝΤΙΦΛΕΓΜΟΝΩΔΗΣ ΔΡΑΣΗ.....	46
1.7. ΑΛΛΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ.....	47
ΣΚΟΠΟΣ.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	49
2.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.....	49
2.2. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΑΚΧΑΡΑ.....	49
2.3. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΧΡΩΜΑΤΟΣ.....	49
2.4. pH, ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ, ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ, ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ.....	50
2.5. ΟΓΚΟΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΟΞΥΤΗΤΑ.....	51
2.6. ΟΛΙΚΟ ΦΑΙΝΟΛΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ.....	52

2.7. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	53
2.8. GC – MS.....	54
2.9. HPLC / DAD.....	57
2.10. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	58
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	60
3.1. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	60
3.2. ΟΛΙΚΟ ΦΑΙΝΟΛΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ.....	67
3.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ.....	70
3.4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ.....	72
3.5. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ.....	81
3.5.1. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	83
3.5.2. ΧΡΩΜΑ.....	86
3.5.3. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ.....	89
3.5.4. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ.....	92
3.5.5. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ – ΠΤΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.....	96
3.5.6. ΧΡΩΜΑ – ΠΤΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.....	100
3.5.7. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ – ΠΤΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.....	104
3.5.8. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥΣ.....	108
3.5.9. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	108
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	111
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	114

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ροδιά (*Punica granatum* L., *Punicaceae*) είναι ένα δέντρο γνωστό από την αρχαιότητα σε διάφορους πολιτισμούς. Οι αναρίθμητοι μύθοι και ιστορικές αναφορές για το δέντρο και τον πορφυρό καρπό του ροδιού καταδεικνύουν τη μεγάλη σημασία του για τον άνθρωπο από τα αρχαία χρόνια.



Εικόνα 1.1.1: Ο καρπός της ροδιάς (Πηγή:

<https://www.thedailymeal.com/eat/pomegranate-most-seductive-fruit-them-all>)

Η κοινή ονομασία της ροδιάς στην αγγλική γλώσσα (pomegranate) προέρχεται από τις μεσαιωνικές, λατινικές λέξεις «*promum*» που σημαίνει «μήλο» και «*granatum*» που σημαίνει «το φέρον πολλά σπέρματα». Η βοτανική ονομασία της (*Punica granatum* L.) λέγεται ότι προέρχεται από τη Φοινικική Καρχηδόνα, «*Punica*» στα ρωμαϊκά, από όπου και διαδόθηκε στην Ευρώπη κατά τον Πλίνιο. Στο τότε ονομαζόμενο «μήλο των Καρχηδονίων» «*Malum punicum*» έδωσε ο Λινναίος τον προσδιορισμό «*granatum*» καθιερώνοντας την επιστημονική ονομασία του δέντρου.

Σύμφωνα ωστόσο με τον De Candolle, η ονομασία «*Punica*» δεν οφείλεται στην καταγωγή του δέντρου από την Καρχηδόνα, αλλά στο πορφυρό χρώμα των βλαστών, του άνθους και των καρπών του.

Η καταγωγή της ροδιάς τοποθετείται από τους περισσότερους ερευνητές στην ευρύτερη περιοχή της Περσίας. Ωστόσο καλλιεργείται συστηματικά από την αρχαιότητα στις χώρες της λεκάνης της Μεσογείου, με αποτέλεσμα να έχει πλέον «πολιτογραφηθεί» ως φυτό της περιοχής αυτής (Meerts et al., 2009). Στην Ελλάδα, η ροδιά λέγεται ότι προήλθε από την Κύπρο (Jorgensen and Brennand, 2005; Βαχαμίδης και Βέμμος, 2009) και η καλλιέργειά της θεωρείται σύγχρονη με αυτήν της ελιάς, του αμπελιού και της συκιάς (Στυλιανίδης, 2009).

Η ροδιά στην Ελλάδα αναφέρεται με πολλά ονόματα. Η ονομασία «Ροϊά» φαίνεται ότι καθιερώθηκε από τον Όμηρο και με αυτήν αναφέρεται εκείνος στις ροδιές που στόλιζαν τους κήπους του βασιλιά των Φαιάκων, Αλκίνοου (Λέτσας, 1949). Ο Αριστοτέλης αναφέρεται σε «αφυρήνους ρόας» που σύμφωνα με το Γεννάδιο (1959) αποτελούν τις ονομαζόμενες στην Κύπρο, «Κουφορωβκές». Πολλές είναι και οι αναφορές του Θεόφραστου περί «ροϊάς» και «ρόας» (Γεννάδιος, 1959). Η ονομασία «Σίδη» ή «Σίδα» χρησιμοποιήθηκε από τους Βοιωτούς και τους Κρήτες της αρχαιότητας και η προέλευσή της ανάγεται στην εποχή που στην ευρύτερη Βαλκανική και Μικρά Ασία κατοικούσαν οι Πελασγοί στα μέσα της 2^{ης} π.Χ. χιλιετηρίδας (Καββαδάς, 1956).

Πολλοί μύθοι αναφέρονται στον πορφυρό καρπό της ροδιάς αποδίδοντάς του ιδιαίτερο συμβολισμό. Στην αιγυπτιακή μυθολογία κόκκοι ροδιού συνόδευαν τους Φαραώ μετά το θάνατό τους, αποτελώντας σύμβολο μετενσάρκωσης και αθανασίας. Γνωστός είναι ο μύθος της αρπαγής της Περσεφόνης από τον Πλούτωνα, κατά τον οποίο ο υποχθόνιος θεός, πριν επιστρέψει την Περσεφόνη στη μητέρα της, θεά Δήμητρα, της έδωσε να φάει έξι κόκκους ροδιάς, δεσμεύοντάς την έτσι να παραμείνει στον Άδη έξι μήνες του χρόνου. Η επιστροφή της Περσεφόνης από τον Άδη συνδέεται με την άνθηση των φυτών. Η ροδιά θεωρείται από τους μυθολόγους ως έμβλημα της ευφορίας και του γάμου και είναι δε κατ' αυτούς, όσον αφορά την Περσεφόνη, το ιερόν εχέγγυον της ενώσεως της νεαρής θεάς με το σύζυγό της. Στην Κύπρο μυθολογείται ότι η ροδιά φυτεύτηκε από την Αφροδίτη, θεά του έρωτα και της ομορφιάς. Έτσι, το ρόδι αποτελεί μέχρι και σήμερα, σε πολλά μέρη της γης, σύμβολο της γονιμότητας, του έρωτα, της ευημερίας, της αφθονίας, της αθανασίας και της καλοτυχίας.

Από την αρχαιότητα ο καρπός της ροδιάς έχει καθιερωθεί και ως «θεραπευτική τροφή» με ευεργετικές δράσεις ενάντια σε ποικίλες δυσλειτουργίες του οργανισμού και ασθένειες, όπως εντερικές λοιμώξεις, έλκη, διάρροιες κ.ά. Επιστημονικά ευρήματα έχουν δείξει ότι οι ευεργετικές ιδιότητές του οφείλονται σε ένα πλήθος βιοδραστικών φυτοχημικών συστατικών που είναι αντιμικροβιακά, μειώνουν την αρτηριακή πίεση και δρουν κατά σοβαρών ασθενειών όπως ο διαβήτης και ο καρκίνος. Τα ευρήματα αυτά έχουν οδηγήσει σε μεγαλύτερη ενημέρωση του κοινού ως προς τα οφέλη του ροδιού, ιδιαίτερα στον δυτικό κόσμο και κατά συνέπεια σε σημαντική αύξηση της κατανάλωσης του φρούτου και του χυμού του.



Εικόνα 1.1.2: Ο καρπός της ροδιάς και ο χυμός της (Πηγή:

<https://parenting.firstcry.com/articles/eating-pomegranate-during-pregnancy-is-it-safe/>)

1.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

1.2.1. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Η ροδιά (*Punica granatum* L.) είναι διπλοειδές φυτό ($2n=16$, άρα $n=8$, όπου n =χρωμοσώματα) και ανήκει στην οικογένεια «*Punicaceae*», στο γένος «*Punica*» και στο είδος «*granatum*». Στο γένος «*Punica*» ανήκουν συνολικά τρία είδη: «*P. granatum*», «*P. Protopunica*» και «*P. nana*» (Zukovski, 1950; Levin and Sokolova, 1979; Guarino et al., 1990; Mars, 2000; Levin, 2006).

1.2.2. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

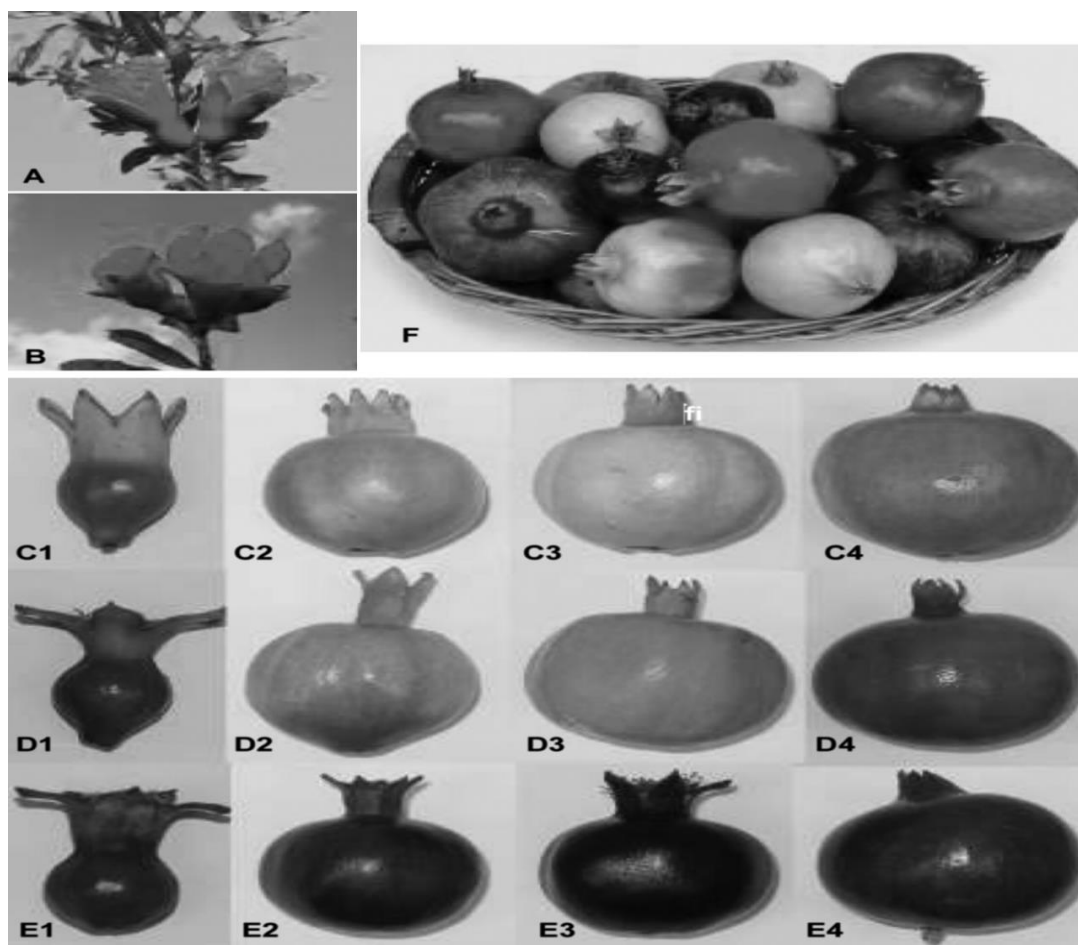
1.2.2.1. ΒΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Η ροδιά είναι ένας θάμνος που φυσικά τείνει να αναπτύξει πολλαπλούς κορμούς και έχει μια θαμνώδη εμφάνιση. Όταν εξημερωθεί, καλλιεργείται ως μικρό δέντρο που φτάνει έως και τα πέντε μέτρα. Μερικές φορές μπορεί να φτάσει μέχρι και τα επτά μέτρα. Στον αντίποδα, μπορεί κανείς να βρει ακόμα και ποικιλίες θάμνων που έρπονται (Levin, 2006). Επιπροσθέτως, υπάρχουν ποικιλίες νάνων που δεν υπερβαίνουν το ενάμιση μέτρο (Levin, 1985; Levin, 2006; Liu, 2003). Οι περισσότερες ποικιλίες ροδιάς είναι φυλλοβόλα δέντρα. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές αειθαλείς ροδιές στην Ινδία. Υπάρχουν σαφώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ροδιάς που προέρχονται από φυλλοβόλα δέντρα και εκείνων που προέρχονται από αειθαλή. Μερικές αειθαλείς καλλιέργειες ρίχνουν τα φύλλα τους σε υψηλότερα υψόμετρα και ψυχρότερα κλίματα (Nalawadi et al., 1973) και θα έπρεπε να θεωρούνται υπό όρους φυλλοβόλα. Τα φύλλα της ροδιάς είναι μικρά, λεία και έχουν λογχοειδές σχήμα. Το χρώμα τους είναι σκούρο πράσινο (Γάτσιος, 2010).

1.2.2.2. ΤΟ ΑΝΘΟΣ

Η άνθηση συμβαίνει περίπου 1 μήνα μετά την ανάπτυξη του μπουμπουκιού σε προσφάτως ανεπτυγμένα κλαδιά του ίδιου έτους, κυρίως σε σπονδυλωτά ή κοντά κλαδιά. Τα λουλούδια μπορούν να εμφανιστούν μονά, σε ζεύγη ή ομάδες. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα μονά λουλούδια θα εμφανιστούν στα κλαδιά κατά μήκος των κλαδιών, ενώ αυτά που βρίσκονται σε ομάδες θα είναι στο τέρμα του κλαδιού.

Τα λουλούδια της ροδιάς παίρνουν τη μορφή ενός από τα τρία είδη λουλουδιών που σχηματίζονται από αυτή: τα ερμαφρόδιτα (σχήμα αγγείου) (εικόνα 1.2.1.A), τα αρσενικά (σχήμα καμπάνας) (εικόνα 1.2.1.B) και τα ενδιάμεσα. Τα ερμαφρόδιτα άνθη είναι μεγάλου μεγέθους, κυλινδρικά στη βάση τους, έχουν κανονική ωοθήκη και μπορούν να γονιμοποιηθούν και να δώσουν καρπό. Τα αρσενικά άνθη είναι μικρότερου μεγέθους, κωνικά στη βάση τους με βραχείς στύλους, έχουν ατροφικές ωοθήκες και είναι άγονα. Ο ενδιάμεσος τύπος ανθέων έχει μικρότερο ποσοστό καρπόδεσης σε σύγκριση με τα ερμαφρόδιτα.



Εικόνα 1.2.1: Διαχωρισμός καλλιεργειών ροδιού και ανάπτυξη φρούτων. **A.** Λουλούδι σε σχήμα αγγείου. **B.** Λουλούδι σε σχήμα καμπάνας. **C-E.** Διαφορετικά στάδια ανάπτυξης χρωμάτων φρούτων σε τρεις καλλιέργειες: **C.** 'C13', **D.** 'P.G.116-17', **E.** 'P.G.127-28', 1. Μάιος, 2. Ιούνιος, 3. Αύγουστος, 4. Οκτώβριος (Nadler-Hassar et al., unpublished); **F.** Διαχωρισμός καρπών καλλιεργειών ροδιού ανεπτυγμένων στο Ισραήλ. (Πηγή: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0142777>)

Στη ροδιά αναπτύσσονται και άγονα και γόνιμα άνθη, με τον αριθμό των άγονων να υπερτερούν έναντι των γόνιμων ανθέων. Το ύψος της παραγωγής καθορίζεται από την αναλογία ερμαφρόδιτων προς αρσενικά άνθη. Η αναλογία αυτή διαφοροποιείται ανάλογα με την ποικιλία αλλά και από χρονιά σε χρονιά (Δρογούδης et al., 2012). Το χρώμα των ανθέων εξαρτάται από την ποικιλία και μπορεί να είναι λευκό, κόκκινο ή κίτρινο-άσπρο. (Δρογούδης et al., 2012). Το πιο συνηθισμένο χρώμα είναι το κόκκινο ή το κόκκινο-πορτοκαλί (Stover and Mercure, 2007).

1.2.2.3. Ο ΚΑΡΠΟΣ

Ο καρπός έχει μεγάλο μέγεθος και σχήμα σφαιρικό. Ο φλοιός του είναι κοκκινοπράσινος ή βιολετί κατά την ωρίμανση και αποτελείται από το περικάρπιο και το μεσοκάρπιο. Ένας κανονικός καρπός περιέχει κατά μέσο όρο περίπου 667 καρπίδια (Kihara, 1958). Κάθε καρπίδιο αποτελείται από το σπέρμα που περιβάλλεται από σάρκα (επισπέρμιο) ροδοκόκκινη ή λευκοκίτρινη, χυμώδη, γλυκιά ή υπόξινη, μερικές φορές ελαφρά στυφή. Ο καρπός συνδέεται με το δέντρο με ένα μικρό μίσχο.

1.2.2.4. ΝΕΑΝΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΗΛΙΚΙΑ ΦΡΟΥΤΩΝ

Η ροδιά έχει σχετικά μικρή νεανική περίοδο σε σχέση με άλλα οπωροφόρα δέντρα, όπως τα εσπεριδοειδή, τα μέλη των Rosaceae, και τα καρύδια. Όταν καλλιεργούνται από σπόρους, μια μικρή αναλογία των σπόρων της ροδιάς θα αναπτύξει λουλούδια κατά το πρώτο έτος ανάπτυξής τους (Terakami et al., 2007). Η ροδιά μπαίνει σε περίοδο καρποφορίας από το 3^ο ή 4^ο έτος ζωής της. Πλήρης παραγωγή σημειώνεται κατά το 5^ο ή 6^ο έτος (Stover και Mercure, 2007; Βαχαμίδης και Βέμμος, 2009). Η παραγωγική της ζωή υπολογίζεται από 40 έως 50 χρόνια, ενώ η απόδοση μπορεί να μειώνεται σταδιακά μετά τα 30 χρόνια (Ποντίκης, 1996; Βαχαμίδης και Βέμμος, 2009).



Εικόνα 1.2.2: Άνθος της ροδιάς (Πηγή:

<http://greek.cri.cn/161/2012/05/03/42s8560.htm#.XQzLSOszM8>)

1.2.2.5. ΕΠΙΚΟΝΙΑΣΗ ΚΑΙ ΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ

Οι ποικιλίες της ροδιάς είναι αυτογόνιμες, αλλά δεν αποκλείεται να υπάρχουν και ποικιλίες που σταυροεπικονιάζονται και αυτό γίνεται συνήθως με έντομα (Stover και Mercure, 2007). Τα άνθη της ροδιάς στερούνται νέκταρ, επομένως η μέλισσα φαίνεται να μην είναι αναγκαία για την αύξηση της παραγωγής. Ωστόσο υπάρχουν μελέτες που υποστηρίζουν ότι η σταυροεπικονίαση ευνοεί την καρπόδεση της ροδιάς. Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι τα έντομα των γενών *Cetonia* και *Trichodes* είναι πιθανό να ευνοούν την επικονίαση και γονιμοποίηση των άνθεων της ροδιάς, ως γυρεοσυλλέκτες (Ποντίκης, 1996), ενώ ορισμένοι παραγωγοί στις ΗΠΑ πιστεύουν ότι η μέλισσα ευνοεί την καρπόδεση. Ο Kihara (1958) αναφέρει την ύπαρξη άσπερμης ποικιλίας, της οποίας, ενώ η γύρη είναι στείρα (άγονη), ο καρπός αναπτύσσεται κανονικά. Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι το θέμα της επικονίασης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και ότι πιθανόν χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση για το αυτόστειρο ή αυτογόνιμο των διαφόρων ποικιλιών.

1.3. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

1.3.1. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Οι καλλιέργειες ροδιάς αναπτύσσονται σήμερα στην Κεντρική Ασία από το Ιράν και το Τουρκμενιστάν έως τη βόρεια Ινδία. Το ρόδι θεωρείται ότι είναι αυτόχθον σε αυτές τις περιοχές. Οι καλλιέργειες ροδιάς εισήχθησαν σε όλη την Ευρώπη, στην υπόλοιπη Ασία και στη βόρεια Αφρική. Οι βέλτιστες κλιματολογικές συνθήκες ανάπτυξης για τον καρπό ροδιάς υπάρχουν στα μεσογειακά κλίματα. Αυτά περιλαμβάνουν υψηλή έκθεση στο ηλιακό φως, ήπιους χειμώνες με ελάχιστες θερμοκρασίες όχι μικρότερες από -12 °C και στεγνά, ζεστά καλοκαίρια χωρίς βροχή κατά τα τελευταία στάδια της ανάπτυξης φρούτων (Levin, 2006). Η ροδιά καλλιεργείται σήμερα σε όλο τον κόσμο σε υποτροπικές και τροπικές περιοχές σε πολλές διαφορετικές μικροκλιματικές ζώνες (Goor and Liberman, 1956; Morton, 1987). Οι εμπορικοί οπωρώνες των δένδρων ροδιάς καλλιεργούνται σήμερα στη μεσογειακή λεκάνη (Βόρεια Αφρική, Αίγυπτος, Ισραήλ, Συρία, Λίβανος, Τουρκία, Ελλάδα, Κύπρος, Ιταλία, Γαλλία, Ισπανία, Πορτογαλία) και στην Ασία (Ιράν, Ιράκ, Ινδία, Κίνα, Αφγανιστάν, Μπαγκλαντές, Μυανμάρ, Βιετνάμ, Ταϊλάνδη και στις πρώην σοβιετικές δημοκρατίες: Καζακστάν,

Τουρκμενιστάν, Τατζικιστάν, Κιργιστάν, Αρμενία και Γεωργία). Στο Νέο Κόσμο, τα ρόδια καλλιεργούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες και τη Χιλή. Νέοι οπωρώνες βρίσκονται πλέον στη Νότια Αφρική, την Αυστραλία, την Αργεντινή και τη Βραζιλία (Still, 2006).

1.4. ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΡΟΔΙΟΥ

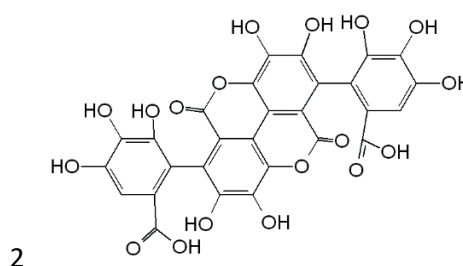
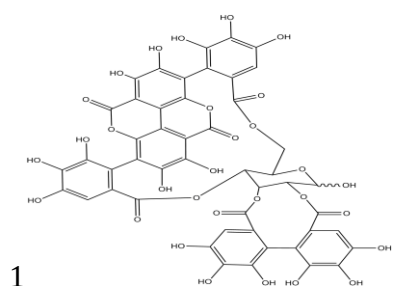
1.4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

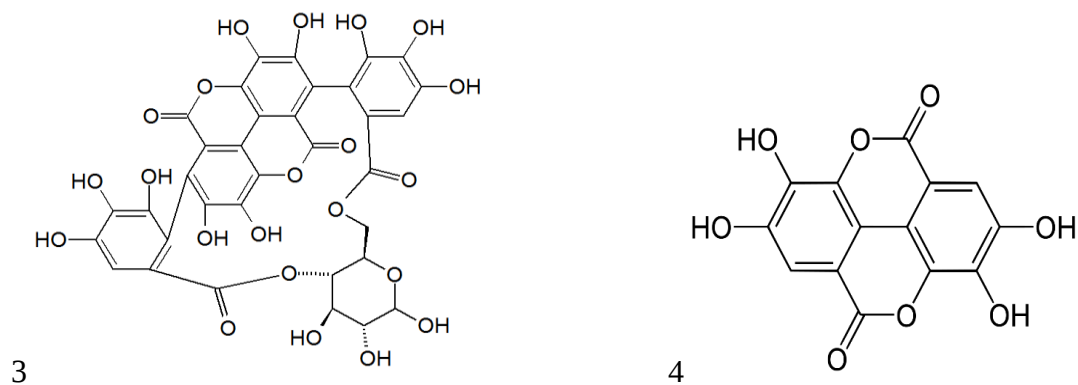
Η υψηλή *in vitro* αντιοξειδωτική δράση του ροδιού έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη όλο και περισσότερων μελετών των επιδράσεών του στην υγεία που σχετίζονται με μια σειρά χρόνιων ασθενειών που σχετίζονται με το οξειδωτικό στρες. Σε πολλές μελέτες που χρησιμοποιούν πολλαπλούς προσδιορισμούς αντιοξειδωτικής δραστηριότητας, φρούτα και χυμοί ροδιού παρουσιάζουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες παρόμοιες ή υψηλότερες από άλλες τροφές που θεωρούνται ότι έχουν υψηλή αντιοξειδωτική δραστηριότητα, συμπεριλαμβανομένου του κόκκινου κρασιού και του πράσινου τσαγιού (Halvorsen et al., 2002; Gil et al., 2000; Stangeland et al., 2007; Wolfe et al., 2008; Seeram et al., 2008a). Οι κύριες κατηγορίες φυτοχημικών συστατικών που μέχρι σήμερα έχουν προσδιοριστεί σε φρούτα ροδιού είναι οι ανθοκυανίνες και οι υδρολύμενες τανίνες, συγκεκριμένα οι ελλαγιτανίνες, που απελευθερώνουν ελλαγικό οξύ όταν υδρολύονται (εικόνα 1.4.1). Η πουνικαλαγίνη, η πουνικαλίνη, το γαλλαγικό και το ελλαγικό οξύ βρέθηκαν να αντιπροσωπεύουν την πλειονότητα των ελλαγιτανινών σε χυμούς ροδιού (Tzulker et al., 2007). Η έρευνα έχει δείξει ότι η αντιοξειδωτική δράση των χυμών ροδιού οφείλεται πρωτίστως στη συγκέντρωση αυτών των υδρολύσιμων τανινών, με τις ανθοκυανίνες να συμβάλλουν πολύ λίγο στην *in vitro* αντιοξειδωτική ικανότητα (Gil et al., 2000).

Τα εκχυλίσματα του φλοιού του ροδιού έχουν αποδειχθεί ότι έχουν υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση από ό,τι ο χυμός (Kelawala & Ananthanarayan, 2004; Zhang et al., 2008) ή εκχυλίσματα σπόρων (Zhang et al., 2008; Singh et al., 2002) και ήταν αποτελεσματικά στην πρόληψη της υπεροξειδωσης λιπιδίων (Kelawala & Ananthanarayan 2004; Singh et al., 2002) και στην *ex vivo* οξείδωση λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (LDL).

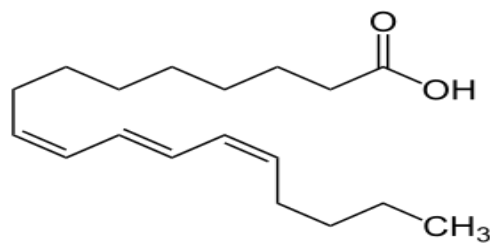
Επιπλέον, το εκχύλισμα φλούδας ροδιού ήταν πιο αποτελεσματικό αντιοξειδωτικά σε σύγκριση με το κουρκουρικό ή το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), δύο ενώσεις που προέρχονται από τα τρόφιμα που είναι γνωστά για τις αντιοξειδωτικές ιδιότητές τους (Kelawala & Ananthanarayan, 2004).

Αν και οι σπόροι έχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες και αντιοξειδωτική ικανότητα *in vitro* (Zhang et al., 2008; Singh et al., 2002), τα έλαια που παράγονται από αυτά περιέχουν άλλα συστατικά που μπορεί συμβάλλουν στην υγεία. Το έλαιο σπόρου έχει υψηλή περιεκτικότητα φυτοστερόλης και ένα μοναδικό προφίλ λιπαρών οξέων που περιλαμβάνει το πουνικικό οξύ, ένα συζευγμένο ισομερές λινολενικού οξέος (Kaufman & Wiesman, 2007). Σε δεκαπέντε τούρκικες ποικιλίες ροδιού, το πουνικικό οξύ αποτελούσε το 70% έως το 76% του ελαίου σπόρου του ροδιού (εικόνα 1.4.2). Η ισορροπία του ελαίου συνίστατο από α-ελαιοστεαρικό, λινελαϊκό, ελαϊκό, παλμιτικό, στεατικό, β-ελαιοστεαρικό, γαδολεϊκό, αραχιδικό και βεχενικό οξύ. Άλλοι ερευνητές ανέφεραν ένα παρόμοιο προφίλ λιπαρών οξέων για ένα εμπορικό έλαιο σπόρων ροδιού με ψυχρές πιέσεις με την προστιθέμενη ανίχνευση μικρών ποσοτήτων βακενικών (C18:1), λιγνοκερικών (C24:0) και νευρωνικών (C24:1) οξέων (Kyralan et al., 2009). Αυτή η μοναδική χημική σύνθεση του ελαίου σπόρων ροδιού ώθησε στη διεξαγωγή έρευνας για τις υγιεινές επιδράσεις του ελαίου, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου του βάρους, της ανάπτυξης του δέρματος και της αλλοίωσης του προφίλ λιπιδίων στο αίμα σε άτομα με υπερλιπιδαιμία (Sassano et al. 2009).





Εικόνα 1.4.1: Χημικές δομές των ελαγταννινών του ροδιού. 1. Πουνικαλαγίνη, 2. Γαλαγικό οξύ, 3. Πουνικαλίνη, 4. Ελλαγικό οξύ (Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/>)



Εικόνα 1.4.2: Χημική δομή του πουνικικού οξέος, ενός ισομερούς συζευγμένου λινολενικού οξέος μοναδικού στο έλαιο σπόρου του ροδιού. (Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/>)

1.4.2. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΡΟΔΙ

1.4.2.1. ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΕΣ

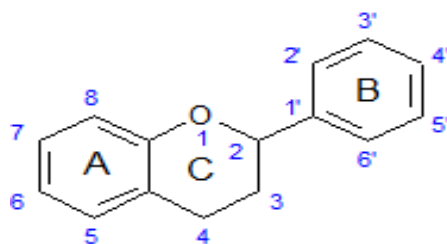
Η κυριότερη ομάδα χημικών ενώσεων που είναι υπεύθυνη για τις λειτουργικές ιδιότητες του καρπού του ροδιού είναι οι πολυφαινόλες σε οποιαδήποτε από τις μορφές τους. Οι πολυφαινόλες (φαινολικές ενώσεις) είναι αρκετά διαδεδομένες στο φυτικό βασίλειο, όπου έχουν ήδη ταυτοποιηθεί περισσότερες από 8000 (Harborne, 1993). Αυτές προκύπτουν ως προϊόντα του δευτερογενούς μεταβολισμού των φυτών. Με τον όρο πολυφαινόλες στη διεθνή βιβλιογραφία νοείται μια μεγάλη ομάδα ενώσεων με ένα ή περισσότερα υδροξύλια συνδεδεμένα απευθείας με έναν ή περισσότερους αρωματικούς δακτυλίους.

Οι φυσικές πολυφαινόλες περιλαμβάνουν απλά μόρια, όπως τα φαινολικά οξέα, τα φαινυλοπροπανοειδή, τα φλαβονοειδή και τα στιλβένια ή υψηλά πολυμερισμένες ενώσεις, όπως οι τανίνες, οι λιγνάνες και οι μελανίνες. Βρίσκονται κυρίως στη συζευγμένη τους μορφή, είτε μεθυλιωμένες είτε ως γλυκοζίτες. Το υδατανθρακικό τους τμήμα μπορεί να είναι μονοσακχαρίτης, δισακχαρίτης ή πολυσακχαρίτης. Επίσης, μπορεί να είναι ενωμένες με καρβοξυλικά και οργανικά οξέα, αμίνες και λιπίδια (Harborne, 1993).

Οι πολυφαινόλες διακρίνονται σε τουλάχιστον δέκα κατηγορίες ανάλογα με τη βασική τους χημική δομή (Harborne, 1989). Μια από τις σημαντικότερες κατηγορίες είναι αυτή των φλαβονοειδών, η οποία διακρίνεται σε παραπάνω από δεκατρείς υποκατηγορίες διαθέτοντας επί συνόλου περισσότερα από 5000 μέλη. Συνολικά οι σημαντικότερες κατηγορίες πολυφαινολών είναι: οι απλές φαινόλες, οι βενζοκινόνες, τα φαινολικά οξέα, οι ακετοφαινόλες, τα φαινολικά οξέα, τα φαινυλοπροπανοειδή, τα υδροξύ-κινναμμοϊκά οξέα, οι κουμαρίνες, οι χρωμόνες, οι ναφθοκινόνες, οι ξανθόνες, τα στιλβένια, οι ανθρακινόνες, τα φλαβονοειδή και η κατηγορία των τανινών, των λιγνάνων και των μελανινών.

ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ

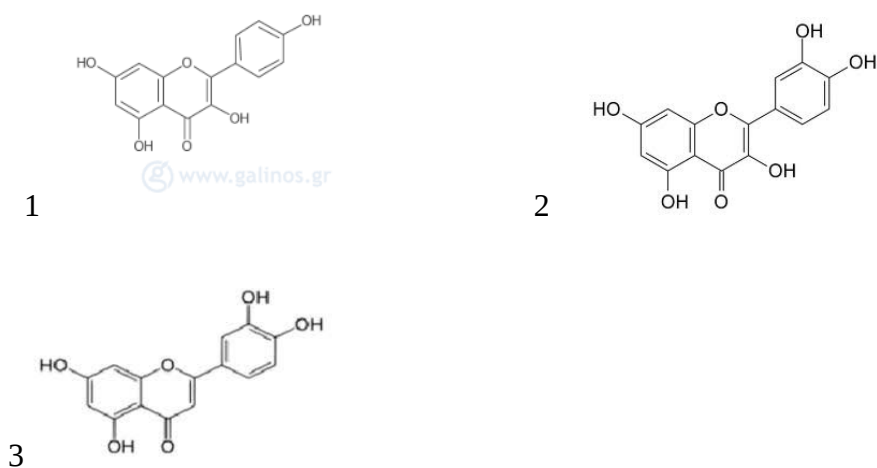
Τα φλαβονοειδή είναι ευρέως διαδεδομένα στη φύση και περιλαμβάνουν φλαβονόλες, φλαβόνες, φλαβανόνες, φλαβανόλες (κατεχίνες) και χαλκόνες. Τα φλαβονοειδή είναι σχετικά μικρού μοριακού βάρους μόρια, γενικά ευδιάλυτα ανάλογα με την πολικότητα και τη χημική τους δομή (βαθμός υδροξυλίωσης, γλυκοζυλίωσης, ακυλίωσης κ.ά.). Οι διαφορές μεταξύ των επιμέρους τάξεων συνίστανται στον αριθμό των υδροξυλίων στους δακτύλιους Α και Β και στο δακτύλιο πυρόνης (παρουσία ή απουσία διπλού δεσμού ή 3-υδροξύ ή 2-όξο ομάδων) (εικόνα 1.4.3).



Εικόνα 1.4.3: Βασική δομή φλαβονοειδών (Πηγή:

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CE%BB%CE%B1%CE%B2%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%B5%CE%B9%CE%B4%CE%AE>)

Οι πιο γνωστές φλαβονόλες στο ρόδι είναι η καμφερόλη, η κερκετίνη και η λουτεολίνη (εικόνα 1.4.4), ενώ από τις φλαβανόλες κυριαρχούν η κατεχίνη και η γαλλοκατεχίνη (εικόνα 1.4.5).



Εικόνα 1.4.4: Σημαντικότερες φλαβονόλες που περιέχονται στον καρπό ροδιού. 1. Καμφερόλη, 2. Κερκετίνη, 3. Λουτεολίνη (Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/>)

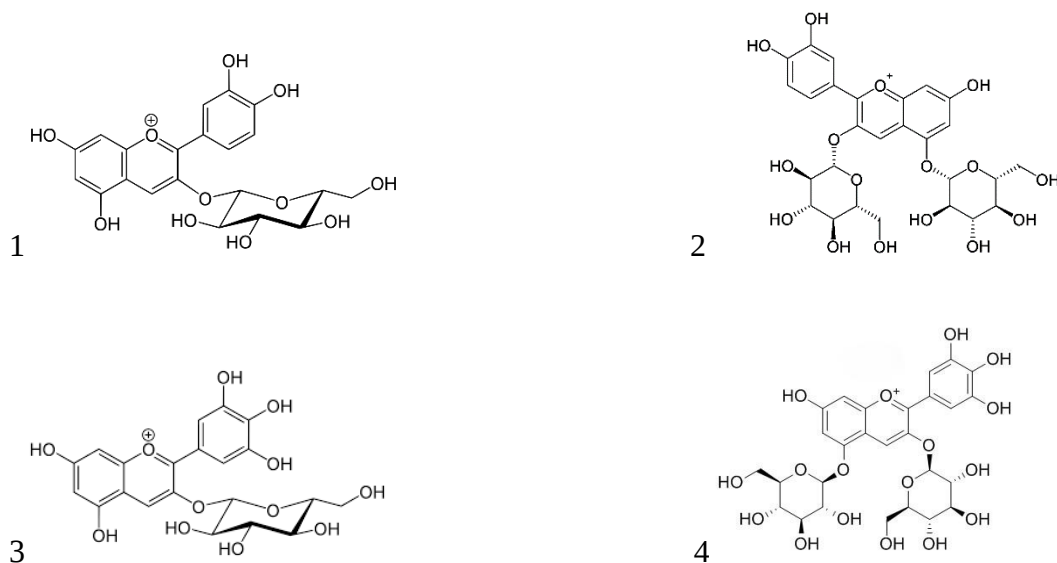


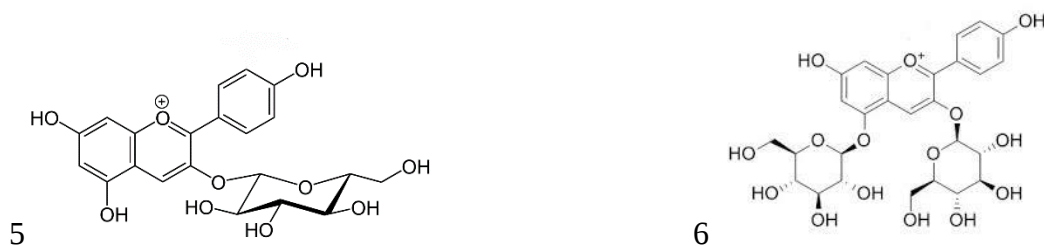
Εικόνα 1.4.5: Σημαντικότερες φλαβανόλες που περιέχονται στο χυμό ροδιού. 1.

Κατεχίνη, 2. Γαλλοκατεχίνη (Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/>)

ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ

Οι ανθοκυανίνες (γλυκοζυλιωμένες ανθοκυανιδίνες) είναι η μεγαλύτερη και πιο σημαντική ομάδα φλαβονοειδών που περιέχονται στα επισπέρμια του ροδιού, τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του χυμού. Αυτές οι χρωστικές ουσίες δίνουν στον καρπό και στο χυμό του ροδιού το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα (Afaq et al., 2005). Στο χυμό του ροδιού παρουσιάζεται μια μεγάλη ποικιλία ανθοκυανινών, κυρίως 3-O-γλυκοζίτης της κυανιδίνης, 3,5-δι-O-γλυκοζίτης της κυανιδίνης, 3-O-γλυκοζίτης της δελφινιδίνης, 3,5-δι-O-γλυκοζίτης της δελφινιδίνης, 3-O-γλυκοζίτης της πελαργονιδίνης και 3,5-δι-O-γλυκοζίτης της πελαργονιδίνης (εικόνα 1.4.4).





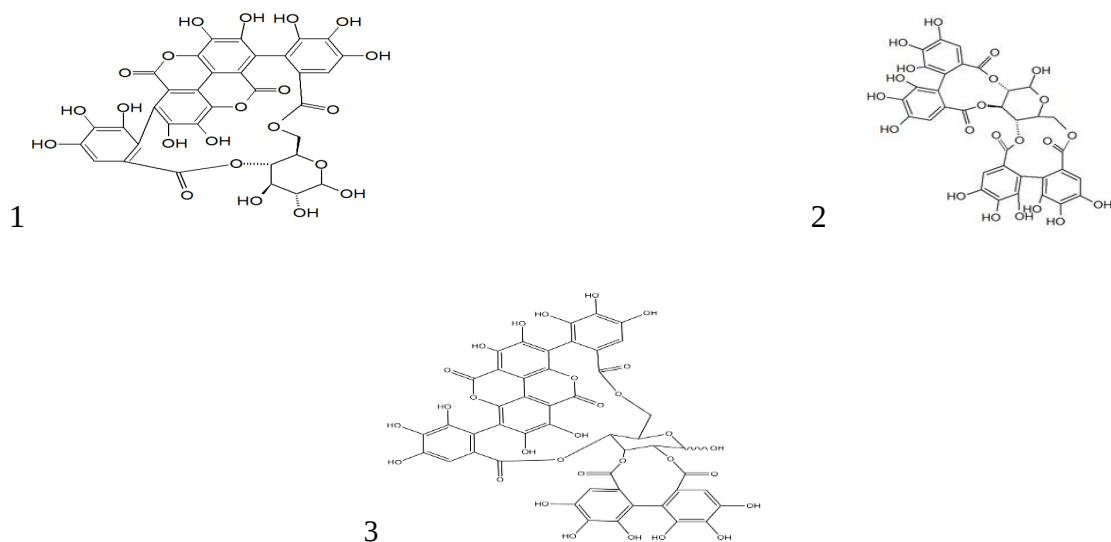
Εικόνα 1.4.6: Σημαντικότερες ανθοκυανίνες που περιέχονται στο χυμό ροδιού (Πηγή: <https://ikee.lib.auth.gr/record/301140/files/%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%A3%CE%99%CE%91-%20%CE%A3%CE%91%CE%A1%CE%99%CE%A4%CE%91%20%CE%9F.%20%CE%9D%CE%91%CE%9C%CE%99%CE%91%2028.10.2018.pdf>)

Οι κύριες διαφορές μεταξύ τους είναι ο αριθμός των ομάδων που περιέχουν μια υδροξυλομάδα, η φύση και ο αριθμός των συνδεδεμένων σακχάρων με τη δομή τους, οι αλειφατικές ή αρωματικές καρβοξυλομάδες που είναι συνδεδεμένες με το σάκχαρο στο μόριο και η θέση αυτών των ομολόγων.

TANNINES

Οι ταννίνες είναι υδροξυλιωμένες ενώσεις που είναι ικανές να σχηματίζουν αδιάλυτα σύμπλοκα με υδατάνθρακες και πρωτεΐνες. Σε αυτή ακριβώς την ιδιότητα βασίζεται και η στυφή γεύση των τροφών που είναι πλούσιες σε εκείνες. Είναι υψηλού μοριακού βάρους πολυφαινόλες που διαιρούνται σε τρεις διακριτές χημικές κατηγορίες: συμπυκνωμένες ταννίνες ή προανθοκυανιδίνες, υδρολύσιμες ταννίνες, κυρίως ελλαγιταννίνες (ETs) και γαλλοταννίνες (GTs) (Seeram et al., 2005a).

Οι ETs είναι εστέρες από εξυδροξυδιφενικό οξύ και μια πολυόλη, συνήθως γλυκόζη ή κουινικό οξύ (Clifford και Scalbert, 2000). Ο φλοιός του ροδιού είναι πλούσιος σε ETs, κυρίως πουνικαλίνη, πεντουνοκαλαγίνη και πουνικαλαγίνη (Seeram et al., 2005a) (εικόνα 1.4.7). Η τελευταία αποτελεί την κυρίαρχη ET που απαντάται στο ρόδι και θεωρείται υπεύθυνη για σχεδόν το 50% της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας του χυμού του.



Εικόνα 1.4.7: Οι σημαντικότερες ETs που περιέχονται στο χυμό του ροδιού. 1.

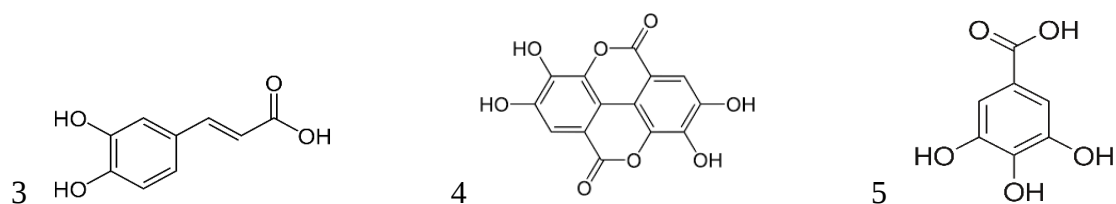
Πουνικαλίνη, 2. Πεντουγκαλαγίνη, 3. Πουνικαλαγίνη (Πηγή:

<https://en.wikipedia.org/wiki/>)

ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ ΟΞΕΑ

Γενικά τα φαινολικά οξέα χαρακτηρίζονται από ένα βενζοϊκό δακτύλιο, μια καρβοξυλομάδα και από μια ή περισσότερες υδροξυλικές ή μεθοξυλικές ομάδες. Τα φαινολικά οξέα που υπάρχουν στο χυμό του ροδιού μπορούν να χωριστούν στα υδροξυβενζοϊκά οξέα και στα υδροξυκιναμωμικά οξέα. Είναι υπεύθυνα μαζί με τα οργανικά οξέα για τη γεύση και την οξύτητα του χυμού ροδιού. Τα κυρίαρχα υδροξυβενζοϊκά οξέα στο ρόδι είναι το γαλλικό οξύ και το ελλαγικό οξύ (EA), καθώς και τα παράγωγά του (Amakura et al. 2000), ενώ τα πιο άφθονα υδροξυκιναμωμικά οξέα είναι το καφεϊκό, το χλωρογενικό και το π-κουμαρικό οξύ (Artic et al. 1998, Poyrazoglou et al. 2002) (εικόνα 1.4.8).

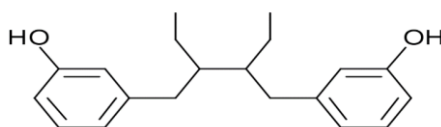




Εικόνα 1.4.8: Σημαντικότερα φαινολικά οξέα που περιέχονται στο χυμό ροδιού. 1. π-κουμαρικό οξύ, 2. Χλωρογενικό οξύ, 3. Καφεϊκό οξύ, 4. Ελλαγικό οξύ, 5. Γαλλικό οξύ
(Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/>)

ΛΙΓΝΑΝΕΣ

Ο Horowitz το 1936 όρισε τις λιγνάνες ως το σύνολο των διμερών φαινυλοπροπανοειδών που συνδέονται στον 8ο άνθρακα της πλευρικής αλυσίδας.



Εικόνα 1.4.9: Γενικός χημικός τύπος των λιγνανών (Cunha et al., 2012). (Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/>)

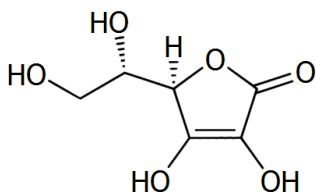
Οι λιγνάνες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την οξειδωτική κατάσταση στις θέσεις 9 και 9', σε λιγνάνες με οξυγόνο στις θέσεις 9 και 9' των φαινυλοπροπανοειδών και σε λιγνάνες χωρίς οξυγόνο στις συγκεκριμένες θέσεις (Cunha et al., 2012). Γενικά οι λιγνάνες ανήκουν στις διφαινυλικές ενώσεις που προέρχονται από το αμινοξύ φαινυλαλανίνη μέσω οξειδωτικού διμερισμού των υποκατεστημένων κινναμικών αλκοολών. Τα εδώδιμα φυτά περιέχουν λιγνάνες σε ελεύθερη μορφή ή ενωμένα με σάκχαρα. Κυριότερες πηγές λιγνανών αποτελούν τα σπορέλαια, τα δημητριακά ολικής άλεσης, τα όσπρια καθώς και ορισμένα λαχανικά και φρούτα (κυρίως τα μούρα) (Durazzo et al., 2013; Mercy et al., 2014).

Ο χυμός ροδιού περιέχει λιγνάνες όπως η πινορεσινόλη, η ματαιρεσινόλη, η σεκοϊσολαρικρεσινόλη, η μεδιορεσινόλη, η συριγκαρεσινόλη και η ισολαρισρεσινόλη (Bonzanini et al., 2009).

1.4.2.2. BITAMINH C

Οι βιταμίνες είναι θρεπτικές ουσίες απαραίτητες για τις λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος. Όμως ο άνθρωπος δεν μπορεί να τις συνθέσει ο ίδιος γι' αυτό τις προσλαμβάνει μέσω των τροφών. Οι βιταμίνες χωρίζονται σε υδατοδιαλυτές και λιποδιαλυτές. Η βιταμίνη C είναι υδατοδιαλυτή βιταμίνη που απομονώθηκε πρώτη φορά το 1928 από τον Szent Gyor-Gyi (Ούγγρος νομπελίστας). Τα πράσινα λαχανικά, οι πιπεριές, οι ντομάτες, τα εσπεριδοειδή, τα ακτινίδια και οι φράουλες είναι πλούσιες πηγές βιταμίνης C. Όμως παρουσιάζει μεγάλη αστάθεια παρουσία οξυγόνου ή κατά τη θερμική επεξεργασία (Iqbal et al., 2004; Βαφοπούλου-Μαστρογιαννάκη, 2006).

Ο χυμός ροδιού όπως αναφέρθηκε προηγούμενα είναι πηγή ασκορβικού οξέος (10-20mg ανά 100 g χυμού) (Εικόνα 1.4.11) που ποικίλλει ανάλογα με την ποικιλία του ροδιού και την επεξεργασία που υφίσταται. Μάλιστα η κατανάλωση ενός ποτηριού χυμού ροδιού καλύπτει το 40% της συνιστώμενης ημερήσιας ποσότητας σε βιταμίνη C (Gil et al. 2000, Mahdavi et al. 2010, Akpinar-Bayizit et al. 2012, Medjakovic and Jungbauer 2013).



Εικόνα 1.4.10: Χημική δομή του ασκορβικού οξέος (Πηγή:

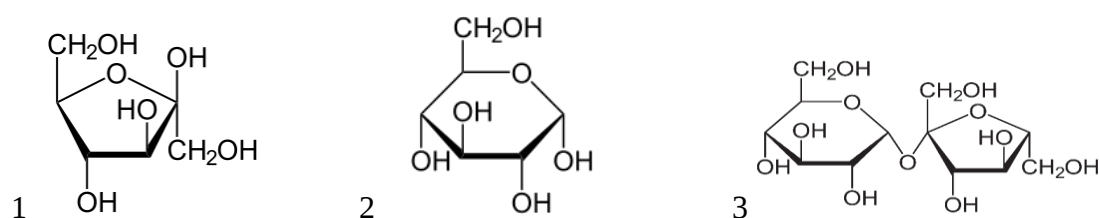
<https://en.wikipedia.org/wiki/>)

1.4.2.3. ΣΑΚΧΑΡΑ

Οι υδατάνθρακες αποτελούν την πιο πολυάριθμη και ευρέως διαδεδομένη κατηγορία συστατικών προερχόμενων από τα φυτά. Τα φρούτα αποτελούν μια καλή πηγή υδατανθράκων, η περιεκτικότητα των οποίων ποικίλλει μεταξύ 10 και 25% ανάλογα με το είδος του φρούτου. Από τα σάκχαρα των φρούτων κυριαρχούν η φρουκτόζη, η γλυκόζη και η σουκρόζη. Μάλιστα η περιεκτικότητά τους επηρεάζει τη γεύση του φρούτου αφού η φρουκτόζη είναι γλυκύτερη της σουκρόζης και η σουκρόζη είναι γλυκύτερη της γλυκόζης (Kader and Barrett, 2004).

Τα σάκχαρα και τα οργανικά οξέα αποτελούν δείκτη ποιότητας των φρούτων αφού συμβάλουν στην αξιολόγηση του βαθμού ωρίμανσης των καρπών, των συνθηκών αποθήκευσής τους και στο διαχωρισμό μεταξύ των ποικιλιών (Cam et al., 2009).

Το ρόδι συγκαταλέγεται ανάμεσα στα φρούτα με μεγάλη περιεκτικότητα σε σάκχαρα. Αντίστοιχα και ο χυμός του έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε σάκχαρα (Serpén, 2012). Μελέτες έχουν δείξει ότι ο χυμός ροδιού περιέχει φρουκτόζη, γλυκόζη και σουκρόζη (εικόνα 1.4.12) (Ozgen et al., 2008; Hasnaoui et al., 2011).



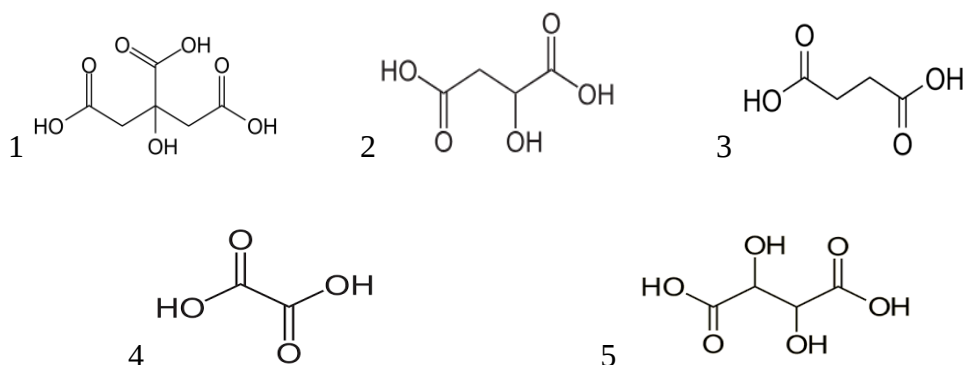
Εικόνα 1.4.11: Χημική δομή των σακχάρων που περιέχονται στο χυμό ροδιού. 1.

Φρουκτόζη, 2. Γλυκόζη, 3. Σουκρόζη (Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/>)

1.4.2.4. ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΟΞΕΑ

Τα οργανικά οξέα των φρουτοχυμών επηρεάζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (γεύση, άρωμα) των χυμών καθώς και τη σταθερότητά τους εξαιτίας της παρεμπόδισης από μικροβιακή αλλοίωση. Επιπλέον αποτελούν δείκτες ελέγχου της νοθείας των χυμών (Mato et al., 2005; Ehling and Cole, 2011).

Στο χυμό ροδιού έχουν βρεθεί τα εξής οργανικά οξέα: κιτρικό, μηλικό, ηλεκτρικό, οξαλικό, ασκορβικό και τρυγικό οξύ (εικόνα 1.4.13). Κυρίαρχα οξέα είναι το μηλικό και κιτρικό οξύ (Poyrazoglu et al., 2002; Krueger, 2012; Medjakovic and Jungbauer, 2013).



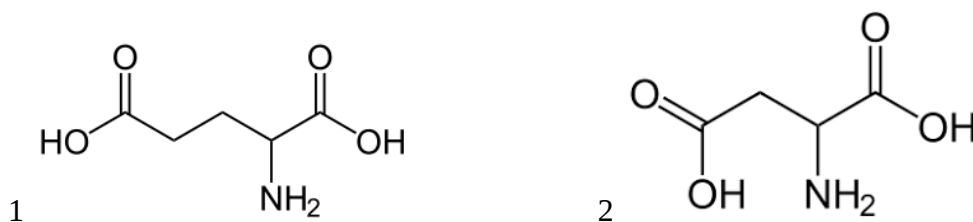
Εικόνα 1.4.12: Χημική δομή των οργανικών οξέων που ανιχνεύονται στο χυμό ροδιού.

1. Κιτρικό οξύ, 2. Μηλικό οξύ, 3. Ηλεκτρικό οξύ, 4. Οξαλικό οξύ, 5. Τρυγικό οξύ

(Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/>)

1.4.2.5. AMINOΞΕΑ

Τα αμινοξέα είναι δομικά στοιχεία των πρωτεϊνών που επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (γεύση, άρωμα, χρώμα) των τροφίμων (Fabiani et al., 2002). Ο χυμός ροδιού περιέχει κυρίως γλουταμινικό και ασπαραγινικό οξύ (εικόνα 1.4.14) (Aviram et al., 2000).



Εικόνα 1.4.13: Χημική δομή των αμινοξέων που περιέχονται στο χυμό ροδιού. 1.

Γλουταμινικό οξύ, 2. Ασπαραγινικό οξύ (Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/>)

1.4.2.6. ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Τα ανόργανα στοιχεία είναι ουσίες απαραίτητες για τη διατήρηση της φυσικής υγείας του ανθρώπου. Τα περισσότερα ανόργανα στοιχεία υπάρχουν στο ανθρώπινο σώμα ωστόσο 15 από αυτά προσλαμβάνονται μέσω τροφών και θεωρούνται απαραίτητα. Κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα την αναγκαιότητα της ποσότητας πρόσληψης. Μακροστοιχεία είναι εκείνα τα στοιχεία που απαιτούνται σε μεγάλες ποσότητες (μεγαλύτερες των 100 mg την ημέρα) και είναι το μαγνήσιο, το κάλιο, το νάτριο, το ασβέστιο, ο φωσφόρος, το χλώριο και το θείο. Αντίθετα τα ιχνοστοιχεία απαιτούνται σε μικρές ποσότητες (μέχρι λίγων mg την ημέρα) και σε αυτά συγκαταλέγονται ο χαλκός, ο σίδηρος, το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος, το ιώδιο, το φθόριο, το χρώμιο και το κοβάλτιο (Ζερφυρίδης, 1998). Ο χυμός ροδιού περιέχει κάλιο, νάτριο, φωσφόρο, ασβέστιο και μαγνήσιο (Eksi and Ozhamamci, 2009; Viuda-Martos et al., 2010).

1.5. ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΡΟΔΙΟΥ

1.5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι περισσότερες ποικιλίες ροδιάς που καλλιεργούνται σήμερα παγκοσμίως έχουν προέλθει από τυχαία σπορόφυτα και σε μερικές μόνο περιπτώσεις από διασταυρώσεις (π.χ. Ισραήλ, Ινδία, Ισπανία). Οι επιλογές των τοπικών ποικιλιών μέχρι τώρα γίνονταν με βάση τις προτιμήσεις των τοπικών πληθυσμών, ωστόσο η μεγάλη ανάγκη προώθησης των εξαγωγών οδήγησε τους παραγωγούς στην αναθεώρηση των κριτηρίων σχετικά με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά των ποικιλιών ροδιάς που καλλιεργούνται. Για παράδειγμα στην Ελλάδα ενώ οι περισσότερες ντόπιες ποικιλίες ροδιάς είναι γλυκές, σήμερα καλλιεργούνται σε μεγάλες εκτάσεις γλυκόξινες ποικιλίες που προορίζονται για εξαγωγή και παραγωγή εξαιρετικής ποιότητας χυμού. Οι ελληνικές ποικιλίες ροδιάς προέρχονται από σπορόφυτα που έχουν επιλεγεί από διάφορες περιοχές και είναι κυρίως γλυκές ποικιλίες με πιο γνωστή την ποικιλία Ερμιόνης, ενώ τελευταία εισήχθησαν και καλλιεργούνται κυρίως οι γλυκόξινες ποικιλίες Wonderful και Hicaznar, και λιγότερο οι γλυκές ποικιλίες Acco και Mollar de Elche (Δρογούδης et al., 2012).

Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες του καρπού που παίζουν ρόλο στην ταυτοποίηση μιας ποικιλίας, στην προτίμηση των καταναλωτών και στην επιλογή της μετέπειτα χρήση τους είναι το μέγεθος και το χρώμα του καρπού, το χρώμα των σπόρων, η σκληρότητα των σπερμάτων, η περιεκτικότητα σε χυμό, ο βαθμός ωρίμανσης, η οξύτητα και η γλυκιά γεύση (Mars, 2000).

Επιθυμητά χαρακτηριστικά στη ροδιά είναι:

- Υψηλή απόδοση
 - Οψιμότητα, για να αυξηθεί η διάρκεια διάθεσης των καρπών
 - Πρωιμότητα
 - Μεσαίο-μεγάλο μέγεθος καρπού
 - Μεγάλο μέγεθος σπόρων
 - Έντονο χρώμα στο φλοιό
-
- Έντονο χρώμα στο σπόρο, ιδιαίτερα όταν προορίζονται για χυμοποίηση
 - Υπόξινη ή γλυκιά γεύση, ανάλογα με τις προτιμήσεις των καταναλωτών
 - Μεγάλη δυνατότητα συντήρησης
 - Μαλακά σπέρματα (για τις επιτραπέζιες ποικιλίες).
 - Μεγάλη αντοχή στο σχίσιμο του καρπού, σε εχθρούς και ασθένειες, στον παγετό κ.ά.

Παγκοσμίως έχουν ταυτοποιηθεί περισσότερες από 500 ποικιλίες ροδιάς. Είναι πιθανόν η ίδια ποικιλία να έχει διαφορετικό όνομα σε διαφορετικές περιοχές λαμβάνοντας υπόψη την πιθανή αλλαγή των χαρακτηριστικών κάτω από διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες καλλιέργειας (Stover and Mercure, 2007). Συνήθως το όνομα προκύπτει από το όνομα της περιοχής στην οποία καλλιεργείται ή από το χρώμα του καρπού (Mars, 2000).

Οι ποικιλίες της ροδιάς διακρίνονται σε εδώδιμες ποικιλίες που προορίζονται για την παραγωγή καρπών και σε καλλωπιστικές ποικιλίες με σκοπό την παραγωγή ανθέων. Με τη σειρά τους οι εδώδιμες ποικιλίες χωρίζονται σε γλυκές, ημίγλυκες και ξινές ποικιλίες ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε οξέα. Στις γλυκές ποικιλίες η

περιεκτικότητα σε οξέα είναι μικρότερη του 0,9%, στις ημίγλυκες κυμαίνεται μεταξύ 0,9-1,8% ενώ στις ξινές ποικιλίες ξεπερνά το 1,8% (Γάτσιος, 2010). Οι ξινές ροδιές ξεχωρίζουν επίσης και από τα μεγάλα και μονήρη άνθη τους. Άλλη διάκριση μεταξύ των ποικιλιών είναι σε πρώιμες, ενδιάμεσες και όψιμες ποικιλίες, σε ποικιλίες με μαλακό και σκληρό σπέρμα και σε ποικιλίες που προορίζονται για χυμοποίηση ή επιτραπέζια χρήση (Mars, 2000).

Για την κατηγοριοποίηση των ισπανικών ποικιλιών χρησιμοποιείται επίσης ο λόγος των ολικών διαλυτών στερεών προς την ογκομετρούμενη οξύτητα. Σύμφωνα με τον Can et al. (2009) προκύπτουν τρεις κατηγορίες βάσει του παραπάνω λόγου. Οι ξινές ποικιλίες, όταν ο λόγος παίρνει τιμή από 5 έως 7, οι γλυκόξινες ποικιλίες, όταν ο λόγος παίρνει τιμή από 17 έως 24 και οι γλυκές ποικιλίες, όταν ο λόγος παίρνει τιμή από 31 έως 98.

1.5.2. ΓΗΓΕΝΕΙΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Οι γηγενείς ποικιλίες κατηγοριοποιούνται κατά κύριο λόγο σε γλυκές και ξινές, ωστόσο υπάρχουν κάποιες που ξεχωρίζονται με βάση την περιοχή προέλευσης.

ΓΛΥΚΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Πολίτικη: Ο καρπός της είναι μεγάλου μεγέθους με βάρος που κυμαίνεται μεταξύ 600-900 g. Η φλούδα του ροδιού είναι λεπτή, πρασινωπή ή ελαφρώς κιτρινωπή. Οι σπόροι είναι κόκκινοι, σαρκώδεις με ιδιαίτερα γλυκιά γεύση. Πρόκειται για ποικιλία με ποιοτικούς καρπούς που δυστυχώς δεν έχουν μεγάλη μετασυλλεκτική διάρκεια ζωής (Ποντίκης, 1996).

Καράβελος: Ο καρπός είναι μεγάλου μεγέθους με βάρος που κυμαίνεται μεταξύ 600-900 g. Η φλούδα είναι πρασινωπή προς ρόδινη, οι σπόροι είναι μεγάλοι σαρκώδεις με ανοιχτό πορφυρό χρώμα και γλυκιά γεύση. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της ποικιλίας αυτής είναι η μεγάλη μετασυλλεκτική διάρκεια ζωής.

Ανδρομάχη: Έχει μεγάλο μέγεθος καρπού, με καλό επίχρωμα στο φλοιό, σπόρο και χυμό με έντονο κόκκινο χρώμα και ημίσκληρο σπέρμα. Ο χυμός είναι γλυκός, με

μεγάλη συγκέντρωση ανθοκυανών και αντιοξειδωτική ικανότητα. Ιδιαίτερο θετικό χαρακτηριστικό της ποικιλίας είναι η σχετικά μεγάλη αντοχή της στο σχίσσιμο.

ΞΙΝΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Λειφάνια: Η ποικιλία αυτή χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλους καρπούς, με φλούδα πολύ λεπτή, ερυθρορόδινου χρωματισμού και σπόρους μετρίου μεγέθους. Έχει το μειονέκτημα ότι οι καρποί της δεν μπορούν να συντηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Τσιπορόδια: Οι καρποί αυτής της ποικιλίας είναι μετρίου μεγέθους. Η φλούδα τους είναι λεπτή με βαθύ κόκκινο χρώμα. Οι σπόροι των ροδιών της είναι ογκώδεις, με ξανθό χρώμα και με την πάροδο της ωρίμανσης αποκτούν ελαφρά γλυκιά γεύση.

Γούνες: Οι καρποί της έχουν μικρό έως μέτριο μέγεθος, χαρακτηρίζονται από χονδρή και μαλακή φλούδα έντονου κόκκινου χρώματος. Οι σπόροι των καρπών της έχουν επίσης πολύ κόκκινο χρώμα.

Ξινορόδια: Οι καρποί της ποικιλίας αυτής είναι μικροί με χονδρή και πολύ κόκκινη φλούδα.

Χονδρορόδια: Οι καρποί της είναι πολύ μεγάλοι με χονδρή κόκκινη φλούδα ενώ οι σπόροι της είναι μετρίου μεγέθους και έχουν γλυκόξινη γεύση.

Κρασορόδια: Ποικιλία ροδιάς που σχίζεται εύκολα. Οι καρποί της έχουν μικρό έως μέτριο μέγεθος, λεπτή κόκκινη φλούδα και οι σπόροι της είναι κόκκινοι. Οι καρποί δεν διατηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα.

ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ

Ερμιόνης: Ποικιλία με μεγάλο καρπό, με έντονο κόκκινο χρώμα και γλυκιά γεύση. Αξιόλογη ποικιλία που καλλιεργείται εδώ και πολλά χρόνια στην περιοχή της Ερμιόνης αλλά και αλλού.

Γλυκιά Πατρών: Η ποικιλία αυτή ωριμάζει κατά τους μήνες Αύγουστο με Σεπτέμβριο. Οι καρποί της είναι πολύ ογκώδεις και περιέχουν μικρούς σπόρους με γλυκιά γεύση (Γάτσιος, 2010).

Χίου: Η ποικιλία ωριμάζει τον Οκτώβριο. Έχει καρπούς ογκώδεις και οι σπόροι της είναι μικροί, κόκκινοι και χυμώδεις. Θεωρείται μία πολύ καλή εμπορική ποικιλία.

Πέλλας: Ο καρπός είναι μεγάλου μεγέθους με βαθύ κόκκινο χρώμα και ωριμάζει το Σεπτέμβριο-Οκτώβριο. Οι σπόροι της είναι μαλακοί, έχουν βαθύ κόκκινο χρώμα και πολύ γλυκιά γεύση ενώ η φλούδα είναι χονδρή και σκληρή.

Ξινή Πατρών: Ωριμάζει τον Οκτώβριο. Οι καρποί της είναι πολύ ογκώδεις, με λεπτή και σκληρή φλούδα. Οι σπόροι της είναι πολύ κόκκινοι και ο χυμός τους έχει ξινή γεύση. Η ποικιλία αυτή είναι κατάλληλη για παραγωγή χυμού.

Τανάγρας: Ωριμάζει τον Οκτώβριο. Έχει καρπούς ογκώδεις, με χονδρή φλούδα. Οι σπόροι της είναι κόκκινοι. Η ποικιλία αυτή θεωρείται πολύ παραγωγική και προσαρμόζεται σε περιοχές με διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες.

Αταλάντης: Ο καρπός είναι μετρίου μεγέθους με ανοιχτό κόκκινο χρώμα και χονδρή, μέτριας σκληρότητας φλούδα. Ωριμάζει το Σεπτέμβριο-Οκτώβριο. Οι σπόροι έχουν βαθύ κόκκινο χρώμα και γλυκιά γεύση ενώ είναι μέτριας σκληρότητας (Γάτσιος, 2010).

1.5.3. ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΞΕΝΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Acco: Είναι πρώιμη ποικιλία με μικρο-μεσαίο μέγεθος καρπού (300-400 g), εντυπωσιακό κόκκινο χρώμα φλοιού και σπόρων, μαλακό σπέρμα και γλυκιά γεύση. Μειονεκτεί στο ότι δεν συντηρείται το ίδιο καλά όπως η Wonderful και άλλες ποικιλίες. Είναι η κυριότερη πρώιμη ποικιλία που προέρχεται από το Ισραήλ και δεν είναι πατενταρισμένη. Παρόμοια χαρακτηριστικά με την Acco έχουν οι πατενταρισμένες Ισραηλινές ποικιλίες Shani και Emmek.



Εικόνα 1.5.1: Ποικιλία Acco (Πηγή:

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%95%CE%B2%CF%81%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AE_%CF%80%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CE%BB%CE%AF%CE%B1_%CF%81%CE%BF%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CF%82_Acco)

Wonderful: Είναι η πιο ευρέως καλλιεργούμενη ποικιλία στην Αμερική. Ανακαλύφθηκε στη Φλόριντα και μεταφέρθηκε στην Καλιφόρνια το 1986. Τα τελευταία χρόνια, φυτεύσεις ροδιών στην Ελλάδα έγιναν χρησιμοποιώντας κυρίως αυτή την ποικιλία. Στη Β. Ελλάδα συγκομίζεται το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Οκτωβρίου- αρχές Νοεμβρίου. Πιθανώς περιοχές της Β. Ελλάδας να μην είναι οι πλέον κατάλληλες για την καλλιέργειά της αφού μπορεί οι καρποί να αντιμετωπίζουν προβλήματα σκισίματος ή και μετασυλλεκτικών σήψεων εξαιτίας χαμηλών θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων. Αναφέρεται από τον Melgarejo et al. (2011) πως έχει μικρή προς μέτρια απόδοση/ στρέμμα, που συνήθως δεν είναι μεγαλύτερη από 1,8 τόνους / στρέμμα, όμως Ισραηλινοί γεωπόνοι υποστηρίζουν πως συγκομίζουν περίπου στους 4 τόνους / στρέμμα. Η εξωτερική εμφάνιση του καρπού και των σπόρων είναι πολύ ελκυστική. Έχει μεγάλο μέγεθος καρπού, ομοιόμορφο κόκκινο χρώμα φλοιού, βαθύ κόκκινο χρώμα σπόρου, ημίσκληρα σπέρματα και γλυκόξινη γεύση. Ποικιλίες που προήλθαν από τη Wonderful και καλλιεργούνται στο Ισραήλ είναι οι κλώνοι PG 100-1 και PG 101-2, ο κλώνος PG 116-17 που είναι μέσης εποχής ωρίμασης (ένα μήνα νωρίτερα), αλλά έχει περισσότερο όξινο χυμό και γι' αυτό δε συνιστάται για περαιτέρω φυτεύσεις, καθώς και η πατενταρισμένη ποικιλία «Kamel», που ωριμάζει δύο εβδομάδες νωρίτερα και ο καρπός έχει εντονότερο κόκκινο χρώμα φλοιού. Σήμερα έχει σταματήσει η εξαγωγή φυτών ροδιάς από το Ισραήλ σε χώρες που θεωρούνται

ανταγωνιστικές για να προστατευτεί η ανταγωνιστικότητα των δικών τους ροδιών (Stover και Mercure, 2007).



Εικόνα 1.5.2: Ποικιλία Wonderful (Πηγή: <https://shop.fitagikas.gr/rodia-wonderful>)

Hicaznar ή Hicaz: Τουρκικής προέλευσης ποικιλία. Έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με τη Wonderful, μόνο που ο καρπός της έχει λιγότερο έντονο χρώμα εξωτερικά και συγκομίζεται 7-10 ημέρες νωρίτερα. Συντηρείται το ίδιο καλά και ο χυμός της έχει τα ίδια ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως και η Wonderful. Ευαίσθητη στις δερματίτιδες και στο καφέτιασμα της επιδερμίδας (Scald).



Εικόνα 1.5.3: Ποικιλία Hicaznar (Πηγή: <http://www.fitodomi.gr/oporofora/rodia/>)

Molar de Elche: Είναι η κυριότερη καλλιεργούμενη ποικιλία στην Ισπανία. Έχει μεγάλο μέγεθος καρπού, πράσινο-ροζ χρώμα φλοιού, ροζ χρώμα σπόρων και μαλακό σπέρμα. Είναι μέσης εποχής ωρίμασης και ευπαθής στα ηλιοκάματα. Το ροζ χρώμα του καρπού και των σπόρων μειώνει την ελκυστικότητά τους για νωπή κατανάλωση και την καθιστά ακατάλληλη για χυμοποίηση.



Εικόνα 1.5.4: Ποικιλία Molar de Elche (Πηγή: <https://www.porfyrodi.gr/to-rodi.html>)

Bedana: Ινδική ποικιλία με μεγάλους καρπούς. Ο φλοιός έχει καφέ χρώμα και τα ροζ/λευκά καρπίδια είναι γλυκά με μαλακά σπέρματα.

Kandhari: Ινδική υπόξινη ποικιλία με καρπούς με έντονο κόκκινο χρώμα. Τα καρπίδια είναι κόκκινα με σκληρά σπέρματα.

Dolce Nostrana: Ιταλική ποικιλία με μεγάλους καρπούς. Ο φλοιός είναι λεπτός με έντονο κόκκινο χρώμα και τα καρπίδια γλυκά.

Dolce a Dente di Carvallo: Ιταλική ποικιλία με γλυκά καρπίδια και επιμήκη σπέρματα.

Blanca: Ισπανική ποικιλία με καρπούς μετρίου μεγέθους. Ο φλοιός είναι λείος και τα καρπίδια κόκκινα, χυμώδη και με γλυκιά γεύση.

Spanish ruby: Πρώιμη ποικιλία με λεπτό φλοιό, κόκκινα καρπίδια με γλυκιά γεύση και μαλακά σπέρματα.

Dultse Colorada: Ισπανική ποικιλία με καρπούς ογκώδεις, με λείο και λεπτό φλοιό. Τα καρπίδιά της είναι μεγάλα και κόκκινα με γλυκιά γεύση.

Angel red: Ποικιλία που κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος στις Η.Π.Α. Ωριμάζει τέλη Αυγούστου με αρχές Σεπτεμβρίου, νωρίτερα δηλαδή από τις υπόλοιπες ποικιλίες και παράγει περισσότερα ρόδια. Ο καρπός έχει φωτεινό κόκκινο χρώμα και είναι πολύ ζουμερός, ιδανικός για χυμοποίηση. Ένα ακόμα πλεονέκτημα που έχει είναι ότι τα σπέρματα είναι μαλακά, έχουν γλυκιά γεύση και μπορούν να καταναλωθούν.

Grenada: Προήλθε από τη Wonderful μέσω γενετικής επιλογής και ωριμάζει ένα μήνα νωρίτερα από αυτή. Ο καρπός της έχει έντονο κόκκινο χρώμα και ο φλοιός της είναι χονδρός και σκληρός. Τα καρπίδια έχουν βαθύ κόκκινο χρώμα.

ΑΛΛΕΣ ΞΕΝΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Ινδικές ποικιλίες ροδιάς: Alamdi, dholka, genesh, arakta, g-137, rcr1, mridula, bhagwa, ruby

Αμερικάνικες ποικιλίες ροδιάς: Swett, paper shell, balegal, grab, green globe, eaely foorhill, early, eversweet, golden globe.

Τούρκικες ποικιλίες ροδιάς: Akanar, tchercherdekis, kyzyl anar, asinar, eksilik, emar, fellahyemez, katirbasi, izmir,

Ισπανικές ποικιλίες ροδιάς: Cagin, pignonenca, valenciana, agridulce de ojobo 4.

Εβραϊκές ποικιλίες ροδιάς: Ras el bared, shani yonay,

Ποικιλίες ροδιάς Αζερμπαϊτζάν: Azerbaijan, nasimi, aleko,

Κινέζικες ποικιλίες ροδιάς: Mudanhua, hongmanaozi, taihanghong, yushiliu 4, mengliaihong, zaouzuan 018, zaoxuan 027, taishan dahongshiliou, linxua 8, litong 14.

1.6. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

1.6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ρόδι έχει χρησιμοποιηθεί στην Ιατρική διαφόρων πολιτισμών εδώ και αιώνες για τη θεραπεία παθήσεων όπως ο διαβήτης και για την καταπολέμηση των ελονοσιακών παρασίτων (Xu et al., 2009; Dell'Agli et al., 2009).

Ωστόσο, κατά την τελευταία δεκαετία, η επιστημονική έρευνα που σχετίζεται με τις επιδράσεις του ροδιού στην υγεία έχει αυξηθεί σημαντικά. Λόγω της υψηλής in vitro αντιοξειδωτικής δράσης των προϊόντων ροδιού, μια ευρεία ποικιλία ασθενειών και συνθηκών υγείας που φαίνεται να έχουν κάποια σχέση με την ικανότητα του σώματος να αποτρέπει τις οξειδωτικές καταπονήσεις έχει διερευνηθεί (Πίνακας 1.6.1). Σημειωτέον, πολλά προϊόντα ροδιού κυκλοφορούν ήδη στην αγορά για συγκεκριμένες επιδράσεις στην υγεία, παρά τα περιορισμένα επιστημονικά δεδομένα. Οι κλινικές δοκιμές στον άνθρωπο είναι σχετικά λίγες, αλλά έχουν δείξει θετικά αποτελέσματα από την κατανάλωση χυμού ροδιού στην πρόληψη του καρκίνου του προστάτη και στην καρδιαγγειακή υγεία. Ευεργετικές επιδράσεις των προϊόντων ροδιού έχουν επίσης παρατηρηθεί σε πειραματόζωα για προστάτη, κόλον, καρκίνο του μαστού και του δέρματος, καθώς και για την υπερλιπιδαιμία, την αθηροσκλήρωση και την πρόληψη και θεραπεία του διαβήτη.

Πίνακας 1.6.1: Επιστημονικές μελέτες σε πιθανές επιδράσεις των προϊόντων ροδιού στην υγεία (Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Scientific-studies-on-the-potential-health-effects-of-pomegranate-products_tbl1_51842048)

Table 1 Scientific studies on the potential health effects of pomegranate products

Disease/health claim	Total studies	Human clinical trials (# study subjects)	Animal model studies	Cell culture studies
Cancer	32	1	11	20
-prostate	11	1 (46)		
-colon	6			
-breast	6			
-skin	3			
-lung	2			
-cervical	1			
-leukemia	1			
Cardiovascular disease	22	8 (10, 13, 22, 20, 45, 289, 30)	9	7
Diabetes	11	3 (22, 20, 30)	7	1
Arthritis	3	0	2	1
Antimicrobial	8	3 (60, 60, 32)	0	5
Skin care	14	2 (20, 13)	5	7
Weight control	3	0	3	0
Inflammatory bowel disease	2	0	2	0
Chronic obstructive pulmonary disease	1	1 (30)	0	0
Alzheimer's disease	1	0	1	0
Neonatal neuroprotectant	1	0	1	0
Male infertility	1	0	1	0
Erectile dysfunction	1	1 (53)	0	0
Immune function	1	0	1	0
Menopause	1	1 (351)	0	0

1.6.2. ANTIOΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Οι ελεύθερες ρίζες σχηματίζονται ενδογενώς στο ανθρώπινο σώμα ως αποτέλεσμα των οξειδωτικών μεταβολικών αντιδράσεων. Αυτές μπορούν να αντιδράσουν και να μεταβάλλουν τη δομή και τη λειτουργία πολλών κυτταρικών συστατικών (DNA, RNA, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες κ.ά.) οδηγώντας σε πιθανή εκδήλωση ασθενειών (καρδιαγγειακές παθήσεις, καρκίνος, φλεγμονές, εμφάνιση καταρράκτη και νευρολογικές διαταραχές).

Τα αντιοξειδωτικά συστατικά των τροφίμων (ένζυμα, βιταμίνες, φαινολικά συστατικά) απομακρύνουν τις ελεύθερες ρίζες, επιδιορθώνουν τη ζημία στα προσβαλλόμενα κύτταρα και εμποδίζουν τις μεταλλάξεις (Lampe, 1999).

Μελέτες έδειξαν ότι ο εμπορικός χυμός ροδιού έχει τριπλάσια αντιοξειδωτική δράση σε σχέση με το κόκκινο κρασί και το πράσινο τσάι. Επιπλέον συγκριτικά με άλλους χυμούς φρούτων (χυμός από σταφύλι, κράνμπερι (οξύκοκκο), γκρέιπφρουτ, πορτοκάλι, μήλο, κεράσι και μύρτιλο), ο χυμός ροδιού υπερτερεί σημαντικά (Viuda-Martos et al., 2010).

Η αντιοξειδωτική δράση του χυμού ροδιού βασίζεται στην υψηλή περιεκτικότητά του σε φαινολικές ουσίες κυρίως στην πουνικαλαγίνη (ελλαγιτανίνη) και λιγότερο στις ανθοκυανίνες και στα παράγωγα του ελλαγικού οξέος (Gil et al., 2000; Tzulker et al., 2007). Μάλιστα ορισμένες μελέτες υποστηρίζουν ότι η αντιοξειδωτική δράση των φρούτων και λαχανικών μεταβάλλεται ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε φαινολικά συστατικά (Rapisarda et al., 1999; Gil et al., 2000; Tzulker et al., 2007).

Η φαινολική σύσταση του χυμού ροδιού και κατά συνέπεια η αντιοξειδωτική του δράση μεταβάλλεται ανάλογα με την ποικιλία του ροδιού, την περιοχή της καλλιέργειας, το κλίμα, τις καλλιεργητικές πρακτικές αλλά και την επεξεργασία που υφίσταται κατά τη χυμοποίηση. Για παράδειγμα χυμοί ροδιού που προκύπτουν από την έκθλιψη ολόκληρου του καρπού παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση, συγκριτικά με χυμούς μετά από έκθλιψη μόνο των σπόρων, λόγω της απελευθέρωσης των ελλαγιτανινών που βρίσκονται στη φλούδα (Gil et al., 2000; Cam et al., 2009).

1.6.3. ΑΝΤΙΚΑΡΚΙΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Η αναστολή του καρκίνου με προϊόντα ροδιού έχει μελετηθεί για τον προστάτη, το μαστό, το κόλον, το δέρμα, τον πνεύμονα, τον καρκίνο του τραχήλου της μήτρας, καθώς και τη λευχαιμία. Από αυτά, ο καρκίνος του προστάτη ήταν ο πιο καλά μελετημένος και οι θετικές επιδράσεις της κατανάλωσης χυμού ροδιού έχουν αποδειχθεί στον άνθρωπο. Λιγότερα είναι γνωστά αυτή τη στιγμή για τις ευεργετικές επιδράσεις του ροδιού σε άλλους καρκίνους (Adams et al., 2006).

Προστάτης

Σε μια μελέτη 46 ατόμων με αυξανόμενα επίπεδα προστατικού αντιγόνου (PSA) μετά από θεραπεία για τον καρκίνο του προστάτη, η κατανάλωση χυμού ροδιού καθυστέρησε σημαντικά την αύξηση του PSA, αναστέλλοντάς τον από 15 μήνες σε 54 μήνες. Η ανάλυση αίματος πριν και μετά από τη θεραπεία με χυμό ροδιού έδειξε υψηλότερες αντιοξειδωτικές και αντιπολλαπλασιαστικές δραστηριότητες (Pantuck et al., 2006).

Επιπλέον, αρκετές μελέτες στην κυτταρική καλλιέργεια και τα πειραματόζωα ανέφεραν αναστολή του καρκίνου του προστάτη με χυμό ροδιού και εκχυλίσματά του (Seeram et al., 2005, 2007; Albrecht et al., 2004; Lansky et al., 2005a,b; Malik et al., 2005; Sartippour et al., 2008; Rettig et al., 2008; Hong et al., 2008), καθώς επίσης προτάθηκε και ένας αριθμός μηχανισμών.

Παχύ έντερο

Σε καλλιέργειες κυττάρων ανθρώπινου κόλον, ο χυμός ροδιού ανέστειλε τον πολλαπλασιασμό και την επαγόμενη απόπτωση (Seeram et al. 2005). Η πουνικαλαγίνη, η πρωτογενής ελλαγιταννίνη στο ρόδι δείχθηκε ότι απελευθέρωσε το ελλαγικό οξύ σε μέσα καλλιέργειας κυττάρων, τα οποία προκάλεσαν ενεργώς απόπτωση του καρκίνου του παχέος εντέρου - προερχόμενα κύτταρα Caco-2 (Larrosa et al., 2006). Έχει επίσης αποδειχθεί ότι συγκεκριμένες ελλαγιταννίνες από το ρόδι και οι αντίστοιχοι μεταβολίτες ουρολιθίνης ανέστειλαν τον πολλαπλασιασμό και προκάλεσαν απόπτωση ανθρώπινων κυττάρων καρκίνου του παχέος εντέρου, HT-29 (Kasimsetty et al., 2010).

Μαστός

Στις κυτταρικές καλλιέργειες καρκίνου του μαστού, η ανάπτυξη αναστέλλεται με εκχύλισμα ροδιού μέσω απόπτωσης (Jeune et al., 2005). Ομοίως, ένα μοντέλο καρκίνου του μαστού σε ποντίκι έδειξε μείωση των βλαβών όταν επεξεργάστηκε με πολυφαινόλες χυμού ροδιού που έχουν υποστεί ζύμωση (Mehta και Lansky, 2004).

Περαιτέρω έρευνα με αυτά τα συστατικά του ροδιού έδειξαν ότι η παρεμπόδιση που παρατηρείται στα μοντέλα καρκίνου του μαστού μπορεί να οφείλεται σε έναν αντι-αγγειογόνο μηχανισμό δράσης (Toi et al., 2003).

Δέρμα

Τόσο το έλαιο ροδιού όσο και το εκχύλισμα φρούτων ροδιού που εφαρμόζονται τοπικά σε ποντίκια για τον καρκίνο του δέρματος ανέστειλαν την εμφάνιση και τον πολλαπλασιασμό των όγκων και καθυστέρησαν την εμφάνισή τους (Hora et al., 2003; Afaq et al., 2005b). Το ηλιακό φως παρέχει ακτινοβολία UVA, UVB και UVC, αλλά η UVB (290-320 nm) είναι πιο βλαβερή. Τα αρνητικά κυτταρικά αποτελέσματα της έκθεσης σε UVB μελετήθηκαν σε φυσιολογικά ανθρώπινα επιδερμικά κερατινοκύτταρα σε κυτταροκαλλιέργεια και η αγωγή με εκχύλισμα φρούτων ροδιού βρέθηκε να αναστέλλει τις αλλαγές στα μονοπάτια στην NF-κΒ και στην ενεργοποιημένη από μιτογόνο πρωτεϊνική κινάση (MAPK) που κανονικά θα διεγείρονται από την έκθεση σε UVB (Afaq et al., 2005a).

1.6.4. ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΗ ΥΓΕΙΑ

Η έρευνα σχετικά με τις επιδράσεις των προϊόντων ροδιού στην καρδιαγγειακή υγεία έχει επικεντρωθεί κυρίως στην πρόληψη της αθηροσκλήρωσης και τη διαχείριση της υπερλιπιδαιμίας σε διαβητικά άτομα. Έχουν διεξαχθεί αρκετές ανθρώπινες μελέτες, οι περισσότερες από τις οποίες έχουν δείξει οφέλη των προϊόντων ροδιού για την καρδιαγγειακή υγεία σε σχέση με την αρτηριακή πίεση, τη χοληστερόλη και την ενδοθηλιακή λειτουργία.

Μετά την κατανάλωση 50 ml χυμού ροδιού ανά ημέρα για δύο εβδομάδες, το αίμα από 13 υγιείς μη καπνιστές νεαρούς άνδρες είχε υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση, μειωμένα υπεροξειδία λιπιδίων, αυξημένη δραστικότητα αρυλεστεράσης και αυξημένη αντοχή στην οξείδωση λιποπρωτεϊνών υψηλής πυκνότητας (HDL) που προκαλείται από θειϊκό χαλκό (Aviram et al., 2000).

Στην ίδια αυτή έκθεση αποδείχθηκε ότι η κατανάλωση χυμού ροδιού μειώνει τον αριθμό των αφρωδών κυττάρων και το μέγεθος των αθηροσκληρωτικών βλαβών κατά 44% σε ποντίκια με έλλειψη απολιποπρωτεΐνης E. Επιπλέον υπάρχουν και άλλες μελέτες σε πειραματόζωα αθηροσκληρωτικών ποντικών που έχουν επίσης δείξει ότι η κατανάλωση χυμού ροδιού μείωσε σημαντικά την ανάπτυξη της αθηροσκλήρωσης (de Nigris et al., 2005; Kaplan et al., 2001).

Ο χυμός ροδιού έδειξε επίσης ότι αυξάνει τη βιοδραστικότητα της συνθάσης του νιτρικού οξειδίου σε ανθρώπινα στεφανιαία ενδοθηλιακά κύτταρα με αναστολή της οξείδωσης της LDL (η οξειδωμένη LDL αναστέλλει τη συνθάση νιτρικού οξειδίου), εμποδίζοντας έτσι τόσο την εξέλιξη της αθηροσκλήρωσης όσο και τη αγγειοσυστολή σε μερικώς αποκλεισμένα αγγεία (de Nigris et al., 2006).

1.6.5. ANTIΔΙΑΒΗΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Τα εκχυλίσματα λουλουδιών ροδιού, καθώς και οι χυμοί και τα συμπυκνώματα ροδιού έχουν μελετηθεί για τους ρόλους τους στη διαχείριση του διαβήτη τόσο σε πειραματόζωα (διαβητικοί αρουραίοι Zucker) όσο και σε ανθρώπους. Το εκχύλισμα λουλουδιού ροδιού που καταναλώνεται από διαβητικούς αρουραίους, μείωσε την αναμενόμενη αύξηση της γλυκόζης στο αίμα αλλά δεν είχε καμία επίδραση σε αυτούς (Li et al., 2005; Huang et al., 2005a). Οι συντάκτες υποθέτουν ότι αυτό το αποτέλεσμα οφειλόταν σε αυξημένη ευαισθησία του υποδοχέα της ινσουλίνης μέσω διέγερσης του υπεροξεισώματος (PPAR) γ του λουλουδιού ροδιού (Huang et al., 2005a) ή της αναστολής της εντερικής α -γλυκοσιδάσης (Li et al., 2005).

1.6.6. ANTIMIKROBIAΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

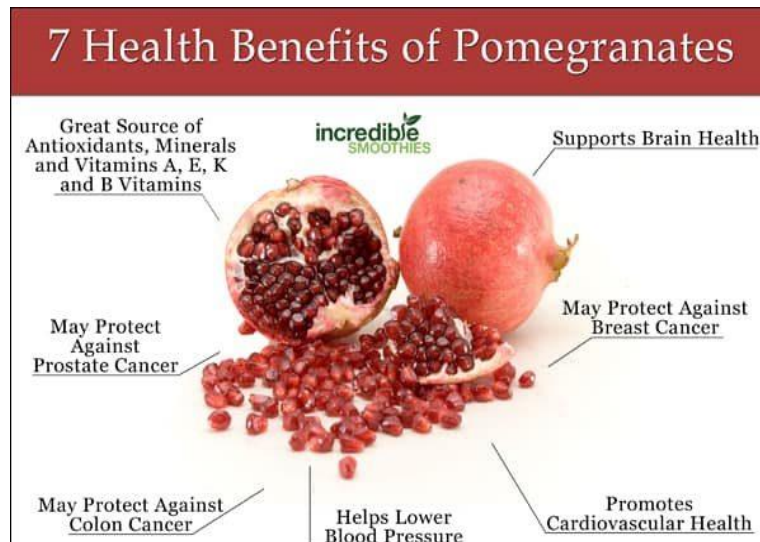
Οι αντιϊκές, αντιμυκητιασικές και αντιβακτηριακές ιδιότητες των προϊόντων ροδιού έχουν μελετηθεί σε κάποιο βαθμό *in vitro*, αλλά σε πολύ περιορισμένο βαθμό σε ζωικά μοντέλα ή σε κλινικές μελέτες σε ανθρώπους. Σε έλεγχο των χυμών φρούτων για την αναστολή της μόλυνσης από τον HIV-1 ΠΙΒ, ο χυμός ροδιού, ακόμη και από διαφορετικές περιοχές καλλιέργειας, ήταν σταθερά ανασταλτικός.

Αυτοί οι ερευνητές απομονώσαν περαιτέρω το δραστικό αντιϊκό συστατικό (συστατικά) δεσμεύοντάς το με άμυλο αραβοσίτου και αυτό ελέγχθηκε για τη διατήρηση της HIV-ειδικής αντιϊκής δράσης μέσω της ανάπτυξης ενός πιθανού τοπικού μικροβιοκτόνου. Οι συγγραφείς πρότειναν ότι αυτό το μικροβιοκτόνο θα μπορούσε να εφαρμοστεί κολπικά πριν από την επαφή για να αποτρέψει τη σύνδεση των HIV ιικών σωματιδίων στους κυτταρικούς υποδοχείς τους, αποτρέποντας έτσι τη μόλυνση (Neurath et al., 2005).

Ο Braga et al. (2005) έδειξαν ότι τα εκχυλίσματα ροδιού μπορούν να εμποδίσουν ή να καθυστερήσουν την ανάπτυξη του «*Staphylococcus aureus*» και κατά συνέπεια την παραγωγή της εντεροτοξίνης. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις (0,01 % v/v), το εκχύλισμα ροδιού καθυστέρησε την ανάπτυξη των βακτηρίων, ενώ σε υψηλότερες συγκεντρώσεις (0.1 % και 1 % v/v) παρατηρήθηκε αναστολή της αύξησης.

1.6.7. ΑΝΤΙΦΛΕΓΜΟΝΩΔΗΣ ΔΡΑΣΗ

Η φλεγμονή προστατεύει το ανθρώπινο σώμα από τραυματισμούς που προκαλούνται από πληγές, μολύνσεις κ.α. Εμφανίζεται ως φυσιολογική αντίδραση του ανοσοποιητικού συστήματος και οδηγεί σε επιδιόρθωση και αναγέννηση του τραυματισμένου ιστού. Διακρίνεται σε βραχυχρόνια φλεγμονή και μακροχρόνια φλεγμονή που μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές ασθένειες (καρκίνος, καρδιοπάθειες κ.α.) (Medjakovic και Jungbauer, 2013). Έρευνες έδειξαν ότι ο χυμός του ροδιού έχει αντιφλεγμονώδη δράση (Adams et al., 2006; Colombo et al., 2013).



Εικόνα 1.6.1: 7 οφέλη του ροδιού στην υγεία: 1) μεγάλη πηγή αντιοξειδωτικών, μεταλλικών στοιχείων και βιταμινών A, E, K και B, 2) πιθανή προστασία έναντι του καρκίνου του προστάτη, 3) πιθανή προστασία έναντι του καρκίνου του παχέος εντέρου, 4) βοήθεια στη μείωση της αρτηριακής πίεσης, 5) βελτίωση της καρδιαγγειακής υγείας, 6) πιθανή προστασία έναντι του καρκίνου του μαστού, 7) υποστήριξη της υγείας του εγκεφάλου (Πηγή: <https://www.ibsminds.com/vital-health-benefits-pomegranate-juice/>)

1.7. ΑΛΛΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Στο παρελθόν έχουν γίνει πολλές μελέτες όσον αφορά τις καλλιέργειες ροδιάς σε πολλές περιοχές παγκοσμίως. Οι κυριότερες αναλύσεις αφορούσαν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, το ολικό φαινολικό περιεχόμενο, την αντιοξειδωτική δραστηριότητα, καθώς και τον προσδιορισμό οργανικών οξέων και πτητικών συστατικών. Σε πολλές από αυτές τις μελέτες έγινε προσπάθεια βοτανικής κυρίως διαφοροποίησης (και γεωγραφικής δευτερευόντως) των δειγμάτων με τη βοήθεια της στατιστικής επεξεργασίας. Οι κυριότερες μελέτες προέρχονταν από χώρες όπως η Τουρκία (Cam et al., 2009, Ozgen et al., 2008 κ.ά.), η Ισπανία (Legua et al., 2016, Melgarejo – Sanchez et al., 2014 κ.ά.), οι Η.Π.Α. (Beaulieu et al., 2015), το Μαρόκο (Hmid et al., 2013), το Ιράν (Mousavinejad et al., 2008), η Τυνησία (Zaouay et al., 2012) και το Ισραήλ (Schwarz et al., 2009).

Οι συγκεκριμένες μελέτες είχαν ως αντικείμενο ντόπιες καλλιέργειες ανεπτυγμένες κάτω από ίδιες κλιματικές και εδαφικές συνθήκες και μέσα από τις αναλύσεις διακρίνονταν τα διαφορετικά χαρακτηριστικά τους (γεύση – οσμή, χρώμα, χρησιμότητα κ.ά.).

ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός αυτής της μελέτης ήταν η σύγκριση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών και της αντιοξειδωτικής ικανότητας καρπών ροδιάς ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας, η ταυτοποίηση των οργανικών οξέων και των πτητικών συστατικών τους, καθώς και η προσπάθεια διαφοροποίησής τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Συλλέχθηκαν συνολικά 35 δείγματα καρπών ροδιάς ποικιλίας «Wonderful» από 5 διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας (Θεσσαλονίκη, Ξάνθη, Λάρισα, Αγρίνιο και Πύργος) και συγκεκριμένα 7 δείγματα από κάθε περιοχή. Εντός 2 ημερών μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο και στύφθηκαν σε αποχυμωτή, όπου και συλλέχθηκε ο περιεχόμενος χυμός τους, ο οποίος στη συνέχεια αποθηκεύτηκε στην κατάψυξη στους -18°C μέχρι την ώρα της ανάλυσης.

2.2. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΑΚΧΑΡΑ

Για τη μέτρηση των συνολικών σακχάρων των δειγμάτων χυμού ροδιάς χρησιμοποιήθηκε το φορητό διαθλασίμετρο χειρός «Portable Refractometer ATC RB32» (HANNA Instruments, Ιταλία). Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε ως εξής: μηδενίστηκε το όργανο πριν τη μέτρηση με την προσθήκη μερικών σταγόνων απεσταγμένου νερού και εν συνεχεία τοποθετήθηκε το δείγμα και λήφθηκε η τιμή. Τα αποτελέσματα αναφέρονται σε βαθμούς Brix ($^{\circ}\text{Brix}$). Η μέτρηση έγινε εις διπλούν.

2.3. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Για τη μέτρηση του χρώματος, χρησιμοποιήθηκε το χρωματόμετρο «Hunterlab DP-9000» (Hunter Associates Laboratory», ΗΠΑ). Η διαδικασία είχε ως εξής: η βαθμονόμηση του οργάνου έγινε με τη βοήθεια του μαύρου γυαλιού και του λευκού πλακιδίου.

Στη συνέχεια προστέθηκε ποσότητα του δείγματος χυμού ίση με 30 mL στην υποδοχή του οργάνου και λήφθηκαν τα αποτελέσματα για τις παραμέτρους L^* , a^* και b^* (οι ελάχιστες, οι μέγιστες τιμές τους, οι μέσοι όροι τους και η τυπική απόκλιση). Οι άξονες a^* και b^* ανταποκρίνονται στα ζεύγη κόκκινο-πράσινο και κίτρινο-μπλε, δηλαδή το σύστημα εναρμονίζεται με τη θεωρία αντίληψης του χρώματος βάσει των αντιθέτων χρωμάτων. Οι άξονες a^* και b^* τέμνονται στο λεγόμενο ουδέτερο σημείο (αχρωματικό). Ο τρίτος άξονας L^* , που είναι κάθετος στο επίπεδο των a^* και b^* και μάλιστα στο ουδέτερο σημείο, είναι μέτρο της φωτεινότητας. Η απόχρωση C^* προσδιορίστηκε υπολογίζοντας τη ρίζα του αθροίσματος ($a^{*2}+b^{*2}$). Το βάθος h^* υπολογίστηκε ως το πηλίκο του (b^* / a^*).

2.4. pH, ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ, ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ, ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΙ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

Το pH ή ενεργός οξύτητα αποτελεί μέτρο οξύτητας μιας χημικής ουσίας και εκφράζει τη συγκέντρωση των κατιόντων υδρογόνου που βρίσκονται σε διάσταση σε ένα υδατικό διάλυμα. Προσδιορίζεται με πεχάμετρο. Η ιοντική αγωγιμότητα εκφράζει την ευκολία με την οποία τα ηλεκτρικά φορτισμένα ιόντα μπορούν να κινηθούν ελεύθερα μέσα σε ένα διάλυμα. Εφαρμόζοντας διαφορά δυναμικού στο υγρό τα ανιόντα κινούνται προς την άνοδο, ενώ τα κατιόντα προς την κάθοδο προσδίδοντας το ηλεκτρικό τους φορτίο στους ακροδέκτες. Η ροή ηλεκτρικού ρεύματος σχετίζεται άμεσα με χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν ταυτόχρονα μέσα στο διάλυμα. Η ιοντική ισχύς αποτελεί μέτρο της συνεισφοράς του κάθε ιόντος, ανάλογα με το φορτίο του, όταν αυτά βρίσκονται σε διαλύματα και έχουν την τάση να προσελκύουν μόρια διαλύτη ή άλλα ιόντα αντίθετου φορτίου, με αποτέλεσμα να δημιουργείται γύρω τους μία ιοντική ατμόσφαιρα που οδηγεί σε μείωση της ηλεκτροστατικής τους έλξης. Τα ολικά διαλυτά στερεά εκφράζουν τον αριθμό των ουσιών που περιέχονται σε ένα διάλυμα σε μοριακή ή ιονισμένη μορφή και πρέπει να είναι αρκετά μικρά για να περάσουν μέσα από ένα φίλτρο πόρων μεγέθους 2 μm . Αλατότητα είναι η ποσότητα αλατιού που είναι διαλυμένη σε ένα υδατικό διάλυμα.

Πειραματική πορεία

Για τη μέτρηση του pH χρησιμοποιήθηκε το πεχάμετρο «Delta-Ohm HD (3456.2) pH-z-meter» (Delta-Ohm, Ιταλία). Ποσότητα χυμού ίση με 10 mL φιλτραρίστηκε με διηθητικό χαρτί και από αυτή λήφθηκαν 5 mL χυμού και αραιώθηκαν μέχρι τα 50 ml με H₂O (αραίωση 1:10). Τοποθετήθηκε στο δείγμα το ηλεκτρόδιο για τη μέτρηση του pH και στη συνέχεια με το δεύτερο ηλεκτρόδιο έγινε η μέτρηση της αγωγιμότητας και των λοιπών μεγεθών (ιοντική ισχύς, συνολικά διαλυτά στερεά και αλατότητα). Η μέτρηση έγινε εις διπλούν.

2.5. ΟΓΚΟΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΟΞΥΤΗΤΑ

Η ογκομετρούμενη ή ολική οξύτητα εκφράζει το σύνολο των διαθέσιμων ιόντων υδρογόνου που είτε είναι σε διάσταση είτε όχι και προσδιορίζονται με ογκομέτρηση με το υδροξείδιο του νατρίου. Για τη μέτρηση της οξύτητας, ποσότητα χυμού ίση με 10 mL αραιώθηκε σε αναλογία 1:10 σε ποτήρι ζέσεως. 5 mL δείγματος μεταφέρθηκαν σε ποτήρι ζέσεως και προστέθηκαν 4-5 σταγόνες του δείκτη φαινολοφθαλεΐνης και ένα μαγνητάκι. Ακολούθησε τιτλοδότηση με πρότυπο διάλυμα NaOH 0,1N μέχρι pH=8,1. Σημειώθηκαν τα ml NaOH που καταναλώθηκαν. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε g κιτρικού οξέος / L χυμού. Η μέτρηση έγινε εις διπλούν.

Για τη μέτρηση της οξύτητας χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$\% \text{ οξύτητα} = [(N_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \times Eq) / V_{\text{δείγματος}} \times 1000] \times 100,$$

όπου N_{NaOH} = η κανονικότητα του τιτλοδότη NaOH (mEq / mL) = 0,1 N

V_{NaOH} = ο όγκος του τιτλοδότη (mL)

Eq = ισοδύναμο βάρος του κυρίαρχου οξέος (mg / mEq) = 64,04 για το άνυδρο κιτρικό οξύ

$V_{\text{δείγματος}}$ = ο όγκος του δείγματος (mL) = 5 mL

1000 = ο παράγοντας συσχέτισης mg σε g (mg / g).

Έπειτα υπολογίστηκε ο δείκτης ωρίμανσης για κάθε δείγμα, ο οποίος προκύπτει από τον τύπο: $\Delta\Omega = (\text{TSS} / \% \text{ οξύτητα})$.

2.6. ΟΛΙΚΟ ΦΑΙΝΟΛΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ

Για τον προσδιορισμό του ολικού φορτίου των φαινολών εφαρμόζεται μέθοδος που χρησιμοποιεί το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu. Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στη μεταφορά ηλεκτρονίων των φαινολών (αναγωγικό μέσο) και του μολυβδενίου (οξειδωτικό μέσο) σε βασικό περιβάλλον, σχηματίζοντας μπλε σύμπλοκα τα οποία ανιχνεύονται με φασματόμετρο σε κατάλληλο μήκος κύματος (725 - 765 nm) στο οποίο η συγκέντρωση τους ακολουθεί ανάλογη σχέση με το απορροφούμενο φως. Σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή της μεθόδου και τον σωστό προσδιορισμό του συνολικού φαινολικού φορτίου έχει το πρότυπο που έχει παρασκευασθεί για την βαθμονόμηση των οργάνων. Υψηλή αντιδραστικότητα οδηγεί σε υψηλή απορροφητικότητα με αποτέλεσμα την λανθασμένη εκτίμηση του συνολικού φαινολικού φορτίου στο δείγμα.

Πειραματική πορεία

Για τη μέτρηση του ολικού φαινολικού περιεχομένου, σε ογκομετρική φιάλη των 10 mL προστέθηκαν 2 mL δείγματος χυμού και αραιώθηκαν μέχρι τα 10 mL με H₂O. Ακολούθησε φιλτράρισμα με διηθητικό χαρτί και στη συνέχεια ελήφθησαν 0,5 mL του αραιωμένου δείγματος και 0,5 mL αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu. Προστέθηκαν 3 mL Na₂CO₃ 10% και η ογκομετρική φιάλη συμπληρώθηκε μέχρι τη χαραγή των 10 mL με H₂O. Παρέμεινε για 30 min στο σκοτάδι και ακολούθησε φιλτράρισμα του δείγματος με υδροφιλικά φιλτράκια σύριγγας μεγέθους πόρων 0,45 μm και διαμέτρου 25 mm. 1 mL διαλύματος αραιώθηκε μέχρι τα 10 mL με H₂O. Στη συνέχεια έγινε μέτρηση της απορρόφησης στα 760 nm. Για το τυφλό δείγμα, σε ογκομετρική φιάλη των 10 mL προστέθηκαν 0,5 mL H₂O, 0,5 mL αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu, 3 mL Na₂CO₃ και H₂O μέχρι όγκου 10 mL. Το ολικό φαινολικό περιεχόμενο εκφράστηκε σε ισοδύναμα γαλλικού οξέος.

Για την πρότυπη καμπύλη γαλλικού οξέος ακολουθήθηκε η ίδια πειραματική πορεία με αυτή της μέτρησης του ολικού φαινολικού περιεχομένου, με τη διαφορά ότι το γαλλικό οξύ στην αρχή της πορείας αραιώθηκε σε ογκομετρική φιάλη των 10 ml μέχρι τη χαραγή με μεθανόλη αντί για H₂O. Οι συγκεντρώσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης ήταν 5, 10, 50, 75 και 100 ppm. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το «Shimadzu UV-1280 (UV-Vis Spectrophotometer)» (Shimadzu Corporation, Ιαπωνία). Η μέτρηση έγινε εις διπλούν.

2.7. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στα σταθερά μόρια DPPH, τα οποία βρίσκονται σε μορφή ελεύθερων ριζών μέσα στο διάλυμα. Σε σχέση με άλλες μεθόδους προσδιορισμού αντιοξειδωτικής δραστηριότητας η συγκεκριμένη μέθοδος έχει το πλεονέκτημα να μην επηρεάζεται από άλλες πλευρικές αντιδράσεις. Για την επίτευξη σωστών αποτελεσμάτων είναι αναγκαία η χρήση του DPPH λίγη ώρα πριν την έναρξη της δοκιμασίας. Έπειτα ακολουθεί η έναρξη της μεθόδου όπου οι ελεύθερες ρίζες των μορίων DPPH αλληλεπιδρούν με τις αντιοξειδωτικές ενώσεις και ανάγονται είτε μέσω της προσθήκης ενός ηλεκτρονίου είτε μέσω της προσθήκης ενός ατόμου υδρογόνου. Με τη μέτρηση της απορρόφησης στα 517 nm προσδιορίζεται η μεταβολή της απορρόφησης του διαλύματος DPPH μετά την αλληλεπίδραση με το αντιοξειδωτικό. Το διάλυμα μετατρέπεται από έντονα βιολετί χρώμα σε υποκίτρινο όταν σχεδόν ολόκληρη η ποσότητα των ελεύθερων ριζών δεσμευτούν από τις αντιοξειδωτικές ενώσεις του δείγματος χυμού ροδιάς.

Πειραματική πορεία

Για τη μέτρηση της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας, σε ογκομετρική φιάλη των 10 mL προστέθηκαν 0,5 mL δείγματος χυμού και αραιώθηκαν μέχρι τα 10 mL με H₂O. Ακολούθησε φιλτράρισμα με διηθητικό χαρτί και σε κυψελίδα πάχους 1cm προστέθηκαν 100 μL αραιωμένου δείγματος χυμού και 2,9 mL διαλύματος DPPH 0,1 mM σε μεθανόλη. Υπήρξε αναμονή για 10 min στο σκοτάδι και στη συνέχεια έγινε η μέτρηση της απορρόφησης στα 517 nm.

Για το τυφλό, χρησιμοποιήθηκε μια κυψελίδα με μεθανόλη. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το «Shimadzu UV-1280 (UV-Vis Spectrophotometer)» (Shimadzu Corporation, Ιαπωνία). Η μέτρηση έγινε εις διπλούν.

Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της δέσμευσης της ελεύθερης ρίζας στα δείγματα ήταν:

$$\% \text{ δέσμευση} = [(A_0 - A_{\text{δείγματος}}) / A_0] \times 100\%,$$

όπου A_0 = η τιμή της απορρόφησης για το διάλυμα DPPH και $A_{\text{δείγματος}}$ = η τιμή της απορρόφησης για το εκάστοτε δείγμα.

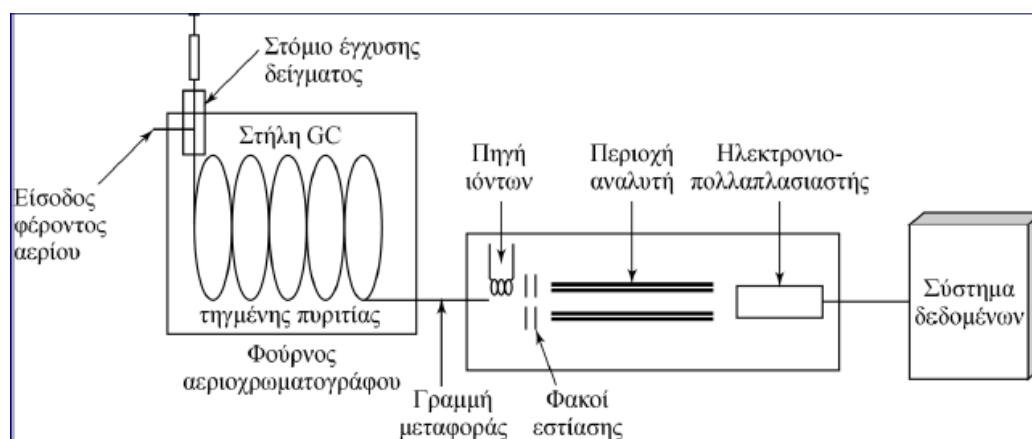
2.8. GC-MS

Στην αέρια χρωματογραφία χρησιμοποιείται αέρια κινητή φάση και ως στατική φάση χρησιμοποιείται είτε στήλη με στερεό πληρωτικό υλικό είτε τριχοειδής στήλη. Συχνά υπάρχει λεπτή στοιβάδα υγρού υψηλού σημείου ζέσεως, ακινητοποιημένου στην επιφάνεια του αδρανούς στερεού υποστρώματος. Πάνω από αυτήν ρέει αδρανές αέριο (φέρον αέριο), το οποίο αποτελεί την κινητή φάση.

Σύμφωνα με την αρχή μεθόδου, το δείγμα εισάγεται στον εισαγωγέα, όπου εξατμίζεται ταχύτατα και εισάγεται σε χρωματογραφική στήλη (στατική φάση), καθώς παρασύρεται από το αδρανές φέρον αέριο (κινητή φάση). Η ταχύτητα της ένωσης μέσα στη στήλη εξαρτάται από τη συγγενεία της προς τη στατική φάση. Ο διαχωρισμός των συστατικών επιτυγχάνεται με κατανομή του αναλύτη μεταξύ της αέριας κινητής και της υγρής ή στερεής στατικής φάσης. Ο διαχωρισμός πραγματοποιείται σε υψηλές θερμοκρασίες και γι' αυτό το λόγο η στήλη είναι εγκλεισμένη σε φούρνο. Ακολουθεί έκλυση των συστατικών του δείγματος και ανίχνευσή τους μέσω της παραγωγής σημάτων.

Όσον αφορά το φασματόμετρο μάζας, εκείνο δρα ως ανιχνευτής εξαιρετικής εκλεκτικότητας για το χρωματογραφικό σύστημα. Όταν ηλεκτρόνια, σχετικά υψηλής ενεργειακής στάθμης, προσκρούσουν σε μόρια μία ενώσεως, που βρίσκεται σε αέρια φάση και σε συνθήκες υψηλού κενού, τα μόρια της ενώσεως μετατρέπονται σε ιόντα με θετικό συνήθως φορτίο (μοριακό ιόν).

Καθώς η ενέργεια των ηλεκτρονίων με την οποία βομβαρδίζεται το δείγμα αυξάνεται (πέρα των 15 eV), τα μοριακά ιόντα υπόκεινται σε νέα διάσπαση παράγοντας θραύσματα-ιόντα (fragment ions) που είναι χαρακτηριστικά της μοριακής δομής της οργανικής ένωσης. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια ηλεκτρικών πεδίων τα παραχθέντα ιόντα ευθυγραμμίζονται σε λεπτή δέσμη, η οποία διέρχεται μέσω ηλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου, οπότε το κάθε ιόν ανάλογα με το λόγο m/z (μάζα προς αριθμό φορτίων ιόντος) αποκλίνει από την αρχική κατεύθυνση. Με κατάλληλο ανιχνευτή μετράται το ηλεκτρικό ρεύμα που παρέχουν τα ιόντα με διαφορετικό λόγο m/z . Στη μέθοδο GC-MS, το έκλουσμα από την αεριοχρωματογραφική στήλη εισάγεται στο θάλαμο ιοντισμού ενός φασματομέτρου μάζας για ανάλυση. Τα περισσότερα όργανα διαθέτουν ψηφιακές βιβλιοθήκες φασματικών δεδομένων για ταυτοποίηση των ενώσεων.



Εικόνα 2.8.1: Οργανολογία GC-MS (Πηγή:

<https://eclass.upatras.gr/courses/PHA1610/>)

Πειραματική πορεία

Σε φιάλη των 10 mL προστέθηκαν 0,4 gr NaCl, ένα μαγνητάκι, 2 mL χυμού ροδιού και 20 μ L εσωτερικού προτύπου. Το γυάλινο φιαλίδιο σφραγίστηκε αεροστεγώς με Teflon septum. Το δείγμα θερμάνθηκε στους 45°C για 10 min (εξισορρόπηση). Στη συνέχεια τοποθετήθηκε η ίνα και εκτέθηκε στον υπερκείμενο χώρο του δείγματος για δειγματοληψία για 20 min. Το θερμοκρασιακό πρόγραμμα του φούρνου είχε ως εξής: αρχικά η θερμοκρασία παρέμεινε για 2 min στους 40°C.

Στη συνέχεια η θερμοκρασία αυξήθηκε με ρυθμό 8°C / min μέχρι τους 72°C, με ρυθμό 5°C / min μέχρι τους 260°C, όπου και παρέμεινε για 1 min. Η ροή του φέροντος αερίου ήταν 1,5 mL / min. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για την αέρια χρωματογραφία ήταν το «HP 6890 Series GC System» (Agilent Technologies, ΗΠΑ). Χρησιμοποιήθηκε η ίνα 50/30 um DVB/CAR/PDMS (Sigma-Aldrich, Γερμανία) και η στήλη DB-5MS (45mm x 0,32mm x 1μm) (Agilent Technologies, ΗΠΑ). Η μέτρηση έγινε εις διπλούν.

Το εσωτερικό πρότυπο παρασκευάστηκε ως εξής: σε 1000 mL H₂O προστέθηκαν 5 mL 4-μέθυλο-2-πεντανόλη και ακολούθησε καλή ανάδευση. Χρησιμοποιήθηκε για τον ημιποσοστικό προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των πτητικών ενώσεων του δείγματος.

Το NaCl χρησιμοποιήθηκε για τη βελτίωση της σταθερότητας του δείγματος και την πρόληψη του θείου.

Η μέθοδος μικροεκχύλισης στερεάς φάσης (SPME) αποτελεί τεχνική προετοιμασίας ενός δείγματος για περαιτέρω ανάλυση. Η μέθοδος SPME βασίζεται στην έκθεση ίνας πυριτίου (fused-silica fiber) επιστρωμένης με στατική φάση (fiber attachment tubing) μέσα στο δείγμα ή στον υπερκείμενο χώρο πάνω από το δείγμα για καθορισμένο χρονικό διάστημα, μέχρι να επέλθει ισορροπία της συγκέντρωσης των ουσιών μεταξύ του δείγματος και της ίνας.

Η συγκέντρωση των πτητικών συστατικών υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$C = [(Area \times C_{\text{εσωτερικού προτύπου}}) / Area_{\text{εσωτερικού προτύπου}}],$$

όπου Area = το εμβαδό του κάθε πτητικού συστατικού

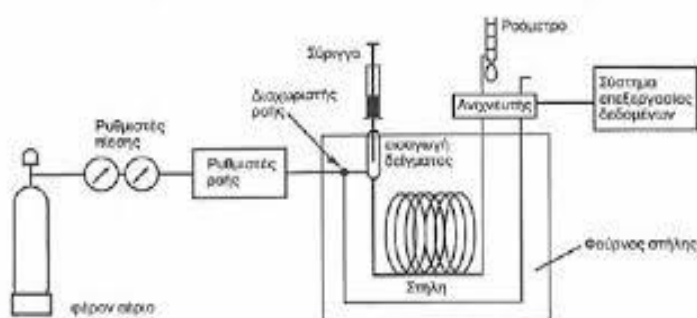
$C_{\text{εσωτερικού προτύπου}} = 41$ (ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ, Π.Χ. ppm ή ppb)

$Area_{\text{εσωτερικού προτύπου}} =$ το εμβαδό του εσωτερικού προτύπου

2.9. HPLC / DAD

Στην υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης, η διαβίβαση της υγρής κινητής φάσης μέσα από την στατική φάση γίνεται με τη χρησιμοποίηση αντλιών υψηλής πίεσης. Αυτό επιταχύνει την ανάλυση και επιτρέπει τη χρήση χρωματογραφικών στηλών με μικρό μέγεθος σωματιδίων υλικού πλήρωσης. Η χρήση μικρού μεγέθους σωματιδίων υλικού πλήρωσης αυξάνει το εμβαδόν της επιφάνειας της στατικής φάσης, που είναι διαθέσιμο να αλληλεπιδράσει με τα μόρια που μεταφέρονται μέσω της κινητής φάσης. Κατά συνέπεια, βελτιώνεται ο διαχωρισμός των αναλυόμενων μορίων και μειώνεται σημαντικά το μέγεθος της στήλης που απαιτείται για έναν διαχωρισμό.

Ο ανιχνευτής συστοιχίας φωτοδιόδων (DAD) είναι ένας προηγμένος ανιχνευτής τύπου UV με τη δυνατότητα να παρακολουθεί ταυτόχρονα όλο το εύρος της περιοχής UV, χρησιμοποιώντας μια σειρά φωτοδιόδων που ανιχνεύουν το φως που διασπείρεται από ένα σταθερό μονοχρωμάτορα σε όλο το εύρος των μηκών κύματος, παρέχοντας μια διαχωριστική ικανότητα περίπου 1 nm. Είναι χρήσιμος για πολύπλοκα μείγματα που περιέχουν ενώσεις με πολύ διαφορετικές περιοχές απορρόφησης και για μίγματα που οι κορυφές αλληλεπικαλύπτονται χρωματογραφικά, αλλά μπορούν να διαχωριστούν από άποψη απορρόφησης στο UV. Ο ανιχνευτής παρέχει πλήρες φάσμα UV κάθε κορυφής του χρωματογραφήματος, που βοηθά στην ταυτοποίηση των αγνώστων.



Εικόνα 2.9.1: Οργανολογία HPLC (Πηγή: http://dspace.aua.gr/xmlui/bitstream/handle/10329/6621/Ntokos_S.pdf?sequence=4)

Πειραματική πορεία

Έγινε αραίωση του δείγματος χυμού σε αναλογία 1:2 με H_2O και ακολούθησε φιλτράρισμα με υδροφιλικά φιλτράκια σύριγγας μεγέθους πόρων 0,45 μm και διαμέτρου 25 mm. Ο διαλύτης έκλουσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα υδατικό διάλυμα Na_3PO_4 0,02 M, ο ρυθμός ροής του οποίου ήταν 1 mL / min. Οι περιοχές απορρόφησης που επιλέχθηκαν ήταν τα 210, 215, 254, 280 και 435 nm κατά αύξουσα σειρά. Το πρόγραμμα έκλουσης ήταν ισοκρατικό και μετά το πέρας του προγράμματος έγινε έκπλυση του οργάνου με διαλύτη H_2O . Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το «Agilent 1100 Series» (Agilent Technologies, ΗΠΑ). Η στήλη που χρησιμοποιήθηκε ήταν η «Agilent Eclipse XDB-C18 4.6 x 150mm, 5 μm » (Agilent Technologies, ΗΠΑ). Η μέτρηση έγινε εις διπλούν.

Για την παρασκευή του διαλύτη, ζυγίστηκαν 3,28 g Na_3PO_4 , τα οποία διαλύθηκαν με H_2O σε ογκομετρική φιάλη των 1000 ml με παράλληλη ρύθμιση του pH από 2,8 έως 3 με τη βοήθεια του H_3PO_4 και βαθμονομημένου οργάνου μέτρησης pH.

2.10. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό λογισμικό SPSS 20.0 (SPSS 2013). Για τον προσδιορισμό των διαφοροποιήσεων της ποικιλίας «WONDERFUL» μεταξύ των πέντε περιοχών χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης κατά ένα παράγοντα «ANOVA». Για να προσδιοριστούν οι διαφορές μεταξύ των εννοιών, εφαρμόστηκαν μέθοδοι πολλαπλής σύγκρισης και συγκεκριμένα το τεστ Duncan. Πριν την ανάλυση, δοκιμάστηκε η ομοιογένεια των διακυμάνσεων από το τεστ Levene, όπου όλες οι αναλύσεις φαίνεται να ικανοποιούσαν την απαίτηση $p > 0,05$. Τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν ως mean values $\pm$ SD (standard deviation).

Η Πολυδιάστατη Ανάλυση Διακύμανσης «MANOVA» εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό των μέσων τιμών των φυσικοχημικών παραμέτρων, του χρώματος, των οργανικών οξέων και των πτητικών συστατικών που είναι σημαντικά ($p < 0,05$) στη διαφοροποίηση του χυμού ροδιάς διαφορετικής γεωγραφικής προέλευσης.

Η γεωγραφική προέλευση λήφθηκε ως ανεξάρτητη μεταβλητή, ενώ οι καθορισμένες παράμετροι ελήφθησαν ως εξαρτημένη μεταβλητή. Χρησιμοποιήθηκαν δύο δείκτες (Pillai's trace και Wilk's lambda) για τον προσδιορισμό μιας πιθανής σημαντικής επίδρασης των ποσοτικών παραμέτρων στη γεωγραφική προέλευση του φρέσκου χυμού ροδιάς. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η διαχωριστική ανάλυση «LDA», χρησιμοποιώντας τις επιλεγμένες εξαρτημένες μεταβλητές ώστε να διαπιστωθεί η δυνατότητα διαφοροποίησης των δειγμάτων χυμού ροδιάς σύμφωνα με τη γεωγραφική προέλευση. Το σημείο εκκίνησης της «LDA» είναι να βρει μια γραμμική διακριτική συνάρτηση («LDF»), Y , που είναι ένας γραμμικός συνδυασμός των πρωταρχικά μετρημένων μεταβλητών. Οι αρχικές n μετρήσεις κάθε αντικειμένου συνδυάζονται σε μία μόνο τιμή της Y , έτσι ώστε τα δεδομένα να μπορούν να μειωθούν από n διαστάσεις σε μία. Οι συντελεστές των όρων επιλέγονται με τέτοιο τρόπο που η Y αντανakλά τη διαφορά μεταξύ των ομάδων όσο το δυνατόν περισσότερο. Επομένως, τα αντικείμενα στην ίδια ομάδα θα έχουν παρόμοιες τιμές Y , ενώ τα αντικείμενα σε διαφορετικές ομάδες θα έχουν πολύ διαφορετικές τιμές Y . Έτσι, η «LDF» παρέχει ένα μέσο διάκρισης μεταξύ των δύο ομάδων (Miller & Miller 2010). Η πρωτότυπη μέθοδος και η μέθοδος της ενδοεπικύρωσης χρησιμοποιήθηκαν για τη δοκιμή της ικανότητας πρόβλεψης μοντέλου. Θα έπρεπε να δηλωθεί ότι στη μέθοδο ενδοεπικύρωσης, κάθε παρατήρηση (μια τυχαία επιλεγόμενη παράμετρος) ταξινομείται σε μια ομάδα βάσει μιας διακριτικής συνάρτησης, η οποία δημιουργείται από όλες τις άλλες παρατηρήσεις (όλες τις δοκιμασμένες παραμέτρους εκτός από την τυχαία επιλεγόμενη). Έτσι, η διακριτική συνάρτηση που αναπτύχθηκε ταξινομεί την τυχαία επιλεγόμενη παράμετρο εντός μιας προβλεπόμενης ομάδας. Αυτό γίνεται για όλες τις παρατηρήσεις (παραμέτρους) του εξεταζόμενου δείγματος (π.χ. χυμός ροδιάς) οδηγώντας σε έναν πιο αξιόπιστο διαχωρισμό (διάκριση). Τέλος, η ομοιογένεια των διακυμάνσεων δοκιμάστηκε με εφαρμογή του δείκτη Box's M (Field 2009).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για τον προσδιορισμό της ύπαρξης στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων, συγκρίθηκε η τιμή p με το επίπεδο σημαντικότητας για την αξιολόγηση της μηδενικής υπόθεσης. Χρησιμοποιήθηκε ένα επίπεδο σημαντικότητας της τάξης του 0,05.

3.1. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Για την ογκομετρούμενη οξύτητα το κυρίαρχο οξύ ήταν το κιτρικό. Στον πίνακα 3.1.1. δίνονται οι τιμές των συνολικών σακχάρων, της ογκομετρούμενης οξύτητας και του δείκτη ωρίμανσης ροδιών της ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Πίνακας 3.1.1: Ογκομετρούμενη οξύτητα, δείκτης ωρίμανσης και συνολικά σάκχαρα ροδιών ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Περιοχή	Συνολικά σάκχαρα (°Brix)	Ογκομετρούμενη οξύτητα (g κιτρικού οξέος / L χυμού)	Δείκτης Ωρίμανσης
	mean±sd		
Πύργος	14,53±1,87a*	1,91±0,38a	7,88±1,93a
Θεσσαλονίκη	19,74±2,11b	1,90±0,25a	10,60±2,32ab
Λάρισα	22,16±1,62b	1,76±0,39a	13,11±2,82b
Αγρίνιο	15,16±2,78ab	1,80±0,35a	8,96±3,41ab
Ξάνθη	21,70±3,41b	1,98±0,30a	11,32±3,22ab

* Η μέση τιμή±τυπική απόκλιση ακολουθούμενη από τους διαφορετικούς παράγοντες a,b σε κάθε στήλη υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε $p \leq 0,05$.

Οι τιμές των **συνολικών σακχάρων** κυμάνθηκαν από $14,53 \pm 1,87^\circ$ Brix (Πύργος) έως $22,16 \pm 1,62^\circ$ Brix (Λάρισα). Υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων του Πύργου και αυτών της Θεσσαλονίκης, Λάρισας και Ξάνθης. Τα δείγματα της Λάρισας ήταν τα πιο γλυκά, ενώ του Πύργου τα λιγότερο γλυκά. Τα δείγματα της Ξάνθης είχαν υψηλότερο περιεχόμενο σε σάκχαρα από τα αντίστοιχα της Θεσσαλονίκης και εκείνα με τη σειρά τους από αυτά του Αγρινίου. Τα αποτελέσματα συμφωνούσαν με εκείνα του Royrazoglu et al. (2002) ($16 - 19^\circ$ Brix) από την Τουρκία και ήταν υψηλότερα από εκείνα του Fadavi et al. (2005) ($10 - 16^\circ$ Brix) από το Ιράν, δείχνοντας ότι τα δείγματα Ελλάδας και Τουρκίας με παρόμοια γεωγραφική θέση, είχαν πιο πλούσιο περιεχόμενο σε σάκχαρα από τα δείγματα του Ιράν. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των πέντε καλλιεργειών της εργασίας, αποδόθηκαν στις διαφορετικές κλιματικές συνθήκες της κάθε περιοχής και το διαφορετικό στάδιο ωρίμανσης του κάθε καρπού. Υπήρχε συσχέτιση των συνολικών σακχάρων και του δείκτη ωρίμανσης, καθώς όσο υψηλότερος ήταν αυτός τόσο μεγαλύτερη ήταν η περιεκτικότητα σε σάκχαρα.

Οι τιμές της **οξύτητας** κυμάνθηκαν από $1,76 \pm 0,39$ g / L (Λάρισα) έως $1,98 \pm 0,30$ g / L (Ξάνθη) χωρίς να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις πέντε περιοχές. Τα δείγματα του Πύργου παρουσίασαν υψηλότερες τιμές από τα αντίστοιχα της Θεσσαλονίκης και εκείνα με τη σειρά τους από του Αγρινίου. Οι τιμές συμφωνούσαν με τα αποτελέσματα που πάρθηκαν από αντίστοιχες εργασίες από τους Legua et al. (2012) ($0,24 - 3,7$ g / L) από την Ισπανία και Fadavi et al. (2005) ($0,19 - 2,31$ g / L) από το Ιράν, οδηγώντας μας στο συμπέρασμα τα δείγματα από Ελλάδα, Ισπανία και Ιράν βρίσκονταν σε παρόμοια επίπεδα οξύτητας. Η οξύτητα έδωσε την ξινή / στυφή γεύση στο χυμό ροδιού. Οι καλλιέργειες με τις μεγαλύτερες τιμές οξύτητας ήταν πιο ξινές λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε κιτρικό οξύ, ενώ εκείνες με τις μικρότερες τιμές ήταν πιο γλυκές. Διαπιστώθηκε μια αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ της οξύτητας και του δείκτη ωρίμανσης.

Οι τιμές του **δείκτη ωρίμανσης** κυμάνθηκαν από $7,88 \pm 1,93$ (Πύργος) έως $13,11 \pm 2,82$ (Λάρισα). Ανάμεσα στις πέντε περιοχές παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο μεταξύ των δύο περιοχών. Τα δείγματα της Ξάνθης ήταν πιο ώριμα από εκείνα της Θεσσαλονίκης και εκείνα με τη σειρά τους από εκείνα του Αγρινίου. Ο δείκτης ωρίμανσης αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα για τον καθορισμό της γεύσης του χυμού ροδιού, καθώς ισορροπεί τη γλυκύτητα με την ξινή / στυφή γεύση.

Κατέδειξε την ωριμότητα του κάθε καρπού και εξαρτήθηκε σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν σε κάθε περιοχή. Ο Melgarejo (1993) ταξινομήσε τις καλλιέργειες ως εξής: γλυκές καλλιέργειες ($\Delta\Omega = 31 - 98$), γλυκόξινες καλλιέργειες ($\Delta\Omega = 17 - 24$) και ξινές καλλιέργειες ($\Delta\Omega = 5 - 7$). Τα δείγματα σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα και τα αποτελέσματα της εργασίας, κατατάχθηκαν μεταξύ του ξινού και του γλυκόξινου. Συνολικά, τα δείγματα της Λάρισας ήταν τα πιο γλυκά και πιο ώριμα. Τα δείγματα του Πύργου τα περισσότερα ξινά και λιγότερο ώριμα. Αξιοσημείωτες ήταν οι τιμές των δειγμάτων της Ξάνθης, τα οποία παρουσίασαν υψηλό περιεχόμενο τόσο σε σάκχαρα όσο και υψηλή οξύτητα και ήταν από τα πιο ώριμα δείγματα. Αντίθετα, τα δείγματα του Αγρινίου εμφάνισαν χαμηλές τιμές τόσο για τα σάκχαρα όσο και για την οξύτητα και ήταν από τα λιγότερο ώριμα. Η διαμόρφωση των τιμών στις περιοχές της Ξάνθης και του Αγρινίου εξαρτήθηκε σε μεγάλο βαθμό από τα ποσοστά ετήσιας βροχόπτωσης σε εκείνες. Η Ξάνθη εμφάνισε υψηλά ποσοστά σακχάρων και οξύτητας εξαιτίας του χαμηλού ποσοστού βροχόπτωσης που τη χαρακτηρίζει (400 – 450 mm βροχής ετησίως). Αντίθετα, το Αγρίνιο εμφάνισε χαμηλά ποσοστά σακχάρων και οξύτητας εξαιτίας του υψηλού ποσοστού βροχόπτωσης (900 – 1100 mm βροχής ετησίως). Περισσότερη βροχή σήμαινε καλύτερα ποτισμένα δέντρα και κατά συνέπεια μικρότερες συγκεντρώσεις σακχάρων και οξύτητας. Η άρδευση που σχετίζεται με τη γεωγραφική θέση (Reuther et al., 1969), αποτέλεσε τον κυριότερο παράγοντα διαφοροποίησης.

Στον πίνακα 3.1.2. δίνονται οι τιμές του pH, της αγωγιμότητας, της ιοντικής ισχύος, των συνολικών διαλυτών στερεών και της αλατότητας ροδιών της ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Πίνακας 3.1.2: pH, αγωγιμότητα, ιοντική ισχύς, συνολικά διαλυτά στερεά και αλατότητα ροδιών ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Περιοχή	pH	Αγωγιμότητα (mS)	Ιοντική ισχύς (kOhm)	Συνολικά διαλυτά στερεά (mg/L)	Αλατότητα (mg NaCl)
	mean±sd				
Πύργος	3,06±0,06b*	3,39±1,99a	441,36±307,60b	1,73±0,97a	0,002±0,001a
Θεσσαλονίκη	3,06±0,06b	4,47±1,03a	212,79±42,21ab	2,44±0,44a	0,002±0,001a
Λάρισα	3,05±0,10b	5,37±0,97a	195,21±49,55a	2,71±0,46a	0,003±0,000a
Αγρίνιο	3,03±0,08b	3,96±1,51a	291,71±118,17ab	2,00±0,75a	0,002±0,001a
Ξάνθη	2,89±0,08a	3,85±0,83a	271,21±59,49ab	1,94±0,43a	0,002±0,000a

* Η μέση τιμή±τυπική απόκλιση ακολουθούμενη από τους διαφορετικούς παράγοντες a,b σε κάθε στήλη υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε $p \leq 0,05$.

Οι τιμές του **pH** κυμάνθηκαν από 2,89±0,08 (Ξάνθη) έως 3,06±0,06 (Πύργος, Θεσσαλονίκη). Στο σύνολο των πέντε περιοχών παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Οι τιμές pH από τα δείγματα της Ξάνθης διέφεραν σημαντικά από τις αντίστοιχες τιμές των δειγμάτων των υπόλοιπων περιοχών. Τα αποτελέσματα ήταν χαμηλότερα τόσο από του Tehranifar et al. (2010) από το Ιράν (3,16 – 4,09) όσο και από του Nuncio-Jauregui et al. (2014) από την Ισπανία (3,76 – 5,88), επομένως τα δείγματα από την Ελλάδα ήταν πιο όξινα και από του Ιράν και από της Ισπανίας. Συνεπώς, τα δείγματα χυμού ήταν αρκετά όξινα με περισσότερο όξινα εκείνα από τις καλλιέργειες της Ξάνθης.

Οι τιμές της **αγωγιμότητας** κυμάνθηκαν από $3,39 \pm 1,99$ mS (Πύργος) έως $5,37 \pm 0,97$ mS (Λάρισα), χωρίς να παρουσιαστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις πέντε περιοχές, ενώ της **ιοντικής ισχύος** από $195,21 \pm 49,55$ kOhm (Λάρισα) έως $441,36 \pm 307,60$ kOhm (Πύργος) και παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο ανάμεσα σε αυτές τις δύο περιοχές. Η αγωγιμότητα με την ιοντική ισχύ ήταν αντιστρόφως ανάλογα μεγέθη. Τα δείγματα της Λάρισας που είχαν τη μικρότερη ιοντική ισχύ, ταυτόχρονα είχαν και τη μεγαλύτερη αγωγιμότητα, ενώ το αντίστροφο συνέβαινε με τον Πύργο.

Οι τιμές των **συνολικών διαλυτών στερεών** κυμάνθηκαν από $1,73 \pm 0,97$ mg / L (Πύργος) έως $2,71 \pm 0,46$ mg / L (Λάρισα). Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις πέντε περιοχές, δηλαδή τα δείγματα δε διέφεραν σημαντικά ως προς τον αριθμό των ουσιών που περιείχαν, τα οποία βρίσκονταν σε μοριακή ή ιονισμένη μορφή. Τα δείγματα της Λάρισας που είχαν τη μεγαλύτερη τιμή για την αγωγιμότητα, παρουσίασαν τη μεγαλύτερη ποσότητα συνολικών διαλυτών στερεών, ενώ του Πύργου που είχαν τη μικρότερη τιμή για την αγωγιμότητα, εμφάνισαν τη μικρότερη ποσότητα εκείνων. Με άλλα λόγια, τα συνολικά διαλυτά στερεά ήταν ανάλογα προς την αγωγιμότητα και αντιστρόφως ανάλογα προς την ιοντική ισχύ, οπότε τα δείγματα της Λάρισας ήταν σχετικά καλύτεροι αγωγοί από τα αντίστοιχα του Πύργου. Ανάμεσα σε αυτές τις δύο περιοχές βρίσκονταν τα δείγματα της Θεσσαλονίκης που ήταν καλύτεροι αγωγοί από τα αντίστοιχα του Αγρινίου, ενώ αυτά με τη σειρά τους ήταν καλύτεροι αγωγοί από εκείνα της Ξάνθης.

Οι τιμές της **αλατότητας** κυμάνθηκαν από $0,002 \pm 0,001$ mg (Πύργος, Θεσσαλονίκη, Αγρίνιο) έως $0,003 \pm 0,000$ mg (Λάρισα), χωρίς να παρουσιαστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε περιοχών. Τα δείγματα περιείχαν παρόμοιο ποσό αλάτων στα διαλύματά τους, το οποίο ήταν πολύ μικρό.

Στον πίνακα 3.1.3 δίνονται οι τιμές των πέντε δεικτών του χρώματος των δειγμάτων χυμού ροδιού ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας, καθώς και οι παράμετροι της απόχρωσης και του βάθους.

Πίνακας 3.1.3: Φωτεινότητα, ερυθρότητα, ωχρότητα, απόχρωση και βάθος ροδιών ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Περιοχή	Φωτεινότητα (L*)	Ερυθρότητα (a*)	Ωχρότητα (b*)	Απόχρωση (C*)	Βάθος (h*)
	mean±sd				
Πύργος	22,40±4,77c	50,74±4,65b	28,92±5,62b	15,04±1,17	0,57±0,05
Θεσσαλονίκη	17,63±2,55ab	47,30±2,63ab	23,85±3,28ab	14,1±0,68	0,50±0,04
Λάρισα	16,66±1,54a	45,60±2,57a	18,14±3,06a	13,4±0,64	0,40±0,05
Αγρίνιο	21,51±2,58bc	49,32±2,21ab	25,49±3,51b	14,56±0,63	0,52±0,05
Ξάνθη	15,97±2,83a	45,11±3,35a	18,64±4,44a	13,36±0,88	0,41±0,07

* Η μέση τιμή±τυπική απόκλιση ακολουθούμενη από τους διαφορετικούς παράγοντες a,b σε κάθε στήλη υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε $p \leq 0,05$.

Οι τιμές της **φωτεινότητας** κυμάνθηκαν από 15,97±2,83 (Ξάνθη) έως 22,40±4,77 (Πύργος). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των δειγμάτων του Πύργου και της Θεσσαλονίκης, καθώς επίσης και όσον αφορά τα δείγματα Ξάνθης και Λάρισας σε σχέση με εκείνα του Πύργου και του Αγρινίου. Τα δείγματα του Αγρινίου εμφάνισαν υψηλότερες τιμές φωτεινότητας σε σχέση με τα αντίστοιχα της Θεσσαλονίκης και αυτά με τη σειρά τους από εκείνα της Λάρισας. Τα αποτελέσματα ήταν χαμηλότερα από του Legua et al. (2016) από την Ισπανία, ο οποίος παρουσίασε τιμές 26,6 – 26,8. Οι τιμές της φωτεινότητας ήταν σχετικά χαμηλές (η κλίμακά της εκτείνεται από το 0 = μαύρο έως το 100 = λευκό), επομένως τα δείγματα δεν είχαν πολύ φωτεινό κόκκινο χρώμα.

Οι τιμές της **ερυθρότητας** κυμάνθηκαν από 45,11±3,35 (Ξάνθη) έως 50,74±4,65 (Πύργος). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν όσον αφορά τα δείγματα Ξάνθης και Λάρισας σε σχέση με εκείνα του Πύργου. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ υψηλότερα από του Legua et al. (2016) από την Ισπανία, ο οποίος εμφάνισε τιμές 6,51 – 6,53. Τα δείγματα του Αγρινίου εμφάνισαν υψηλότερες τιμές ερυθρότητας σε σχέση

με τα αντίστοιχα της Θεσσαλονίκης και αυτά με τη σειρά τους από εκείνα της Λάρισας. Οι τιμές βρίσκονταν δηλαδή στο μέσο της κλίμακας 0 – 100, για αυτό και τα δείγματα ήταν ερυθρά. Παρατηρήθηκε αναλογία όσον αφορά τις παραμέτρους της φωτεινότητας και της ερυθρότητας ανάμεσα στις πέντε περιοχές. Τα δείγματα της Ξάνθης που είχαν τη χαμηλότερη φωτεινότητα, ήταν και τα λιγότερο ερυθρά, ενώ του Πύργου που ήταν τα πιο φωτεινά, ήταν και τα περισσότερα ερυθρά, ενώ ενδιάμεσα βρίσκονταν κατά αύξουσα σειρά τα δείγματα της Λάρισας, της Θεσσαλονίκης και του Αγρινίου.

Οι τιμές της **ωχρότητας** κυμάνθηκαν από $18,14 \pm 3,06$ (Λάρισα) έως $28,92 \pm 5,62$ (Πύργος). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν όσον αφορά τα δείγματα Ξάνθης και Λάρισας σε σχέση με εκείνα του Πύργου και του Αγρινίου. Τα αποτελέσματα ήταν υψηλότερα από του Legua et al. (2016) (0,50 – 0,62). Οι τιμές ήταν σχετικά χαμηλές προς μεσαίο επίπεδο της κλίμακας 0 – 100 (κίτρινο). Τα δείγματα του Αγρινίου εμφάνισαν υψηλότερες τιμές ωχρότητας σε σχέση με τα αντίστοιχα της Θεσσαλονίκης και αυτά με τη σειρά τους από εκείνα της Ξάνθης. Η ωχρότητα συνδέθηκε με το περιεχόμενο σε κιτρικό οξύ και την οξύτητα γενικότερα (Beaulieu et al. (2015). Οι χαμηλές τιμές ωχρότητας οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι οι καλλιέργειες δεν ήταν ξινές, αλλά ανήκαν κυρίως στην κατηγορία των γλυκόξινων, όπως διαπιστώθηκε και από τον δείκτη ωρίμανσης.

Οι τιμές της **απόχρωσης** κυμάνθηκαν από $13,36 \pm 0,88$ (Ξάνθη) έως $15,04 \pm 1,17$ (Πύργος). Οι τιμές ήταν υψηλότερες από εκείνες του Legua et al. (2016) (6,53 – 6,55), ωστόσο παρέμεναν σχετικά χαμηλές. Τα δείγματα του Αγρινίου ήταν πιο καθαρά (υψηλότερες τιμές απόχρωσης) σε σχέση με τα αντίστοιχα της Θεσσαλονίκης και αυτά με τη σειρά τους από εκείνα της Λάρισας. Όσο πιο μεγάλη ήταν η τιμή της απόχρωσης τόσο μεγαλύτερη ήταν και η καθαρότητα του χρώματος, επομένως το χρώμα των δειγμάτων των πέντε περιοχών δεν ήταν αρκετά καθαρό. Τα αποτελέσματα των δειγμάτων ήταν ανάλογα με τις προηγούμενες παραμέτρους. Ανάμεσα σε γλυκές και ξινές καλλιέργειες οι τιμές της απόχρωσης ήταν παρόμοιες, επομένως το είδος της καλλιέργειας δεν επηρέαζε αυτό τον παράγοντα.

Οι τιμές του **βάθους** κυμάνθηκαν από $0,40 \pm 0,05$ (Λάρισα) έως $0,57 \pm 0,05$ (Πύργος). Τα αποτελέσματα ήταν χαμηλότερα από του Legua et al. (2016), ο οποίος εμφάνισε τιμές 4,42 – 5,38. Τα δείγματα του Αγρινίου εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές βάθους σε σχέση με τα αντίστοιχα της Θεσσαλονίκης και αυτά με τη σειρά τους από εκείνα της Ξάνθης.

Διαπιστώθηκε αναλογία ανάμεσα στις τιμές των δειγμάτων κάθε περιοχής και των παραμέτρων του χρώματος, καθώς τα δείγματα του Πύργου παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές για όλες τις παραμέτρους, ακολούθησαν τα δείγματα του Αγρινίου με τις δεύτερες υψηλότερες τιμές, έπειτα εκείνα της Θεσσαλονίκης, της Λάρισας και τέλος εκείνα της Ξάνθης με τις χαμηλότερες τιμές. Δεν κατέστη δυνατό να εξαχθεί ακριβές συμπέρασμα σχετικά με το ποια περιοχή εμφάνισε το πιο ελκυστικό χρώμα. Από τα δεδομένα προκύπτει μόνο ότι υπήρχε διαφοροποίηση στο χρώμα όσον αφορά την περιοχή του Πύργου σε σχέση με τις περιοχές της Λάρισας και της Ξάνθης. Η περιοχή του Πύργου εμφάνισε σε γενικές γραμμές το πιο έντονο χρώμα με βάση τις μετρήσεις. Τα δείγματα ποικιλίας «WONDERFUL» από την Ελλάδα ήταν λιγότερο φωτεινά, περισσότερο ερυθρά και ωχρά, με μεγαλύτερη καθαρότητα και λιγότερο βάθος από τα αντίστοιχα της Ισπανίας. Αποδείχτηκε ότι το χαρακτηριστικό χρώμα του χυμού ροδιών επιτυγχάνεται με υψηλές τιμές φωτεινότητας, ερυθρότητας και απόχρωσης (καθαρότητας) και χαμηλές τιμές ωχρότητας και βάθους (Legua et al., 2016).

3.2. ΟΛΙΚΟ ΦΑΙΝΟΛΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Για το ολικό φαινολικό περιεχόμενο, σαν πρότυπο χρησιμοποιήθηκε το γαλλικό οξύ. Κατασκευάστηκε η πρότυπη καμπύλη γαλλικού οξέος, βάσει της εξίσωσης της οποίας, υπολογίστηκαν οι τιμές των συγκεντρώσεων για κάθε δείγμα. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε g GAE / L χυμού. Για την αντιοξειδωτική δραστηριότητα, σκοπός ήταν ο προσδιορισμός της δέσμευσης της ελεύθερης ρίζας στα δείγματα του χυμού. Στον πίνακα 3.2.1. δίνονται οι τιμές του ολικού φαινολικού περιεχομένου και της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας ροδιών της ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Πίνακας 3.2.1: Ολικό φαινολικό περιεχόμενο και αντιοξειδωτική δραστηριότητα ροδιών ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας (στατιστική επεξεργασία).

Περιοχή	Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο (g γαλλικού οξέος / L χυμού)	Αντιοξειδωτική δραστηριότητα (% δέσμευση ελεύθερης ρίζας)
	mean±sd	
Πύργος	8,99±1,37a*	55,90±8,68a
Θεσσαλονίκη	7,84±3,19a	62,57±8,45ab
Λάρισα	12,06±2,75a	70,81±5,60b
Αγρίνιο	8,79±2,85a	61,60±5,54ab
Ξάνθη	8,88±2,75a	64,93±8,38ab

* Η μέση τιμή±τυπική απόκλιση ακολουθούμενη από τους διαφορετικούς παράγοντες a,b σε κάθε στήλη υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε $p \leq 0,05$.

Οι τιμές των **ολικού φαινολικού περιεχομένου** κυμάνθηκαν από 7,84±3,19 g / L (Θεσσαλονίκη) έως 12,06±2,75 g / L (Λάρισα), χωρίς να παρουσιαστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε περιοχών. Τα αποτελέσματα ήταν υψηλότερα από εκείνα του Gil et al. (2000) από την Καλιφόρνια (2,57±0,131 g / L), του Cam et al. (2009) (2,08 – 3,43 g / L) και του Ozgen et al. (2008) (1,24 – 2,08 g / L) από την Τουρκία, δείχνοντας ότι τα ελληνικά δείγματα ήταν πιο πλούσια σε φαινολικές ενώσεις από τα αντίστοιχα της Καλιφόρνια και της Τουρκίας, αλλά παρόμοια με του Tzulker et al. (2007) (1,87 – 11,25 g / L) από το Ισραήλ. Τα δείγματα του Πύργου εμφάνισαν ελάχιστα υψηλότερο φαινολικό περιεχόμενο από τα αντίστοιχα της Ξάνθης και αυτά με τη σειρά τους από εκείνα του Αγρινίου. Η διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων αποδόθηκε στις διαφορετικές κλιματικές και εδαφικές συνθήκες που επικρατούσαν κατά την ανάπτυξη των καλλιεργειών, στο διαφορετικό υψόμετρο, καθώς και στις διαφορετικές καλλιεργητικές πρακτικές και τα συστήματα άρδευσης που εφαρμόστηκαν.

Το ολικό φαινολικό περιεχόμενο του χυμού ροδιού ήταν υψηλότερο από το αντίστοιχο άλλων χυμών, όπως του σταφυλιού και του μωβ λάχανου, αλλά και του κόκκινου κρασιού (Gatti et al., 2011) και επρόκειτο για έναν από τους πλουσιότερους σε φαινολικό περιεχόμενο χυμούς στη φύση.

Οι τιμές της **αντιοξειδωτικής δραστηριότητας** κυμάνθηκαν από $55,90 \pm 8,68$ % (Πύργος) έως $70,81 \pm 5,60$ % (Λάρισα). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ του Πύργου και της Λάρισας. Τα δείγματα της Ξάνθης παρουσίασαν υψηλότερη αντιοξειδωτική δραστηριότητα από τα αντίστοιχα της Θεσσαλονίκης και αυτά με τη σειρά τους από εκείνα του Αγρινίου. Τα αποτελέσματα ήταν υψηλότερα σε σχέση με εκείνα από τις εργασίες των Tezcan et al. (2009) ($10,37 - 67,46$ %) από την Τουρκία και Tehranifar et al. (2010) ($15,59 - 40,72$ %) από το Ιράν, δείχνοντας ότι τα ελληνικά δείγματα είχαν υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση από τα αντίστοιχα της Τουρκίας και του Ιράν. Τα αποτελέσματα των περισσότερων εργασιών γύρω από την αντιοξειδωτική δραστηριότητα παρουσίασαν μεγάλη αντιστοιχία με εκείνα που αφορούσαν το ολικό φαινολικό περιεχόμενο οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι υπήρχε στενή σχέση (αναλογία) μεταξύ αυτών των δύο παραμέτρων. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας δεν συμφωνούσαν απόλυτα με αυτή την αξίωση, καθώς τα δείγματα του Πύργου αν και είχαν τη χαμηλότερη αντιοξειδωτική δραστηριότητα, ήταν πιο πλούσια σε φαινολικό περιεχόμενο σε σχέση με άλλες περιοχές με υψηλότερη αντιοξειδωτική δραστηριότητα (π.χ. Θεσσαλονίκη).

Το ίδιο ισχύει και για τα δείγματα του Αγρινίου. Αντίθετα, τα δείγματα της Θεσσαλονίκης αν και παρουσίασαν υψηλή αντιοξειδωτική δραστηριότητα, είχαν το φτωχότερο φαινολικό περιεχόμενο σε σχέση με άλλες περιοχές. Οι διαφορετικές κλιματικές και εδαφικές συνθήκες που επικρατούσαν κατά την ανάπτυξη των ποικιλιών, το διαφορετικό υψόμετρο, καθώς και οι διαφορετικές καλλιεργητικές πρακτικές και τα συστήματα άρδευσης που εφαρμόστηκαν στις πέντε περιοχές θεωρήθηκε ότι επηρέασαν τη χημική σύσταση και έπαιξαν καταλυτικό ρόλο στη διαμόρφωση αυτών των αποτελεσμάτων. Οι ξινές καλλιέργειες είχαν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δραστηριότητα από τις γλυκές, γεγονός που οφειλόταν επίσης στη χημική τους σύνθεση, καθώς είχαν πλουσιότερο περιεχόμενο σε κιτρικό οξύ, οργανικά οξέα και άλλες φαινολικές ενώσεις (Mena et al., 2011) .

3.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ

Προσδιορίστηκαν τέσσερα οργανικά οξέα, το κιτρικό, το μηλικό, το τρυγικό και το φορμικό. Κατασκευάστηκαν οι πρότυπες καμπύλες τους και από αυτές προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις τους στα δείγματα. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg οργανικού οξέος / 100 ml χυμού. Στον πίνακα 3.3.1. δίνονται οι τιμές των οργανικών οξέων ροδιών της ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Πίνακας 3.3.1: Προσδιορισμός οργανικών οξέων ροδιών ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Περιοχή	Τρυγικό οξύ (mg / 100 ml)	Φορμικό οξύ (mg / 100 ml)	Κιτρικό οξύ (mg / 100 ml)	Μηλικό οξύ (mg / 100 ml)
	mean±sd			
Πύργος	261,0±20,91a	199,8±29,00a	1407 ±260,0ab	12,02±5,210ab
Θεσσαλονίκη	287,1±40,08a	276,0±43,00ab	1749±163,0ab	7,940±9,750ab
Λάρισα	256,6±24,17a	230,7±50,80ab	1625±439,0ab	6,920±6,310ab
Αγρίνιο	334,5±67,41a	378,5±211,1b	1390±358,0a	2,970±4,160a
Ξάνθη	310,0±75,13a	261,0±77,10ab	1972±507,0b	13,85±5,050b

* Η μέση τιμή±τυπική απόκλιση ακολουθούμενη από τους διαφορετικούς παράγοντες a,b σε κάθε στήλη υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε $p \leq 0,05$.

Οι τιμές του **τρυγικού οξέος** κυμάνθηκαν από 256,6±24,17 mg / 100 mL (Λάρισα) έως 334,5±67,41 mg / 100 mL (Αγρίνιο), χωρίς να παρουσιαστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε περιοχών. Τα αποτελέσματα ήταν υψηλότερα από τα αντίστοιχα της εργασίας του Royrazoglu et al. (2002) (28 – 283 mg / 100 mL) από την Τουρκία. Τα δείγματα της Ξάνθης ήταν πιο πλούσια σε τρυγικό οξύ από τα δείγματα της Θεσσαλονίκης και αυτά με τη σειρά τους από εκείνα του Πύργου. Το τρυγικό οξύ

δίνει στους χυμούς μια ευχάριστη ήπια όξινη γεύση και επιπλέον δρα ως αντιοξειδωτικό.

Οι τιμές του **φορμικού οξέος** κυμάνθηκαν από $199,8 \pm 29$ mg / 100 mL (Πύργος) έως $378,5 \pm 211,1$ mg / 100 mL (Αγρίνιο). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν μεταξύ Πύργου και Αγρινίου. Τα δείγματα της Θεσσαλονίκης ήταν πιο πλούσια σε φορμικό οξύ από τα δείγματα της Ξάνθης και αυτά με τη σειρά τους από εκείνα της Λάρισας.

Οι τιμές του **κιτρικού οξέος** κυμάνθηκαν από 1390 ± 358 mg / 100 mL (Αγρίνιο) έως και 1972 ± 507 mg / 100 mL (Ξάνθη). Οι δύο περιοχές εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τα δείγματα της Θεσσαλονίκης ήταν πιο πλούσια σε κιτρικό οξύ από τα δείγματα της Λάρισας και αυτά με τη σειρά τους από εκείνα του Πύργου. Τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια με τα αντίστοιχα του Melgarejo et al. (2000) ($142 - 2317$ mg / 100 mL) από την Ισπανία και του Ozgen et al. (2008) ($200 - 3200$ mg / 100 mL) από την Τουρκία και υψηλότερα από εκείνα του Poyrazoglou et al. (2002) ($33 - 896$ mg / 100 mL) επίσης από την Τουρκία. Οι διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων των δειγμάτων μας με αυτά της βιβλιογραφίας μπορούν να αποδοθούν πρωτίστως στο διαφορετικό είδος ποικιλιών και δευτερευόντως στις διαφορετικές γεωγραφικές συνθήκες και καλλιεργητικές πρακτικές (συστήματα άρδευσης) που εφαρμόστηκαν. Το κιτρικό οξύ ήταν το κυρίαρχο στις ξινές και γλυκόξινες καλλιέργειες και εκείνες είχαν πιο πλούσιο περιεχόμενο οργανικών οξέων (Beaulieu et al., 2015).

Οι τιμές του **μηλικού οξέος** κυμάνθηκαν από $2,97 \pm 4,16$ mg / 100 mL (Αγρίνιο) έως και $13,85 \pm 5,05$ mg / 100 mL (Ξάνθη). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των δύο περιοχών. Ενδιάμεσα, τα επίπεδα μηλικού οξέος ήταν υψηλότερα στα δείγματα του Πύργου και ακολούθως σε εκείνα της Θεσσαλονίκης και της Λάρισας. Τα αποτελέσματα ήταν χαμηλότερα σε σχέση με εκείνα από τις εργασίες των Melgarejo et al. (2000) ($135 - 176$ mg / 100 mL) από την Ισπανία, Poyrazoglou et al. (2002) ($56 - 686$ mg / 100 mL) και Ozgen et al. (2008) ($90 - 150$ mg / 100 mL) από την Τουρκία, εμφανίζοντας χαμηλότερη γλυκύτητα από εκείνα. Το μηλικό οξύ είναι το κυρίαρχο οξύ στις γλυκές καλλιέργειες και εκείνες ήταν φτωχότερες σε περιεχόμενο οργανικών οξέων σε σχέση με τις ξινές και τις γλυκόξινες (Beaulieu et al., 2015).

Συνοπτικά, τα δείγματα της Ξάνθης είχαν το μεγαλύτερο περιεχόμενο τόσο σε κιτρικό όσο και σε μηλικό οξύ. Αντίθετα, τα δείγματα του Αγρινίου είχαν το χαμηλότερο περιεχόμενο και στα δύο αυτά οξέα. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στη διαφορετική γεωγραφική θέση των δύο περιοχών. Όπως αναφέρθηκε, η περιοχή της Ξάνθης χαρακτηρίστηκε από μικρότερα ποσά βροχόπτωσης (400 – 450 mm) για τα ποσοστά σακχάρων και οξύτητας σε αντίθεση με την περιοχή του Αγρινίου που εμφάνισε υψηλότερα (900 – 1100 mm). Μεγαλύτερα ποσοστά βροχόπτωσης έχουν ως αποτέλεσμα καλύτερα ποτισμένα δέντρα και άρα χαμηλότερες συγκεντρώσεις κιτρικού και μηλικού οξέος. Κατά συνέπεια οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων της Ξάνθης σε κιτρικό και μηλικό οξύ ήταν υψηλές, ενώ των δειγμάτων του Αγρινίου ήταν χαμηλές. Το περιεχόμενο κιτρικού οξέος είναι χαρακτηριστικό της οξύτητας, ενώ το περιεχόμενο μηλικού οξέος είναι χαρακτηριστικό των σακχάρων. Τα δείγματα του Αγρινίου είχαν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε τρυγικό και φορμικό οξύ, ενώ τα δείγματα της Λάρισας και του Πύργου τα χαμηλότερα αντίστοιχα. Τα ελληνικά δείγματα ήταν πιο φτωχά σε μηλικό οξύ από τα αντίστοιχα της Ισπανίας και της Τουρκίας, επομένως ήταν λιγότερο γλυκά, αλλά παρουσίασαν παρόμοια ή υψηλότερα επίπεδα κιτρικού οξέος, επομένως ήταν περισσότερο ξινά από εκείνα (Poyrazoglu et al., 2002, Legua et al., 2016).

3.4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

Έγινε η ταυτοποίηση είκοσι δύο ενώσεων, οι περισσότερες από τις οποίες ανήκαν στις κατηγορίες των αλκοολών, των κετονών, των εστέρων, των αδεϋδών και των τερπενοειδών. Ως εσωτερικό πρότυπο χρησιμοποιήθηκε η 4-μεθυλ-2-πεντανόλη. Σχεδόν όλες οι ενώσεις που ταυτοποιήθηκαν είχαν αναφερθεί προηγουμένως σε μελέτες χυμού ροδιάς.

Υψηλότερη συγκέντρωση πτητικών συστατικών προσέδιδε εντονότερο άρωμα και γεύση στους χυμούς.

Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε $\mu\text{g/L}$ (ppb). Στον πίνακα 3.4.1. δίνεται το περιεχόμενο των αλκοολών στα δείγματα ροδιών της ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Πίνακας 3.4.1: Ημιποσοτικός προσδιορισμός των αλκοολών του πτητικού προφίλ δειγμάτων ροδιών ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Αλκοόλες	RT	Πύργος	Θεσσαλονίκη	Λάρισα	Αγρίνιο	Ξάνθη
	(min)	mean±sd				
αιθανόλη	2,5	4,12±7,10a*	5,35±6,40ab	16,25±12,75b	nda	10,68±3,69ab
3-εξεν-1-όλη, (E)	10,7	0,82±0,42a	nda	3,98±3,63b	2,99±1,85ab	1,12±1,71ab
3-εξεν-1-όλη, (Z)	10,8	73,92±22,61a	90,93±25,91ab	157,21±68,22c	146,27±24,51bc	99,69±24,27abc
1-εξανόλη	11,2	123,58±32,14ab	91,59±31,49a	162,80±56,01b	159,45±36,19b	127,59±37,03ab
2-αιθυλ-1-εξανόλη	16,4	2,38±0,33a	2,34±1,06a	2,43±0,48a	2,59±1,29a	2,21±0,30a

* Η μέση τιμή±τυπική απόκλιση ακολουθούμενη από τους διαφορετικούς παράγοντες a,b,c σε κάθε στήλη υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε $p \leq 0,05$.

Οι **αλκοόλες** είχαν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο άρωμα και τη γεύση του χυμού ροδιάς. Κάποιες από τις ενώσεις αυτές ήταν γραμμικές και κάποιες διακλαδισμένες. Η πιο άφθονη ένωση ήταν η 1-εξανόλη, ακολουθούμενη από την 3-εξεν-1-όλη, (Z) και την αιθανόλη.

Οι τιμές της **αιθανόλης** κυμάνθηκαν από 4,12±7,10 (Πύργος) έως 16,25±12,75 ppb (Λάρισα), ενώ δεν ανιχνεύτηκε στα δείγματα της περιοχής του Αγρινίου. Στατιστικά σημαντικές διαφορές εμφάνισαν ο Πύργος και το Αγρίνιο με τη Λάρισα. Η αιθανόλη έδωσε γλυκιά γεύση και ένα αιθέριο άρωμα στο περιεχόμενο των χυμών. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ υψηλότερα σε σχέση με εκείνα του Beaulieu et al. (2015) (0,07 – 0,19 %).

Οι τιμές της **3-εξεν-1-όλης, (E)** κυμάνθηκαν από $0,82 \pm 0,42$ (Πύργος) έως $3,98 \pm 3,63$ ppb (Λάρισα), ενώ δεν ανιχνεύτηκε ποσότητα στην περιοχή της Θεσσαλονίκης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσίασαν ο Πύργος και η Θεσσαλονίκη σε σχέση με τη Λάρισα. Η ένωση αυτή έδωσε μια βοτανώδη γεύση και μια γήινη οσμή στα δείγματα χυμών.

Οι τιμές της **3-εξεν-1-όλης, (Z)** κυμάνθηκαν από $73,92 \pm 22,61$ (Πύργος) έως $157,21 \pm 68,22$ ppb (Λάρισα). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσίασε ο Πύργος με το Αγρίνιο και τη Λάρισα, καθώς και η Θεσσαλονίκη με τη Λάρισα. Η ένωση αυτή έδωσε μια φρέσκια, βοτανώδη γεύση και μια οσμή γρασιδιού στα δείγματα χυμών και εμφανίστηκε σε μεγάλες ποσότητες και σε άλλες μελέτες (Vasquez – Araujo et al., 2010 και Kolle et al., 2011).

Οι τιμές της **1-εξανόλης** κυμάνθηκαν από $91,59 \pm 31,49$ (Θεσσαλονίκη) έως $162,80 \pm 56,01$ ppb (Λάρισα). Η Θεσσαλονίκη εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές με τη Λάρισα και το Αγρίνιο. Αυτή η ένωση έδωσε μια γλυκιά, φρουτώδη γεύση στους χυμούς.

Οι τιμές της **2-αιθυλ-1-εξανόλης** κυμάνθηκαν από $2,21 \pm 0,30$ (Ξάνθη) έως $2,59 \pm 1,29$ ppb (Αγρίνιο), χωρίς να παρουσιαστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε περιοχών. Τα δείγματα της Λάρισας ήταν τα πιο πλούσια σε αλκοόλες και ακολουθούσαν εκείνα του Αγρινίου. Τα δείγματα του Πύργου ήταν τα φτωχότερα.

Στον πίνακα 3.4.2. δίνεται το περιεχόμενο των τερπενοειδών στα δείγματα ροδιών της ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Πίνακας 3.4.2: Ημιποσοτικός προσδιορισμός των τερπενοειδών του πτητικού προφίλ δειγμάτων ροδιών ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Τερπενοειδή	RT	Πύργος	Θεσσαλονίκη	Λάρισα	Αγρίνιο	Ξάνθη
	(min)	mean±sd				
β-πινένιο	15,1	0,17±0,29a	nda	0,31±0,42a	0,11±0,30a	Nda
4-μεθυλ-1-(1-μεθυλ-αιθυλ)-3-κυκλοεξεν-1-όλη	21,6	0,32±0,32a	0,42±1,11a	0,81±0,81a	0,27±0,47a	Nda
α-τερπινεόλη	22,1	7,20±4,05a	6,44±3,60a	10,34±4,74a	9,24±3,08a	10,10±1,30a
θυμόλη	24,8	nda	nda	0,68±1,08a	0,61±0,10a	5,42±9,22a

* Η μέση τιμή±τυπική απόκλιση ακολουθούμενη από τους διαφορετικούς παράγοντες a,b σε κάθε στήλη υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε $p \leq 0,05$.

Τα **τερπενοειδή** προσδιορίστηκαν σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις σε όλα τα δείγματα.

Οι τιμές του **β-πινενίου** κυμάνθηκαν από 0,11±0,30 (Αγρίνιο) έως 0,31±0,42 ppb (Λάρισα), ενώ δεν ανιχνεύτηκαν ποσότητες για τις περιοχές της Θεσσαλονίκης και της Ξάνθης. Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η ένωση αυτή απέδωσε μια φρέσκια, ξυλώδη αίσθηση στα δείγματα χυμών.

Οι τιμές της **4-μέθυλ-1-(1-μεθυλ-αιθυλ)-3-κυκλοεξεν-1-όλης** κυμάνθηκαν από 0,27±0,47 (Αγρίνιο) έως 0,81±0,81 ppb (Λάρισα), ενώ δεν ανιχνεύτηκε ποσότητα για την περιοχή της Ξάνθης. Δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Οι τιμές της **α -τερπινεόλης** κυμάνθηκαν από $6,44 \pm 3,60$ (Θεσσαλονίκη) έως $10,34 \pm 4,74$ ppb (Λάρισα), χωρίς να παρουσιαστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η ένωση αυτή έδωσε μια οσμή άνθους στους χυμούς.

Οι τιμές της **θυμόλης** κυμάνθηκαν από $0,61 \pm 0,10$ (Αγρίνιο) έως $5,42 \pm 9,22$ ppb (Ξάνθη), ενώ δεν ανιχνεύτηκαν ποσότητες για τις περιοχές της Θεσσαλονίκης και του Πύργου. Δεν εμφανίστηκαν συνολικά στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις πέντε περιοχές. Τα δείγματα της Λάρισας ήταν τα πιο πλούσια σε τερπενοειδή, ενώ τα αντίστοιχα του Αγρινίου ήταν τα πιο φτωχά.

Στον πίνακα 3.4.3. δίνεται το περιεχόμενο των κετονών ροδιών της ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Πίνακας 3.4.3: *Ημιποσοτικός προσδιορισμός των κετονών του πτητικού προφίλ δειγμάτων ροδιών ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.*

Κετόνες	RT	Πύργος	Θεσσαλονίκη	Λάρισα	Αγρίνιο	Ξάνθη
	(min)	mean $\pm$ sd				
3-μεθυλ-2-πεντανόνη	7,4	$1,52 \pm 0,04b$	nda	$1,48 \pm 0,07b$	$0,40 \pm 0,68a$	nda
6-μεθυλ-5-επτεν-2-όνη	15,0	$0,36 \pm 0,36ab$	nda	$0,48 \pm 0,61b$	nda	nda
2-νονανόνη	18,4	$1,92 \pm 0,64a$	$4,35 \pm 4,34a$	$2,41 \pm 1,52a$	$3,14 \pm 2,16a$	$1,78 \pm 0,53a$
2,6-δισ-(1,1-διμεθυλ-αιθυλ)-2,5-κυκλοεξαδιεν-1,4-διόνη	29,5	$2,33 \pm 2,21b$	nda	$0,40 \pm 0,75a$	nda	$0,42 \pm 1,12a$

* Η μέση τιμή $\pm$ τυπική απόκλιση ακολουθούμενη από τους διαφορετικούς παράγοντες a,b σε κάθε στήλη υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε $p \leq 0,05$.

Οι **κετόνες** παρείχαν χαμηλή συνεισφορά στο άρωμα και τη γεύση του χυμού ροδιάς.

Οι τιμές της **3-μεθυλ-2-πεντανόνης** κυμάνθηκαν από $0,40 \pm 0,68$ (Αγρίνιο) έως $1,52 \pm 0,04$ ppb (Πύργος), ενώ δεν ανιχνεύτηκαν ποσότητες για τις περιοχές της Θεσσαλονίκης και της Ξάνθης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν όσον αφορά τις περιοχές της Θεσσαλονίκης, της Ξάνθης και του Αγρινίου σε σχέση με τις περιοχές της Λάρισας και του Πύργου. Η ένωση αυτή έδωσε μια γλυκιά, φρουτώδη γεύση και μια γλυκιά, ξυλώδη οσμή στους χυμούς.

Οι τιμές της **6-μεθυλ-5-επτεν-2-όνης** κυμάνθηκαν από $0,36 \pm 0,36$ (Πύργος) έως $0,48 \pm 0,61$ ppb (Λάρισα), ενώ δεν ανιχνεύτηκαν ποσότητες για τις περιοχές της Θεσσαλονίκης, του Αγρινίου και της Ξάνθης. Η ένωση αυτή έδωσε μια φυτική, βοτανώδη γεύση και όξινο άρωμα λεμονόχορτου στα δείγματα χυμών.

Οι τιμές της **2-νονανόνης** κυμάνθηκαν από $1,78 \pm 0,53$ (Ξάνθη) έως $4,35 \pm 4,34$ ppb (Θεσσαλονίκη), χωρίς να παρουσιαστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις πέντε περιοχές. Η ένωση αυτή έδωσε μια γήινη, βοτανώδη οσμή και γεύση στα περιεχόμενα των χυμών.

Οι τιμές της **2,6-δισ-(1,1-διμεθυλ-αιθυλ)-2,5-κυκλοεξαδιεν-1,4-διόνης** κυμάνθηκαν από $0,40 \pm 0,75$ (Λάρισα) έως $2,33 \pm 2,21$ ppb (Πύργος), ενώ δεν ανιχνεύτηκαν ποσότητες για τις περιοχές της Θεσσαλονίκης και του Αγρινίου. Στατιστικά σημαντική διαφορά σημειώθηκε μεταξύ του Πύργου και των υπολοίπων τεσσάρων περιοχών. Η ένωση αυτή έδωσε μια φυτική, βοτανώδη γεύση και οσμή. Τα δείγματα του Πύργου ήταν τα πιο πλούσια σε κετόνες.

Στον πίνακα 3.4.4. δίνονται τα περιεχόμενα των εστέρων και των αλδεϋδών ροδιών της ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Πίνακας 3.4.4: Ημιποσοτικός προσδιορισμός των εστέρων και των αλδεϋδών του πτητικού προφίλ δειγμάτων ροδιών ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Εστέρες	RT	Πύργος	Θεσσαλονίκη	Λάρισα	Αγρίνιο	Ξάνθη
	(min)	mean±sd				
οξικός αιθυλεστέρας	4,5	19,28±27,66ab	21,09±29,09ab	185,67±232,38b	24,69±57,66ab	6,70±12,29a
Αλδεϋδες	RT	Πύργος	Θεσσαλονίκη	Λάρισα	Αγρίνιο	Ξάνθη
	(min)	mean±sd				
εξανάλη	9,1	14,35±9,26a	12,33±7,97a	17,53±10,35a	9,93±3,10a	11,28±4,19a
οκτανάλη	15,7	0,31±0,30a	0,26±0,67a	0,21±0,37a	0,23±0,60a	nda
νονανάλη	18,9	1,20±0,85a	0,58±1,54a	1,76±1,05a	1,16±1,72a	nda

* Η μέση τιμή±τυπική απόκλιση ακολουθούμενη από τους διαφορετικούς παράγοντες a,b σε κάθε στήλη υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε $p \leq 0,05$.

Οι **εστέρες** και οι **αλδεϋδες** συνείσφεραν επίσης σημαντικά στο άρωμα και τη γεύση του χυμού ροδιάς.

Από τους εστέρες, ο **οξικός αιθυλεστέρας** βρέθηκε σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Οι τιμές του κυμάνθηκαν από 6,70±12,29 (Ξάνθη) έως 185,67±232,38 ppb (Λάρισα) και ήταν υψηλότερες από του Andreu – Sevilla et al. (2013) (1,28 %). Αυτές οι δύο περιοχές εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο σύνολο των πέντε περιοχών. Έδωσε μια φρουτώδη, γλυκόξινη αίσθηση και αλκοολικό άρωμα στους χυμούς.

Από τις αλδεϋδες, η **εξανάλη** εμφάνισε επίσης υψηλή συγκέντρωση. Οι τιμές της κυμάνθηκαν από 9,93±3,10 (Αγρίνιο) έως 17,53±10,35 ppb (Λάρισα). Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Η ένωση αυτή έδωσε ένα φρουτώδες άρωμα και μια γλυκόξινη γεύση στα περιεχόμενα των χυμών.

Οι τιμές της **οκτανάλης** κυμάνθηκαν από $0,21 \pm 0,37$ (Λάρισα) έως $0,31 \pm 0,30$ ppb (Πύργος), ενώ δεν ανιχνεύτηκε ποσότητα για τα δείγματα από την περιοχή της Ξάνθης. Δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Οι τιμές της **νονανάλης** κυμάνθηκαν από $0,58 \pm 1,54$ (Θεσσαλονίκη) έως $1,76 \pm 1,05$ ppb (Λάρισα), ενώ δεν ανιχνεύτηκε στα δείγματα από την περιοχή της Ξάνθης. Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η ένωση αυτή έδωσε βοτανώδη γεύση και ένα άρωμα άνθους στα δείγματα. Τα δείγματα της Λάρισας ήταν τα πιο πλούσια σε αλδεΐδες, ενώ τα δείγματα της Ξάνθης τα πιο φτωχά.

Στον πίνακα 3.4.5. δίνονται τα περιεχόμενα των διαφόρων πτητικών ενώσεων ροδιών της ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Πίνακας 3.4.5: Ημιποσοτικός προσδιορισμός των διάφορων πτητικών ενώσεων του πτητικού προφίλ δειγμάτων ροδιών ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας.

Διάφορες ενώσεις	RT	Πύργος	Θεσσαλονίκη	Λάρισα	Αργίριο	Ξάνθη
	(min)	mean±sd				
μεθοξυ-φαινυλ-οξίμη	11,7	nda	$0,50 \pm 0,86ab$	nda	$1,62 \pm 1,68bc$	$2,77 \pm 0,97c$
μεθυλ-(1-μεθυλ-αιθυλ)-βενζόλιο	16,6	$0,12 \pm 0,21ab$	nda	$0,56 \pm 0,65b$	$0,24 \pm 0,40ab$	nda
dl-λιμονένιο	16,7	$0,21 \pm 0,23a$	$0,34 \pm 0,61a$	$0,53 \pm 0,49a$	$0,27 \pm 0,46a$	$0,35 \pm 0,45a$
1,3-δισ(1,1-διμεθυλ-αιθυλ)-βενζόλιο	23,5	$0,36 \pm 0,24b$	nda	$0,33 \pm 0,24b$	$0,06 \pm 0,15a$	nda
3,5-δισ(1,1-διμεθυλ-αιθυλ)-φαινόλη	30,4	$0,39 \pm 0,23b$	nda	$0,22 \pm 0,30ab$	nda	nda

* Η μέση τιμή±τυπική απόκλιση ακολουθούμενη από τους διαφορετικούς παράγοντες a,b σε κάθε στήλη υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε $p \leq 0,05$.

Οι ενώσεις που δεν ανήκαν σε κάποια συγκεκριμένη κατηγορία επηρέασαν ελάχιστα το άρωμα και τη γεύση του χυμού ροδιάς, κυρίως το dl-λιμονένιο.

Οι τιμές της **μεθοξυ-φαινυλ-οξίμης** κυμάνθηκαν από $0,50 \pm 0,86$ (Θεσσαλονίκη) έως $2,77 \pm 0,97$ ppb (Ξάνθη), ενώ δεν ανιχνεύτηκαν ποσότητες για τις περιοχές του Πύργου και της Λάρισας. Στατιστικά σημαντικά διέφερε η Θεσσαλονίκη με την Ξάνθη. Η ένωση αυτή έδωσε στυφή γεύση και μια οσμή γρασιδιού.

Οι τιμές του **μεθυλ-(1-μεθυλ-αιθυλ)-βενζολίου** κυμάνθηκαν από $0,12 \pm 0,21$ (Πύργος) έως $0,56 \pm 0,65$ ppb (Λάρισα), ενώ δεν ανιχνεύτηκαν ποσότητες για τις περιοχές της Θεσσαλονίκης και της Ξάνθης. Η ένωση αυτή έδωσε μια φρέσκια, ξυλώδη οσμή και μια ξυλώδη, ταγγή γεύση στα δείγματα χυμών.

Οι τιμές του **dl-λιμονενίου** κυμάνθηκαν από $0,21 \pm 0,23$ (Πύργος) έως $0,53 \pm 0,49$ ppb (Λάρισα). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε περιοχών. Η ένωση αυτή έδωσε μια γλυκώδη γεύση στους χυμούς. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ χαμηλότερα από εκείνα του Andreu – Sevilla et al. (2013) (55 %).

Οι τιμές του **1,3-δισ(1,1-διμεθυλ-αιθυλ)-βενζολίου** κυμάνθηκαν από $0,06 \pm 0,15$ (Αργίνιο) έως $0,36 \pm 0,24$ ppb (Πύργος), ενώ δεν ανιχνεύτηκαν ποσότητες για τις περιοχές της Θεσσαλονίκης και της Ξάνθης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές εμφάνισε το Αργίνιο σε σχέση με τον Πύργο και τη Λάρισα.

Οι τιμές της **3,5-δισ(1,1-διμεθυλ-αιθυλ)-φαινόλης** κυμάνθηκαν από $0,22 \pm 0,30$ (Λάρισα) έως $0,39 \pm 0,23$ ppb (Πύργος), ενώ δεν ανιχνεύτηκαν ποσότητες για τις περιοχές της Θεσσαλονίκης, του Αργινίου και της Ξάνθης.

Συνοπτικά, οι ενώσεις που φαίνεται να είχαν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο άρωμα και τη γεύση του χυμού ροδιάς ήταν η 1-εξανόλη, η 3-εξεν-1-όλη, (Z), η αιθανόλη, ο οξικός αιθυλεστέρας, η εξανάλη, η α-τερπινεόλη, η 2-νονανόνη και το dl-λιμονένιο, οι περισσότερες από τις οποίες έχουν ταυτοποιηθεί και αναφερθεί ταυτοχρόνως σε πολλές μελέτες χυμού ροδιάς στο παρελθόν (Poyrazoglu et al., 2002, Tehranifar et al., 2010, Nuncio-Jauregui et al., 2014, Legua et al., 2016 και άλλες).

3.5. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η ανάπτυξη και εκτίμηση ενός στατιστικού μοντέλου για τη γεωγραφική διαφοροποίηση χυμού ροδιάς ποικιλίας «WONDERFUL» με βάση τις φυσικοχημικές παραμέτρους, τις παραμέτρους του χρώματος, το περιεχόμενο οργανικών οξέων και το περιεχόμενο πτητικών συστατικών. Για τον σκοπό αυτό συλλέχθηκαν τριάντα πέντε δείγματα χυμού ροδιάς ποικιλίας «WONDERFUL» από πέντε διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας (επτά από κάθε περιοχή). Τα δείγματα επεξεργάστηκαν αρχικά με την Πολυδιάστατη Ανάλυση Διακύμανσης («MANOVA») για να καθοριστεί ποιες παράμετροι ήταν σημαντικές για τη γεωγραφική διαφοροποίηση του χυμού. Οι εξαρτημένες μεταβλητές συμπεριλάμβαναν τριάντα επτά καθορισμένες παραμέτρους (οξύτητα, δείκτης ωρίμανσης, δείκτης διάθλασης, pH, αγωγιμότητα, ιοντική ισχύς, συνολικά διαλυτά στερεά, αλατότητα, φωτεινότητα, ερυθρότητα, ωχρότητα, κιτρικό οξύ, μηλικό οξύ, τρυγικό οξύ, φορμικό οξύ και όλα τα πτητικά συστατικά που προσδιορίστηκαν), ενώ η γεωγραφική προέλευση ήταν η ανεξάρτητη μεταβλητή.

Κατ' αρχάς έγινε προσπάθεια διαφοροποίησης χρησιμοποιώντας τις επιμέρους παραμέτρους και στη συνέχεια εξετάστηκαν όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί. Τα αποτελέσματα όλων των συνδυασμών δίνονται στον Πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.5: Αποτελέσματα ποσοστών διαφοροποίησης των επιμέρους παραμέτρων και όλων των δυνατών συνδυασμών τους.

	Μέθοδος της αντικατάστασης	Μέθοδος της ενδοεπικύρωσης
Φυσικοχημικές Παράμετροι	80%	42,9%
Χρώμα	60%	42,9%
Οργανικά Οξέα	60%	45,7%
Πτητικά Συστατικά	100%	88,6%
Φυσικοχημικές Παράμετροι - Πτητικά Συστατικά	100%	80%
Παράμετροι Χρώματος - Πτητικά συστατικά	100%	80%
Οργανικά Οξέα - Πτητικά Συστατικά	100%	77,1%
Οργανικά Οξέα - Φυσικοχημικές Παράμετροι – Παράμετροι Χρώματος	100%	68,6%
Πτητικά συστατικά - Οργανικά Οξέα - Φυσικοχημικές Παράμετροι - Χρώμα	100%	57,1%

Με βάση αυτά τα αποτελέσματα ακολουθεί περαιτέρω συζήτηση των συνδυασμών με τα καλύτερα ποσοστά διαφοροποίησης.

Για τη διαφοροποίηση με βάση τα πτητικά συστατικά, η οποία εμφάνισε ένα πολύ ικανοποιητικό ποσοστό ενδοεπικύρωσης, παρατηρήθηκε σημαντική διάκριση μεταξύ των πέντε περιοχών προέλευσης του ροδιού. Οι περιοχές του Αγρινίου και του Πύργου διαφοροποιήθηκαν από εκείνες της Θεσσαλονίκης, της Λάρισας και της Ξάνθης. Η περιοχή της Λάρισας διαφοροποιήθηκε από την αντίστοιχη της Θεσσαλονίκης. Επιπλέον, οι συνδυασμοί φυσικοχημικών παραμέτρων – πτητικών συστατικών, παραμέτρων του χρώματος – πτητικών συστατικών και οργανικών οξέων – πτητικών συστατικών κατάφεραν επίσης να διαχωρίσουν ικανοποιητικά τις πέντε περιοχές προέλευσης του ροδιού. Τα ποσοστά ενδοεπικύρωσής τους δεν έφταναν εκείνο της ανάλυσης των πτητικών συστατικών, αλλά παρέμεναν αρκετά υψηλά. Από τα διαγράμματα παρατηρήθηκε ότι η διαφοροποίησή των πέντε περιοχών είχε την ίδια μορφή με εκείνη που προέκυψε από την διαφοροποίηση με βάση τα πτητικά συστατικά.

Εξάχθηκε το συμπέρασμα ότι τα πτητικά συστατικά είχαν μεγάλη επίδραση στη διαμόρφωση της διαφοροποίησης των πέντε περιοχών και έδιναν υψηλό ποσοστό διαφοροποίησης ακόμα και όταν συνδυάζονταν με παραμέτρους που δεν έδιναν καλό ποσοστό διαφοροποίησης. Τα αποτελέσματα συμφωνούσαν με τη λογική, καθώς σύμφωνα με τα διαγράμματα, οι περιοχές του Αγρινίου και του Πύργου που βρίσκονται πιο κοντά γεωγραφικά, διέφεραν σημαντικά από εκείνες της Θεσσαλονίκης, της Ξάνθης και της Λάρισας που επίσης βρίσκονται κοντά γεωγραφικά μεταξύ τους, αλλά πολύ πιο μακριά (βoreιότερα) από τις πρώτες.

3.5.1. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ

Το σύνολο των αποτελεσμάτων των φυσικοχημικών παραμέτρων επεξεργάστηκε αρχικά με την Πολυδιάστατη Ανάλυση Διακύμανσης («MANOVA»). Η ανάλυση ήταν σημαντική, όπως φανέρωσαν οι δείκτες Pillai's Trace = 1,191 ($F = 2,379$, $p\text{-value} = < 0,001$) και Wilks' Lambda = 0,043 ($F = 2,646$, $p\text{-value} = < 0,001$), γεγονός που έδειξε ότι υπάρχει σημαντική πολυμεταβλητή επίδραση των φυσικοχημικών παραμέτρων στην περιοχή προέλευσης του ροδιού. Οι φυσικοχημικές παράμετροι που βρέθηκαν σημαντικές ($p\text{-value} < 0,05$) παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5.1.

Στη συνέχεια της ανάλυσης, οι έξι σημαντικές φυσικοχημικές παράμετροι αναλύθηκαν με τη βοήθεια της Διαχωριστικής Ανάλυσης («LDA») προκειμένου να διαπιστωθεί αν μπορούν να διαχωρίσουν την προέλευση του ροδιού στις πέντε διαφορετικές περιοχές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δημιουργούνται δύο στατιστικά σημαντικές διαχωριστικές συναρτήσεις (Wilks' Lambda = 0,079, $X^2 = 72,467$, $\beta_e = 24$ με $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$ για την πρώτη και Wilks' Lambda = 0,292, $X^2 = 35,096$, $\beta_e = 15$ με $p\text{-value} = 0,001 < 0,05$, για τη δεύτερη αντίστοιχα). Ο έλεγχος για την ομοιογένεια των διακυμάνσεων (Box's M) ήταν μη σημαντικός στο 5% επίπεδο σημαντικότητας (306,281, με $F = 1,923$, $p\text{-τιμή} = 0,053$), γεγονός που έδειξε ότι υπάρχει ομοιογένεια των διακυμάνσεων των δειγμάτων για κάθε ποικιλία. Η πρώτη διαχωριστική συνάρτηση ερμήνευσε το 60,4% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,855$ και η δεύτερη διαχωριστική συνάρτηση ερμήνευσε το 30,4% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,760$.

Το συνολικό ερμηνευμένο ποσοστό έφτασε το 90,8% της συνολικής διακύμανσης που ήταν πάρα πολύ ικανοποιητικό. Οι τιμές των κέντρων των ομάδων (τετμημένη και τεταγμένη στο διάγραμμα κατανομής) είναι οι μέσες τιμές των παραμέτρων όπως αυτές ορίζονται από τις διαχωριστικές συναρτήσεις και για κάθε ομάδα-γεωγραφική περιοχή προέλευσης φαίνονται στο Σχήμα 3.5.1. Για τον Πύργο είναι (-2,056, 0,562), για την Θεσσαλονίκη (0,832, 0,760), για το Αγρίνιο (-1,581, -0,431), για την Λάρισα (1,770, 1,033) και για την Ξάνθη (1,034, -1,924). Στο Σχήμα 3.5.1. μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι δεν φαίνεται να διαχωρίζονται οι περιοχές προέλευσης του ροδιού με βάση τις φυσικοχημικές παραμέτρους.

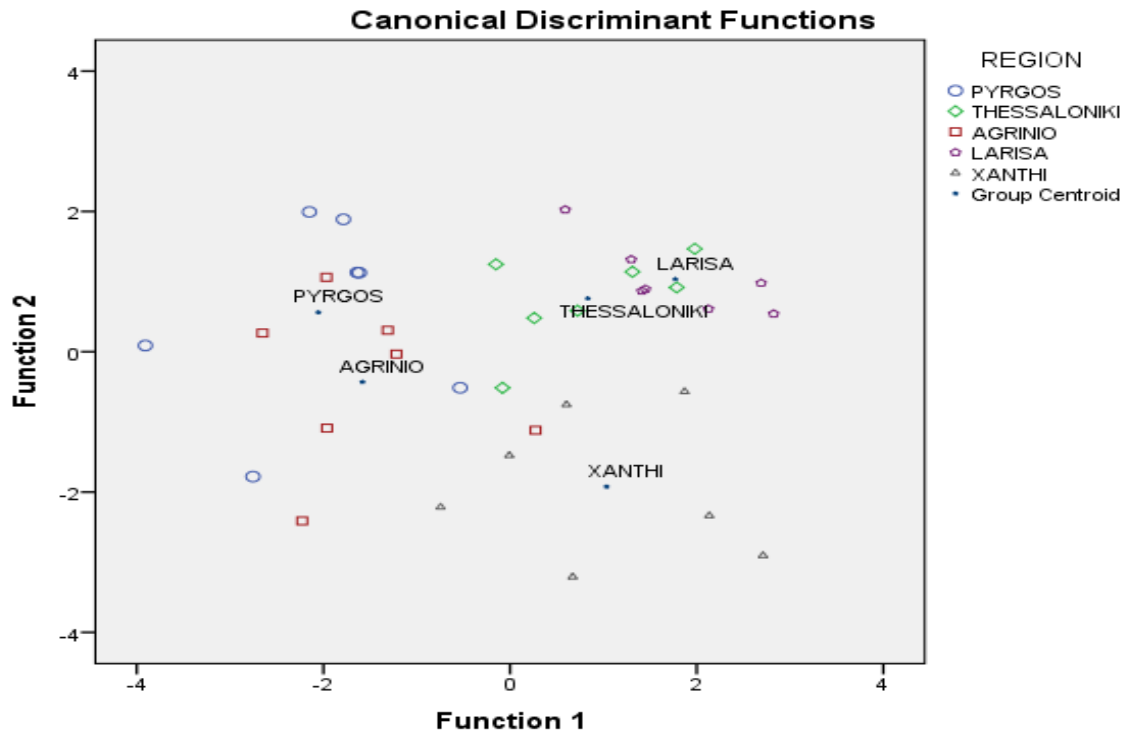
Ο Πίνακας 3.5.2 δίνει τα αποτελέσματα των κατατάξεων χρησιμοποιώντας τόσο την μέθοδο της αντικατάστασης, όσο και τη μέθοδο της ενδοεπικύρωσης. Παρατηρούμε ότι το 80% του συνόλου των παρατηρήσεων κατατάχθηκαν σωστά, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της αντικατάστασης, ενώ το ποσοστό αυτό μειώνεται στο 42,9% όταν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της ενδοεπικύρωσης, που δεν είναι ικανοποιητικό.

Πίνακας 3.5.1: Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές ($p < 0,05$) για το γεωγραφικό διαχωρισμό χυμού ροδιάς και την κατασκευή διαχωριστικών συναρτήσεων.

Dependent Variable	F	p
acidity	0,486	0,746
maturity_index	3,727	0,014
total_phenolics	2,543	0,060
antioxidant_activity	3,671	0,015
refractive_index	15,216	0,000
pH	5,739	0,001
conductivity	2,232	0,089
kOhm	2,852	0,041
TDS_mg_lt	2,690	0,050
NaCl	2,530	0,061

Πίνακας 3.5.2: Αποτελέσματα διαχωρισμού και ταξινόμησης των δειγμάτων χυμού ροδιάς χρησιμοποιώντας φυσικοχημικές παραμέτρους σε συνδυασμό με χημειομετρία.

Classification Results ^{a,c}								
		REGION	Predicted Group Membership					Total
			PYRGOS	THESSALONIKI	AGRINIO	LARISA	XANTHI	
Original	Count	PYRGOS	4	0	3	0	0	7
		THESSALONIKI	0	5	1	1	0	7
		AGRINIO	1	0	5	0	1	7
		LARISA	0	0	0	7	0	7
		XANTHI	0	0	0	0	7	7
	%	PYRGOS	57,1	,0	42,9	,0	,0	100,0
		THESSALONIKI	,0	71,4	14,3	14,3	,0	100,0
		AGRINIO	14,3	,0	71,4	,0	14,3	100,0
		LARISA	,0	,0	,0	100,0	,0	100,0
		XANTHI	,0	,0	,0	,0	100,0	100,0
Cross-validated ^b	Count	PYRGOS	3	0	4	0	0	7
		THESSALONIKI	0	4	1	2	0	7
		AGRINIO	5	0	1	0	1	7
		LARISA	0	3	0	4	0	7
		XANTHI	0	2	2	0	3	7
	%	PYRGOS	42,9	,0	57,1	,0	,0	100,0
		THESSALONIKI	,0	57,1	14,3	28,6	,0	100,0
		AGRINIO	71,4	,0	14,3	,0	14,3	100,0
		LARISA	,0	42,9	,0	57,1	,0	100,0
		XANTHI	,0	28,6	28,6	,0	42,9	100,0
a. 80,0% of original grouped cases correctly classified.								
b. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.								
c. 42,9% of cross-validated grouped cases correctly classified.								



Σχήμα 3.5.1: Γεωγραφική διαφοροποίηση χυμού ροδιάς βασισμένη σε φυσικοχημικές παραμέτρους.

3.5.2. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το σύνολο των αποτελεσμάτων των παραμέτρων χρώματος επεξεργάστηκε αρχικά με την Πολυδιάστατη Ανάλυση Διακύμανσης («MANOVA»). Η ανάλυση ήταν σημαντική, όπως φανέρωσαν οι δείκτες Pillai's Trace = 0,935, ($F = 3,398$, $p\text{-value} \leq 0,001$) και Wilks' Lambda = 0,043 ($F = 0,259$, $p\text{-value} \leq 0,001$), γεγονός που έδειξε ότι υπάρχει σημαντική πολυμεταβλητή επίδραση των παραμέτρων χρώματος την περιοχή προέλευσης του ροδιού. Οι παράμετροι που βρέθηκαν σημαντικές ($p\text{-value} < 0,05$) παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5.3.

Στη συνέχεια της ανάλυσης, οι τρεις σημαντικές παράμετροι του χρώματος αναλύθηκαν με τη βοήθεια της Διαχωριστικής Ανάλυσης («LDA») προκειμένου να διαπιστωθεί αν μπορούν να διαχωρίσουν την προέλευση του ροδιού στις πέντε διαφορετικές περιοχές.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δημιουργούνται δύο στατιστικά σημαντικές διαχωριστικές συναρτήσεις (Wilks' Lambda = 0,259, $X^2 = 40,543$, βε = 12 με p-value = 0,000 < 0,05 για την πρώτη και Wilks' Lambda = 0,694, $X^2 = 10,943$, βε = 6 με p-value = 0,001 < 0,05, για τη δεύτερη αντίστοιχα). Ο έλεγχος για την ομοιογένεια των διακυμάνσεων (Box's M) ήταν μη σημαντικός στο 5% επίπεδο σημαντικότητας (70,868, με F = 2,285, p-τιμή = 0,053), γεγονός που έδειξε ότι υπάρχει ομοιογένεια των διακυμάνσεων των δειγμάτων για κάθε ποικιλία. Η πρώτη διαχωριστική συνάρτηση ερμήνευσε το 79,4% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,792$ και η δεύτερη διαχωριστική συνάρτηση ερμήνευσε το 20,2% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,548$. Το συνολικό ερμηνευμένο ποσοστό έφτασε το 99,6% της συνολικής διακύμανσης που ήταν πάρα πολύ ικανοποιητικό. Οι τιμές των κέντρων των ομάδων (τετμημένη και τεταγμένη στο διάγραμμα κατανομής) είναι οι μέσες τιμές των παραμέτρων όπως αυτές ορίζονται από τις διαχωριστικές συναρτήσεις και για κάθε ομάδα-γεωγραφική περιοχή προέλευσης φαίνονται στο Σχήμα 3.5.2. Για τον Πύργο είναι (1,645, 0,215), για την Θεσσαλονίκη (-0,313, 1,035), για το Αγρίνιο (1,150, -0,663), για την Λάρισα (-1,250, -0,522) και για την Ξάνθη (-1,233, -0,065). Στο Σχήμα 3.5.2 μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι δεν φαίνεται να διαχωρίζονται οι περιοχές προέλευσης του ροδιού με βάση τις παραμέτρους χρώματος.

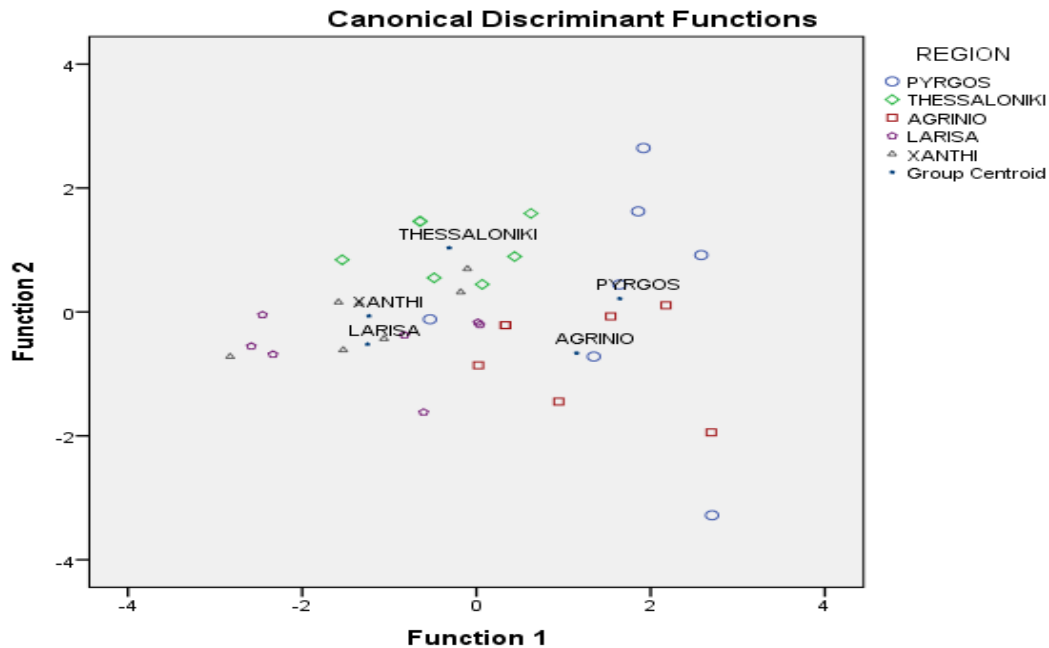
Ο Πίνακας 3.5.4 δίνει τα αποτελέσματα των κατατάξεων χρησιμοποιώντας τόσο την μέθοδο της αντικατάστασης, όσο και τη μέθοδο της ενδοεπικύρωσης. Παρατηρούμε ότι το 60% του συνόλου των παρατηρήσεων κατατάχθηκαν σωστά, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της αντικατάστασης, ενώ το ποσοστό αυτό μειώνεται στο 42,9% όταν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της ενδοεπικύρωσης, που δεν είναι ικανοποιητικό.

Πίνακας 3.5.3: Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές ($p < 0,05$) για το γεωγραφικό διαχωρισμό χυμού ροδιάς και την κατασκευή διαχωριστικών συναρτήσεων.

Dependent Variable	F	p
L_colour	6,471	,001
a_colour	3,952	,011
b_colour	8,823	,000

Πίνακας 3.5.4: Αποτελέσματα διαχωρισμού και ταξινόμησης των δειγμάτων χυμού ροδιάς χρησιμοποιώντας παραμέτρους του χρώματος σε συνδυασμό με χημειομετρία.

Classification Results ^{a,c}								
		REGION	Predicted Group Membership					Total
			PYRGOS	THESSALONIKI	AGRINIO	LARISA	XANTHI	
Original	Count	PYRGOS	4	0	2	0	1	7
		THESSALONIKI	0	6	0	0	1	7
		AGRINIO	2	0	5	0	0	7
		LARISA	0	0	2	4	1	7
		XANTHI	0	2	0	3	2	7
	%	PYRGOS	57,1	,0	28,6	,0	14,3	100,0
		THESSALONIKI	,0	85,7	,0	,0	14,3	100,0
		AGRINIO	28,6	,0	71,4	,0	,0	100,0
		LARISA	,0	,0	28,6	57,1	14,3	100,0
		XANTHI	,0	28,6	,0	42,9	28,6	100,0
Cross-validated ^b	Count	PYRGOS	3	1	2	0	1	7
		THESSALONIKI	0	6	0	0	1	7
		AGRINIO	2	0	4	1	0	7
		LARISA	0	0	2	1	4	7
		XANTHI	0	2	0	4	1	7
	%	PYRGOS	42,9	14,3	28,6	,0	14,3	100,0
		THESSALONIKI	,0	85,7	,0	,0	14,3	100,0
		AGRINIO	28,6	,0	57,1	14,3	,0	100,0
		LARISA	,0	,0	28,6	14,3	57,1	100,0
		XANTHI	,0	28,6	,0	57,1	14,3	100,0
a. 60,0% of original grouped cases correctly classified.								
b. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.								
c. 42,9% of cross-validated grouped cases correctly classified.								



Σχήμα 3.5.2: Γεωγραφική διαφοροποίηση χυμού ροδιάς βασισμένη στις παραμέτρους του χρώματος.

3.5.3. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΟΞΕΑ

Το σύνολο των αποτελεσμάτων των οργανικών οξέων επεξεργάστηκε αρχικά με την Πολυδιάστατη Ανάλυση Διακύμανσης («MANOVA»). Η ανάλυση ήταν σημαντική, όπως φανέρωσαν οι δείκτες Pillai's Trace = 1,045, ($F = 2,654$, $p\text{-value} \leq 0,001$) και Wilks' Lambda = 0,220 ($F = 3,329$, $p\text{-value} \leq 0,001$), γεγονός που έδειξε ότι υπάρχει σημαντική πολυμεταβλητή επίδραση των οργανικών οξέων την περιοχή προέλευσης του ροδιού. Οι παράμετροι που βρέθηκαν σημαντικές ($p\text{-value} < 0,05$) παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5.5.

Στη συνέχεια της ανάλυσης, τα τρία σημαντικά οργανικά οξέα αναλύθηκαν με τη βοήθεια της Διαχωριστικής Ανάλυσης («LDA») προκειμένου να διαπιστωθεί αν μπορούν να διαχωρίσουν την προέλευση του ροδιού στις πέντε διαφορετικές περιοχές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δημιουργούνται δύο στατιστικά σημαντικές διαχωριστικές συναρτήσεις (Wilks' Lambda = 0,220, $X^2 = 44,628$, $\beta_e = 16$ με $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$ για την πρώτη και Wilks' Lambda = 0,638, $X^2 = 13,253$, $\beta_e = 9$ με $p\text{-value} = 0,001 < 0,05$, για τη δεύτερη αντίστοιχα).

Ο έλεγχος για την ομοιογένεια των διακυμάνσεων (Box's M) ήταν μη σημαντικός στο 5% επίπεδο σημαντικότητας (98,165, με $F = 1,701$, p -τιμή = 0,054), γεγονός που έδειξε ότι υπάρχει ομοιογένεια των διακυμάνσεων των δειγμάτων για κάθε ποικιλία. Η πρώτη διαχωριστική συνάρτηση ερμήνευσε το 78,4% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,809$ και η δεύτερη διαχωριστική συνάρτηση ερμήνευσε το 17,1% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,541$. Το συνολικό ερμηνευμένο ποσοστό έφτασε το 95,5% της συνολικής διακύμανσης που ήταν πάρα πολύ ικανοποιητικό. Οι τιμές των κέντρων των ομάδων (τετμημένη και τεταγμένη στο διάγραμμα κατανομής) είναι οι μέσες τιμές των παραμέτρων όπως αυτές ορίζονται από τις διαχωριστικές συναρτήσεις και για κάθε ομάδα-γεωγραφική περιοχή προέλευσης φαίνονται στο Σχήμα 3.5.3. Για τον Πύργο είναι (0,053, -0,704), για την Θεσσαλονίκη (0,183, 0,037), για το Αγρίνιο (-2,003, 0,687), για την Λάρισα (-0,239, -0,644) και για την Ξάνθη (2,006, 0,624). Στο Σχήμα 3.5.3 μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι δεν φαίνεται να διαχωρίζονται οι περιοχές προέλευσης του ροδιού με βάση τα οργανικά οξέα.

Ο Πίνακας 3.5.6 δίνει τα αποτελέσματα των κατατάξεων χρησιμοποιώντας τόσο την μέθοδο της αντικατάστασης, όσο και τη μέθοδο της ενδοεπικύρωσης. Παρατηρούμε ότι το 60% του συνόλου των παρατηρήσεων κατατάχθηκαν σωστά, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της αντικατάστασης, ενώ το ποσοστό αυτό μειώνεται στο 45,7% όταν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της ενδοεπικύρωσης, που δεν είναι ικανοποιητικό.

Πίνακας 3.5.5: Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές ($p < 0,05$) για το γεωγραφικό διαχωρισμό χυμού ροδιάς και την κατασκευή διαχωριστικών συναρτήσεων.

Dependent Variable	F	p.
C_tartaric	2,966	,035
C_formic	2,879	,039
C_citric	3,105	,030
C_malic	3,171	,028

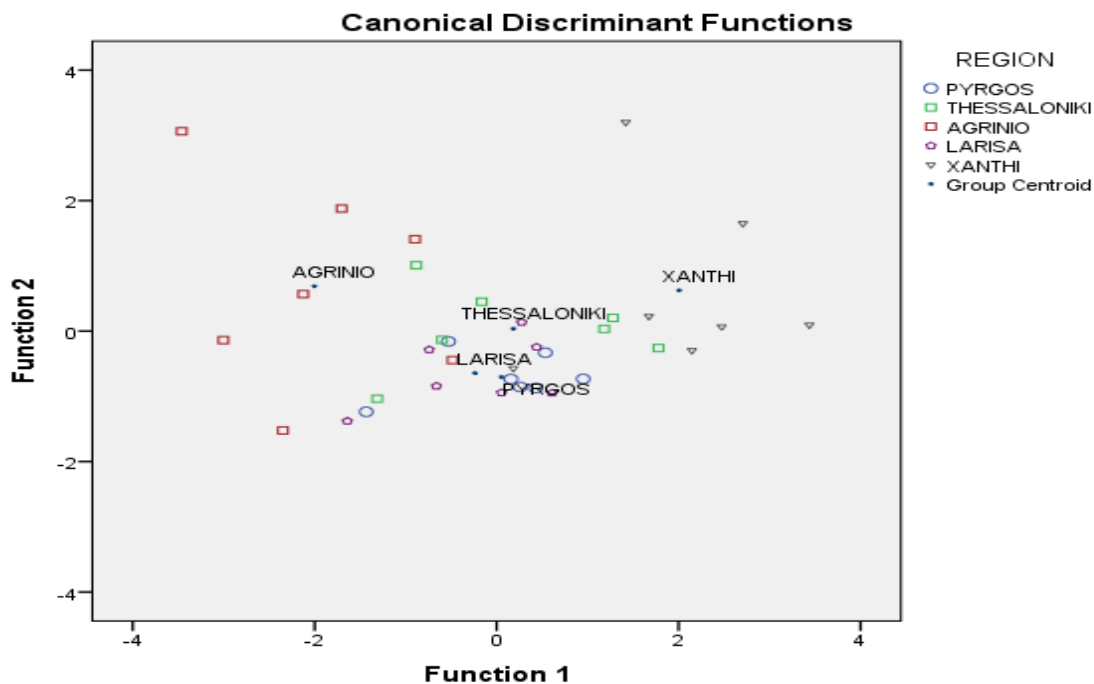
Πίνακας 3.5.6: Αποτελέσματα διαχωρισμού και ταξινόμησης των δειγμάτων χυμού ροδιάς χρησιμοποιώντας το περιεχόμενο οργανικών οξέων σε συνδυασμό με χημειομετρία.

Classification Results ^{a,c}								
		REGION	Predicted Group Membership					Total
			PYRGOS	THESSALONIKI	AGRINIO	LARISA	XANTHI	
Original	Count	PYRGOS	5	1	0	1	0	7
		THESSALONIKI	0	1	1	2	3	7
		AGRINIO	1	0	6	0	0	7
		LARISA	3	1	0	3	0	7
		XANTHI	1	0	0	0	6	7
	%	PYRGOS	71,4	14,3	,0	14,3	,0	100,0
		THESSALONIKI	,0	14,3	14,3	28,6	42,9	100,0
		AGRINIO	14,3	,0	85,7	,0	,0	100,0
		LARISA	42,9	14,3	,0	42,9	,0	100,0
		XANTHI	14,3	,0	,0	,0	85,7	100,0
Cross-validated ^b	Count	PYRGOS	5	1	0	1	0	7
		THESSALONIKI	0	1	1	2	3	7
		AGRINIO	1	1	4	1	0	7
		LARISA	4	2	0	1	0	7
		XANTHI	1	0	1	0	5	7
	%	PYRGOS	71,4	14,3	,0	14,3	,0	100,0
		THESSALONIKI	,0	14,3	14,3	28,6	42,9	100,0
		AGRINIO	14,3	14,3	57,1	14,3	,0	100,0
		LARISA	57,1	28,6	,0	14,3	,0	100,0
		XANTHI	14,3	,0	14,3	,0	71,4	100,0

a. 60,0% of original grouped cases correctly classified.

b. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

c. 45.7% of cross-validated grouped cases correctly classified.



Σχήμα 3.5.3: Γεωγραφική διαφοροποίηση χυμού ροδιάς βασισμένη στο περιεχόμενο οργανικών οξέων.

3.5.4. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΠΤΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Το σύνολο των αποτελεσμάτων των πτητικών συστατικών επεξεργάστηκε αρχικά με την Πολυδιάστατη Ανάλυση Διακύμανσης («MANOVA»). Η ανάλυση είναι σημαντική, όπως φανέρωσαν οι δείκτες Pillai's Trace = 3,804, ($F = 8,104$, $p\text{-value} \leq 0,001$) και Wilks' Lambda = 0,001 ($F = 11,427$, $p\text{-value} \leq 0,001$), γεγονός που έδειξε ότι υπάρχει σημαντική πολυμεταβλητή επίδραση των πτητικών συστατικών την περιοχή προέλευσης του ροδιού. Οι παράμετροι που βρέθηκαν σημαντικές ($p\text{-value} < 0,05$) παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5.7.

Στη συνέχεια της ανάλυσης, τα δεκατέσσερα σημαντικά πτητικά αναλύθηκαν με τη βοήθεια της Διαχωριστικής Ανάλυσης («LDA») προκειμένου να διαπιστωθεί αν μπορούν να διαχωρίσουν την προέλευση του ροδιού στις πέντε διαφορετικές περιοχές.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δημιουργούνται τρεις στατιστικά σημαντικές διαχωριστικές συναρτήσεις (Wilks' Lambda = 0,000, $X^2 = 224,054$, $\beta_e = 60$ με p-value = 0,000 < 0,05 για την πρώτη, Wilks' Lambda = 0,004, $X^2 = 131,193$, $\beta_e = 42$ με p-value = 0,000 < 0,05 για την δεύτερη και Wilks' Lambda = 0,052, $X^2 = 70,737$, $\beta_e = 26$ με p-value = 0,001 < 0,05, για την τρίτη αντίστοιχα). Ο έλεγχος για την ομοιογένεια των διακυμάνσεων (Box's M) ήταν μη σημαντικός στο 5% επίπεδο σημαντικότητας (70,775, με $F = 1,227$, p-τιμή = 0,157), γεγονός που έδειξε ότι υπάρχει ομοιογένεια των διακυμάνσεων των δειγμάτων για κάθε ποικιλία. Η πρώτη διαχωριστική συνάρτηση ερμήνευσε το 71,4% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,990$, η δεύτερη διαχωριστική συνάρτηση ερμήνευσε το 17,4% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,959$ και η τρίτη διαχωριστική συνάρτηση ερμήνευσε το 8,3% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,919$. Το συνολικό ερμηνευμένο ποσοστό έφτασε το 97% της συνολικής διακύμανσης που ήταν πάρα πολύ ικανοποιητικό. Οι τιμές των κέντρων των ομάδων (τετμημένη και τεταγμένη στο διάγραμμα κατανομής) είναι οι μέσες τιμές των παραμέτρων όπως αυτές ορίζονται από τις διαχωριστικές συναρτήσεις και για κάθε ομάδα-γεωγραφική περιοχή προέλευσης φαίνονται στο Σχήμα 3.5.4. Για τον Πύργο είναι (3,191, -0,794), για την Θεσσαλονίκη (-5,872, 5,285), για το Αγρίνιο (11,025, 0,961), για την Λάρισα (-4,251, -4,238) και για την Ξάνθη (-4,093, -1,213). Στο Σχήμα 3.5.4 μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι διαχωρίζονται οι περιοχές προέλευσης του ροδιού με βάση τα πτητικά συστατικά. Η πρώτη διαχωριστική συνάρτηση διαφοροποιεί τις περιοχές του Αγρινίου και του Πύργου από τις περιοχές της Θεσσαλονίκης, της Ξάνθης και της Λάρισας. Η δεύτερη διαχωριστική συνάρτηση διαφοροποιεί την περιοχή της Λάρισας από την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

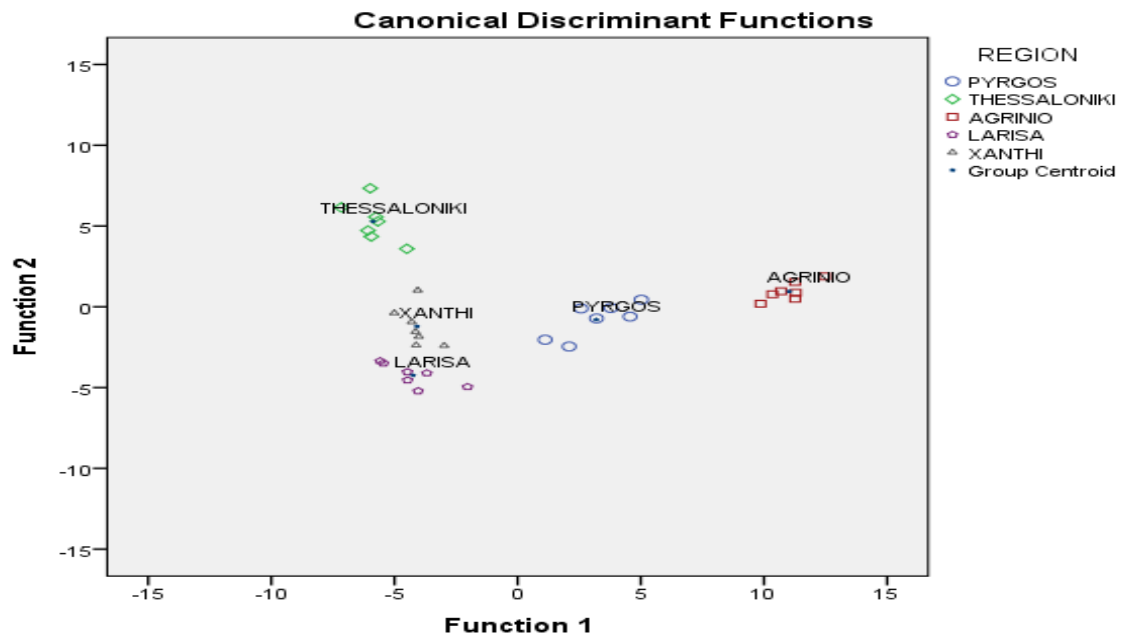
Ο Πίνακας 3.5.8 δίνει τα αποτελέσματα των κατατάξεων χρησιμοποιώντας τόσο την μέθοδο της αντικατάστασης, όσο και τη μέθοδο της ενδοεπικύρωσης. Παρατηρούμε ότι το 100% του συνόλου των παρατηρήσεων κατατάχθηκαν σωστά, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της αντικατάστασης, ενώ το ποσοστό αυτό μειώνεται στο 88,6% όταν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της ενδοεπικύρωσης, που είναι πολύ ικανοποιητικό.

Πίνακας 3.5.7: Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές ($p < 0,05$) για το γεωγραφικό διαχωρισμό χυμού ροδιάς και την κατασκευή διαχωριστικών συναρτήσεων.

Dependent Variable	F	p.
ethanol_CAS	5,192	,003
methylene_chloride	12,086	,000
ethyl_acetate	3,360	,022
chloroform	34,747	,000
two_pentanone_3_methyl_CAS	43,081	,000
hexanal	1,086	,381
three_hexen_1_ol_E	4,810	,004
three_hexen_1_ol_Z	6,540	,001
one_hexanol_CAS	3,816	,013
oxime_methoxy_phenyl	11,259	,000
six_methyl_5_hepten_2_one	3,838	,012
octanal_CAS	,470	,758
one_hexanol_2_ethyl_CAS	,200	,936
benzene_methyl_1_methylethyl_CAS	3,001	,034
dl_Limonene	,472	,756
two_nonanone_CAS	1,473	,235
nonanal_CAS	2,214	,091
four_terpineol	1,348	,275
alpha_terpineol	2,158	,098
benzene_1_3_bis_1_1_dimethylethyl	8,250	,000
thymol	2,130	,102
two_5_cyclohexadiene_1_4_dione_2_6_bis_1_1_dimethylethyl_CAS	4,956	,003
phenol_3_5_bis_1_1_dimethylethyl	7,818	,000
beta_pinene	1,634	,192

Πίνακας 3.5.8: Αποτελέσματα διαχωρισμού και ταξινόμησης των δειγμάτων χυμού ροδιάς χρησιμοποιώντας το περιεχόμενο πτητικών συστατικών σε συνδυασμό με χημειομετρία.

Classification Results ^{a,c}								
		REGION	Predicted Group Membership					Total
			PYRGOS	THESSALONIKI	AGRINIO	LARISA	XANTHI	
Original	Count	PYRGOS	7	0	0	0	0	7
		THESSALONIKI	0	7	0	0	0	7
		AGRINIO	0	0	7	0	0	7
		LARISA	0	0	0	7	0	7
		XANTHI	0	0	0	0	7	7
	%	PYRGOS	100,0	,0	,0	,0	,0	100,0
		THESSALONIKI	,0	100,0	,0	,0	,0	100,0
		AGRINIO	,0	,0	100,0	,0	,0	100,0
		LARISA	,0	,0	,0	100,0	,0	100,0
		XANTHI	,0	,0	,0	,0	100,0	100,0
Cross-validated ^b	Count	PYRGOS	7	0	0	0	0	7
		THESSALONIKI	0	6	0	0	1	7
		AGRINIO	1	0	6	0	0	7
		LARISA	0	0	0	5	2	7
		XANTHI	0	0	0	0	7	7
	%	PYRGOS	100,0	,0	,0	,0	,0	100,0
		THESSALONIKI	,0	85,7	,0	,0	14,3	100,0
		AGRINIO	14,3	,0	85,7	,0	,0	100,0
		LARISA	,0	,0	,0	71,4	28,6	100,0
		XANTHI	,0	,0	,0	,0	100,0	100,0
a. 100,0% of original grouped cases correctly classified.								
b. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.								
c. 88,6% of cross-validated grouped cases correctly classified.								



Σχήμα 3.5.4: Γεωγραφική διαφοροποίηση χυμού ροδιάς βασισμένη στο περιεχόμενο πτητικών συστατικών.

3.5.5. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ – ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

Το σύνολο των αποτελεσμάτων των φυσικοχημικών παραμέτρων και πτητικών συστατικών επεξεργάστηκε αρχικά με την Πολυδιάστατη Ανάλυση Διακύμανσης (MANOVA). Η ανάλυση είναι σημαντική, όπως φανερώνουν οι δείκτες Pillai's Trace = 3,944, ($F=9,347$, $p\text{-value}<0,001$) και Wilks' Lambda=0,001 ($F=49,118$, $p\text{-value}<0,001$), γεγονός που καταδεικνύει ότι υπάρχει σημαντική πολυμεταβλητή επίδραση των φυσικοχημικών παραμέτρων και πτητικών συστατικών στην περιοχή προέλευσης του ροδιού. Οι παράμετροι που βρέθηκαν σημαντικές ($p\text{-value}<0,05$) παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 3.5.9.).

Στη συνέχεια της ανάλυσης, οι έξι φυσικοχημικές παράμετροι και τα δεκατέσσερα πτητικά συστατικά που βρέθηκαν σημαντικά αναλύθηκαν με τη βοήθεια της Διαχωριστικής Ανάλυσης (LDA) προκειμένου να διαπιστωθεί αν μπορούν να διαχωρίσουν την προέλευση του ροδιού στις πέντε διαφορετικές περιοχές.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δημιουργούνται τρεις στατιστικά σημαντικές διαχωριστικές συναρτήσεις (Wilks' Lambda=0,001, $X^2=240,452$, βε=80 με p-value=0,000<0,05 για την πρώτη, Wilks' Lambda=0,005, $X^2=149,508$, βε=57 με p-value=0,001<0,05 για τη δεύτερη και Wilks' Lambda=0,020, $X^2=83,800$, βε=36 με p-value=0,001<0,05, αντίστοιχα). Ο έλεγχος για την ομοιογένεια των διακυμάνσεων (Box's M) είναι μη σημαντικός στο 5% επίπεδο σημαντικότητας (78.166, με F=1,355, p-τιμή=0,069), γεγονός που φανερώνει ότι υπάρχει ομοιογένεια των διακυμάνσεων των δειγμάτων για κάθε ποικιλία. Η πρώτη διαχωριστική συνάρτηση ερμηνεύει το 67,0% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,993$, η δεύτερη διαχωριστική συνάρτηση ερμηνεύει το 20,1% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,976$ και η τρίτη διαχωριστική συνάρτηση ερμηνεύει το 9,1% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,950$. Το συνολικό ερμηνευμένο ποσοστό φτάνει το 96,2% της συνολικής διακύμανσης που είναι πάρα πολύ ικανοποιητικό. Οι τιμές των κέντρων των ομάδων (τετμημένη και τεταγμένη στο διάγραμμα κατανομής) είναι οι μέσες τιμές των παραμέτρων όπως αυτές ορίζονται από τις διαχωριστικές συναρτήσεις και για κάθε ομάδα-γεωγραφική περιοχή προέλευσης φαίνονται στο Σχήμα 3.5.5. Για τον Πύργο είναι (-4,760, 3,714), για την Θεσσαλονίκη (-9,588, -5,345), για το Αγρίνιο (12,166, -4,143), για την Λάρισα (-3,090, 5,187) και για την Ξάνθη (-4,248, 0,587). Στο Σχήμα 3.5.5. μπορούμε να παρατηρήσουμε τον πλήρη διαχωρισμό των περιοχών προέλευσης του ροδιού.

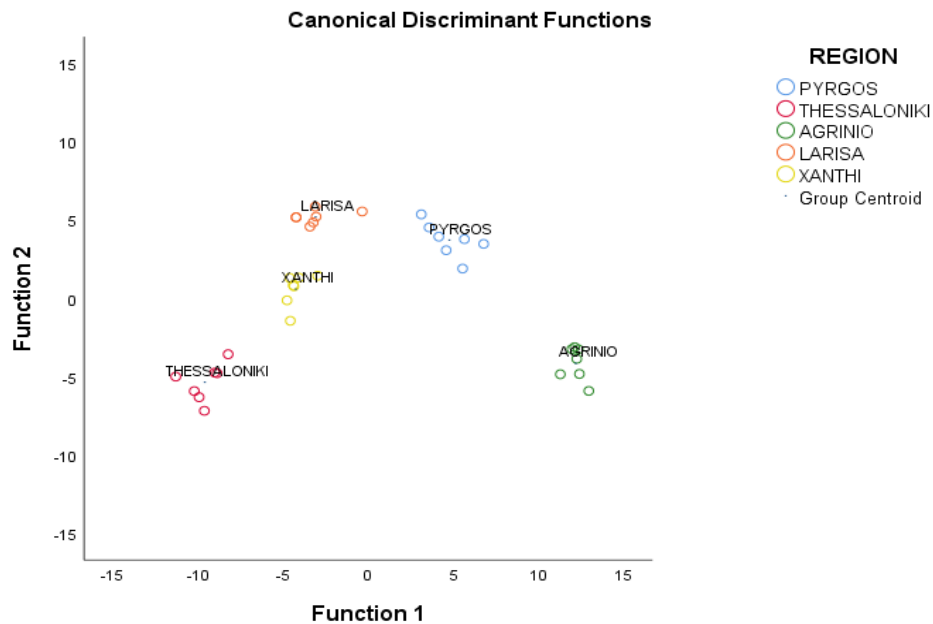
Ο Πίνακας 3.5.10. δίνει τα αποτελέσματα των κατατάξεων χρησιμοποιώντας τόσο την μέθοδο της αντικατάστασης, όσο και τη μέθοδο της ενδοεπικύρωσης. Παρατηρούμε ότι το 100% του συνόλου των παρατηρήσεων κατατάχθηκαν σωστά, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της αντικατάστασης, ενώ το ποσοστό αυτό μειώνεται στο 80% όταν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της ενδοεπικύρωσης, που είναι πολύ ικανοποιητικό.

Πίνακας 3.5.9: Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές ($p < 0,05$) για το γεωγραφικό διαχωρισμό χυμού ροδιάς και την κατασκευή διαχωριστικών συναρτήσεων.

Dependent Variable	F	Sig.
ethanol_CAS	5,192	,003
methylene_chloride	12,086	,000
ethyl_acetate	3,360	,022
chloroform	34,747	,000
two_pentanone_3_methyl_CAS	43,081	,000
hexanal	1,086	,381
three_hexen_1_ol_E	4,810	,004
three_hexen_1_ol_Z	6,540	,001
one_hexanol_CAS	3,816	,013
oxime_methoxy_phenyl	11,259	,000
six_methyl_5_hepten_2_one	3,838	,012
octanal_CAS	,470	,758
one_hexanol_2_ethyl_CAS	,200	,936
benzene_methyl_1_methylethyl_CAS	3,001	,034
dl_Limonene	,472	,756
two_nonanone_CAS	1,473	,235
nonanal_CAS	2,214	,091
four_terpineol	1,348	,275
alpha_terpineol	2,158	,098
benzene_1_3_bis_1_1_dimethylethyl	8,250	,000
thymol	2,130	,102
two_5_cyclohexadiene_1_4_di-one_2_6_bis_1_1_dimethylethyl_CAS	4,956	,003
phenol_3_5_bis_1_1_dimethylethyl	7,818	,000
beta_pinene	1,634	,192
acidity	,486	,746
maturity_index	3,727	,014
total_phenolics	2,543	,060
antioxidant_activity	3,671	,015
refractive_index	15,216	,000
pH	5,739	,001
conductivity	2,232	,089
kOhm	2,852	,041
TDS_mg_lt	2,690	,050
NaCl	2,530	,061

Πίνακας 3.5.10: Αποτελέσματα διαχωρισμού και ταξινόμησης των δειγμάτων χυμού ροδιάς χρησιμοποιώντας το συσχετισμό των φυσικοχημικών παραμέτρων και του περιεχομένου πτητικών συστατικών σε συνδυασμό με χημειομετρία.

Classification Results ^{a,c}								
			Predicted Group Membership					
		REGION	PYRGOS	THESSALONIKI	AGRINIO	LARISA	XANTHI	Total
Original	Count	PYRGOS	7	0	0	0	0	7
		THESSALONIKI	0	7	0	0	0	7
		AGRINIO	0	0	7	0	0	7
		LARISA	0	0	0	7	0	7
		XANTHI	0	0	0	0	7	7
	%	PYRGOS	100,0	,0	,0	,0	,0	100,0
		THESSALONIKI	,0	100,0	,0	,0	,0	100,0
		AGRINIO	,0	,0	100,0	,0	,0	100,0
		LARISA	,0	,0	,0	100,0	,0	100,0
		XANTHI	,0	,0	,0	,0	100,0	100,0
Cross-validated ^b	Count	PYRGOS	5	0	0	2	0	7
		THESSALONIKI	0	7	0	0	0	7
		AGRINIO	0	0	6	1	0	7
		LARISA	1	0	0	4	2	7
		XANTHI	0	1	0	0	6	7
	%	PYRGOS	71,4	,0	,0	28,6	,0	100,0
		THESSALONIKI	,0	100,0	,0	,0	,0	100,0
		AGRINIO	,0	,0	85,7	14,3	,0	100,0
		LARISA	14,3	,0	,0	57,1	28,6	100,0
		XANTHI	,0	14,3	,0	,0	85,7	100,0
a. 100,0% of original grouped cases correctly classified.								
b. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.								
c. 80,0% of cross-validated grouped cases correctly classified.								



Σχήμα 3.5.5: Γεωγραφική διαφοροποίηση χυμού ροδιάς βασισμένη στο συσχετισμό των φυσικοχημικών παραμέτρων και περιεχομένου πτητικών συστατικών.

3.5.6. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ – ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

Το σύνολο των αποτελεσμάτων των παραμέτρων χρώματος και πτητικών συστατικών επεξεργάστηκε αρχικά με την Πολυδιάστατη Ανάλυση Διακύμανσης (MANOVA). Η ανάλυση είναι σημαντική, όπως φανερώνουν οι δείκτες Pillai's Trace = 3,840, ($F=6,234$, $p\text{-value}=<0,001$) και Wilks' Lambda=0,001 ($F=8,137$, $p\text{-value}=<0,001$), γεγονός που καταδεικνύει ότι υπάρχει σημαντική πολυμεταβλητή επίδραση των παραμέτρων χρώματος και πτητικών συστατικών στην περιοχή προέλευσης του ροδιού. Οι παράμετροι που βρέθηκαν σημαντικές ($p\text{-value}<0,05$) παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 3.5.11.).

Στη συνέχεια της ανάλυσης, οι τρεις παράμετροι χρώματος και τα δεκατέσσερα πτητικά συστατικά που βρέθηκαν σημαντικά αναλύθηκαν με τη βοήθεια της Διαχωριστικής Ανάλυσης (LDA) προκειμένου να διαπιστωθεί αν μπορούν να διαχωρίσουν την προέλευση του ροδιού στις πέντε διαφορετικές περιοχές.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δημιουργούνται τρεις στατιστικά σημαντικές διαχωριστικές συναρτήσεις (Wilks' Lambda=0,000, $X^2=219,425$, βε=68 με p-value=0,000<0,05 για την πρώτη, Wilks' Lambda=0,003, $X^2=132,800$, βε=48 με p-value=0,001<0,05 για τη δεύτερη και Wilks' Lambda=0,039, $X^2=74,381$, βε=30 με p-value=0,001<0,05, αντίστοιχα). Ο έλεγχος για την ομοιογένεια των διακυμάνσεων (Box's M) είναι μη σημαντικός στο 5% επίπεδο σημαντικότητας (62,395, με F=1,081, p-τιμή=0,336), γεγονός που φανερώνει ότι υπάρχει ομοιογένεια των διακυμάνσεων των δειγμάτων για κάθε ποικιλία. Η πρώτη διαχωριστική συνάρτηση ερμηνεύει το 66,4% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,988$, η δεύτερη διαχωριστική συνάρτηση ερμηνεύει το 18,4% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,960$ και η τρίτη διαχωριστική συνάρτηση ερμηνεύει το 12,2% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,941$. Το συνολικό ερμηνευμένο ποσοστό φτάνει το 97% της συνολικής διακύμανσης που είναι πάρα πολύ ικανοποιητικό. Οι τιμές των κέντρων των ομάδων (τετμημένη και τεταγμένη στο διάγραμμα κατανομής) είναι οι μέσες τιμές των παραμέτρων όπως αυτές ορίζονται από τις διαχωριστικές συναρτήσεις και για κάθε ομάδα-γεωγραφική περιοχή προέλευσης φαίνονται στο Σχήμα 3.5.6. Για τον Πύργο είναι (2,027, 0,407), για την Θεσσαλονίκη (-5,148, 5,237), για το Αγρίνιο (10,942, 0,300), για την Λάρισα (-3,783, -4,506) και για την Ξάνθη (-4,037, -1,438). Στο Σχήμα 3.5.6. μπορούμε να παρατηρήσουμε τον πλήρη διαχωρισμό των περιοχών προέλευσης του ροδιού.

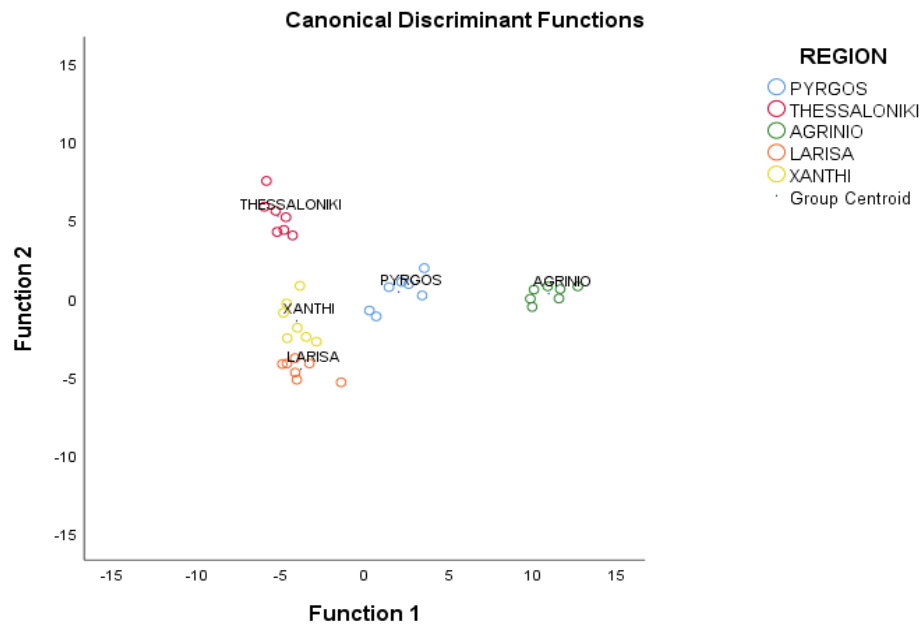
Ο Πίνακας 3.5.12. δίνει τα αποτελέσματα των κατατάξεων χρησιμοποιώντας τόσο την μέθοδο της αντικατάστασης, όσο και τη μέθοδο της ενδοεπικύρωσης. Παρατηρούμε ότι το 100% του συνόλου των παρατηρήσεων κατατάχθηκαν σωστά, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της αντικατάστασης, ενώ το ποσοστό αυτό μειώνεται στο 80% όταν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της ενδοεπικύρωσης, που είναι πολύ ικανοποιητικό.

Πίνακας 3.5.11: Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές ($p < 0,05$) για το γεωγραφικό διαχωρισμό χυμού ροδιάς και την κατασκευή διαχωριστικών συναρτήσεων.

Dependent Variable	F	Sig.
ethanol_CAS	5,192	,003
methylene_chloride	12,086	,000
ethyl_acetate	3,360	,022
chloroform	34,747	,000
two_pentanone_3_methyl_CAS	43,081	,000
hexanal	1,086	,381
three_hexen_1_ol_E	4,810	,004
three_hexen_1_ol_Z	6,540	,001
one_hexanol_CAS	3,816	,013
oxime_methoxy_phenyl	11,259	,000
six_methyl_5_hepten_2_one	3,838	,012
octanal_CAS	,470	,758
one_hexanol_2_ethyl_CAS	,200	,936
benzene_methyl_1_methylethyl_CAS	3,001	,034
dl_Limonene	,472	,756
two_nonanone_CAS	1,473	,235
nonanal_CAS	2,214	,091
four_terpineol	1,348	,275
alpha_terpineol	2,158	,098
benzene_1_3_bis_1_1_dimethylethyl	8,250	,000
thymol	2,130	,102
two_5_cyclohexadiene_1_4_dione_2_6_bis_1_1_dimethylethyl_CAS	4,956	,003
phenol_3_5_bis_1_1_dimethylethyl	7,818	,000
beta_pinene	1,634	,192
L_colour	6,471	,001
a_colour	3,952	,011
b_colour	8,823	,000

Πίνακας 3.5.12: Αποτελέσματα διαχωρισμού και ταξινόμησης των δειγμάτων χυμού ροδιάς χρησιμοποιώντας το συσχετισμό των παραμέτρων του χρώματος και του περιεχομένου πτητικών συστατικών σε συνδυασμό με χημειομετρία.

Classification Results ^{a,c}								
		REGION	Predicted Group Membership					Total
			PYRGOS	THESSALONIKI	AGRINIO	LARISA	XANTHI	
Original	Count	PYRGOS	7	0	0	0	0	7
		THESSALONIKI	0	7	0	0	0	7
		AGRINIO	0	0	7	0	0	7
		LARISA	0	0	0	7	0	7
		XANTHI	0	0	0	0	7	7
	%	PYRGOS	100,0	,0	,0	,0	,0	100,0
		THESSALONIKI	,0	100,0	,0	,0	,0	100,0
		AGRINIO	,0	,0	100,0	,0	,0	100,0
		LARISA	,0	,0	,0	100,0	,0	100,0
		XANTHI	,0	,0	,0	,0	100,0	100,0
Cross-validated ^b	Count	PYRGOS	5	0	1	1	0	7
		THESSALONIKI	0	7	0	0	0	7
		AGRINIO	1	0	5	1	0	7
		LARISA	1	0	0	4	2	7
		XANTHI	0	0	0	0	7	7
	%	PYRGOS	71,4	,0	14,3	14,3	,0	100,0
		THESSALONIKI	,0	100,0	,0	,0	,0	100,0
		AGRINIO	14,3	,0	71,4	14,3	,0	100,0
		LARISA	14,3	,0	,0	57,1	28,6	100,0
		XANTHI	,0	,0	,0	,0	100,0	100,0
a. 100,0% of original grouped cases correctly classified.								
b. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.								
c. 80,0% of cross-validated grouped cases correctly classified.								



Σχήμα 3.5.6: Γεωγραφική διαφοροποίηση χυμού ροδιάς βασισμένη στο συσχετισμό των παραμέτρων του χρώματος και του περιεχομένου πτητικών συστατικών.

3.5.7. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ – ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

Το σύνολο των αποτελεσμάτων των οργανικών οξέων και πτητικών συστατικών επεξεργάστηκε αρχικά με την Πολυδιάστατη Ανάλυση Διακύμανσης (MANOVA). Η ανάλυση είναι σημαντική, όπως φανερώνουν οι δείκτες Pillai's Trace = 3,913, ($F=9,621$, $p\text{-value} \leq 0,001$) και Wilks' Lambda = 0,001 ($F=9,140$, $p\text{-value} \leq 0,001$), γεγονός που καταδεικνύει ότι υπάρχει σημαντική πολυμεταβλητή επίδραση των οργανικών οξέων και πτητικών συστατικών στην περιοχή προέλευσης του ροδιού. Οι παράμετροι που βρέθηκαν σημαντικές ($p\text{-value} < 0,05$) παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 3.5.13.).

Στη συνέχεια της ανάλυσης, τα τέσσερα οργανικά οξέα και τα δεκατέσσερα πτητικά συστατικά που βρέθηκαν σημαντικά αναλύθηκαν με τη βοήθεια της Διαχωριστικής Ανάλυσης (LDA) προκειμένου να διαπιστωθεί αν μπορούν να διαχωρίσουν την προέλευση του ροδιού στις πέντε διαφορετικές περιοχές.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δημιουργούνται τρεις στατιστικά σημαντικές διαχωριστικές συναρτήσεις (Wilks' Lambda=0,000, $X^2=218,502$, βε=72 με p-value=0,000<0,05 για την πρώτη, Wilks' Lambda=0,003, $X^2=131,087$, βε=51 με p-value=0,001<0,05 για τη δεύτερη και Wilks' Lambda=0,041, $X^2=71,690$, βε=32 με p-value=0,001<0,05, αντίστοιχα). Ο έλεγχος για την ομοιογένεια των διακυμάνσεων (Box's M) είναι μη σημαντικός στο 5% επίπεδο σημαντικότητας (91,653, με F=1,588, p-τιμή=0,116), γεγονός που φανερώνει ότι υπάρχει ομοιογένεια των διακυμάνσεων των δειγμάτων για κάθε ποικιλία. Η πρώτη διαχωριστική συνάρτηση ερμηνεύει το 69% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,990$, η δεύτερη διαχωριστική συνάρτηση ερμηνεύει το 18,8% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,964$ και η τρίτη διαχωριστική συνάρτηση ερμηνεύει το 8,7% της συνολικής διασποράς με κανονική κατανομή $R^2 = 0,926$. Το συνολικό ερμηνευμένο ποσοστό φτάνει το 96,4% της συνολικής διακύμανσης που είναι πάρα πολύ ικανοποιητικό. Οι τιμές των κέντρων των ομάδων (τετμημένη και τεταγμένη στο διάγραμμα κατανομής) είναι οι μέσες τιμές των παραμέτρων όπως αυτές ορίζονται από τις διαχωριστικές συναρτήσεις και για κάθε ομάδα-γεωγραφική περιοχή προέλευσης φαίνονται στο Σχήμα 3.5.7. Για τον Πύργο είναι (2,999, -1,745), για την Θεσσαλονίκη (-5,188, 5,507), για το Αγρίνιο (11,244, 1,245), για την Λάρισα (-3,823, -4,541) και για την Ξάνθη (-5,231, -0,467). Στο Σχήμα 3.5.7. μπορούμε να παρατηρήσουμε τον πλήρη διαχωρισμό των περιοχών προέλευσης του ροδιού.

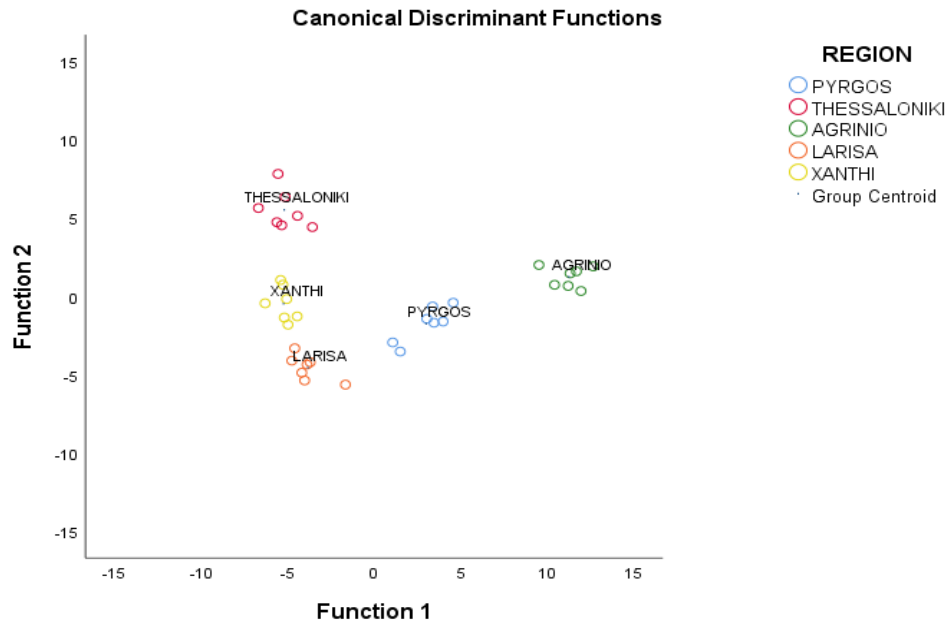
Ο Πίνακας 3.5.14. δίνει τα αποτελέσματα των κατατάξεων χρησιμοποιώντας τόσο την μέθοδο της αντικατάστασης, όσο και τη μέθοδο της ενδοεπικύρωσης. Παρατηρούμε ότι το 100% του συνόλου των παρατηρήσεων κατατάχθηκαν σωστά, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της αντικατάστασης, ενώ το ποσοστό αυτό μειώνεται στο 77,1% όταν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της ενδοεπικύρωσης, που είναι πολύ ικανοποιητικό.

Πίνακας 3.5.13: Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές ($p < 0,05$) για το γεωγραφικό διαχωρισμό χυμού ροδιάς και την κατασκευή διαχωριστικών συναρτήσεων.

Dependent Variable	F	Sig.
ethanol_CAS	5,192	,003
methylene_chloride	12,086	,000
ethyl_acetate	3,360	,022
chloroform	34,747	,000
two_pentanone_3_methyl_CAS	43,081	,000
hexanal	1,086	,381
three_hexen_1_ol_E	4,810	,004
three_hexen_1_ol_Z	6,540	,001
one_hexanol_CAS	3,816	,013
oxime_methoxy_phenyl	11,259	,000
six_methyl_5_hepten_2_one	3,838	,012
octanal_CAS	,470	,758
one_hexanol_2_ethyl_CAS	,200	,936
benzene_methyl_1_methylethyl_CAS	3,001	,034
dl_Limonene	,472	,756
two_nonanone_CAS	1,473	,235
nonanal_CAS	2,214	,091
four_terpineol	1,348	,275
alpha_terpineol	2,158	,098
benzene_1_3_bis_1_1_dimethylethyl	8,250	,000
thymol	2,130	,102
two_5_cyclohexadiene_1_4_dione_2_6_bis_1_1_dimethylethyl_CAS	4,956	,003
phenol_3_5_bis_1_1_dimethylethyl	7,818	,000
beta_pinene	1,634	,192
C_tartaric	2,966	,035
C_formic	2,879	,039
C_citric	3,105	,030
C_malic	3,171	,028

Πίνακας 3.5.14: Αποτελέσματα διαχωρισμού και ταξινόμησης των δειγμάτων χυμού ροδιάς χρησιμοποιώντας το συσχετισμό του περιεχομένου οργανικών οξέων και του περιεχομένου πτητικών συστατικών σε συνδυασμό με χημειομετρία.

Classification Results ^{a,c}								
			Predicted Group Membership					
		REGION	PYRGOS	THESSALONIKI	AGRINIO	LARISA	XANTHI	Total
Original	Count	PYRGOS	7	0	0	0	0	7
		THESSALONIKI	0	7	0	0	0	7
		AGRINIO	0	0	7	0	0	7
		LARISA	0	0	0	7	0	7
		XANTHI	0	0	0	0	7	7
	%	PYRGOS	100,0	,0	,0	,0	,0	100,0
		THESSALONIKI	,0	100,0	,0	,0	,0	100,0
		AGRINIO	,0	,0	100,0	,0	,0	100,0
		LARISA	,0	,0	,0	100,0	,0	100,0
		XANTHI	,0	,0	,0	,0	100,0	100,0
Cross-validated ^b	Count	PYRGOS	5	0	0	2	0	7
		THESSALONIKI	0	7	0	0	0	7
		AGRINIO	1	0	6	0	0	7
		LARISA	2	0	0	4	1	7
		XANTHI	0	2	0	0	5	7
	%	PYRGOS	71,4	,0	,0	28,6	,0	100,0
		THESSALONIKI	,0	100,0	,0	,0	,0	100,0
		AGRINIO	14,3	,0	85,7	,0	,0	100,0
		LARISA	28,6	,0	,0	57,1	14,3	100,0
		XANTHI	,0	28,6	,0	,0	71,4	100,0
a. 100,0% of original grouped cases correctly classified.								
b. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.								
c. 77,1% of cross-validated grouped cases correctly classified.								



Σχήμα 3.5.7: Γεωγραφική διαφοροποίηση χυμού ροδιάς βασισμένη στο συσχετισμό του περιεχομένου οργανικών οξέων και του περιεχομένου πτητικών συστατικών.

3.5.8. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥΣ

Διεξήχθησαν ακόμη κάποιες επιπλέον στατιστικές αναλύσεις για το συνδυασμό πτητικών συστατικών – οργανικών οξέων – φυσικοχημικών παραμέτρων – παραμέτρων χρώματος και το συνδυασμό οργανικών οξέων – φυσικοχημικών παραμέτρων – παραμέτρων χρώματος, ωστόσο τα αποτελέσματα δεν ήταν ικανοποιητικά, καθώς το ποσοστό ενδοεπικύρωσης μειωνόταν αισθητά.

3.5.9. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν κυρίως μελέτες που εστιάζουν στη βοτανική διαφοροποίηση των δειγμάτων χυμού ροδιάς.

Ο Zaouay et al. (2012) μελέτησε και κατάφερε να διαχωρίσει δεκατρείς καλλιέργειες ροδιάς που αναπτύχθηκαν στη νότια Τυνησία. Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ τους. Οι ποικιλίες διαχωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες. Εκτελέστηκαν τρεις διαχωριστικές συναρτήσεις που ερμήνευσαν το 65,84 % της συνολικής διασποράς. Η πρώτη αντιπροσώπευσε το 28,94 % και βασίστηκε στο μέγεθος των καρπών και το δείκτη ωρίμανσης ως «εργαλείο» διαχωρισμού. Η δεύτερη ερμήνευσε το 24,84 % και χρησιμοποίησε το χρώμα και το ολικό ποσοστό ανθοκυανινών ως σημάδια διαχωρισμού. Η τρίτη αντιπροσώπευσε το 12,06 % και βασίστηκε στην αντιοξειδωτική δραστηριότητα και το ποσοστό φαινολικών ουσιών των χυμών.

Ο Melgarejo – Sanchez et al. (2014) ανέλυσε έξι καλλιέργειες ροδιάς που αναπτύχθηκαν στην Ισπανία. Παρατηρήθηκε μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των κλώνων. Οι διαφορές αποδόθηκαν στη γενετική τους, καθώς οι έξι ποικιλίες καλλιεργήθηκαν υπό τις ίδιες συνθήκες. Οι έξι κλώνοι χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες. Το συνολικό ποσοστό ταξινόμησης ήταν μεγαλύτερο του 90% που ήταν πολύ ικανοποιητικό. Εκτελέστηκαν τρεις διαχωριστικές συναρτήσεις που ερμήνευσαν το 79,65 %. Η πρώτη αντιπροσώπευσε το 45,93 % και χρησιμοποίησε το μέγεθος των καρπών και το δείκτη ωρίμανσης ως σημάδια διαχωρισμού. Η δεύτερη ερμήνευσε το 21,70 % και βασίστηκε στο χρώμα και στα περιεχόμενα ασκορβικού, μηλικού και σουκινικού οξέος για το διαχωρισμό των ποικιλιών. Η τρίτη αντιπροσώπευσε το 12,02 %.

Ο Marmol et al. (2017) μελέτησε είκοσι καλλιέργειες ροδιάς που αναπτύχθηκαν στην Ισπανία. Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών. Από τη στατιστική επεξεργασία προέκυψαν τρεις ομάδες. Εκτελέστηκαν τέσσερις διαχωριστικές συναρτήσεις. Τα ποσοστά ταξινόμησης που ερμήνευσαν ήταν 64,32 %, 59,82 %, 32,21 % και 20,75 % της συνολικής διασποράς αντίστοιχα. Η γλυκόζη, η φρουκτόζη, το κιτρικό, το μηλικό και το κινοϊκό οξύ, καθώς και το ολικό φαινολικό περιεχόμενο και τα επίπεδα αντιοξειδωτικής δραστηριότητας χρησιμοποιήθηκαν ως σημάδια βοτανικής διαφοροποίησης που συνέβαλλαν στο διαχωρισμό των καλλιεργειών.

Ο Beaulieu et al. (2015) ανέλυσε έντεκα καλλιέργειες ροδιάς που αναπτύχθηκαν στην Καλιφόρνια των Ηνωμένων Πολιτειών. Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Σημάδι διαφοροποίησης θεωρήθηκε το pH των δειγμάτων χυμού κάθε ποικιλίας. Εκτελέστηκαν τρεις διαχωριστικές συναρτήσεις που ερμήνευσαν το 78 % της συνολικής διασποράς. Οι πρώτες δύο αντιπροσώπευσαν το 44 % και το 26 % της συνολικής διασποράς αντίστοιχα. Ως σημάδια διαφοροποίησης θεωρήθηκαν επίσης τα πτητικά συστατικά που προσδιορίστηκαν στα δείγματα χυμών ροδιάς. Οι κυρίαρχες ενώσεις ήταν η 3-εξενόλη και η 1-εξανόλη, οι οποίες επέτρεψαν το διαχωρισμό των καλλιεργειών. Τα περιεχόμενα αλδεϋδών και τερπενοειδών χρησιμοποιήθηκαν επίσης για τη διάκριση των ποικιλιών. Το 59 % της συνολικής διασποράς ερμηνεύτηκε από τρεις διαχωριστικές συναρτήσεις. Η πρώτη αντιπροσώπευσε το 29 %, η δεύτερη το 19 % και η τρίτη το 11 % αντίστοιχα.

Ο Cam et al. (2009) μελέτησε οκτώ καλλιέργειες ροδιάς που αναπτύχθηκαν στην Τουρκία. Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Από τη στατιστική επεξεργασία προέκυψαν τρεις ομάδες. Εκτελέστηκαν δύο διαχωριστικές συναρτήσεις που ερμήνευσαν το 93,3 % της συνολικής διασποράς. Η πρώτη αντιπροσώπευσε το 67,4 % και βασίστηκε στο ολικό φαινολικό περιεχόμενο και τα ποσά ισοδυνάμων Trolox για το διαχωρισμό των ποικιλιών. Η δεύτερη ερμήνευσε το 25,9 % και χρησιμοποίησε ως σημάδια διαχωρισμού το ολικό περιεχόμενο ανθοκυανινών και τα επίπεδα αντιοξειδωτικής δραστηρότητας συνολικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συνολικά σάκχαρα και ο δείκτης ωρίμανσης διέφεραν σημαντικά μεταξύ των πέντε περιοχών. Η ογκομετρούμενη οξύτητα δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές ανάμεσά τους. Τα δείγματα της Λάρισας ήταν τα πιο γλυκά και πιο ώριμα μεταξύ των πέντε περιοχών, ενώ του Πύργου ήταν τα πιο ξινά και λιγότερο ώριμα. Συνολικά τα δείγματα κατατάχθηκαν μεταξύ του ξινού και γλυκόξινου, επομένως δεν βρίσκονταν σε υψηλό στάδιο ωρίμανσης.

Οι δείκτες του χρώματος (φωτεινότητα, ερυθρότητα, ωχρότητα) διέφεραν σημαντικά μεταξύ των πέντε περιοχών. Τα δείγματα του Πύργου παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές για όλες τις παραμέτρους του χρώματος και τα δείγματα της Ξάνθης τις χαμηλότερες. Δεν κατέστη δυνατό να εξαχθεί ακριβές συμπέρασμα σχετικά με το ποια ποικιλία εμφάνισε το πιο ελκυστικό χρώμα. Η περιοχή του Πύργου εμφάνισε σε γενικές γραμμές το πιο έντονο χρώμα με βάση τις μετρήσεις.

Τα επίπεδα αντιοξειδωτικής δραστηριότητας διέφεραν σημαντικά μεταξύ των πέντε περιοχών, ενώ το ολικό φαινολικό περιεχόμενο δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές ανάμεσά τους. Διαπιστώθηκε μεγάλη συσχέτιση μεταξύ τους. Τα δείγματα της Λάρισας είχαν το υψηλότερο φαινολικό περιεχόμενο και τα υψηλότερα επίπεδα αντιοξειδωτικής ικανότητας, ενώ τα δείγματα του Αγρινίου εμφάνισαν τις χαμηλότερες τιμές.

Το φορμικό, το κιτρικό και το μηλικό οξύ διέφεραν σημαντικά μεταξύ των πέντε περιοχών. Το τρυγικό οξύ δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές ανάμεσά τους. Τα οργανικά οξέα ήταν υπεύθυνα για τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των χυμών (Poyrazoglu et al., 2002). Τα δείγματα της Ξάνθης είχαν το υψηλότερο περιεχόμενο τόσο σε κιτρικό όσο και σε μηλικό οξύ, ενώ τα δείγματα του Αγρινίου είχαν το χαμηλότερο και στα δύο οξέα. Τα ελληνικά δείγματα ήταν πιο φτωχά σε μηλικό οξύ από τα δείγματα της Ισπανίας και της Τουρκίας, επομένως λιγότερο γλυκά, αλλά βρίσκονταν σε παρόμοια επίπεδα ή υψηλότερα όσον αφορά το κιτρικό οξύ, επομένως ήταν περισσότερο ξινά από εκείνα.

Σχετικά με το προφίλ των πτητικών συστατικών, προσδιορίστηκαν 22 ενώσεις. Τη μεγαλύτερη συνεισφορά στη γεύση και το άρωμα έδωσαν κυρίως οι ομάδες των αλκοολών, των αλδεϋδών, των εστέρων και των κετονών και δευτερευόντως οι ομάδες των τερπενοειδών και διάφορων ενώσεων. Οι μεμονωμένες ενώσεις που είχαν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο άρωμα και τη γεύση του χυμού ροδιάς ήταν η 1-εξανόλη, η 3-εξεν-1-όλη, (Z), η αιθανόλη, ο οξικός αιθυλεστέρας, η εξανάλη, η α-τερπινεόλη, η 2-νονανόνη και το dl-λιμονένιο.

Με την εφαρμογή της Πολυδιάστατης Ανάλυσης Διακύμανσης («MANOVA») και της Διαχωριστικής Ανάλυσης («LDA») κατέστη δυνατός ο διαχωρισμός των πέντε περιοχών προέλευσης των δειγμάτων χυμού ροδιάς με βάση τα πτητικά συστατικά σε ποσοστό ταξινόμησης 88,6 % που ήταν πάρα πολύ ικανοποιητικό. Οι περιοχές του Αγρινίου και του Πύργου διαφοροποιήθηκαν από εκείνες της Θεσσαλονίκης, της Ξάνθης και της Λάρισας. Η περιοχή της Λάρισας διαφοροποιήθηκε από την αντίστοιχη της Θεσσαλονίκης. Επιπλέον, κατέστη δυνατός ο διαχωρισμός των πέντε περιοχών προέλευσης των δειγμάτων χυμού ροδιάς με βάση το συνδυασμό πτητικών συστατικών με τις φυσικοχημικές παραμέτρους, τις παραμέτρους του χρώματος και τα οργανικά οξέα αντίστοιχα. Οι πέντε περιοχές διαφοροποιήθηκαν σημαντικά μεταξύ τους. Δεν κατέστη δυνατός ο διαχωρισμός των πέντε περιοχών με βάση τις φυσικοχημικές παραμέτρους, τις παραμέτρους του χρώματος και τα οργανικά οξέα αντίστοιχα. Εξάχθηκε το συμπέρασμα ότι τα πτητικά συστατικά έδωσαν το καλύτερο ποσοστό διαφοροποίησης και διαχώρισαν ικανοποιητικά τις πέντε περιοχές προέλευσης του χυμού ροδιού ακόμη και όταν συνδυάστηκαν με παραμέτρους που δεν έδωσαν καλό ποσοστό διαφοροποίησης.

Από τα δεδομένα προέκυψε ότι η ποικιλία «WONDERFUL» από τη Λάρισα ήταν κατάλληλη για εισαγωγή στις αγορές των καταστημάτων και κατανάλωση από το κοινό, καθώς χαρακτηρίστηκε από πλούσια γεύση και ελκυστικό σε γενικές γραμμές χρώμα. Η αντίστοιχη ποικιλία από τον Πύργο ήταν κατάλληλη για επεξεργασία του χυμού, καθώς χαρακτηρίστηκε από υψηλή οξύτητα και έντονο χρώμα. Το έντονο χρώμα ήταν «κλειδί» για την παρασκευή και επεξεργασία χυμού, καθώς οι θερμικές κατεργασίες θα ανήγαγαν το χρώμα του χυμού.

Οι ποικιλίες από τη Λάρισα και την Ξάνθη θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως λειτουργικά τρόφιμα στο πεδίο της ιατρικής ή κοσμητικής βιομηχανίας για την αντιμετώπιση διαφόρων ασθενειών και την παρασκευή φαρμακευτικών ουσιών, καθώς χαρακτηρίστηκαν από υψηλό φαιολικό περιεχόμενο και υψηλά επίπεδα αντιοξειδωτικής δραστηριότητας.

Τα δεδομένα από την παρούσα εργασία θα μπορούσαν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο τόσο στη βιομηχανία των τροφίμων από παραγωγούς, εξαγωγείς ή άλλους φορείς όσο και για ερευνητικούς σκοπούς και ανάλογες μελέτες στο μέλλον από την επιστημονική κοινότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βαχαμίδης Π. Και Βέμμος Σ. (2009). Η ροδιά και η καλλιέργειά της. Γεωργία – Κτηνοτροφία, 2, 30-39

Βαφοπούλου-Μαστρογιαννάκη Α. (2003). Βιοχημεία τροφίμων. Εκδόσεις Ζήτη και ΣΙΑ Ο.Ε.

Γάτσιος Κ. (2010). Η ροδιά. Εκδόσεις Αγρότυπος Α.Ε.

Γεννάδιος Π. Γ. (1959). Λεξικόν Φυτολογικόν. Β' έκδοσις μετά συμπληρώσεων. Τόμος II

Δρογούδη Π., Βασιλακάκης Μ., Θωμίδης Θ., Ναβροζίδης Ε. και Παντελίδης Γ. (2012). Εγχειρίδιο για την καλλιέργεια της ροδιάς.

Ζερφυρίδης Γ. (1998). Διατροφή του ανθρώπου. Εκδόσεις Γιαχούδη

Καββαδάς Δ. (1956). Εικονογραφημένον Βοτανικόν Φυτολογικόν Λεξικόν. Τόμοι Α-Η, Εκδόσεις Πελεκάνος, Αθήνα

Λέτσας Α. (1949). Μυθολογία της Γεωργίας. Τόμοι Ι-ΙΙΙ. Θεσσαλονίκη.

Ποντίκης Α. Κ. (1996). Ειδική Δεντροκομία. Ακρόδρυα, Πυρηνοκάρπια, Λοιπά Καρποφόρα, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα, 433-438

Στυλιανίδης Δ., Σιμώνης Α., Σωτηρόπουλος Θ. και Κουκουρίδου – Πετρίδου Μ. (2009). Το δέντρο της ροδιάς: Ιστορία, Μύθοι, Λαϊκή Παράδοση. Γεωργία – Κτηνοτροφία, 3, 30-34.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adams L. S., Seeram N. P., Aggarwal B. B., Takada Y., Sand D. and Heber D. (2006). Pomegranate juice, total pomegranate tannins and punicalagins suppress inflammatory cell signaling in colon cancer cells. J. Agric. Food Chem, 54, 980-5.

Afaq F., Saleem M., Krueger C. G., Reed J. D. and Mukhtar H. (2005). Anthocyanin and hydrolysable tannin-rich pomegranate fruit extract modulates MAPK and NF-

kappa B pathways and inhibits skin tumorigenesis in CD-1 mice. *Int. J. Cancer*, 113, 423-33.

Akpınar-Bayazit A., Özcan T. and Yılmaz-Ersan L. (2012). The Therapeutic Potential of Pomegranate and its Products for Prevention of Cancer. In Georgakilas A. G. (ed), *Cancer Prevention – From Mechanisms to Translational Benefits*. InTech.

Albrecht M., Jiang W., Kumi-Diaka J., Lansky E. P. and Gommersall L. (2004). Pomegranates extracts potently suppress proliferation, xenograft growth and invasion of human prostate cancer cells. *J. Med. Food*, 7, 274-83.

Amakura Y., Okada M., Tsuji S., Tonogai Y. (2000). High-performance liquid chromatographic determination with photodiode array detection of ellagic acid in fresh and processed fruits. *J. Chromatog. A.*, 896, 87-93.

Artik N., Murakami H. and Mori T. (1998). Determination of phenolic compounds in pomegranate juice by using HPLC. *Fruit Processing*, 12, 492-499.

Aviram M., Dornfeld L., Rosenblat M., Volkova N., Kaplan M., Coleman R., Hayek T., Presser D. and Fuhrman B., Pomegranate juice consumption reduces oxidative stress, atherogenic modifications to LDL, and platelet aggregation: studies in humans and in atherosclerotic apolipoprotein E-deficient mice. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2000, 71, 1062-1076.

Aviram M. and Dornfeld L. (2001). Pomegranate juice consumption inhibits serum angiotensin-converting enzyme activity and reduces systolic blood pressure. *Atherosclerosis*, 158(1), 195-8.

Boateng J., Verghese M., Shackelford L., Walker L. T., Khatiwada J., et al. 2007. Selected fruits reduce azoxymethane (AOM)-induced aberrant crypt foci (ACF) in fisher 344 male rats. *Food Chem. Toxicol.*, 45, 725–32.

Bonzanini F., Bruni R., Palla G., Serlataite N., Caligiani A., Identification and distribution of lignans in *Punica granatum* L. fruit endocarp, pulp, seeds, wood knots and commercial juices by GC–MS, *Food Chemistry*, 2009, 117, 745-749.

Braga L. C., Shupp J. W., Cummings C., Jett M., Takahashi J. A., et al. 2005b. Pomegranate extract inhibits *Staphylococcus aureus* growth and subsequent enterotoxin production. *J. Ethnopharmacol.*, 96, 335–39.

Cam M., Hisil Y. and Durmaz G., Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant capacity measured by four methods, *Food Chemistry*, 2009, 112, 721-726.

Can M., Hisil Y. and Gokhan Durmaz G. (2009). Characterization of Pomegranate juices from ten cultivars grown in Turkey. *International Journal of Food Properties*, 12, 388-395.

Clifford M. N. and Scalbert A. (2000). Review: ellagitanins-nature, occurrence and dietary burden. *J. Sci. Food. Agric.*, 80, 1118-25.

Colombo E., Sangiovanni E., Dell'Agli M., A review on the anti-inflammatory activity of pomegranate in the gastrointestinal track, *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 1-11.

Cunha W. R., Silva M. E., Veneziani R. C., Ambrosio S. R. and Bastos J. K. (2012) Lignans: chemical and biological properties. In Rao W. (ed). *Phytochemicals – A global perspective of their role in nutrition and health*. InTech.

Dell'Agli M., Galli G. V., Corbett Y., Taramelli D., Lucantoni L., et al. 2009. Antiplasmodial activity of *Punica granatum* L. fruit rind. *J. Ethnopharmacol.*, 125, 279–85.

De Nigris F., Williams-Ignarro S., Lerman L. O., Crimi E., Botti C., et al. 2005. Beneficial effects of pomegranate juice on oxidation-sensitive genes and endothelial nitric oxide synthase activity at sites of perturbed shear stress. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 102, 4896–901

De Nigris F., Williams-Ignarro S., Botti C., Sica V., Ignarro L. J. and Napoli C., Pomegranate juice reduces oxidized low-density lipoprotein downregulation of endothelial nitric oxide synthase in human coronary endothelial cells, *Nitric Oxide*, 2006, 15, 259-263.

Durazzo A., Zaccaria M., Polito A., Maiani G. and Carcea M., Lignan content in cereals, buckwheat and derived foods, *Foods*, 2013, 2, 53-63.

Ehling, S. and Cole S., Analysis of Organic Acids in Fruit Juices by Liquid Chromatography-Mass Spectrometry: An Enhanced Tool for Authenticity Testing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, 59, 2229–2234.

Eksi A. and Ozhamamci O., Chemical composition and guide values of pomegranate juice, *Gida*, 2009, 34, 265-270.

Fabiani A., Versari A., Parpinello G. P., Castellari M. and Galassi S., High-performance liquid chromatographic analysis of free amino acids in fruit juices using derivatisation with 9-fluorenylmethyl-chloroformate, *Journal of Chromatographic Science*, 2002, 40, 14-18.

Fadavi. A., Barzegar M. and Azizi H. M. (2006). Determination of fatty acids and total lipid content in oil seed of 25 pomegranate varieties grown in Iran. *J. Food. Comp. Anal.*, 19, 676-80.

Frison, E.A., and J. Servinsky. 1995. Directory of European institutions holding crop genetic resources collections, vol. 1, Holdings. 4th ed. Int. Plant Genetic Resources Inst. www.ecpgr.cgiar.org/publications/directories/direct95.htm.

Fuhrman B., Volkova N. and Aviran M. (2005). Pomegranate juice oxidized LDL uptake and cholesterol biosynthesis in macrophages. *J. Nutr. Biochem.*, 16, 570-6.

Gil M. I., Tomas-Barbera F. A., Hess-Pierce B., Holcroft D. M. and Kader A. A., Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, 48, 4581-4589.

Goor, A., and J. Liberman. 1956. The Pomegranate. pp. 5–57. J. Atsmon (ed.), State of Israel, Ministry of Agriculture, Agr. Publ. Section, Tel Aviv.

Guarino, L., T. Miller, M. Baazara, and N. Obadi. 1990. Socotra: The island of Bliss revisited. *Diversity* 6(3–4):28–31.

Halvorsen B. L., Holte K., Myhrstad M. C. W., Barikmo I., Hvattum E., et al. 2002. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *J. Nutr.* 132:461–71

Harborne J. B. (1989). *Methods in plant biochemistry, I: Plant phenolics*. Academic Press, London.

Harborne J. B. (1993). *The flavonoids: Advances in research since 1986*. Chapman and Hall, London.

- Hasnaoui N., Jbir R., Mars M., Trifi M., Kamal-Eldin A., Melgarejo P. and Hernandez F., Organic acids, sugars and anthocyanins contents in juices of Tynisian pomegranate fruits, *International Journal of Food Properties*, 2011, 14, 741-757.
- He J, Giusti MM. 2010. Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 1:163–87
- Holland, D., I. Bar-Ya'akov, and K. Hatib. 2006. Pomegranate research at Newe Ya'ar. *Alon Hanotea* 60:411–413.
- Hong M. Y., Seeram N. P. and Heber D., Pomegranate polyphenols down-regulate expression of androgen-synthesizing genes in human prostate cancer cells over-expressing the androgen receptor, *Journal of Nutritional Biochemistry*, 2008, 19, 848-855.
- Hora J. J., Maydew E. R., Lansky E. P., Dwivedi C. 2003. Chemopreventive effects of pomegranate seed oil on skin tumor development in CD1 mice. *J. Med. Food* 6:157–61
- Horowitz S., The power of the pomegranate: Biblical fruit with medicinal properties, *Journal of the alternative and complementary therapies*, 2006, 12, 121-126.
- HuangT. H., Peng G., Kota B. P., Li G.Q., Yamahara J., et al. 2005a. Anti-diabetic action of Punica granatum flower extract: activation of PPAR-gamma and identification of an active component. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 207:160–69
- Huang T. H., Peng G., Kota B. P., Li G. Q., Yamahara J., et al. 2005b. Pomegranate flower improves cardiac lipid metabolism in a diabetic rat model: role of lowering circulating lipids. *Br. J. Pharmacol.* 145:767–74
- Huang T. H., Yang Q., Harada M., Li G. Q., Yamahara J., et al. 2005c. Pomegranate flower extract diminishes cardiac fibrosis in zucker diabetic fatty rats: modulation of cardiac endothelin-1 and nuclear factor-kappaB pathways. *J. Cardiovasc. Pharmacol.* 46:856–62
- Iqbal K., Khan A. and Khattak M. A., Biological significance of ascorbic acid (Bitamin C) in human health- A review, *Pakistan Journal of Nutrition*, 2004, 3, 5-13.
- Jeune M. A., Kumi-Diaka J., Brown J. 2005. Anticancer activities of pomegranate extracts and genistein in human breast cancer cells. *J. Med. Food* 8:469–75

- Jorgensen S. and Brennand C. (2005). Pomegranates. Preserve the harvest, 7: pp, 1-4.
- Kader A. A. and Barrett D. M. (2004). Classification, composition of fruits and postharvest maintenance of quality. In Barrett D. M., Somogyi L. P. and Ramaswamy H. S. (ed). Processing fruits: Science and technology. CRC Press.
- Kaplan M., Hayek T., Raz A., Coleman R., Dornfeld L., Vaya J. and Aviram M., Pomegranate juice supplementation to atherosclerotic mice reduces macrophage lipid peroxidation, cellular cholesterol accumulation and development of atherosclerosis, *Journal of Nutrition*, 2001, 131, 2082-2089.
- Kasimsetty S. G., Bialonska D., Reddy M. K., Ma G., Khan S. I., Ferreira D. 2010. Colon cancer chemopreventive activities of pomegranate ellagitannins and urolithins. *J. Agric. Food Chem.*, 58, 2180–87.
- Kaufman M., Wiesman Z. 2007. Pomegranate oil analysis with emphasis on MALDI-TOF/MS triacylglycerol fingerprinting. *J. Agric. Food Chem.*, 55, 10405–13.
- Kelawala N. S. and Ananthanryan L. (2004). Antioxidant activity of selected foodstuffs. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 55(4), 511-516.
- Khan G. N., Gorin M. A., Rosenthal D., Pan Q., Bao L. W., et al. 2009. Pomegranate fruit extract impairs invasion and motility in human breast cancer. *Integr. Cancer Ther.*, 8, 242–53.
- Khan N., Afaq F., Kweon M. H., Kim K., Mukhtar H. 2007a. Oral consumption of pomegranate fruit extract inhibits growth and progression of primary lung tumors in mice. *Cancer Res.*, 67,3475–82.
- Khan N., Hadi N., Afaq F., Syed D. N., Kweon M. H., Mukhtar H. 2007b. Pomegranate fruit extract inhibits prosurvival pathways in human A549 lung carcinoma cells and tumor growth in athymic nude mice. *Carcinogenesis*, 28, 163–73.
- Kihara H. (1958). Breeding of seedless fruit. *Seiken Zihō*, 9, 1-7.
- Kohno H., Suzuki R., Yasui Y., Hosokawa M., Miyashita K., Tanaka T. 2004. Pomegranate seed oil rich in conjugated linolenic acid suppresses chemically induced colon carcinogenesis in rats. *Cancer Sci.*, 95, 481–86.

Krueger D. A., Composition of pomegranate juice, *Journal of AOAC International*, 2012, 95, 163-168.

Kyralan M., Golukcu M., Tokgoz H. 2009. Oil and conjugated linolenic acid contents of seeds from important pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in turkey. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 86, 985–90.

Lampe J. W., Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanisms of action in human experimental studies, *American Journal of Clinical Nutrition*, 1999, 70, 475-490.

Lansky E. P., Harrison G., Froom P., Jiang W. G. 2005a. Pomegranate (*Punica granatum*) pure chemicals show possible synergistic inhibition of human PC-3 prostate cancer cell invasion across matrigel. *Invest. New Drugs*, 23, 121–22.

Lansky E. P., Jiang W., Mo H., Bravo L., Froom P., et al. 2005b. Possible synergistic prostate cancer suppression by anatomically discrete pomegranate fractions. *Invest. New Drugs*, 23, 11–20.

Larrosa M., Tom´as-Barber´an F. A., Esp´in J. C. 2006. The dietary hydrolysable tannin punicalagin releases ellagic acid that induces apoptosis in human colon adenocarcinoma caco-2 cells by using the mitochondrial pathway. *J. Nutr. Biochem.*, 17, 611–25.

Levin, G.M. 1979. Pomegranate breeding in the USSR and the role of the Vavilov Institute of Plant Industry (VIR) collection in providing initial material. *Subtropicheskie Kul'tury*, 5, 75–79.

Levin, G.M. 1985. Dwarf fruiting forms of pomegranate. *Trudy Nauchno Issledovatel'skogo Instituta Sadovodstva, Vinogradarstva i Vinodeliya Imeni R R Shredera*, 47, 23–25.

Levin, G.M. 2006. Pomegranate roads: a Soviet botanist's exile from Eden. pp. 15–183. B.L. Baer (ed.), Floreat Press, Forestville, CA.

Li Y., Wen S., Kota B. P., Peng G., Li G. Q., et al. 2005. *Punica granatum* flower extract, a potent alpha-glucosidase inhibitor, improves postprandial hyperglycemia in zucker diabetic fatty rats. *J. Ethnopharmacol.*, 99, 239–44.

Liu, J.Y. 2003. Duanzhihong, a spur type pomegranate variety. *China Fruits*, 6, 3–4.

Mahdavi R., Nikniaz Z., Rafrat M. and Jouyban A., Determination and comparison of total polyphenol and vitamin C contents of natural fresh and commercial fruit juices, *Pakistan Journal of Nutrition*, 2010, 9, 968-972.

Malik A., Afaq F., Sarfaraz S., Adhami V. M., Syed D. N., Mukhtar H. 2005. Pomegranate fruit juice for chemoprevention and chemotherapy of prostate cancer. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 102, 14813–18.

Mars M. (2000). Pomegranate plant material: Genetic resources and breeding, a review. In Melgarejo P., Martínez-Nicolás J. J. and Martínez-Tomé J. (ed.). *Production, processing and marketing of pomegranate in the Mediterranean region: Advances in research and technology*. CIHEAM.

Mato I., Suarez-Luque S. and Huidobro J. F., A review of the analytical methods to determine organic acids in grape juices and wines, *Food Research International*, 2005, 38, 1175-1188.

McDougall G. J., Ross H. A., Ikeji M., Stewart D.. 2008. Berry extracts exert different antiproliferative effects against cervical and colon cancer cells grown in vitro. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 3016–23.

Medjakovic S. and Jungbauer A., Pomegranate: A fruit that ameliorates metabolic syndrome, *Food and Function*, 2013, 4, 19-39.

Mehta R., Lansky E. P. 2004. Breast cancer chemopreventive properties of pomegranate (*Punica granatum*) fruit extracts in a mouse mammary organ culture. *Eur. J. Cancer Prev.*, 13, 345–48.

Melgarejo P., Calin-Sanchez A., Vazquez-Araujo L., Hernandez F., Martinez J. J., Legua P. and Carbonell-Barrachina A. A., Volatile composition of pomegranates from 9 Spanish cultivars using headspace solid phase microextraction, *Journal of Food Science*, 2011, 76, 114-120.

Mercy O. A., Simeon O. O., Saheed A., Ayokunle O. and Temitope A. E., Analysis of phenolic compounds, phytosterols, lignans and stilbenoids in garlic and ginger oil by gas chromatography, *Journal of Food Chemistry and Nutrition*, 2014, 2, 53-60.

- Morton L. W., Cacceta R. A. A., Puddey I. B., and Croft, K. D., Chemistry and biological effects of dietary phenolic compounds: relevance to cardiovascular disease. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 2000, 27, 152-159.
- Nalawadi, U. G., A. A. Farooqi, Dasappa, M. A. N. Reddy, Gubbaiah, G. S. Sulikeri, and A. S. Nalini. 1973. Studies on the floral biology of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Mysore J. Agr. Sci.*, 7, 213–225.
- Neurath A. R., Strick N., Li Y. Y., Debnath A. K. 2005. *Punica granatum* (pomegranate) juice provides an HIV-1 entry inhibitor and candidate topical microbicide. *Ann. NY Acad. Sci.*, 1056, 311–27.
- Pantuck A. J., Leppert J. T., Zomorodian N., Aronson W., Hong J., Barnard R. J., Seeram N., Liker H., Wang H., Elashoff R., Heber D., Aviram M., Ignarro L. and Belldegrin A., Phase II Study of pomegranate juice for men with rising prostate-specific antigen following surgery or radiation for prostate cancer. *Clinical Cancer Research*, 2006, 12, 4018-4026.
- Poyrazoglu E., Gokmen V. and Artik N., Organic acids and phenolic compounds in pomegranates (*Punica granatum* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2002, 15, 567-575.
- Rapisarda P., Tomaino A., Lo Cascio R., Bonina F., De Pasquale A. and Saija A., Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, 47, 4718-4723.
- Rettig M. B., Heber D., An J., Seeram N. P., Rao J. Y., et al. 2008. Pomegranate extract inhibits androgenindependent prostate cancer growth through a nuclear factor-kappaB-dependent mechanism. *Mol. Cancer Ther.*, 7, 2662–71.
- Sartippour M. R., Seeram N. P., Rao J. Y., Moro A., Harris D. M., et al. 2008. Ellagitannin-rich pomegranate extract inhibits angiogenesis in prostate cancer in vitro and in vivo. *Int. J. Oncol.*, 32, 475–80.
- Sassano G., Sanderson P., Franx J., Groot P., Straalen J., Bassaganya-Riera J.. 2009. Analysis of pomegranate seed oil for the presence of jacaric acid. *J. Sci. Food Agric.*, 89, 1046–52.

Seeram N. P., Aviram M., Zhang Y., Henning S. M., Feng L., et al. 2008a. Comparison of antioxidant potency of commonly consumed polyphenol-rich beverages in the United States. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 1415–22.

Serpen J. Y., Comparison of sugar content in bottled 100% fruit juice versus extracted juice of fresh fruit, *Food of Nutrition Sciences*, 2012, 3, 1509-1513.

Shiner M., Fuhrman B., Aviram M. 2007. Macrophage paraoxonase 2 (PON2) expression is up-regulated by pomegranate juice phenolic antioxidants via PPAR gamma and AP-1 pathway activation. *Atherosclerosis*, 195, 313–21.

Singh R. P., Chidambara Murthy K. N., Jayaprakasha G. K. 2002. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitromodels. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 81–86.

Stangeland T., Remberg S. F., Lye K. A. 2007. Antioxidants in some Ugandan fruits. *Afr. J. Ecol.*, 45, 29–30.

Still, D.W. 2006. Pomegranate: A botanical perspective. pp. 199–210. In: N.P. Seeram, R.N. Schulman, and D. Heber (eds.), *Pomegranates: ancient roots to modern medicine*. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.

Stover E. and Mercure E. W., *The pomegranate: A new look at the fruit of paradise*, HortScience, 2007, 42, 1088-1092.

Terakami, S., N. Matsuta, T. Yamamoto, S. Sugaya, H. Gemma, and J. Soejima. 2007. Agrobacterium - mediated transformation of the dwarf pomegranate (*Punica granatum* L. var. *nana*). *Plant Cell Rep.*, 26, 1243–1251.

Toi M., Bando H., Ramachandran C., Melnick S. J., Imai A., et al. 2003. Preliminary studies on the anti-angiogenic potential of pomegranate fractions in vitro and in vivo. *Angiogenesis*, 6, 121–28.

Tzulker R., Glazer I., Bar-Ilan I., Holland D., Aviram M. and Amir R., Antioxidant activity, polyphenol content and related compounds in different fruit juices and homogenates prepared from 29 different pomegranate accessions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55, 9559-9570.

Viuda-Martos M., Fernandez-Lopez J. and Perez-Alvarez J. A., Pomegranate and its many functional components as related to human health: A review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2010, 9, 635-654.

Wolfe K. L., Kang X., He X., Dong M., Zhang Q., Liu R. H. 2008. Cellular antioxidant activity of common fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 8418–26.

Xu K. Z. Y., Zhu C., Kim M. S., Yamahara J., Li Y. 2009. Pomegranate flower ameliorates fatty liver in an animal model of type 2 diabetes and obesity. *J. Ethnopharmacol.*, 123, 280–87.

Zamani, Z., A. Sarkhosh, R. Fatahi, and A. Ebadi. 2007. Genetic relationships among pomegranate genotypes studied by fruit characteristics and RAPD markers. *J. Hort. Sci. Biotech.*, 82, 11–18.

Zhang L. H., Li L. L., Li Y. X., Zhang Y. H. 2008. In vitro antioxidant activities of fruits and leaves of pomegranate. *Acta Hortic.*, 765, 31–34.

Zukovskij, P.M. 1950. *Punica*. p. 60–61. In: *Cultivated plants and their wild relatives*. State Publ. House Soviet Science, Moscow.