



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΑΡΜΑΚΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ ΠΑΝΤΟΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΧΥΜΩΝ
ΦΡΟΥΤΩΝ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ**

ΔΕΣΠΟΙΝΑ Ν. ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΥ

ΦΑΡΜΑΚΟΠΟΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2017

ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ



ΙΠΠΟΚΡΑΤΗΣ

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΙΠΠΟΚΡΑΤΕΙΟΣ ΟΡΚΟΣ ΚΕΙΜΕΝΟ

ΟΜΝΥΜΙ ΑΠΟΛΛΩΝΑ ΙΗΤΡΟΝ ΚΑΙ ΑΣΚΛΗΠΙΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑΝ ΚΑΙ ΠΑΝΑΚΕΙΑΝ ΚΑΙ ΘΕΟΥΣ ΠΑΝΤΑΣ ΤΕ ΚΑΙ ΠΑΣΑΣ ΙΣΤΟΡΑΣ ΠΟΙΕΥΜΕΝΟΣ, ΕΠΙΤΕΛΕΑ ΠΟΙΗΣΕΙΝ ΚΑΤΑ ΔΥΝΑΜΙΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΝ ΕΜΗΝ ΟΡΚΟΝ ΤΟΝΔΕ ΚΑΙ ΕΥΓΓΡΑΦΗΝ ΤΗΝΔΕ. ΗΓΗΣΣΘΑΙ ΜΕΝ ΤΟΝ ΔΙΔΑΞΑΝΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗΝ ΤΑΥΤΗΝ. ΙΣΑ ΓΕΝΕΤΗΣΙΝ ΕΜΟΙΣΙ, ΚΑΙ ΒΙΟΥ ΚΟΙΝΩΣΕΣΘΑΙ ΚΑΙ ΧΡΕΩΝ ΧΡΗΖΟΝΤΙ ΜΕΤΑΔΟΣΙΝ ΠΟΙΗΣΕΣΘΑΙ ΚΑΙ ΓΕΝΟΣ ΤΟ ΕΞ ΑΥΤΟΥ ΑΔΕΛΦΕΟΙΣ ΙΣΟΝ ΕΠΙΚΡΙΝΕΕΙΝ ΑΡΡΕΣΙ ΚΑΙ ΔΙΔΑΞΕΙΝ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗΝ ΤΑΥΤΗΝ, ΗΝ ΧΡΗΖΩΣΙ ΜΑΘΘΑΝΕΙΝ, ΑΝΕΥ ΜΙΣΘΟΥ ΚΑΙ ΕΥΓΓΡΑΦΗΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΗΣ ΤΕ ΚΑΙ ΑΚΡΟΗΣΙΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΛΟΙΠΗΣ ΑΠΑΣΗΣ ΜΑΘΗΣΙΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΙΝ ΠΟΙΗΣΕΣΘΑΙ ΥΙΟΙΣΙ ΤΕ ΕΜΟΙΣΙ ΚΑΙ ΤΟΙΣΙ ΤΟΥ ΕΜΕ ΔΙΔΑΞΑΝΤΟΣ ΚΑΙ ΜΑΘΗΤΑΙΣΙ ΕΥΓΓΕΓΡΑΜΜΕΝΟΙΣ ΤΕ ΚΑΙ ΟΡΚΙΣΜΕΝΟΙΣ ΝΟΜΩ ΙΗΤΡΙΚΩ ΑΛΛΩ ΔΕ ΟΥΔΕΝΙ. ΔΙΑΙΤΗΜΑΣΙ ΤΕ ΧΡΗΣΟΜΑΙ ΕΠ' ΩΦΕΛΕΙΗ ΚΑΜΝΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑ ΔΥΝΑΜΙΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΝ ΕΜΗΝ, ΕΠΙ ΔΗΛΗΣΕΙ ΔΕ ΚΑΙ ΑΔΙΚΗΝ ΕΙΡΞΕΙΝ. ΟΥ ΔΩΣΩ ΔΕ ΟΥΔΕ ΦΑΡΜΑΚΟΝ ΟΥΔΕΝΙ ΑΙΤΗΘΕΙΣ ΘΑΝΑΣΙΜΟΝ. ΟΥΔΕ ΥΦΗΓΗΣΟΜΑΙ ΕΥΜΒΟΥΛΙΗΝ ΤΟΙΗΝΔΕ ΟΜΟΙΩΣ ΔΕ ΟΥΔΕ ΓΥΝΑΙΚΙ ΠΕΣΣΟΝ ΦΘΟΡΙΟΝ ΔΩΣΩ. ΑΓΝΩΣ ΔΕ ΚΑΙ ΟΣΙΩΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΩ ΒΙΟΝ ΤΟΝ ΕΜΟΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΝ ΤΗΝ ΕΜΗΝ. ΟΥ ΤΕΜΕΩ ΔΕ ΟΥΔΕ ΜΗΝ ΛΙΘΙΩΝΤΑΣ, ΕΚΧΩΡΗΣΩ ΔΕ ΕΡΓΑΤΗΣΙΝ ΑΝΔΡΑΣΙΝ ΠΡΗΕΙΟΙΣ ΤΗΣΔΕ. ΕΣ ΟΙΚΙΑΣ ΔΕ ΟΚΟΣΑΣ ΑΝ ΕΣΙΩ, ΕΞΕΛΕΥΣΟΜΑΙ ΑΠ' ΩΦΕΛΕΙΗ ΚΑΜΝΟΝΤΩΝ, ΕΚΤΟΣ ΕΩΝ ΠΑΣΗΣ ΑΔΙΚΗΣ ΕΚΟΥΣΙΗΣ ΚΑΙ ΦΘΟΡΙΗΣ ΤΗΣ ΤΕ ΑΛΛΗΣ ΚΑΙ ΑΦΡΟΔΙΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ ΕΠΙ ΤΕ ΓΥΝΑΙΚΕΙΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΔΡΕΙΩΝ, ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΤΕ ΚΑΙ ΔΟΥΛΩΝ. Α Δ' ΑΝ ΕΝ ΘΕΡΑΠΕΙΗ Η ΙΔΩ Η ΑΚΟΥΣΩ, Η ΚΑΙ ΑΝΕΥ ΘΕΡΑΠΕΙΗΣ ΚΑΤΑ ΒΙΟΝ ΑΝΘΡΩΠΩΝ, Α ΜΗ ΧΡΗ ΠΟΤΕ ΕΚΛΑΛΕΕΣΘΑΙ ΕΞΩ, ΣΙΓΗΣΟΜΑΙ, ΑΡΡΗΤΑ ΗΓΕΥΜΕΝΟΣ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΤΟΙΑΥΤΑ. ΟΡΚΟΝ ΜΕΝ ΟΥΝ ΜΟΙ ΤΟΝΔΕ ΕΠΙΤΕΛΕΑ ΠΟΙΕΟΝΤΙ ΚΑΙ ΜΗ ΕΥΓΧΕΟΝΤΙ ΕΙΗ ΕΠΑΥΡΑΣΘΑΙ ΚΑΙ ΒΙΟΥ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΣ, ΔΟΞΑΖΟΜΕΝΩ ΠΑΡΑ ΠΑΣΙΝ ΑΝΘΡΩΠΟΙΣ ΕΣ ΤΟΝ ΑΙΕΙ ΧΡΟΝΟΝ ΠΑΡΑΒΑΙΝΟΝΤΙ ΔΕ ΚΑΙ ΕΠΙΟΡΚΕΟΝΤΙ, ΤΑΛΑΝΤΙΑ ΤΟΥΤΕΩΝ.

ΙΠΠΟΚΡΑΤΙΚΟΣ ΟΡΚΟΣ ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

ΟΡΚΙΖΟΜΑΙ ΣΤΟΝ ΑΠΟΛΛΩΝΑ ΤΟΝ ΙΑΤΡΟ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΑΣΚΛΗΠΙΟ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΠΑΝΑΚΕΙΑ ΚΑΙ Σ' ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΘΕΟΥΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΘΕΕΣ, ΠΟΥ ΒΑΖΩ ΜΑΡΤΥΡΕΣ, ΟΤΙ ΘΑ ΕΚΠΛΗΡΩΣΩ ΤΟΝ ΟΡΚΟ ΜΟΥ ΑΥΤΟ ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΜΒΟΛΑΙΟ ΑΥΤΟ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΔΥΝΑΜΗ ΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΜΟΥ. ΟΤΙ ΘΑ ΘΕΩΡΩ ΕΚΕΙΝΟΝ ΠΟΥ ΜΟΥ ΔΙΔΑΞΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗ ΑΥΤΗ ΊΣΟΝ ΜΕ ΤΟΥΣ ΓΟΝΕΙΣ ΜΟΥ, ΚΑΙ ΘΑ ΤΟΝ ΚΑΝΩ ΚΟΙΝΩΝΟ ΤΟΥ ΒΙΟΥ ΜΟΥ, ΚΑΙ ΘΑ ΤΟΥ ΠΡΟΣΦΕΡΩ ΑΠΟ ΤΑ ΔΙΚΑ ΜΟΥ ΟΤΙ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ, ΤΟΥΣ ΑΠΟΓΟΝΟΥΣ ΤΟΥ ΘΑ ΘΕΩΡΩ ΩΣ ΑΔΕΛΦΟΥΣ ΜΟΥ ΚΑΙ ΘΑ ΤΟΥΣ ΔΙΔΑΞΩ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗ ΑΥΤΗ, ΑΝ ΕΠΙΘΥΜΟΥΝ ΝΑ ΜΑΘΟΥΝ, ΧΩΡΙΣ ΜΙΣΘΟ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΣΥΜΦΩΝΙΑ. ΟΤΙ ΘΑ ΜΕΤΑΔΩΣΩ ΤΟΥΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥΣ ΚΑΝΟΝΕΣ, ΤΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΠΙΟΥΣ ΜΟΥ, ΣΤΟΥΣ ΠΙΟΥΣ ΤΟΥ ΔΙΔΑΣΚΑΛΟΥ ΜΟΥ, ΚΑΙ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΠΟΥ ΘΑ ΕΧΟΥΝ ΣΥΝΔΕΘΗ ΜΑΖΙ ΜΟΥ ΜΕ ΟΡΚΟ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΑΙΟ, ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΗΘΕΙΑ ΤΩΝ ΙΑΤΡΩΝ, ΚΑΙ ΣΕ ΚΑΝΕΝΑ ΑΛΛΟ.

ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΩ ΤΗ ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑ ΜΟΝΟ ΓΙΑ ΩΦΕΛΕΙΑ ΤΩΝ ΑΡΡΩΣΤΩΝ, ΟΣΟ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΜΟΥ, ΚΑΙ (ΥΠΟΣΧΟΜΑΙ ΟΤΙ) ΘΑ ΤΟΥΣ ΠΡΟΦΥΛΑΞΩ ΑΠΟ ΚΑΘΕ ΒΛΑΒΗ ΚΑΙ ΑΔΙΚΙΑ.

ΔΕΝ ΘΑ ΧΟΡΗΓΗΣΩ ΘΑΝΑΤΟΦΟΡΟ ΦΑΡΜΑΚΟ ΣΕ ΚΑΝΕΝΑ, ΟΣΟ ΚΑΙ ΑΝ ΠΑΡΑΚΛΗΣΩ, ΟΥΤΕ ΘΑ ΥΠΟΔΕΙΞΩ ΤΕΤΟΙΑ ΣΥΜΒΟΥΛΗ. ΕΠΙΣΗΣ ΔΕΝ ΘΑ ΔΩΣΩ ΣΕ ΓΥΝΑΙΚΑ ΦΑΡΜΑΚΟ ΕΚΤΡΩΤΙΚΟ, ΑΓΝΗ ΚΑΙ ΚΑΘΑΡΗ ΘΑ ΔΙΑΤΗΡΗΣΩ ΤΗ ΖΩΗ ΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗ ΜΟΥ. ΔΕΝ ΘΑ ΧΕΙΡΟΥΡΓΗΣΩ ΟΠΩΣΔΗΠΟΤΕ ΑΥΤΟΥΣ ΠΟΥ ΠΑΣΧΟΥΝ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ, ΑΛΛΑ ΘΑ ΑΦΗΣΩ ΤΗΝ ΠΡΑΞΗ ΑΥΤΗ ΣΤΟΥΣ ΕΞΑΣΚΗΜΕΝΟΥΣ. ΣΕ ΟΣΑ ΣΠΙΤΙΑ ΠΡΟΣΚΑΛΟΥΜΑΙ, ΘΑ ΜΠΑΙΝΩ ΓΙΑ ΤΟ ΚΑΛΟ ΤΩΝ ΑΡΡΩΣΤΩΝ, ΚΡΑΤΩΝΤΑΣ ΤΟΝ ΕΑΥΤΟ ΜΟΥ ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΚΑΘΕ ΘΕΛΗΜΑΤΙΚΗ ΑΔΙΚΙΑ Ή ΑΛΛΗ ΔΙΑΦΘΟΡΑ ΚΑΙ ΠΡΟ ΠΑΝΤΩΝ ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΚΑΘΕ ΑΦΡΟΔΙΣΙΑΚΗ ΠΡΑΞΗ ΣΕ ΣΩΜΑΤΑ ΓΥΝΑΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΔΡΩΝ, ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ Ή ΔΟΥΛΩΝ.

ΟΣΑ ΔΕ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ ΘΑ ΔΩ Ή ΘΑ ΑΚΟΥΣΩ, Ή ΚΑΙ ΠΕΡΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΣΧΟΛΙΕΣ ΜΟΥ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ, ΟΣΑ ΔΕΝ ΠΡΕΠΕΙ ΠΟΤΕ ΝΑ ΚΟΙΝΟΛΟΓΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟΥΣ ΕΞΩ, ΘΑ ΤΑ ΑΠΟΣΙΩΠΩ, ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΣ ΟΤΙ ΑΥΤΑ ΕΙΝΑΙ ΙΕΡΑ ΜΥΣΤΙΚΑ. ΟΣΟ ΛΟΙΠΟΝ ΘΑ ΤΗΡΩ ΤΟΝ ΟΡΚΟ ΜΟΥ ΑΥΤΟ, ΚΑΙ ΔΕΝ ΘΑ ΤΟΝ ΠΑΡΑΒΙΑΣΩ, ΕΙΘΕ ΝΑ ΠΕΤΥΧΑΙΝΩ ΣΤΗ ΖΩΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΗ ΜΟΥ, ΕΧΟΝΤΑΣ ΚΑΛΟ ΟΝΟΜΑ ΠΑΝΤΟΤΕ ~~ΑΝΑΜΕΣΑ~~ ΣΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ. ΕΑΝ ΟΜΩΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΒΩ ΚΑΙ ΓΙΝΩ ΕΠΙΟΡΚΟΣ, ΝΑ ΠΑΘΩ ΤΑ ΑΝΤΙΘΕΤΑ.

Περιεχόμενα

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1. Περί φρούτων και χυμών φρούτων	7
1.2. Ταξινόμηση των βιομηχανικών χυμών	9
1.3. Επώνυμοι Χυμοί- Χυμοί Ιδιωτικής ετικέτας	11
2. ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΡΙΖΕΣ-ΔΡΑΣΗ ΑΥΤΩΝ	13
2.1. Ελεύθερες Ρίζες- Σχηματισμός Ελεύθερων ριζών.....	13
2.2. Παραγωγή ελεύθερων ριζών στον οργανισμό.....	15
2.2.1. Ενδογενής Παραγωγή Ελεύθερων Ριζών	16
2.2.2. Εξωγενής Παραγωγή Ελεύθερων Ριζών	17
2.3. Επιδράσεις ελευθέρων ριζών –Κλινική σημασία οξειδωτικού στρες.....	18
2.3.1. Καρκίνος και οξειδωτικό στρες	19
2.3.2. Καρδιοαγγειακή νόσος και οξειδωτικό στρες.....	19
2.3.3. Νευρολογικές παθήσεις και οξειδωτικό στρες	19
2.3.4. Πνευμονοπάθεια και οξειδωτικό στρες.....	20
2.3.5. Νεφροπάθεια και οξειδωτικό στρες	20
2.3.6. Ρευματοειδής αρθρίτιδα και οξειδωτικό στρες.....	20
2.3.7. Οφθαλμική νόσος και οξειδωτικό στρες.....	21
2.3.8. Εμβρυϊκή ανάπτυξη και οξειδωτικό στρες.....	21
2.4. Αντιοξειδωτικά συστήματα.....	21
2.4.1. Ταξινόμηση αντιοξειδωτικών ενζύμων	22
3. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΧΥΜΩΝ ΦΡΟΥΤΩΝ	27
3.1. Κατηγορίες πολυφαινόλων.....	27
3.1.1. Απλές φαινολικές ουσίες	28
3.1.2. Φλαβονοειδείς Φαινόλες.....	28
3.1.3. Μη φλαβονοειδείς φαινόλες	33

3.2.	Φυσικές πηγές πολυφαινολών	34
3.3.	Ευεργετικές επιδράσεις των χυμών φρούτων	34
	ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	37
4.	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	39
5.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	41
5.1.	Υλικά και μέθοδοι.....	41
5.2.	Ανάλυση Δειγμάτων	42
5.2.1.	Η μέθοδος DPPH [•]	46
5.2.2.	Η μέθοδος ABTS ^{•+}	48
5.2.3.	Η μέθοδος Folin-Ciocalteu.....	50
5.2.4.	Η μέθοδος Φλαβονοειδών	51
5.2.5.	Χρωματομετρία	52
5.3.	Στατιστική επεξεργασία	53
6.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	55
6.1.	Ολική Αντιοξειδωτική ικανότητα της ρίζας DPPH [•]	55
6.1.1.	Αποτελέσματα	55
6.1.2.	Συσχετίσεις που αφορούν την εξουδετέρωση της ρίζας DPPH [•] από τους αντιοξειδωτικούς χυμούς.....	58
6.2.	Ολική Αντιοξειδωτική ικανότητα της ρίζας ABTS ^{•+}	62
6.2.1.	Αποτελέσματα	62
6.2.2.	Συσχετίσεις που αφορούν την εξουδετέρωση της ρίζας ABTS ^{•+} από τους αντιοξειδωτικούς χυμούς.....	65
6.3.	Αποτελέσματα Ολικών Φαινολών.....	69
6.3.1.	Αποτελέσματα	69
6.3.2.	Συσχετίσεις που αφορούν τις Ολικές Φαινόλες των χυμών.....	73
6.4.	Ολικά Φλαβονοειδή	79
6.4.1.	Αποτελέσματα	79

6.4.2. Συσχετίσεις που αφορούν τα Ολικά Φλαβονοειδή των χυμών.....	82
6.5. Χρωματικές παράμετροι χυμών.....	88
6.5.1. Αποτελέσματα.....	88
6.5.2. Συσχετίσεις που αφορούν τις χρωματικές παραμέτρους των χυμών.....	93
7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	101
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	107
9. ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	111
10. SUMMARY.....	113
11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	115

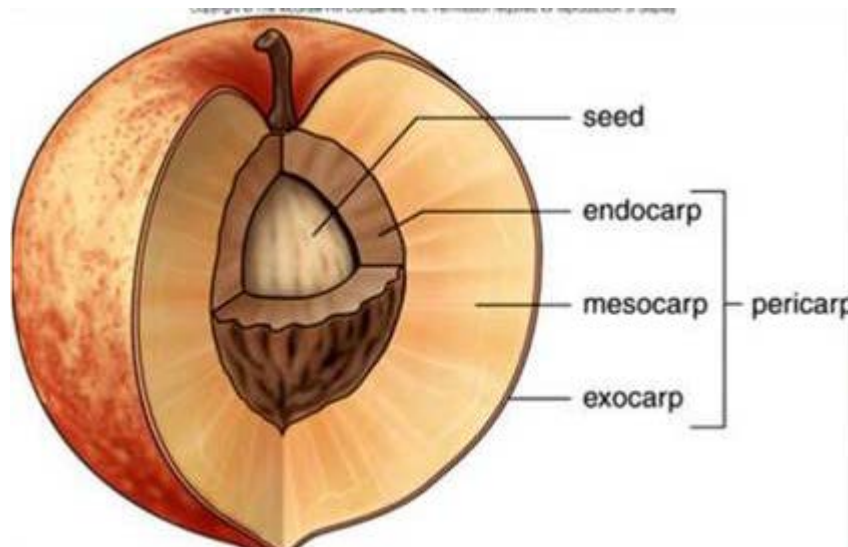
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Περί φρούτων και χυμών φρούτων

Το φρούτο ως πρώτη ύλη είναι ένα υγιές, επαρκώς ώριμο και νωπό ή διατηρημένο με φυσικές μεθόδους ή με επεξεργασία, συμπεριλαμβανομένων των επεξεργασιών μετά τη συγκομιδή, εφαρμοζόμενη σύμφωνα με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (1).

Η δομή ενός φρούτου αποτελείται από το περικάρπιο το οποίο περιλαμβάνει το εξοκάρπιο (το εξωτερικό τμήμα του καρπού, γνωστό ως φλούδα), το μεσοκάρπιο (το μεσαίο στρώμα, περιέχει την πούλπα) και το ενδοκάρπιο (το εσωτερικό τμήμα του καρπού, περιβάλλει τον σπόρο), όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Σύνθεση και δομή του καρπού (φρούτου).

Ο πολτός φρούτων είναι το ζυμώσιμο αλλά μη ζυμωθέν προϊόν που λαμβάνεται με κατάλληλες φυσικές διεργασίες, όπως κοσκίνισμα, λειοτρίβηση ή άλεση του βρώσιμου μέρους ολόκληρων ή αποφλοιωμένων φρούτων, χωρίς αφαίρεση του χυμού. Με τον όρο πούλπα ή κύτταρα νοούνται τα προϊόντα που λαμβάνονται από τα βρώσιμα μέρη των φρούτων του ίδιου είδους χωρίς αφαίρεση του χυμού. Επιπλέον, για τα εσπεριδοειδή, ως πούλπα ή κύτταρα αναφέρονται οι χυμοφόροι θύλακες του ενδοκαρπίου (1).

Οι αρωματικές ουσίες λαμβάνονται από τα βρώσιμα μέρη των φρούτων, εν τούτοις, είναι δυνατόν να συνίστανται σε έλαιο ψυχρής έκθλιψης από φλοιό εσπεριδοειδών και συστατικά από τους πυρήνες. Όσον αφορά τα σάκχαρα, συνήθως χρησιμοποιείται το σιρόπι φρουκτόζης ή σάκχαρα που λαμβάνονται από τα φρούτα (1).

Ως χυμός φρούτων αναφέρεται το ζυμώσιμο αλλά μη ζυμωθέν προϊόν που λαμβάνεται από υγιή και ώριμα φρούτα, ενός ή πολλών ειδών, νωπά ή διατηρημένα μέσω ψύξης και έχει το χρώμα, το άρωμα και την χαρακτηριστική γεύση του χυμού φρούτου από το οποίο προέρχεται. Το άρωμα, η πούλπα και τα κύτταρα του χυμού που αφαιρέθηκαν κατά την επεξεργασία είναι δυνατόν να αποκαθίστανται στον ίδιο χυμό. Όσον αφορά τα εσπεριδοειδή, ο χυμός φρούτων πρέπει να προέρχεται από το ενδοκάρπιο. Εντούτοις, ο χυμός του γλυκολέμονου (μοσχολέμονου) είναι δυνατόν να λαμβάνεται από ολόκληρο τον καρπό, με κατάλληλη πρακτική παρασκευής, ώστε να μην εμπλέκονται τα εξωτερικά μέρη του φρούτου μέσα στον χυμό (1).

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), τα φρούτα και τα λαχανικά είναι σημαντικά συστατικά μιας υγιεινής διατροφής. Μειωμένη κατανάλωση φρούτων και λαχανικών συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο των μη μεταδοτικών ασθενειών (Non Communicable Diseases-NCDs). Οι τέσσερις κύριοι τύποι των NCDs είναι οι καρδιαγγειακές παθήσεις (όπως η καρδιακή προσβολή και το εγκεφαλικό επεισόδιο), ο καρκίνος, οι χρόνιες αναπνευστικές ασθένειες (όπως η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια και το άσθμα) και ο διαβήτης. Το 2013 υπολογίζεται ότι 5,2 εκατομμύρια θάνατοι σε όλο τον κόσμο οφείλονταν σε ανεπαρκή κατανάλωση φρούτων και λαχανικών. Ως μέρος μιας υγιεινής διατροφής χαμηλή σε λιπαρά, σάκχαρα και νάτριο, ο WHO προτείνει ημερήσια κατανάλωση πέντε μερίδων φρούτων και λαχανικών (ισοδυναμούν με 400 γραμμάρια φρούτων και λαχανικών) για την βελτίωση της γενικής υγείας και τη μείωση των NCDs.

Σε κάθε περίπτωση, ο χυμός φρούτων θα μπορούσε να είναι μια εξαιρετική εναλλακτική λύση, αντί των ολόκληρων φρούτων, τα οποία ίσως είναι λιγότερο εύγευστα, ξινά ή χονδροειδή στην υφή τους. Επιπλέον, οι χυμοί φρούτων μπορούν να προάγουν καλύτερη πέψη, ιδιαίτερα όσον αφορά τους ηλικιωμένους ανθρώπους

και τα παιδιά (2). Οι ηλικιωμένοι άνθρωποι, αλλά και οι νεότεροι ενήλικες, θα έπρεπε να ακολουθούν μια διατροφή η οποία θα ακολουθεί τις αρχές μιας υγιούς ισορροπημένης διαίτας, συμπεριλαμβάνοντας στο διαιτολόγιό τους χυμούς φρούτων. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι το οξειδωτικό στρες στον ανθρώπινο οργανισμό ήταν επακόλουθο υπερπαραγωγής ελεύθερων ριζών, το οποίο συσχετίστηκε με υψηλό κίνδυνο NCDs ασθενειών (3-5). Σύμφωνα με την Εθνική Έρευνα Υγειονομικής Νοσηρότητας (National Health Morbidity Survey-NHMS) για το έτος 2011, το 92,5% των ενηλίκων δεν καταναλώνει ημερησίως αρκετά φρούτα και λαχανικά, ενώ οι NCDs ασθένειες όπως ο διαβήτης τύπου II, η υπερχοληστερολαιμία και η υπέρταση συνεχώς αυξάνονται.

Αποδεδειγμένα επιστημονικά στοιχεία προτείνουν την κατανάλωση χυμών φρούτων, διότι μπορεί να είναι εξίσου αποτελεσματικοί, όσο τα ολόκληρα φρούτα στην πρόληψη χρόνιων ασθενειών (6, 7). Η παραγωγή των "έτοιμων" χυμών του εμπορίου αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς στην αγορά, καθώς οι καταναλωτές αναζητούν κατάλληλα προϊόντα με υψηλές θρεπτικές ιδιότητες (8).

Προηγούμενες μελέτες έχουν αξιολογήσει τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες των φρέσκων φρούτων (9-16), αλλά περιορισμένες μελέτες έχουν διεξαχθεί για να συγκρίνουν την αντιοξειδωτική ικανότητα διαφορετικών κατηγοριών χυμών φρούτων σε συσχέτιση με τους χυμούς από την άμεση εκχύμωση των φρέσκων φρούτων. Πόσο μάλλον δεν έχει γίνει συστηματική μελέτη των εμπορικών προϊόντων της Ελληνικής αγοράς.

1.2. Ταξινόμηση των βιομηχανικών χυμών

Η κατανάλωση χυμών φρούτων, πέραν της ευφραντικής τους ιδιότητας υποστηρίζεται και με την αντιοξειδωτική τους ικανότητα. Σύμφωνα με τις Οδηγίες της ΕΕ (1) οι εμπορικοί χυμοί φρούτων κατατάσσονται σε:

- i. **100% Φυσικούς χυμούς:** Ο 100% φυσικός χυμός ή χυμός από μη συμπυκνωμένο χυμό (Προαναφέρθηκε με τον όρο "χυμός φρούτων") με απλά λόγια είναι ο χυμός που στύβεται και συσκευάζεται χωρίς την προσθαφαίρεση άλλων στοιχείων. Το φρέσκο φρούτο αρχικά χυμοποιείται,

εν συνεχεία παστεριώνεται και τέλος συσκευάζεται, περιέχοντας μόνο το δικό του φυσικό νερό.

- ii. **100% Φυσιικούς χυμούς από συμπυκνωμένο χυμό:** Ο 100% φυσικός χυμός από συμπυκνωμένο χυμό είναι αυτός που λαμβάνεται με αντικατάσταση στον συμπυκνωμένο χυμό φρούτων, του νερού που είχε απομακρυνθεί από τον χυμό κατά την συμπύκνωση, καθώς και με την αποκατάσταση των αρωμάτων του, και εάν χρειάζεται, της πούλπας και των κυττάρων που χάνονται από τον χυμό, τα οποία όμως ανακτώνται κατά την διαδικασία παραγωγής του εν λόγω χυμού φρούτου ή χυμών φρούτων του ίδιου είδους. Το προστιθέμενο νερό πρέπει να παρουσιάζει τα κατάλληλα χαρακτηριστικά (όπως πληροί τα κριτήρια που ορίζονται στην οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου, της 3ης Νοεμβρίου 1998), σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης ιδίως από χημική, μικροβιολογική και οργανοληπτική άποψη, έτσι ώστε να εξασφαλίζονται οι βασικές ιδιότητες του χυμού. Το λαμβανόμενο με αυτόν τον τρόπο προϊόν, πρέπει να παρασκευάζεται με κατάλληλες διαδικασίες παραγωγής, με τις οποίες διατηρούνται τα ουσιώδη φυσικά, χημικά, οργανοληπτικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά του μέσου τύπου χυμού του φρούτου (ή φρούτων) από το οποίο προέρχεται.
- iii. **Νέκταρ:** Ορίζεται το ζυμώσιμο αλλά μη ζυμωθέν προϊόν που λαμβάνεται με την προσθήκη νερού και σακχάρων ή/και μελιού στα προϊόντα που αναφέρθηκαν προηγουμένως (i και ii), σε πολτό φρούτων ή σε μίγμα αυτών των προϊόντων. Η προσθήκη σακχάρων ή/και μελιού επιτρέπεται σε ποσότητα έως 20% κατά βάρος, με βάση το συνολικό βάρος του τελικού προϊόντος. Για τα νέκταρ φρούτων χωρίς προστιθέμενα σάκχαρα ή μειωμένων θερμίδων, τα σάκχαρα μπορούν να αντικατασταθούν πλήρως ή μερικώς από γλυκαντικά, σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1333/2008. Οι χυμοί φρούτων που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των νέκταρ πρέπει να είναι πλούσιοι σε πούλπα, συχνά γίνεται προσθήκη εμπορικής πούλπας, η οποία όμως πρέπει να αναγράφεται στην ετικέτα. Ανάλογα με το είδος του φρούτου, η ελάχιστη περιεκτικότητα σε χυμό φρούτων, πολτό

φρούτων ή μείγμα αυτών των συστατικών κυμαίνεται από 25-50% και πρέπει να αναγράφεται στην ετικέτα η ένδειξη "περιεκτικότητα σε φρούτα: ... % τουλάχιστον". Η ένδειξη αυτή πρέπει να εμφανίζεται στο ίδιο οπτικό πεδίο με την ονομασία του προϊόντος. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να αναγράφεται σαφώς στην ετικέτα του προϊόντος πότε ένας χυμός νέκταρ λαμβάνεται εξ ολοκλήρου ή εν μέρει από συμπυκνωμένα προϊόντα, όπως επίσης και αν υπάρχουν φυσικώς ενεχόμενα σάκχαρα, πρέπει να αναγράφεται "περιέχει φυσικά σάκχαρα".

- iv. **Φρουτοποτά:** Τα φρουτοποτά παρασκευάζονται από αυτούσιους χυμούς φρούτων είτε με αραίωση χυμών με νερό, είτε με προσθήκη σακχάρων. Περιέχουν τουλάχιστον 20% χυμό φρούτων (εκτός του ποτού από λεμόνι, 7%) και τουλάχιστον 9% σακχάρων (όσα περιέχουν). Στα φρουτοποτά σε αντίθεση με τους χυμούς φρούτων, επιτρέπεται η χρήση τεχνητών αρωμάτων φρούτων.

1.3. Επώνυμοι Χυμοί- Χυμοί Ιδιωτικής ετικέτας

Με τον όρο "προϊόντα ιδιωτικής ετικέτας" χαρακτηρίζονται τα προϊόντα τα οποία κυκλοφορούν στην αγορά και παράγονται από ή για λογαριασμό των εμπόρων λιανικής πώλησης και πωλούνται με το εμπορικό σήμα που ανήκει στα δικά τους καταστήματα (17). Ο έμπορος λιανικής πώλησης αναλαμβάνει το σύνολο της ευθύνης, από την ανάπτυξη, την απόκτηση των απαιτούμενων πόρων και την αποθήκευση, μέχρι το μάρκετινγκ (18). Η επίσημη περιγραφή που τους δίνει η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι "καταναλωτικά προϊόντα τα οποία παράγονται είτε από τους διανομείς, είτε παρασκευάζονται από τρίτους για λογαριασμό των διανομέων και πωλούνται υπό το εμπορικό σήμα ή την επωνυμία του διανομέα της λιανικής πώλησης". Τα τελευταία χρόνια οι αλυσίδες σούπερ μάρκετ έχουν διευρύνει τα προσφερόμενα προϊόντα ιδιωτικής ετικέτας, λόγω του ότι είναι πιο οικονομικά. Οι πιο διαδεδομένες κατηγορίες προϊόντων ιδιωτικής ετικέτας αναφέρονται σε τρόφιμα, τα οποία ταξινομούνται παρακάτω, όπως οι χυμοί φρούτων που θα επεξεργασθούν για την αντιοξειδωτική τους ικανότητα.

Στην διεθνή βιβλιογραφία τα προϊόντα ιδιωτικής ετικέτας περιγράφονται ως "unlabelled food products", "no-name", "own label", "private-label products /brands", "store brands /labels", "retailer products/ brands" ή "house brands" (19).

Όσον αφορά τους επώνυμους χυμούς του εμπορίου, προτάθηκαν ως υποκατάστατα των φρέσκων φρούτων και των χυμών τους, χάριν στην ευκολία κατανάλωσής τους. Οι Ευρωπαίοι σήμερα είναι πιο ενήμεροι για την προώθηση καλύτερης υγείας, μέσω των χυμών φρούτων. Γι' αυτό τον λόγο οι εταιρίες τροφίμων έχουν εντείνει τις προσπάθειές τους να παράγουν καλύτερης ποιότητας και περισσότερο αντιοξειδωτικά προϊόντα (20). Ωστόσο, τα επίπεδα των αντιοξειδωτικών που διατηρούνται στους συσκευασμένους χυμούς, εάν θα έπρεπε να συγκριθούν με τους χυμούς από την άμεση εκχύμωση των φρέσκων φρούτων και τα φρέσκα φρούτα, είναι υπό διερεύνηση (6, 21). Οι διαφημίσεις των επώνυμων χυμών συνήθως στηρίζονται στο ότι οι χυμοί φρούτων είναι πλούσιοι σε βιταμίνες (A, C και E). Πολλές φορές οι βιταμίνες αυτές είναι συνθετικές και προστίθενται κατά τη διαδικασία της παραγωγής των χυμών. Κάποια από τα πιο γνωστά συνθετικά αντιοξειδωτικά είναι: το βουτυλοϋδροξυτολουόλιο (BHT), η βουτυλοϋδροξυανισόλη (BHA) και η τερτ-βουτυλ υδροξυ-κινόνη (TBHQ). Παρόλο που επιτρέπονται, σε υψηλές συγκεντρώσεις, μπορεί να προκαλέσουν γενεοτοξικότητα και καρκινογένεση (22). Οι περισσότερες όμως από τις βιταμίνες οι οποίες είναι ευαίσθητες στη θερμότητα, απενεργοποιούνται από τη θερμότητα κατά την διάρκεια του σταδίου της εξάτμισης. Σε μια μελέτη βρέθηκε ότι οι φαινολικές ενώσεις και όχι οι βιταμίνες από τα φρούτα, είναι πιο σημαντικές στο να προσδώσουν αντιοξειδωτική ικανότητα προς τον ξενιστή (23).

Σε κάθε περίπτωση, παρακάτω, θα αναλυθούν οι αντιοξειδωτικές ικανότητες των επώνυμων χυμών και των χυμών ιδιωτικής ετικέτας και θα συγκριθούν με τα αντιοξειδωτικά που περιέχουν οι χυμοί από την άμεση εκχύμωση φρέσκων φρούτων.

2. ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΡΙΖΕΣ-ΔΡΑΣΗ ΑΥΤΩΝ

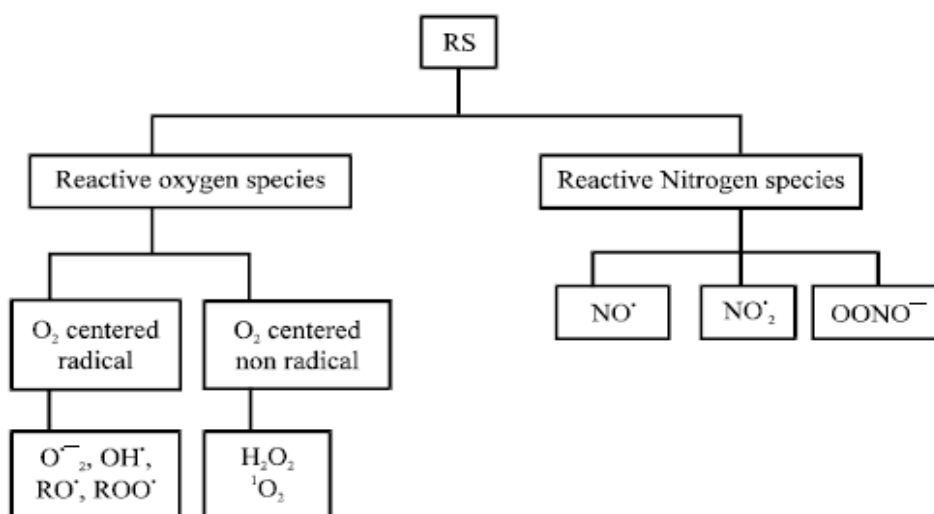
2.1. Ελεύθερες Ρίζες- Σχηματισμός Ελεύθερων ριζών

Ως ελεύθερη ρίζα ορίζεται ένα άτομο ή ένα μόριο με δυνατότητα ανεξάρτητης ύπαρξης, το οποίο περιέχει ένα ή περισσότερα ασύζευκτα ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα (24-28). Οι ελεύθερες ρίζες σχηματίζονται από μόρια, μέσω ρήξης ενός χημικού δεσμού, έτσι ώστε κάθε θραύσμα να διατηρεί ένα ηλεκτρόνιο, με διάσπαση μιας ρίζας η οποία θα δώσει μια άλλη ρίζα, και επίσης σχηματίζονται μέσω αντιδράσεων οξειδοαναγωγής (26, 29). Οι ελεύθερες ρίζες οι οποίες προέρχονται από μόρια οξυγόνου, ονομάζονται Ενεργές Μορφές Οξυγόνου "Reactive Oxygen Species (ROS)", ενώ οι ελεύθερες ρίζες οι οποίες προέρχονται από μόρια αζώτου ονομάζονται Ενεργές Μορφές Αζώτου "Reactive Nitrogen Species (RNS)" μεταξύ των διαφόρων προϊόντων των αντιδράσεων οξειδοαναγωγής (30).

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1), απεικονίζονται τα RS (Radical Species), όπου τα ROS περιλαμβάνουν είτε ελεύθερες ρίζες με κεντρικό άτομο το οξυγόνο, όπως το ανιόν υπεροξειδίου ($O_2^{\bullet-}$), τις ρίζες υδροξυλίου (OH^{\bullet}), τις αλκοξυλικές ρίζες (RO^{\bullet}) και υπεροξυλικές ρίζες (

ROO^{\bullet}), είτε δραστικά μόρια που περιέχουν οξυγόνο όπως το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) και το μονήρες μοριακό οξυγόνο (1O_2), τα οποία συμπεριφέρονται ως ελεύθερες ρίζες και ονομάζονται αλλιώς προοξειδωτικά. Τα προοξειδωτικά μόρια μπορεί μεν να μην είναι ελεύθερες ρίζες, αλλά μπορούν εύκολα να οδηγήσουν σε αντιδράσεις δημιουργίας ελεύθερων ριζών στους ζωντανούς οργανισμούς (31). Οι ρίζες είναι λιγότερο σταθερές από τις μη ρίζες, παρόλο που η δραστηριότητά τους είναι γενικά ισχυρότερη (32). Ως αποτέλεσμα αυτής της υψηλής δραστηριότητας, οι περισσότερες ρίζες έχουν πολύ μικρό χρόνο ημίσειας ζωής (10^{-6} δευτερόλεπτα ή λιγότερο) στα βιολογικά συστήματα, αν και μερικά είδη μπορεί να επιβιώσουν για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (33).

Όσον αφορά τα RNS (Σχήμα 1), τα μόρια του αζώτου που σχηματίζονται είναι το μονοξείδιο του αζώτου (NO^{\bullet}), το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και το νιτρικό υπεροξείδιο ($OONO^{\bullet}$).



Σχήμα 1: Ταξινόμηση Ελεύθερων Ριζών (34).

Στα βιολογικά συστήματα, μπορούν να δημιουργηθούν μια ποικιλία από ρίζες με δραστικότητα ανάλογη με τη φύση τους και από τα μόρια από τα οποία προέρχονται. Αν δύο ρίζες συναντηθούν, μπορούν να ενώσουν τα ασύζευκτα ηλεκτρόνιά τους για να σχηματίσουν έναν ομοιοπολικό δεσμό σε αντιδράσεις που συχνά είναι κινητικά γρήγορες και οδηγούν σε μη ρίζες. Για παράδειγμα το ανιόν του υπεροξειδίου ($O_2^{\cdot-}$) αντιδρά πολύ γρήγορα με το μονοξείδιο του αζώτου (NO^{\cdot}) για να σχηματίσει το νιτρώδες υπεροξείδιο ($ONOO^-$). Ο σχηματισμός του $ONOO^-$ ευνοείται κινητικά επειδή το NO^{\cdot} αυτό-οξειδώνεται και το $O_2^{\cdot-}$ αυτό-οξειδοανάγεται (29, 35). Η αντίδραση του NO^{\cdot} με το $O_2^{\cdot-}$ αναφέρεται ότι είναι ταχύτερη, ακόμη και από ό,τι η αντίδρασή του με δεσμευμένο ένζυμο της αίμης ή την αντίδραση του $O_2^{\cdot-}$ με την υπεροξειδική δισμουτάση (SOD) (30, 36).

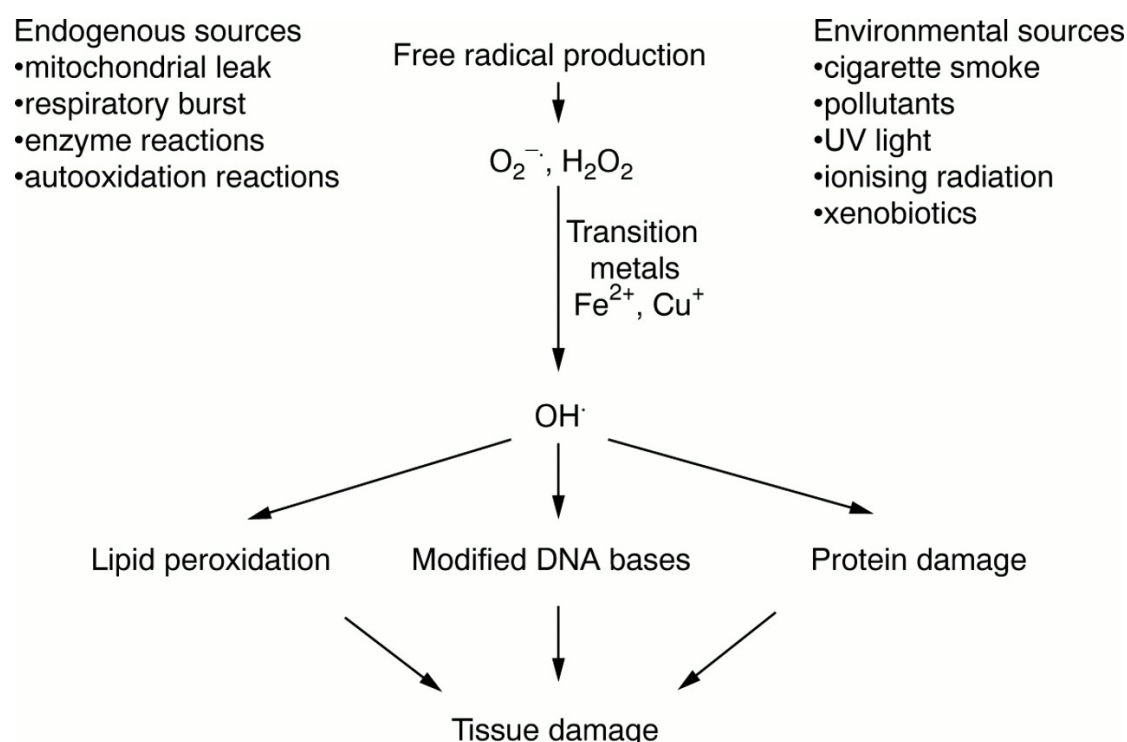
Εναλλακτικά, μια ρίζα μπορεί να προσθέσει σε ένα μόριο χωρίς ρίζα ένα άτομο υδρογόνου από έναν δεσμό όπως C-H, O-H, ή S-H μη ριζικών μορίων. Αυτοί οι τύποι των αντιδράσεων των ριζών είναι συνηθισμένοι στα βιολογικά συστήματα όπου πολλά μόρια είναι μη ρίζες. Τα μόρια τα οποία δυνητικά επηρεάζονται περιλαμβάνουν ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους, όπως αντιοξειδωτικά και συμπαραγοντες νουκλεϊκών οξέων, πρωτεϊνών, ενζύμων, λιπιδίων και σακχάρων. Σε αυτή την περίπτωση παράγεται μια καινούρια ρίζα και αυτό μπορεί να ξεκινήσει μια

αλυσιδωτή αντίδραση. Ένα τυπικό παράδειγμα μιας τέτοιας αλυσιδωτής αντίδρασης είναι η διαδικασία της υπεροξειδωσης των λιπιδίων (30).

2.2. Παραγωγή ελεύθερων ριζών στον οργανισμό

Η παραγωγή των ελεύθερων ριζών στον οργανισμό συμβαίνει με διάφορους μηχανισμούς που περιλαμβάνουν τόσο ενδογενείς όσο και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2) απεικονίζεται ο σχηματισμός των ελεύθερων ριζών. Η ρίζα υδροξυλίου (OH^\bullet) είναι πιθανώς ο τελικός μεσολαβητής των περισσότερων ελεύθερων ριζών που προκαλεί βλάβη των ιστών (37). Τα πιο σημαντικά μέταλλα στην ανθρώπινη νόσο είναι τα μέταλλα μετάπτωσης (σίδηρος και χαλκός) και έχουν ρόλο "κλειδί" στην παραγωγή υδροξυλικών ριζών *in vivo*.

Επομένως, ο σπουδαιότερος μηχανισμός *in vivo* για τον σχηματισμό της ρίζας υδροξυλίου είναι πιθανό να είναι η κατάλυση των μετάλλων μετάπτωσης αποσυνθέτοντας το υπεροξείδιο και το υπεροξείδιο του υδρογόνου (38).



Σχήμα 2: Κύριες πηγές της παραγωγής των ελεύθερων ριζών στον οργανισμό και οι συνέπειες των βλαβών τους (39).

2.2.1. Ενδογενής Παραγωγή Ελεύθερων Ριζών

Οι ενδογενείς ελεύθερες ρίζες παράγονται από ενεργοποίηση ανοσοκυττάρων, φλεγμονή, υπερβολική άσκηση, ψυχολογικό στρες, ισχαιμία/βλάβη επαναιμάτωσης, μόλυνση, καρκίνο και γήρανση (40).

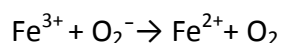
Το ανιόν του υπεροξειδίου ($O_2^{\bullet-}$) παράγεται με την προσθήκη ενός ηλεκτρονίου στο μοριακό οξυγόνο, και υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί (ενζυμικοί και μη ενζυμικοί) με τους οποίους το υπεροξείδιο μπορεί να παράγεται *in vivo* (41, 42). Αρκετά μόρια, όπως η αδρεναλίνη, η γλυκόζη, τα νουκλεοτίδια φλαβίνων, και οι θειολικές ενώσεις μπορούν να οξειδωθούν στην παρουσία οξυγόνου για την παραγωγή υπεροξειδίου, και αυτές οι αντιδράσεις επιταχύνονται σε μεγάλο βαθμό από την παρουσία των μετάλλων μετάπτωσης όπως ο σίδηρος ή ο χαλκός. Η αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων στην εσωτερική μιτοχονδριακή μεμβράνη εκτελεί την αναγωγή του οξυγόνου σε νερό. Κατά τη διάρκεια αυτής της διεργασίας, δημιουργούνται ενδιάμεσες ελεύθερες ρίζες, οι οποίες είναι γενικά στενά συνδεδεμένες με τις συνιστώσες της αλυσίδας μεταφοράς. Ωστόσο, υπάρχει μια σταθερή διαρροή μερικών ηλεκτρονίων στη μιτοχονδριακή μήτρα και αυτό οδηγεί στο σχηματισμό του υπεροξειδίου (43). Η δραστηριότητα άλλων ενζύμων, όπως η οξυγενάση του κυτοχρώματος p450 στο ήπαρ και τα ένζυμα που εμπλέκονται στη σύνθεση των ορμονών των επινεφριδίων, επίσης έχουν ως αποτέλεσμα την εκροή μερικών ηλεκτρονίων στο γύρω κυτταρόπλασμα και ως εκ τούτου στο σχηματισμό του υπεροξειδίου. Θα μπορούσε επίσης να υπάρχει συνεχής παραγωγή υπεροξειδίου από το αγγειακό ενδοθήλιο για να εξουδετερώσει το νιτρικό οξύ, παραγωγή υπεροξειδίου από άλλα κύτταρα για τη ρύθμιση της κυτταρικής ανάπτυξης και διαφοροποίησης, και παραγωγή υπεροξειδίου από τα φαγοκυτταρικά κύτταρα κατά τη διάρκεια της αναπνευστικής έκρηξης (44-46).

Οποιοδήποτε βιολογικό σύστημα το οποίο μπορεί να δημιουργήσει το υπεροξείδιο, θα παράγει επίσης το υπεροξείδιο του υδρογόνου ως αποτέλεσμα μιας αντίδρασης αυτο-οξειδοαναγωγής. Η ρίζα υδροξυλίου (OH^{\bullet}) η πιο δραστική ελεύθερη ρίζα *in vivo*, με χρόνο ημίσειας ζωής περίπου 10^{-9} s, σχηματίζεται από την αντίδραση του

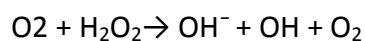
$O_2^{\bullet -}$ με το H_2O_2 , παρουσία Fe^{2+} ή Cu^+ (καταλύτης) (47). Αυτή η αντίδραση είναι γνωστή ως αντίδραση Fenton η οποία περιγράφηκε το 1894 (48, 49).



Επειδή λοιπόν τα ιόντα μετάλλων μετάπτωσης είναι παρόντα, έχει διαπιστωθεί ότι μία αλληλουχία αντίδρασης μπορεί να προχωρήσει με ταχύ ρυθμό:



Και το καθαρό αποτέλεσμα της αντίδρασης του Haber-Weiss που προκύπτει είναι το εξής (37):



Ο ρόλος του χαλκού (Cu^+) είναι ανάλογος με αυτόν του σιδήρου (Fe^{2+}) (50, 51).

Συνοπτικά, οι ενζυμικές αντιδράσεις οι οποίες παράγουν ελεύθερες ρίζες περιλαμβάνουν τις αντιδράσεις που εμπλέκονται στην αναπνευστική αλυσίδα, τη φαγοκυττάρωση, τη σύνθεση των προσταγλανδινών και του κυτοχρωμικού συστήματος p450 (25-28, 31, 52-54).

Οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να παραχθούν και από μη ενζυμικές αντιδράσεις του οξυγόνου με οργανικές ενώσεις, όπως εκείνες που ξεκίνησαν από ιονίζουσες ακτινοβολίες. Η μη ενζυματική διαδικασία μπορεί επίσης να εμφανιστεί κατά τη διάρκεια της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης (δηλ. αερόβιας αναπνοής) στα μιτοχόνδρια (27, 28, 31).

2.2.2. Εξωγενής Παραγωγή Ελεύθερων Ριζών

Αν και η παραγωγή ελεύθερων ριζών εμφανίζεται ως συνέπεια των ενδογενών αντιδράσεων που περιγράφονται ανωτέρω και παίζουν σημαντικό ρόλο στη φυσιολογική λειτουργία των κυττάρων, είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι οι εξωγενείς περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορούν επίσης να προάγουν το σχηματισμό ριζών. Το υπεριώδες φως θα οδηγήσει στο σχηματισμό του μονήρους οξυγόνου και άλλων ενεργών μορφών οξυγόνου στο δέρμα (55). Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι όπως το όζον και το διοξείδιο του αζώτου σχηματίζουν ρίζες και προκαλούν

αντιοξειδωτική εξάντληση στο βρογχοκυψελιδικό υγρό, και αυτό μπορεί να επιδεινώσει ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος (56-58). Ο καπνός από τσιγάρο περιέχει ποσότητες mM ελεύθερων ριζών, μαζί με άλλες τοξίνες (59).

Διάφορα ξеноβιοτικά επίσης προκαλούν βλάβη των ιστών ως συνέπεια της παραγωγής ελεύθερων ριζών, περιλαμβάνοντας το παρακουάτ (paraquat), την παρακεταμόλη, την μπλεομυκίνη, και τις ανθρακυκλίνες (60-63).

2.3. Επιδράσεις ελευθέρων ριζών –Κλινική σημασία οξειδωτικού στρες

Οι ελεύθερες ρίζες έχουν διπλό ρόλο, αφού σε χαμηλές ή μέτριες συγκεντρώσεις, ROS και RNS, είναι απαραίτητες για τη διαδικασία της ωρίμανσης των κυτταρικών δομών και λειτουργούν ως ρυθμιστές της ομοιόστασης των κυττάρων, προστατεύοντας το αμυντικό σύστημα του οργανισμού, ενώ σε υψηλότερες συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσουν κυτταρικές βλάβες ακόμα και θάνατο (64-66).

Οι ελεύθερες ρίζες και τα οξειδωτικά, όταν παράγονται σε περίσσεια, δημιουργούν ένα φαινόμενο που ονομάζεται οξειδωτικό στρες, μια επιβλαβής διαδικασία η οποία μπορεί να τροποποιήσει σημαντικά τις κυτταρικές μεμβράνες και άλλες δομές όπως τις πρωτεΐνες, τα λιπίδια, τις λιποπρωτεΐνες, και το δεσοξυριβονουκλεϊκό οξύ (DNA) (28, 31, 39, 52-54). Το οξειδωτικό στρες μπορεί να προκύψει όταν τα κύτταρα δεν μπορούν να καταστρέψουν επαρκώς την περίσσεια των ελεύθερων ριζών που σχηματίζονται. Με άλλα λόγια, όταν δεν υπάρχει ισορροπία μεταξύ σχηματισμού και εξουδετέρωσης των ROS/RNS, δημιουργείται το φαινόμενο του οξειδωτικού στρες.

Οι οξειδωτικές βλάβες του DNA, μπορούν να προκαλέσουν μεταλλάξεις. Ο οργανισμός διαθέτει μηχανισμούς για την αντιμετώπισή τους, με τη χρήση ενζύμων επιδιόρθωσης του DNA και/ή αντιοξειδωτικά (31, 52-54). Εάν οι βλάβες δεν ρυθμιστούν σωστά, τότε το οξειδωτικό στρες μπορεί να προκαλέσει μια σειρά από χρόνιες και εκφυλιστικές ασθένειες οι οποίες περιγράφονται παρακάτω.

2.3.1. Καρκίνος και οξειδωτικό στρες

Η εμφάνιση του καρκίνου στον ανθρώπινο οργανισμό είναι μια πολύπλοκη διαδικασία η οποία περιλαμβάνει κυτταρικές και μοριακές αλλαγές που προκαλούνται από ενδογενή και εξωγενή ερεθίσματα. Είναι αποδεδειγμένο ότι η οξειδωτική βλάβη του DNA είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη του καρκίνου (25, 27, 67). Η έναρξη και η προώθηση του καρκίνου είναι συνδεδεμένη με χρωμοσωμικές ανωμαλίες και ενεργοποίηση ογκογονιδίων που επάγονται από τις ελεύθερες ρίζες. Μια συνηθισμένη μορφή βλάβης είναι ο σχηματισμός υδροξυλιωμένων βάσεων του DNA, οι οποίες θεωρούνται ένα σημαντικό γεγονός για τη χημική καρκινογένεση (25, 54).

2.3.2. Καρδιαγγειακή νόσος και οξειδωτικό στρες

Η καρδιαγγειακή νόσος είναι πολυπαραγοντικής αιτιολογίας η οποία σχετίζεται με μια ποικιλία παραγόντων κινδύνου για την ανάπτυξή της, περιλαμβανομένης της υπερχοληστερολαιμίας, της υπέρτασης, του καπνίσματος, του διαβήτη, της κακής διατροφής, του στρες και μεταξύ άλλων της έλλειψης σωματικής άσκησης (26, 68, 69). Πρόσφατα ερευνητικά δεδομένα έχουν δείξει ενδιαφέρον για το αν το οξειδωτικό στρες είναι μια πρωτογενής ή δευτερογενής αιτία πολλών καρδιαγγειακών παθήσεων (69). Περαιτέρω *in vivo* και *ex vivo* μελέτες έχουν παράσχει πολύτιμες ενδείξεις που υποστηρίζουν το ρόλο του οξειδωτικού στρες σε μια σειρά από καρδιαγγειακές παθήσεις όπως είναι η υπέρταση, η αθηροσκλήρωση, η ισχαιμία, η καρδιομυοπάθεια, η καρδιακή υπερτροφία και η συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια (26, 28, 68-71).

2.3.3. Νευρολογικές παθήσεις και οξειδωτικό στρες

Το οξειδωτικό στρες έχει διερευνηθεί στις νευρολογικές παθήσεις όπως στη νόσο του Αλτσχάιμερ, στη νόσο Πάρκινσον, στην πολλαπλή σκλήρυνση, στην αμυοτροφική πλευρική σκλήρυνση, στην απώλεια μνήμης, και στην κατάθλιψη (72-74). Όσον αφορά τη νόσο Αλτσχάιμερ έχουν γίνει πολυάριθμες πειραματικές και κλινικές μελέτες, οι οποίες έχουν αποδείξει ότι η οξειδωτική βλάβη παίζει σημαντικό ρόλο στην απώλεια νευρώνων και στην εξέλιξη της άνοιας (73). Η παραγωγή του β-αμυλοειδούς, ένα τοξικό πεπτίδιο, το οποίο βρίσκεται συχνά στον

εγκέφαλο των ασθενών με Αλτσχάιμερ, οφείλεται στο οξειδωτικό στρες και παίζει σημαντικό ρόλο στη νευροεκφυλιστική διαδικασία (74).

2.3.4. Πνευμονοπάθεια και οξειδωτικό στρες

Υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι οι φλεγμονώδεις νόσοι του πνεύμονα όπως το άσθμα και η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια χαρακτηρίζονται από συστηματικές και τοπικές χρόνιες φλεγμονές, όπως και από το οξειδωτικό στρες (75-78). Τα οξειδωτικά ενισχύουν την φλεγμονή μέσω της ενεργοποίησης διαφορετικών κινασών και των παραγόντων μεταγραφής ευαίσθητων στην οξειδοαναγωγή, όπως οι NF-κΒ (Nuclear Factor kappa B) και AP-1 (Activator Protein-1) (77-79).

2.3.5. Νεφροπάθεια και οξειδωτικό στρες

Το οξειδωτικό στρες παίζει ρόλο σε διάφορες παθήσεις των νεφρών όπως είναι η σπειραματονεφρίτιδα και η διάμεση νεφρίτιδα, η χρόνια νεφρική ανεπάρκεια, η πρωτεϊνουρία, η ουραιμία (28, 80). Η νεφροτοξικότητα ορισμένων φαρμάκων όπως η κυκλοσπορίνη, η τακρολίμους, η γενταμικίνη, η μπλεομικίνη, η βινβλαστίνη, οφείλεται κυρίως στο οξειδωτικό στρες μέσω της υπεροξειδωσής των λιπιδίων (80-83). Τα βαρέα μέταλλα (Cd, Hg, As, Pb) και τα μέταλλα μετάπτωσης (Fe, Cu, Cr, Co) επάγουν διαφορετικές μορφές νεφροπάθειας και καρκινογένεσης με την παραγωγή ελεύθερων ριζών στον οργανισμό (48, 67).

2.3.6. Ρευματοειδής αρθρίτιδα και οξειδωτικό στρες

Η ρευματοειδής αρθρίτιδα είναι ένα αυτοάνοσο νόσημα το οποίο χαρακτηρίζεται από χρόνια φλεγμονή των αρθρώσεων και των ιστών γύρω από τις αρθρώσεις με διήθηση μακροφάγων και ενεργοποιημένων T-λεμφοκυττάρων (27, 84). Η παθογένεση της νόσου αυτής οφείλεται στην παραγωγή των ROS και RNS στο σημείο της φλεγμονής και είναι η πιο συχνή φλεγμονώδης αρθρίτιδα η οποία προσβάλλει περίπου το 1-2% του γενικού πληθυσμού σε όλο τον κόσμο (85). Η συχνότητα αυξάνεται με την ηλικία, με τις γυναίκες να προσβάλλονται τρεις φορές περισσότερο από τους άνδρες (86). Η οξειδωτική βλάβη και η φλεγμονή σε

διάφορες ρευματοειδείς παθήσεις αποδείχθηκαν από τα αυξημένα επίπεδα των ισοπροστανίων και των προσταγλαδινών στον ορό και στο αρθρικό υγρό των ασθενών σε σχέση με τους μάρτυρες (controls) (87).

2.3.7. Οφθαλμική νόσος και οξειδωτικό στρες

Το οξειδωτικό στρες εμπλέκεται στην εκφύλιση της ωχράς κηλίδας και στον καταρράκτη, σχετιζόμενο με την ηλικία, μεταβάλλοντας διάφορους τύπους κυττάρων στο μάτι, είτε φωτοχημικά είτε μη-φωτοχημικά (88). Στο πλαίσιο της δράσης των ελεύθερων ριζών, οι κρυσταλλικές πρωτεΐνες στους φακούς μπορούν να συσσωματωθούν, οδηγώντας στο σχηματισμό του καταρράκτη (89). Στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, η μεγάλη έκθεση στην ακτινοβολία μπορεί να αναστείλει τη μίτωση στο αμφιβληστροειδές χρωστικό επιθήλιο και στο χοριοειδές, να βλάψει τα εξωτερικά τμήματα του φωτοϋποδοχέα, και έχει συνδεθεί με την υπεροξειδωση των λιπιδίων (90).

2.3.8. Εμβρυϊκή ανάπτυξη και οξειδωτικό στρες

Το οξειδωτικό στρες εμπλέκεται σε πολλούς μηχανισμούς, όπως στον περιορισμό της εμβρυϊκής ανάπτυξης και στην προ-εκλαμψία στην προγεννητική ιατρική (91-94). Μερικές μελέτες έχουν δείξει ότι τα επίπεδα στο αίμα των προϊόντων από την υπεροξειδωση των λιπιδίων (F2-isoprostanes, MDA-malondialdehyde) είναι αυξημένα στην προ-εκλαμψία της εγκυμοσύνης και στην καθυστέρηση της ενδομήτριας ανάπτυξης. Φαίνεται πως οι ROS και οι RNS παίζουν ρόλο στην αιτιολογία αυτών των ασθενειών (92-94).

2.4. Αντιοξειδωτικά συστήματα

Σύμφωνα με τον Halliwell, ορίζουμε ως αντιοξειδωτικό οποιαδήποτε ουσία ή δράση η οποία ελαχιστοποιεί την έκθεση σε οξυγόνο. Με βάση αυτό, παρασκευαστές τροφίμων εκμεταλλεύτηκαν αυτήν την έννοια, σφραγίζοντας τρόφιμα κάτω από άζωτο ή σε συσκευασίες κενού (54). Στους υγιείς αερόβιους οργανισμούς, η παραγωγή των ελεύθερων ριζών είναι ισορροπημένη με το αντιοξειδωτικό σύστημα άμυνας (29). Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να πούμε ότι τα αντιοξειδωτικά

ελέγχουν περισσότερο το επίπεδο των αντιδραστικών μορίων, παρά ότι τα αποβάλλουν (54). Οι αερόβιοι οργανισμοί κατέχουν ένα πολυ-επίπεδο δίκτυο άμυνας ελεύθερων ριζών, με ενζυμικά και μη ενζυμικά αντιοξειδωτικά. Τα ενζυμικά αντιοξειδωτικά έχουν την πρωταρχική άμυνα ως προς τις ελεύθερες ρίζες (ROS), ενώ τα μη ενζυμικά έχουν δευτερογενή ρόλο (95).

2.4.1. Ταξινόμηση αντιοξειδωτικών ενζύμων

Ο οργανισμός μας διαθέτει κάποιους μηχανισμούς αντιμετώπισης του οξειδωτικού στρες παράγοντας αντιοξειδωτικά, είτε με φυσικό τρόπο (ενδογενή αντιοξειδωτικά), είτε μέσω λήψης τροφίμων (εξωγενή αντιοξειδωτικά). Τα κυριότερα ενζυμικά αντιοξειδωτικά (ενδογενή) που εμπλέκονται άμεσα στην εξουδετέρωση των ριζών ROS και RNS είναι τα εξής:

- Η δισμουτάση του υπεροξειδίου (SOD) βρίσκεται στην πρώτη γραμμή άμυνας έναντι των ελεύθερων ριζών, η οποία καταλύει τη μετατροπή των ανιόντων υπεροξειδίου ($O_2^{\bullet-}$) σε υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2), με αναγωγή, και είναι ένα μεταλλοένζυμο το οποίο βρίσκεται στα προκαρυωτικά και στα ευκαρυωτικά κύτταρα (96, 97). Ο σίδηρος και το μαγγάνιο (FeMnSOD) είναι οι κύριες προσθετικές ομάδες της SOD στα προκαρυωτικά κύτταρα, ενώ στα ευκαρυωτικά κύτταρα οι προσθετικές ομάδες της κυτταροπλασματικής SOD είναι ο χαλκός και ο ψευδάργυρος (CuZnSOD). Εκτός από την κυτταροπλασματική SOD, η ευκαρυωτική μιτοχονδριακή SOD είναι παρούσα και περιέχει το μαγγάνιο ως προσθετική ομάδα (MnSOD) (97).
- Η καταλάση (CAT) καταλύει τη μετατροπή του υπεροξειδίου του υδρογόνου (H_2O_2) σε ύδωρ και οξυγόνο, προστατεύοντας το κύτταρο έναντι του οξειδωτικού στρες που προκαλείται από το H_2O_2 ή κατά συνέπεια από το σχηματισμό της ρίζας OH^{\bullet} (98). Το ένζυμο αυτό εντοπίζεται στα υπεροξεισώματα αλλά και στα μικρο-υπεροξεισώματα (99).
- Η γλουταθειόνη του υπεροξειδίου (GPx) είναι κυρίως ένα σεληνοένζυμο του κυτταροπλάσματος και προσβάλλει τα υδρο-υπεροξείδια με τη βοήθεια της

αναχθείσας γλουταθειόνης (GSH), για να σχηματίσει την οξειδωμένη γλουταθειόνη (GSSG) και το αναγωγικό προϊόν του υδρο-υπεροξειδίου (95). Η μιτοχονδριακή γλουταθειόνη του υπεροξειδίου είναι επίσης παρούσα (100).

Τα μη-ενζυμικά αντιοξειδωτικά χωρίζονται σε μεταβολικά αντιοξειδωτικά και σε θρεπτικά αντιοξειδωτικά. Τα μεταβολικά αντιοξειδωτικά ανήκουν στα ενδογενή αντιοξειδωτικά και παράγονται από το μεταβολισμό του οργανισμού μας, όπως το λιποϊκό οξύ, η αναχθείσα γλουταθειόνη (GSH), η μελατονίνη, η L-αργινίνη, το συνένζυμο Q10, το ουρικό οξύ, η χολερυθρίνη, η τρανσφερρίνη κ.α. (28, 52). Τα θρεπτικά αντιοξειδωτικά ανήκουν στα εξωγενή αντιοξειδωτικά και είναι ενώσεις οι οποίες δεν μπορούν να παραχθούν από τον οργανισμό του ανθρώπου και πρέπει να παρέχονται μέσω της τροφής ή συμπληρωμάτων διατροφής, όπως είναι η βιταμίνη E (α-τοκοφερόλη), η βιταμίνη C, τα καροτενοειδή, τα ιχνομέταλλα (Mn, Zn, Se), τα φλαβονοειδή, τα ωμέγα-3 και ωμέγα-6 λιπαρά οξέα, κ.α. Μια από τις αιτίες των πολυάριθμων χρόνιων και εκφυλιστικών παθολογιών είναι η ανεπάρκεια των θρεπτικών αντιοξειδωτικών. Το κάθε θρεπτικό αντιοξειδωτικό είναι μοναδικό όσον αφορά τη δομή και την αντιοξειδωτική λειτουργία του (52, 101).

Το αμυντικό σύστημα των μη-ενζυμικών αντιοξειδωτικών, εκκαθαρίζει τις ελεύθερες ρίζες. Η δευτερογενής άμυνα έναντι των ROS προκαλείται από μικρά μόρια τα οποία αντιδρούν με τις ρίζες για να παράγουν ένα λιγότερο επιβλαβές μόριο ρίζας. Το κλασικό παράδειγμα μιας αλυσιδωτής αντίδρασης είναι η υπεροξείδωση των λιπιδίων, και η αντίδραση αυτή συνεχίζεται μέχρις ότου να ενωθούν οι δυο ρίζες για να σχηματίσουν ένα σταθερό προϊόν ή μέχρις ότου να εξουδετερωθούν οι ρίζες από ένα αντιοξειδωτικό το οποίο θα διακόψει την αντίδραση (102). Αυτά τα αντιοξειδωτικά είναι μικρά μόρια τα οποία μπορούν να λάβουν ένα ηλεκτρόνιο από μια ρίζα ή να δώσουν ένα ηλεκτρόνιο σε μια ρίζα με το σχηματισμό σταθερών υποπροϊόντων (103).

Όσον αφορά την βιταμίνη E είναι μια λιποδιαλυτή βιταμίνη με υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα. Η βιταμίνη E είναι μια ένωση με οκτώ στερεοϊσομερή: α, β, γ, δ, τοκοφερόλη και α, β, γ, δ τοκοτριενόλη. Μόνο η α-τοκοφερόλη είναι η πιο

δραστική μορφή στον άνθρωπο (104). Η α-τοκοφερόλη βρίσκεται στην κυτταρική μεμβράνη και στις λιποπρωτεΐνες του πλάσματος, λειτουργώντας ως αντιοξειδωτικό διακόπτοντας την αλυσιδωτή αντίδραση, της υπεροξειδωσης των λιπιδίων (105). Επειδή είναι λιποδιαλυτή, η α-τοκοφερόλη προστατεύει τις κυτταρικές μεμβράνες από βλάβες που προκαλούνται από τις ελεύθερες ρίζες. Η βιταμίνη Ε έχει προταθεί για την πρόληψη έναντι του καρκίνου (μαστού, προστάτη, εντέρου), κάποιων καρδιαγγειακών παθήσεων, ισχαιμίας, καταρράκτη, αρθρίτιδας και κάποιων νευρολογικών διαταραχών (106). Εν τούτοις, μια πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι καθημερινές δόσεις 400 IU ή περισσότερο μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο του θανάτου και θα έπρεπε να αποφεύγονται. Εν αντιθέσει, δεν υπάρχει αυξημένος κίνδυνος θανάτου με μια δόση 200 IU ημερησίως ή λιγότερο, όπου και θα μπορούσε να επιδράσει ευεργετικά (107). Επειδή είναι αμφιλεγόμενη η μακροχρόνια χρήση του συμπληρώματος βιταμίνης Ε, σε υψηλές δόσεις θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με ιδιαίτερη προσοχή, μέχρι να αποδειχθεί η ασφάλειά του. Οι διαιτητικές πηγές της βιταμίνης Ε είναι τα φυτικά έλαια, τα αυγά, τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά (όπως το σπανάκι), το σιτέλαιο, τα δημητριακά ολικής άλεσης, οι ξηροί καρποί, τα φρούτα (52, 106).

Η βιταμίνη C, γνωστή ως ασκορβικό οξύ, είναι μια υδατοδιαλυτή βιταμίνη. Είναι απαραίτητη για τη σύνθεση του κολλαγόνου, της καρνιτίνης και των νευροδιαβιβαστών (108). Τα οφέλη για την υγεία του ανθρώπου της βιταμίνης C είναι αντιοξειδωτικά, αντιαθηρογόνα, αντικαρκινικά, ανοσορρυθμιστικά. Η θετική δράση της έγκειται στη μείωση της συχνότητας του καρκίνου στομάχου, και στην πρόληψη του καρκίνου του πνεύμονα και του παχέος εντέρου. Η βιταμίνη C έχει συνέργεια με τη βιταμίνη Ε για να εκκαθαρίσει τις ελεύθερες ρίζες και να αναπαράγει την αναχθείσα μορφή της βιταμίνης Ε. Παρόλα ταύτα, η πρόσληψη υψηλών δόσεων βιταμίνης C (2000 mg ή περισσότερο/ ημερησίως), έχει γίνει θέμα συζήτησης για ενδεχόμενη προ-οξειδωτική ή καρκινογόνο ιδιότητα (108, 109). Οι φυσικές πηγές της βιταμίνης C είναι τα όξινα φρούτα, τα πράσινα λαχανικά, οι ντομάτες. Το ασκορβικό οξύ είναι ένα ασταθές μόριο, ως εκ τούτου μπορεί να χάσει από τις ιδιότητές του κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος (109).

Το λυκοπένιο είναι ένα καροτενοειδές το οποίο κατέχει αντιοξειδωτικές και αντιπολλαπλασιαστικές ιδιότητες σε μελέτες που έγιναν σε ζώα και σε μελέτες *in vitro* όσον αφορά το μαστό, τον προστάτη και την κυτταρική σειρά του πνεύμονα, αν και η αντικαρκινική δράση στον άνθρωπο παραμένει αμφιλεγόμενη (52, 110, 111). Κάποιες ομάδες μελετών βρήκαν συσχετίσεις μεταξύ της υψηλής πρόσληψης λυκοπενίου και της μειωμένης συχνότητας εμφάνισης καρκίνου του προστάτη, αν και δεν έχουν παραχθεί σταθερά αποτελέσματα από όλες τις μελέτες (110). Η κύρια διατροφική πηγή του λυκοπενίου βρίσκεται στις ντομάτες, όπου το λυκοπένιο στις μαγειρεμένες ντομάτες είναι περισσότερο βιοδιαθέσιμο σε σχέση με τις ωμές ντομάτες (101).

Το σελήνιο (Se) είναι ένα ιχνοστοιχείο το οποίο βρίσκεται στο έδαφος, στο νερό, στα λαχανικά (κρεμμύδι, σκόρδο), στη σόγια, στα σιτηρά, στους ξηρούς καρπούς, στα θαλασσινά, στο κρέας, στο συκώτι, στη μαγιά (52). Σχηματίζει το ενεργό κέντρο αρκετών ενζύμων συμπεριλαμβάνοντας τη γλουταθειόνη του υπεροξειδίου. Σε χαμηλές δόσεις, τα οφέλη για την υγεία του ανθρώπου είναι πολλαπλά, διότι το Se είναι αντιοξειδωτικό, αντικαρκινικό και ανοσορρυθμιστικό (112). Το σελήνιο είναι επίσης απαραίτητο για τη λειτουργία του θυροειδούς (113). Η ανεπάρκεια του σεληνίου μπορεί να εμφανιστεί σε ασθενείς με ολική παρεντερική διατροφή και σε ασθενείς με γαστρεντερικές διαταραχές. Σε κάποιες περιοχές της αγροτικής Κίνας με φτωχά εδάφη σε σελήνιο, οι άνθρωποι ανέπτυξαν μια συμφορητική καρδιομυοπάθεια που ονομάζεται νόσος του Κεσάν, η οποία θεραπεύεται με τα συμπληρώματα σεληνίου (113). Όσον αφορά την πρόληψη του καρκίνου, ειδικά των πνευμόνων, του παχέος εντέρου και του καρκίνου του προστάτη, τα αποτελέσματα κάποιων μελετών είναι υπό συζήτηση (39, 113).

Το α-λινολενικό οξύ (ωμέγα-3) και το λινελαϊκό οξύ (ωμέγα-6) πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι απαραίτητα γιατί ο ανθρώπινος οργανισμός δεν μπορεί να τα συνθέσει. Επομένως, προέρχονται μόνο από την τροφή. Τα ωμέγα-3 λιπαρά οξέα βρίσκονται στο λίπος των ψαριών (σολωμό, τόνο, σαρδέλες, μπακαλιάρο), στα φύκια, στα καρύδια, στο λιναρόσπορο, στα έλαια των ξηρών καρπών. Εν τούτοις, κάποια μεγάλα ψάρια όπως ο ξιφίας πρέπει να αποφεύγονται λόγω των υψηλών

επιπέδων υδραργύρου (114). Υπάρχουν τρία κύρια διαιτητικά είδη ωμέγα-3 λιπαρών οξέων: Το εικοσαπενταενοϊκό οξύ (EPA), το δοκοσαεξαενοϊκό οξύ (DHA) και το άλφα-λινολεϊκό οξύ (ALA). Το EPA και το DHA βρίσκονται σε αφθονία στα ψάρια και χρησιμοποιούνται άμεσα από τον ανθρώπινο οργανισμό, ενώ το ALA το οποίο βρίσκεται στους ξηρούς καρπούς πρέπει να μετατραπεί σε DHA και EPA από τον οργανισμό. Τα ωμέγα-6 λιπαρά οξέα (λινελαϊκό οξύ) βρίσκονται στα φυτικά έλαια, στους ξηρούς καρπούς, στα δημητριακά, στα αυγά, στα πουλερικά. Είναι σημαντικό να διατηρείται η απαραίτητη ισορροπία των δύο αυτών λιπαρών οξέων, δεδομένου ότι συνεργάζονται για να συμβάλλουν στην υγεία του ανθρώπου (115). Εκτός του ότι είναι αντιαρρυθμικά, τα ωμέγα-3 λιπαρά οξέα είναι αντιφλεγμονώδη και αντιθρομβωτικά. Χρησιμοποιούνται επίσης για τη θεραπεία της υπερλιπιδαιμίας, της υπέρτασης, και της ρευματοειδούς αρθρίτιδας. Σε αντίθεση, τα ωμέγα-6 λιπαρά οξέα, τα οποία είναι παρόντα σε περισσότερους σπόρους, φυτικά έλαια και κρέας, είναι προφλεγμονώδη και προθρομβωτικά (114).

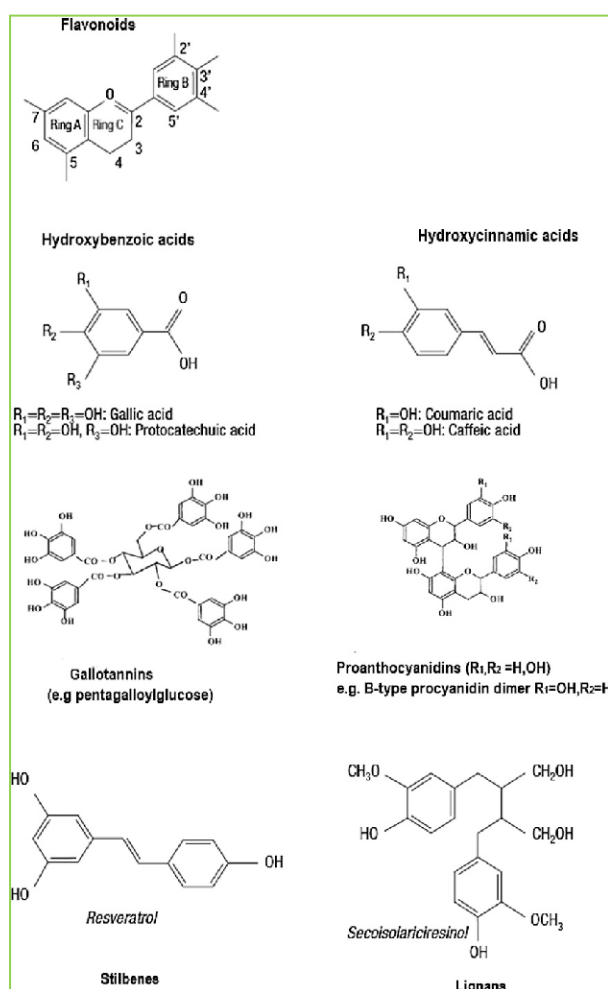
Τέλος, κάποια ενδογενή αντιοξειδωτικά όπως η L-αργινίνη, το συν-ένζυμο Q-10, η μελατονίνη, έχουν προσφάτως χρησιμοποιηθεί ως συμπληρώματα για την πρόληψη ή θεραπεία κάποιων χρόνιων ή εκφυλιστικών ασθενειών (116-118).

3. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΧΥΜΩΝ ΦΡΟΥΤΩΝ

3.1. Κατηγορίες πολυφαινόλων

Οι φαινολικές ενώσεις περιλαμβάνουν μια ποικιλία μορίων τα οποία έχουν πολυφαινολική δομή (π.χ. μερικές ομάδες υδροξυλίου σε αρωματικούς δακτυλίους), αλλά και μόρια με ένα μόνο φαινολικό δακτύλιο, όπως έχουν τα φαινολικά οξέα και οι φαινολικές αλκοόλες. Οι πολυφαινόλες χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τον αριθμό των φαινολικών δακτυλίων που περιέχουν και ανάλογα με τα δομικά στοιχεία που συνδέουν αυτούς τους δακτυλίους μεταξύ τους. Οι κυριότερες ομάδες των πολυφαινόλων είναι: Τα φαινολικά οξέα, τα φλαβονοειδή, οι ταννίνες (υδρολυόμενες και συμπυκνωμένες), τα στυλβένια και οι λιγνάνες (119).

Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 2) παρουσιάζονται οι δομές τους.



Εικόνα 2: Χημικές δομές των κυριότερων ομάδων φαινολικών ενώσεων (120).

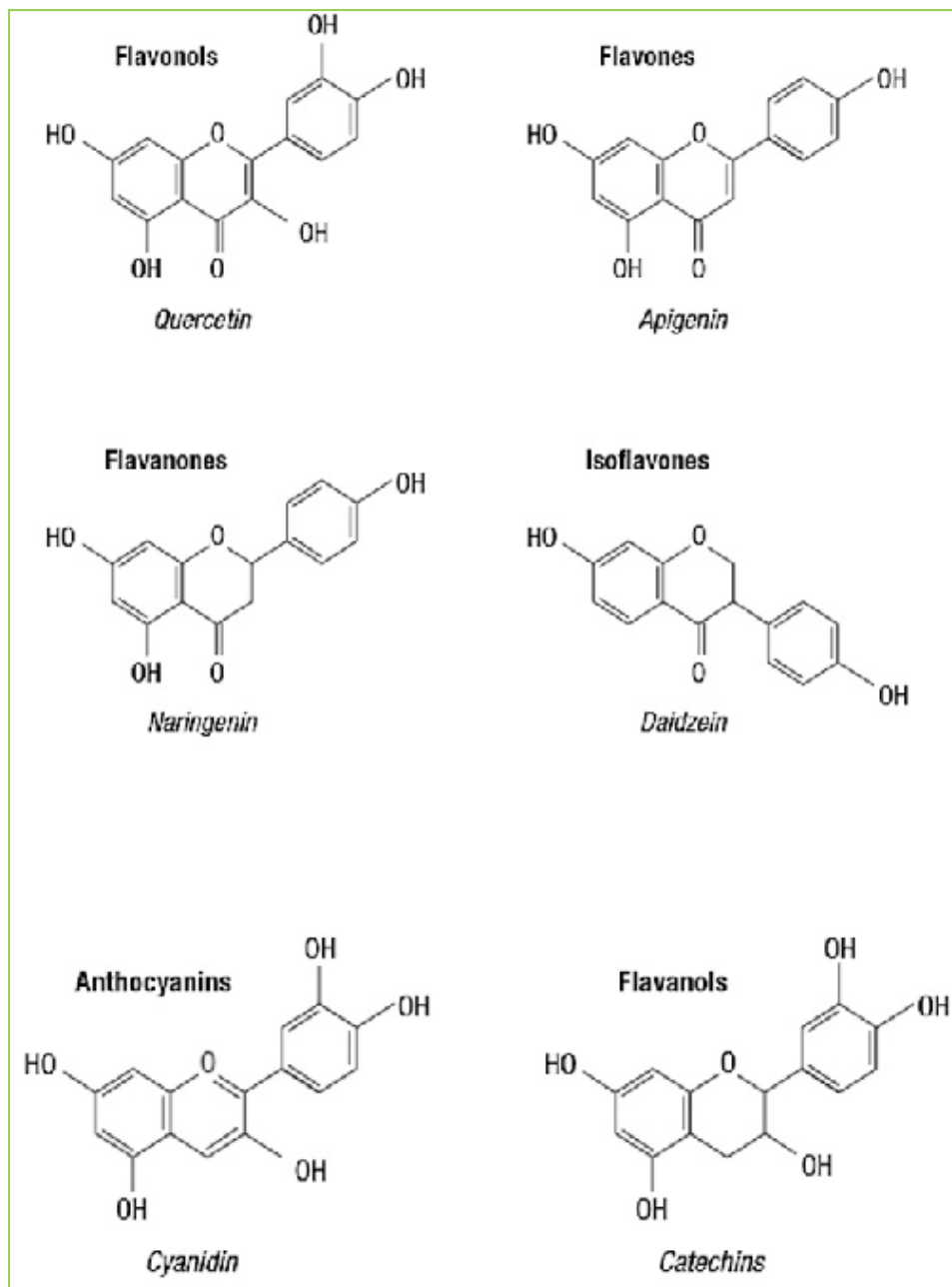
3.1.1. Απλές φαινολικές ουσίες

Τα **φαινολικά οξέα** αποτελούν περίπου το 1/3 των διαιτητικών φαινολών, οι οποίες μπορεί να βρίσκονται στα φυτά σε ελεύθερη ή δεσμευμένη μορφή (121). Τα δεσμευμένα φαινολικά οξέα μπορεί να συνδέονται με διάφορα φυτικά συστατικά μέσω του εστέρα, του αιθέρα, ή μέσω δεσμών ακετάλης (122). Οι διαφορετικές μορφές των φαινολικών οξέων έχουν ως αποτέλεσμα να αλλάζει η καταλληλότητα σε διαφορετικές συνθήκες εκχύλισης και να έχουν διαφορετικές ευαισθησίες στην αποικοδόμηση (123). Τα φαινολικά οξέα αποτελούνται από δύο υποομάδες, τα υδροξυβενζοϊκά και τα υδροξυκιναμικά οξέα. Τα υδροξυβενζοϊκά οξέα περιλαμβάνουν το γαλλικό, το p-υδροξυβενζοϊκό, το πρωτοκατεχουϊκό, το βανιλλικό και συριγγικό οξύ, τα οποία έχουν ως κοινό την δομή C6-C1. Τα υδροξυκιναμικά οξέα, από την άλλη πλευρά, είναι αρωματικές ενώσεις με μία πλευρική αλυσίδα τριών ατόμων άνθρακα (C6-C3). Το καφεϊκό, το φερουλικό, το p-κουμαρικό και σιναπικό οξύ αντιπροσωπεύουν τα πιο κοινά υδροξυκιναμικά οξέα (124).

Οι κυριότερες **φαινολικές αλκοόλες** είναι η τυροσόλη και η υδροξυτυροσόλη που περιέχονται στο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο. Η τυροσόλη βρίσκεται επίσης στο άσπρο και στο κόκκινο κρασί, ενώ η υδροξυτυροσόλη παράγεται μετά από την πέψη του κρασιού *in vivo* (125). Η περιεκτικότητα του ελαιόλαδου στις φαινολικές αλκοόλες εξαρτάται από το κλίμα, το χώμα, το γεωγραφικό πλάτος, την ποικιλία και το βαθμό ωρίμανσης της ελιάς (126-129).

3.1.2. Φλαβονοειδείς Φαινόλες

Υπάρχουν περισσότερες από 8000 πολυφαινόλες, περιλαμβάνοντας πάνω από 4000 αναγνωρισθέντα φλαβονοειδή, τα οποία και συνεχίζουν να αυξάνονται (130). Τα φλαβονοειδή μπορούν περαιτέρω να ταξινομηθούν σε **ανθοκυανίνες, φλαβόνες, ισοφλαβόνες, φλαβανόνες, φλαβονόλες και φλαβανόλες** (131). Οι χημικές δομές των κυριότερων κατηγοριών των φλαβονοειδών παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 2).



Εικόνα 3: Χημικές δομές των φλαβονοειδών (120).

Τα φλαβονοειδή είναι ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους, αποτελούμενα από δεκαπέντε άτομα άνθρακα, με διάταξη C6-C3-C6. Ουσιαστικά η δομή τους αποτελείται από δυο αρωματικούς δακτυλίους, Α και Β, οι οποίοι ενώνονται με έναν δακτύλιο τριών ανθράκων, συνήθως με τη μορφή ενός ετεροκυκλικού δακτυλίου. Ο αρωματικός δακτύλιος Α προέρχεται από το μεταβολικό μονοπάτι οξικού/μηλονικού οξέος, ενώ ο αρωματικός δακτύλιος Β προέρχεται από τη

φαινυλαλανίνη διαμέσου της μεταβολικής οδού που χρησιμοποιούν τα βακτήρια και οι μύκητες, καθώς και φυτά για την παραγωγή αρωματικών αμινοξέων. (132).

Παραλλαγές στα πρότυπα αντικατάστασης του δακτυλίου C προκύπτει στις κύριες τάξεις των φλαβονοειδών, δηλαδή στις φλαβονόλες, στις φλαβόνες, στις ισοφλαβόνες, στις φλαβανόνες, στις φλαβανόλες (ή κατεχίνες), στις φλαβανονόλες και στις ανθοκυανιδίνες (133). Από τις παραπάνω τάξεις οι φλαβόνες και οι φλαβονόλες είναι οι πιο ευρέως εμφανιζόμενες και δομικά διαφορετικές (130). Αντικαταστάσεις στους δακτυλίους A και B μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορετικές ενώσεις, σε κάθε κατηγορία των φλαβονοειδών (134). Αυτές οι αντικαταστάσεις μπορούν να περιλαμβάνουν την οξυγόνωση, την αλκυλίωση, τη γλυκοζυλίωση, την ακυλίωση και την σουλφόνωση (135).

Τα φλαβονοειδή είναι ιδιαίτερος σημαντικά αντιοξειδωτικά, χάριν της υψηλής οξειδοαναγωγικής δυναμικής τους, η οποία τους επιτρέπει να συμπεριφέρονται ως αναγωγικοί παράγοντες, ως δότες υδρογόνου και ως εκκαθαριστές μονήρους μοριακού οξυγόνου (131).

Τα φλαβονοειδή είναι τα συνηθέστερα φυτοχημικά, τα οποία βοηθούν στην προστασία των φυτών από την υπεριώδη ακτινοβολία, τα μυκητιασικά παράσιτα, τα φυτοφάγα ζώα, τα παθογόνα και την οξειδωτική βλάβη των κυττάρων (136). Όταν καταναλώνονται τακτικά από τον άνθρωπο, τα φλαβονοειδή έχουν συσχετισθεί με τη μείωση της συχνότητας εμφάνισης ασθενειών όπως ο καρκίνος και οι καρδιοπάθειες (136-138). Προς το παρόν υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον στην έρευνα των φλαβονοειδών, λόγω της δυνατότητας βελτίωσης της δημόσιας υγείας μέσω της διατροφής, όπου η προληπτική φροντίδα υγείας μπορεί να προωθηθεί μέσα από την κατανάλωση φρούτων και λαχανικών. Οι **φλαβονόλες** είναι μια κατηγορία των φλαβονοειδών που βρίσκονται συνήθως σε πολλά φρούτα και λαχανικά, όπου το περιεχόμενό τους ποικίλλει ευρέως, το οποίο εξαρτάται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως οι συνθήκες ανάπτυξης, το κλίμα, η φύλαξη και το μαγείρεμα (139).

Οι **ανθοκυανίνες** (Ελληνική ετυμολογία =άνθος και κυανό) είναι υδατοδιαλυτές χρωστικές ουσίες οι οποίες εμφανίζονται ως κόκκινο-πορτοκαλί, μπλε-μωβ χρώματα, ανάλογα με το pH (140). Ανήκουν στην οικογένεια των φλαβονοειδών και συντίθενται μέσω της φαινυλοπροπανοειδούς οδού. Οι ανθοκυανίνες βρίσκονται σε όλους τους ιστούς των φυτών, συμπεριλαμβανομένων των φύλλων, των μίσχων, των ριζών, των ανθέων και των φρούτων (140, 141).

Οι ανθοκυανιδίνες είναι οι βασικές δομές των ανθοκυανινών. Οι ανθοκυανιδίνες αποτελούνται από έναν αρωματικό δακτύλιο Α ενωμένο με έναν ετεροκυκλικό δακτύλιο C ο οποίος περιέχει οξυγόνο, επίσης ενωμένος με ένα δεσμό άνθρακα-άνθρακα σε έναν τρίτο αρωματικό δακτύλιο Β (142). Όταν οι ανθοκυανιδίνες βρίσκονται στη γλυκοζυλιωμένη τους μορφή, συνδεδεμένες σε ένα τμήμα σακχάρου, είναι γνωστές ως ανθοκυανίνες.

Τα παράγωγα γλυκοζιδίου από τις τρεις μη-μεθυλιωμένες ανθοκυανιδίνες (pelargonidin-Pg, cyaniding-Cy, delphinidin-Dp) είναι τα συνηθέστερα στη φύση, τα οποία βρίσκονται σε ποσοστό 80% στα χρωματισμένα φύλλα, 69% στα φρούτα και 50% στα άνθη (143).

Η σταθερότητα των ανθοκυανινών επηρεάζεται από παράγοντες όπως το pH, η θερμοκρασία αποθήκευσης, η χημική δομή, η συγκέντρωση, οι διαλύτες, το οξυγόνο, το φως, η παρουσία ενζύμων, τα φλαβονοειδή, οι πρωτεΐνες και τα μεταλλικά ιόντα (144). Οι ανθοκυανίνες, όπως και άλλες πολυφαινόλες, μπορούν να συμπεριφερθούν ως αντιοξειδωτικά, όντας δότες υδρογόνου σε υψηλά δραστικές ρίζες, εμποδίζοντας έτσι περαιτέρω το σχηματισμό ελευθέρων ριζών (145).

Οι ανθοκυανίνες κατέχουν φαρμακολογικές ιδιότητες και ισχυρές βιολογικές λειτουργίες, ως αντιφλεγμονώδη και αντιοξειδωτικά (146). Οι φαινολικές ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων των ανθοκυανινών, των φλαβονοειδών και των φαινολικών οξέων, είναι γνωστές για τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες στα φρούτα. Τα φρούτα με το υψηλότερο φαινολικό περιεχόμενο, γενικά δείχνουν ισχυρότερη αντιοξειδωτική ικανότητα (147). Τα τελευταία χρόνια οι συνθετικές χρωστικές ουσίες τροφίμων έχουν απαγορευτεί σε πολλές χώρες, λόγω της τοξικότητας και της καρκινογένεσής τους. Οι ανθοκυανίνες, έγχρωμες φυσικές ενώσεις οι οποίες

λαμβάνονται εύκολα από τα φρούτα και από τα λαχανικά, μπορούν να θεωρηθούν δυνητικά υποκατάστατα για τις απαγορευμένες χρωστικές ουσίες τροφίμων. Έχουν στην πραγματικότητα, φωτεινά ελκυστικά χρώματα, ενώ η υψηλή διαλυτότητα στο νερό των ενώσεων αυτών, επιτρέπει την εύκολη ενσωμάτωσή τους σε υδατικά τροφικά συστήματα (148). Επιπλέον, η αποδεδειγμένη αντιοξειδωτική δράση των ανθοκυανινών, που σχετίζονται με την πρόληψη ενός αριθμού εκφυλιστικών νόσων παρέχει πρόσθετα οφέλη στα τρόφιμα, έχοντας αυτές τις φυσικές χρωστικές ουσίες (149-151).

Οι **φλαβανόνες** χαρακτηρίζονται από την παρουσία μιας κορεσμένης αλυσίδας τριών ατόμων άνθρακα και ενός ατόμου οξυγόνου στον άνθρακα C4. Γενικά γλυκοζυλιώνονται από έναν δισακχαρίτη στον άνθρακα C7. Οι φλαβανόνες βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις μόνο στα εσπεριδοειδή, αλλά βρίσκονται επίσης στις ντομάτες και σε ορισμένα αρωματικά φυτά όπως είναι η μέντα. Οι κυρίως αγλυκόνες ή άγλυκα φαινολικά παράγωγα είναι η ναριγγίνη στο γκρέιπφρουτ, η εσπεριτίνη στα πορτοκάλια και η εριδιοκτυόλη στα λεμόνια (152).

Οι **ισοφλαβόνες** έχουν δομικές ομοιότητες με τα οιστρογόνα, δηλ ομάδες υδροξυλίου στις θέσεις C7 και C4, όπως το μόριο της οιστραδιόλης. Είναι φυτοχημικά που βρίσκονται σε πολλά φυτά και σε τροφές φυτικής προέλευσης, τόσο σε εγγενή μορφή (αγλυκόνη), αλλά και ως ακετυλ-, ή μαλονύλ-, κλπ, β-γλυκοσίδες. Αποδίδονται σε αυτές σημαντικές επιδράσεις για την υγεία, γι 'αυτό έχει διατυπωθεί η άποψη ότι θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την πρόληψη ή τη θεραπεία διαδεδομένων ασθενειών όπως είναι η αθηροσκλήρωση ή ο καρκίνος. Μερικές φυσιολογικές δράσεις αποδίδονται σε δομικές ομοιότητές τους με τις β-οιστραδιόλες, και ενίοτε αναφέρονται ως "φυτο-οιστρογόνα" (119, 153).

Οι **τανίνες** είναι ενώσεις υψηλού μοριακού βάρους οι οποίες υποδιαιρούνται σε υδρολυόμενες και συμπυκνωμένες τανίνες (154).

Οι προανθοκυανιδίνες (συμπυκνωμένες τανίνες) είναι πολυμερή φλαβονοειδή. Παρά το γεγονός ότι οι βιοσυνθετικοί "δρόμοι" για τη σύνθεση φλαβονοειδών είναι καλά κατανοητοί, τα βήματα που οδηγούν στη συμπύκνωση και στον πολυμερισμό δεν έχουν διευκρινιστεί. Οι πιο ευρέως μελετημένες συμπυκνωμένες τανίνες είναι

οι φλαβαν-3-όλες (-) - επικατεχίνη και (+) – κατεχίνη και βρίσκονται πιο συχνά στα φρούτα. Οι τανίνες είναι τα μόρια που προσδίδουν τη στυφή γεύση και την πικρή γεύση στα τρόφιμα (155).

Οι υδρολυόμενες τανίνες είναι παράγωγα του γαλλικού οξέος (3,4,5, τριυδροξυλβενζοϊκό οξύ). Το γαλλικό οξύ εστεροποιείται σε έναν πυρήνα πολυόλης, και οι ομάδες γαλλιόλης μπορούν να εστεροποιηθούν περαιτέρω ή διασταυρώνονται οξειδωτικά για να δώσουν περισσότερα συμπλέγματα υδρολυόμενων τανινών (156).

Οι τανίνες έχουν διαφορετικές επιδράσεις στα βιολογικά συστήματα, δεδομένου ότι είναι πιθανοί χημικοί παράγοντες δέσμησης ιόντων μετάλλου, παράγοντες πρωτεϊνικής καθίζησης, και βιολογικά αντιοξειδωτικά. Οι τανίνες, λόγω των ποικίλων βιολογικών ρόλων που μπορεί να παίξουν, εξαιτίας της τεράστιας δομικής μεταβολής τους, ήταν δύσκολο να αναπτύξουν μοντέλα τα οποία θα επιτρέπουν μια ακριβή πρόβλεψη της δράσης τους σε οποιοδήποτε σύστημα. Ένας σημαντικός στόχος μελλοντικών εργασιών σχετικά με τις βιολογικές δραστηριότητες των τανινών είναι η ανάπτυξη των σχέσεων δομής/δραστηριότητας, έτσι ώστε να μπορούν να προβλεφθούν οι βιολογικές δραστηριότητες (156).

3.1.3. Μη φλαβονοειδείς φαινόλες

Οι μη φλαβονοειδείς φαινόλες περιλαμβάνουν τα στυλβένια και τα λιγνάνια.

Τα **στυλβένια** περιέχονται σε μικρές ποσότητες στη διατροφή του ανθρώπου και ο πιο γνωστός εκπρόσωπος της ομάδας αυτής είναι η ρεσβερατρόλη, η οποία υπάρχει σε *cis* και *trans* ισομερή μορφή, περισσότερο στις γλυκοζυλιωμένες μορφές της (157). Παράγεται από τα φυτά ως απάντηση λοίμωξης από παθογόνα ή σε μια ποικιλία συνθηκών στρες (158). Έχει ανιχνευθεί σε περισσότερα από 70 είδη φυτών, συμπεριλαμβάνοντας τα σταφύλια, τα μούρα και τα φιστίκια.

Τα **λιγνάνια** παράγονται με οξειδωτικό διμερισμό των δύο φαινυλοπροπανικών μερών και είναι κυρίως παρόντα στη φύση στην ελεύθερη μορφή τους, ενώ τα γλυκοσιδικά παράγωγά βρίσκονται στην ελάσσονα μορφή τους. Το ενδιαφέρον για τα λιγνάνια και τα συνθετικά παράγωγά τους αυξάνεται, λόγω των πιθανών

εφαρμογών τους στη χημειοθεραπεία του καρκίνου και διαφόρων άλλων φαρμακολογικών επιδράσεων που παρουσιάζουν (159).

3.2. Φυσικές πηγές πολυφαινολών

Οι πολυφαινόλες είναι ευρέως διαδεδομένες στα φυτά, στα φρούτα, στα λαχανικά, στο τσάι, στο ελαιόλαδο, στον καπνό. Το φυτικό βασίλειο προσφέρει ένα ευρύ φάσμα των φυσικών αντιοξειδωτικών. Ως εκ τούτου, τα αντιοξειδωτικά έχουν γίνει ένα ξεχωριστό μέρος της διατήρησης της τεχνολογίας και της σύγχρονης υγειονομικής περίθαλψης. Η πιθανή τοξικότητα κάποιων συνθετικών αντιοξειδωτικών (βουτυλοϋδροξυτολουόλιο-BHT και βουτυλοϋδροξυανισόλη-BHA), όπως προαναφέρθηκαν και στο πρώτο κεφάλαιο, όμως, έχει εντείνει τις ερευνητικές προσπάθειες για να ανακαλυφθούν και να αξιοποιηθούν τα αντιοξειδωτικά από φυσικές πηγές, όπως είναι κυρίως τα φρούτα και τα λαχανικά (160-162). Τα αντιοξειδωτικά είτε ως πρόσθετα είτε ως φαρμακευτικά συμπληρώματα, μπορούν να τερματίσουν αντιδράσεις με ρίζες *in vivo*, οι οποίες μπορεί να βλάψουν κάποια απαραίτητα μόρια για τη ζωή όπως είναι τα νουκλεϊκά οξέα και οι πρωτεΐνες (163). Συνεπώς, είναι προτιμότερο, να καταναλώνουμε αντιοξειδωτικά τα οποία προέρχονται από φυσικές πηγές.

3.3. Ευεργετικές επιδράσεις των χυμών φρούτων

Οι χυμοί φρούτων παίζουν σημαντικό ρόλο στην προστασία των κυττάρων από διάφορες ασθένειες και είναι γνωστοί για τις αντιοξειδωτικές τους ικανότητες (164). Μια ενισχυμένη διατροφή με χυμούς φρούτων θα μπορούσε να αποτρέψει πολλές ασθένειες ή παθολογικές διαταραχές, όπως είναι ο καρκίνος, οι καρδιαγγειακές παθήσεις (αθηροσκλήρωση, υπερχοληστερολαιμία, καρδιακή προσβολή, υπέρταση) και ο διαβήτης (2, 39, 165).

Οι διατροφικές συστάσεις για υγιεινή διατροφή περιλαμβάνουν την κατανάλωση των χυμών φρούτων (166) των οποίων οι ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία αποδίδονται, εν μέρει, στην βιταμίνη C, ένα φυσικό αντιοξειδωτικό το οποίο μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη των σοβαρών κλινικών καταστάσεων, συμπεριλαμβανομένων των καρδιακών παθήσεων και ορισμένων μορφών καρκίνου (167).

Οι χυμοί φρούτων είναι πλούσιοι σε βιταμίνες, μέταλλα και πολυφαινολικές ενώσεις (φαινολικά οξέα, τανίνες, φλαβονοειδή, στυλβένια, και λιγνάνια). Μια από τις πολυάριθμες υποκατηγορίες των φλαβονοειδών, η οποία έχει αναλυθεί εκτενώς παραπάνω, είναι οι ανθοκυανίνες (τα παράγωγα γλυκοσίδης των ανθοκυανιδίων), βρίσκονται στα φρούτα σε ποσοστό 69% και είναι σημαντικές για τις αντιοξειδωτικές και τις αντιφλεγμονώδεις ιδιότητές τους (120, 164, 165).

Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι οι χυμοί των εσπεριδοειδών (πορτοκάλια, λάιμς, γκρέιπφρουτ, και λεμόνια) είτε είναι φρεσκοστυμμένοι ή "έτοιμοι" χυμοί του εμπορίου, περιέχουν καροτενοειδή, βιταμίνη C, και αρκετές φαινόλες. Οι βιομηχανίες τροφίμων, μπορούν να αντικαταστήσουν πρόσθετα όπως είναι το ασκορβικό οξύ, τα καροτενοειδή, και διαφορετικά είδη φαινολών, χρησιμοποιώντας τις φυσικές πηγές αντιοξειδωτικών που βρίσκονται στα εκχυλίσματα των χυμών και στις φλούδες των φρούτων και των υποπροϊόντων τους (168). Για παράδειγμα, ο χυμός από ρόδι, στα εμπορικά προϊόντα, προκύπτει από την έκθλιψη ολόκληρου του καρπού και είναι μια πλούσια πηγή αντιοξειδωτικών περιέχοντας πουνικαλαγίνη, μια από τις κυριότερες ελλαγιτανίνες, η οποία εντοπίζεται συνήθως στην φλούδα του φρούτου (169). Το εδώδιμο μέρος του καρπού είναι οι σπόροι οι οποίοι επίσης περιέχουν πολλές αντιοξειδωτικές ενώσεις όπως ανθοκυανίνες, ελλαγικό οξύ και φυτοοιστρογόνα φλαβονοειδή (170). Επιπλέον, ο χυμός ρόδι αποτελεί πηγή ασκορβικού οξέος και η κατανάλωση ενός ποτηριού του χυμού του καλύπτει το 40% της συνιστώμενης ημερήσιας ποσότητας σε βιταμίνη C (171-174).

Μια επιστημονική ανάλυση έδειξε ότι οι χυμοί φρούτων χωρίς προσθήκες συστατικών (που ορίζονται ως 100% φυσικοί χυμοί) που δεν είναι ενεχόμενα στον χυμό, όπως π.χ. τα γλυκαντικά, διατηρούν το μεγαλύτερο μέρος των θρεπτικών συστατικών και των φυτοχημικών ολόκληρου του φρούτου, και ως εκ τούτου μπορεί να έχουν σημαντικές δυνατότητες στο να ωφελήσουν την υγεία του ανθρώπου (6).

Η πρόσληψη χυμού πορτοκαλιού συσχετίστηκε με την αντιοξειδωτική ικανότητα, συγκριτικά με τα συμπληρώματα βιταμίνης C, σε μια τυχαιοποιημένη διασταυρούμενη μελέτη 3x3 στην οποία υγιείς, κανονικού βάρους γυναίκες (n=11, ηλικίας 21-39 ετών) κατανάλωσαν σε τυχαία σειρά 250 ή 500ml χυμό πορτοκάλι ή

ένα συμπλήρωμα βιταμίνης C (72mg/ημέρα) για δυο εβδομάδες και στη συνέχεια ακολουθούσε περίοδος καθαρισμού για δυο εβδομάδες (175). Οι συγκεντρώσεις της υπεροξειδωσης των λιπιδίων μειώθηκαν κατά 47% (250ml χυμός, $p=0,013$), κατά 40% (500ml χυμός, $p=0,083$) και κατά 46% (βιταμίνη C, $p=0,015$).

Σε άλλη μελέτη ο χυμός ρόδι από συμπυκνωμένο χυμό (40g) δόθηκε για 8 εβδομάδες σε 22 άτομα (8 άνδρες και 14 γυναίκες) με διαβήτη τύπου II, ο οποίος δεν αντιμετωπίζεται με ινσουλίνη (176). Δεν υπήρξε καμία αλλαγή στον δείκτη μάζας σώματος (BMI) ή στην περιφέρεια μέσης και ισχίων, αλλά υπήρξε σημαντική μείωση στην ολική χοληστερόλη στην αναλογία HDL ($p<0.001$) και στην αναλογία LDL προς HDL χοληστερόλη ($p<0.001$). Η ποσότητα του συμπυκνωμένου χυμού που χρησιμοποιήθηκε, θα χρειαζόταν μελλοντικά μια προσεκτική προσέγγιση σε διαβητικά άτομα και την ανάγκη να γίνουν μελέτες ως προς την ανταπόκριση της δόσης σε αυτόν τον πληθυσμό.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Όπως προκύπτει από την σχετική βιβλιογραφία, υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον αφ' ενός για την εκτίμηση της Ολικής Αντιοξειδωτικής Ικανότητας (TAC, Total Antioxidant Capacity) σε διάφορα είδη χυμών φρούτων, και αφ' ετέρου για την ανάπτυξη αξιόπιστων μεθόδων προσδιορισμού της.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν:

- Να διερευνηθεί ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας των χυμών φρούτων που υπάρχουν στην Ελληνική αγορά. Η επιλογή των προϊόντων έγινε με δυο κριτήρια: Την παρουσία μόνον ενός φρούτου ανά προϊόν και τη μη προσθήκη αντιοξειδωτικών ουσιών.
- Να διερευνηθεί εάν υπάρχει πιθανή συσχέτιση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των "έτοιμων" χυμών φρούτων με αυτήν από την άμεση εκχύμωση φρούτων.
- Να διερευνηθεί εάν η αντιοξειδωτική ικανότητα διαφέρει μεταξύ των χυμών φρούτων βραχείας διατήρησης (φύλαξη σε ψυγείο) και μακράς διατήρησης (φύλαξη σε "ράφι").
- Να διερευνηθεί εάν η αντιοξειδωτική ικανότητα διαφέρει μεταξύ προϊόντων επώνυμων εταιριών και προϊόντων ιδιωτικής ετικέτας.
- Να διερευνηθεί εάν οι χυμοί ατομικής συσκευασίας είναι εξίσου αντιοξειδωτικοί με τους χυμούς οικογενειακής συσκευασίας, δεδομένου ότι οι μετρήσεις έγιναν αμέσως μετά το άνοιγμα του εκάστοτε χυμού.
- Να διερευνηθεί αν η συσκευασία (γυαλί- χαρτί- πλαστικό) επηρεάζει την αντιοξειδωτική ικανότητα των χυμών φρούτων.
- Να διερευνηθεί εάν οι τιμές των χρωματικών παραμέτρων CIELAB συσχετίζονται με την αντιοξειδωτική ικανότητα των χυμών φρούτων και το περιεχόμενό τους σε ολικές φαινόλες και ολικά φλαβονοειδή.

5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

5.1. Υλικά και μέθοδοι

Το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu, το οξικό οξύ (CH_3COOH), η μεθανόλη (CH_3OH), η αιθανόλη ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), το χλωριούχο αργίλιο (AlCl_3), και το L-ασκορβικό οξύ (Βιταμίνη C), προμηθεύτηκαν από την εταιρία Merck KGaA (Darmstadt Germany), ενώ το ανθρακικό νάτριο (Na_2CO_3) από την εταιρία Carlo Erba Reactifs-Sds. Το γαλλικό οξύ (galllic acid) αγοράστηκε από την εταιρία MP Biomedicals (LLC, Germany). Η ρουτίνη (rutin hydrate), το trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), η ρίζα $\text{ABTS}^{\bullet+}$ (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid), η ρίζα DPPH^{\bullet} (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), και το υπερθειικό κάλιο ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$), προμηθεύτηκαν από την εταιρία Sigma-Aldrich (Chemie GmbH, Germany). Καθ' όλη την διάρκεια των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε δις-αποσταγμένο νερό και όλοι οι διαλύτες ήταν αναλυτικής καθαρότητας.

Τα δείγματα μετρήθηκαν σε Φασματοφωτόμετρο διπλής δέσμης (UV-1800 UV/VIS spectrophotometer, Rayleigh, Beijing Beifen-Ruili Analytical Instrument (Group) Co., Ltd., China). Χρησιμοποιήθηκε αναλυτικός ζυγός ακριβείας (Kern & Sohn GmbH, D-72336 Ballngen, Germany) τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων (0,0000g), αυτόματη πιπέτα (100-1000 μL), αυτόματη πιπέτα (10-100 μL), tips, ογκομετρικές φιάλες όγκου 250 ml, 500 ml και 1000 ml. Τέλος, χρησιμοποιήθηκε αναλυτής χρώματος Chroma Meter CR-400 optical sensor (Konica Minolta, Osaka, Japan).

Ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας πραγματοποιήθηκε με τις εξής αναλυτικές μεθόδους: "Μέθοδος προσδιορισμού ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας της ρίζας DPPH^{\bullet} ", "Μέθοδος προσδιορισμού ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας της ρίζας $\text{ABTS}^{\bullet+}$ ", "Μέθοδος Folin-Ciocalteu", "Μέθοδος προσδιορισμού ολικών φλαβονοειδών", γνωστές στη βιβλιογραφία, και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν μαζί με τα ευρήματα από τις μετρήσεις του χρώματος των χυμών, με σκοπό την εκτίμηση πιθανής συσχέτισης των μεθόδων. Οι χρωματικές παράμετροι των δειγμάτων (L^* , a^* , b^*) βασίστηκαν στα αναλυτικά στοιχεία που καταγράφει το χρωμόμετρο CIELAB.

5.2. Ανάλυση Δειγμάτων

Τα δείγματα χυμών που μελετήθηκαν κατά την διενέργεια της παρούσας εργασίας χωρίστηκαν σε τρεις βασικές ομάδες:

1. Χυμοί από άμεση εκχύμωση φρέσκων φρούτων
2. Χυμοί επώνυμων εταιριών
3. Χυμοί ιδιωτικής ετικέτας

Πίνακας 1 : Χυμός φρέσκων φρούτων (Φρεσκοστυμμένος) που μελετήθηκε για τις αντιοξειδωτικές του ικανότητες.

No.	Φρέσκο Φρούτο	Βοτανική Ονομασία/ Οικογένεια
1	Πορτοκάλι (Βαλένσια Λακωνίας Κατηγορία Ι)	Citrus Sinensis/ Rutaceae
2	Μήλο (Κόκκινο Στάρκιγκ Κοζάνης Κατηγορία Ι)	Malus Domestica/ Rosaceae
3	Ανανάς (Dole Κόστα Ρίκα)	Ananas Comosus/ Bromeliaceae
4	Γκρέιπφρουτ (Κόκκινο Χανίων Κατηγορία Ι)	Citrus Paradisi/ Rutaceae
5	Γκρέιπφρουτ (Κίτρινο Ν. Αφρικής Κατηγορία Ι)	Citrus Paradisi/ Rutaceae
6	Ρόδι(Περού Κατηγορία Ι)	Punica Granatum/ Punicaceae
7	Ροδάκινο (Εδέσσης Κατηγορία Ι)	Prunus Persica/ Rosaceae
8	Λεμόνι (Ιταλίας Κατηγορία Ι)	Citrus Limon/ Rutaceae

Στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 1) εμφανίζονται οι διαφορετικοί χυμοί, διαφορετικής προέλευσης, που προκύπτουν από την άμεση εκχύμωση φρέσκων φρούτων. Τα φρούτα πλενότουσαν πολύ καλά σε πόσιμο νερό και έπειτα αφήνονταν να στεγνώσουν στον αέρα. Ο χυμός από τα φρούτα εκχυλίστηκε με την κοπή του φρούτου (πορτοκάλι, λεμόνι, κόκκινο και κίτρινο γκρέιπφρουτ, ρόδι, ανανάς και ροδάκινο) στη μέση και στύβοντάς το προσεκτικά ώστε να ληφθεί ο χυμός από το μεσοκάρπιο. Το μήλο τοποθετήθηκε σε έναν αποχυμωτή και στη συνέχεια ακολουθήθηκε η εκχύλιση. Τα δείγματα περνούσαν από φίλτρο (0,5 mm) για την απομάκρυνση των στερεών σωματιδίων, αναδεύονταν, έπειτα αραιώνονταν 10-20 φορές σε δις-αποσταγμένο νερό, ώστε να βρίσκονται εντός του εύρους της γραμμικότητας της κάθε μεθόδου. Μετά την παρασκευή των δειγμάτων, όλες οι μετρήσεις γινόντουσαν αμέσως. Τα πειράματα διεξήχθησαν σε μια μόνο παρτίδα χυμών και αναλύθηκαν τουλάχιστον εις διπλούν.

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 2 εμφανίζονται όλα τα δείγματα χυμών που μελετήθηκαν στην παρούσα διατριβή. Ο αριθμός των χυμών που επιλέχθηκαν ανέρχεται στα **41** δείγματα, βάσει των χαρακτηριστικών τους, που αφορούν την παρουσία μόνον ενός φρούτου ανά προϊόν και τη μη προσθήκη αντιοξειδωτικών ουσιών, από τους οποίους οι **17** είναι επώνυμων εταιριών (ΕΠ) και οι **24** ιδιωτικής ετικέτας (ΙΔ). Από το σύνολο αυτό, προκύπτουν οι εξής ομάδες, οι οποίες έχουν αναλυθεί στο γενικό μέρος της μελέτης:

1. **4** Χυμοί 100% Φυσικοί (ΦΧ)
2. **29** Χυμοί Φρούτων από Συμπυκνωμένο Χυμό (Σ)
3. **3** Νέκταρ (Ν) και
4. **5** Φρουτοποτά (ΦΠ)

Πίνακας 2: Χυμοί φρούτων του Ελληνικού εμπορίου επώνυμοι και ιδιωτικής ετικέτας.

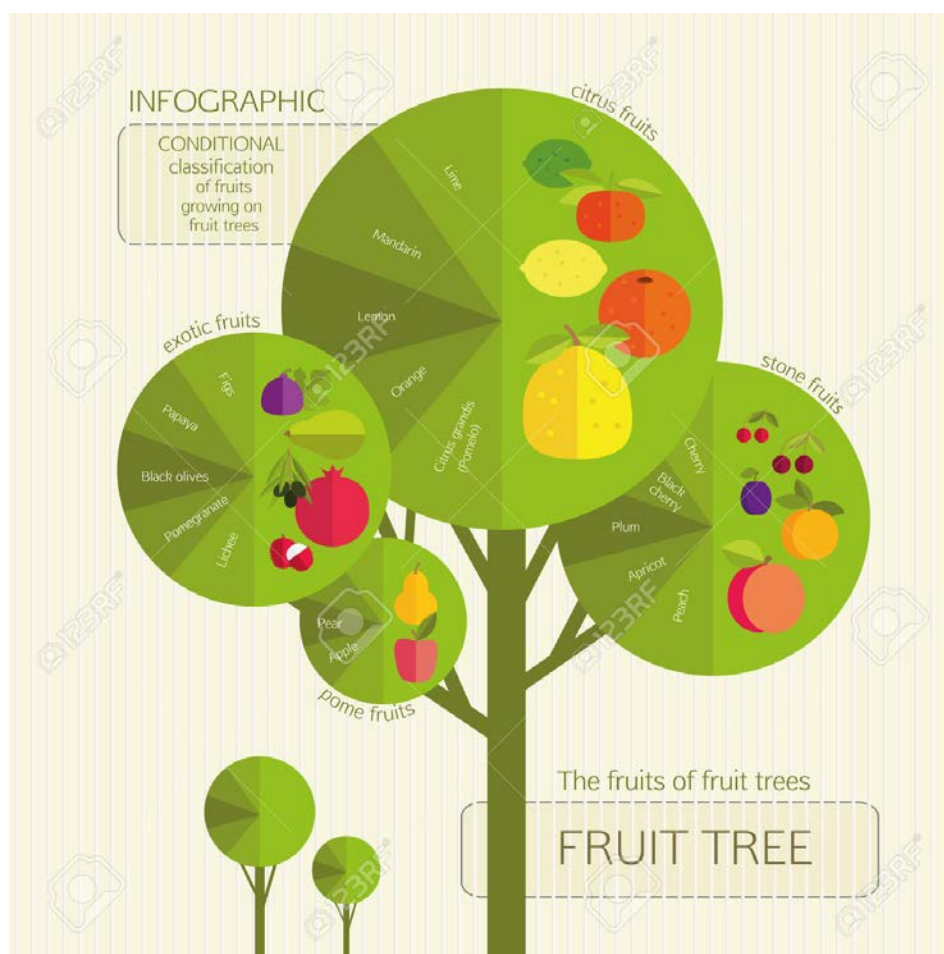
No.	ΧΥΜΟΙ	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	ΕΤΑΙΡΙΑ
1	Πορτοκάλι	Λακωνίας ΑΒ (ΙΔ)	ΦΧ	Ψ	Πλαστικό/ΟΙΚ	ΑΒ Βασιλόπουλος
2	Πορτοκάλι	Life (ΕΠ)	ΦΧ	Ψ	Πλαστικό/Α	Vivartia-ΔΕΛΤΑ
3	Πορτοκάλι	365 (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	ΑΒ Βασιλόπουλος
4	Πορτοκάλι	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/Α	ΑΒ Βασιλόπουλος
5	Πορτοκάλι	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	Ψ	Πλαστικό/ΟΙΚ	ΑΒ Βασιλόπουλος
6	Πορτοκάλι	Amita (ΕΠ)	Σ	Δ	Χάρτινη/Α	Coca-Cola
7	Πορτοκάλι	Carrefour (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/Α	Carrefour
8	Πορτοκάλι	Daily (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	MARKET IN
9	Πορτοκάλι	Eviva (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	LIDL
10	Πορτοκάλι	Κάμπος Χίου (ΕΠ)	Σ	Ψ	Χάρτινη/ΟΙΚ	Χυμοί Χίου ΑΕ
11	Πορτοκάλι	Life (ΕΠ)	Σ	Δ	Χάρτινη/Α	Vivartia-ΔΕΛΤΑ
12	Πορτοκάλι	Μαράτα (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/Α	Σκλαβενίτης
13	Πορτοκάλι	Όλυμπος (ΕΠ)	Σ	Ψ	Πλαστικό/Α	ΟΛΥΜΠΟΣ
14	Πορτοκάλι	Rea Fresh (ΕΠ)	Σ	Δ	Χάρτινη/Α	Ε.Α.Σ.Α.
15	Πορτοκάλι	Spar (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/Α	Βερόπουλος
16	Πορτοκάλι	Vitafit (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/Α	LIDL
17	Πορτοκάλι	Amita (ΕΠ)	Ν	Δ	Χάρτινη/Α	Coca- Cola

No.	ΧΥΜΟΙ	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	ΕΤΑΙΡΙΑ
18	Πορτοκάλι	Carrefour (ΙΔ)	N	Δ	Χάρτινη/A	Carrefour
19	Πορτοκάλι	Economy (ΙΔ)	N	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	MARKET IN
20	Μήλο	365 (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	AB Βασιλόπουλος
21	Μήλο	AB (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	AB Βασιλόπουλος
22	Μήλο	Amita (ΕΠ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	Coca-Cola
23	Μήλο	Carrefour (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/A	Carrefour
24	Μήλο	Spar (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/A	Βερόπουλος
25	Μήλο	Vitafit (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	LIDL
26	Μήλο	Eviva (ΙΔ)	ΦΠ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	LIDL
27	Ανανάς	AB (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	AB Βασιλόπουλος
28	Ανανάς	Amita (ΕΠ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	Coca-Cola
29	Ανανάς	Vitafit (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	LIDL
30	Ανανάς	Spar (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	Βερόπουλος
31	Γκρέιπφρουτ	AB (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	AB Βασιλόπουλος
32	Γκρέιπφρουτ	Amita (ΕΠ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	Coca-Cola
33	Γκρέιπφρουτ	Vitafit (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	LIDL
34	Ρόδι	Ζωή (ΕΠ)	ΦΧ	Δ	Γυαλί/A	HCS AE
35	Ρόδι	Οικ.Χριστοδούλου (ΕΠ)	ΦΧ	Ψ	Πλαστικό/A	Χριστοδούλου
36	Ρόδι	Thessa (ΕΠ)	Σ	Ψ	Γυαλί/A	Ελληνική Αγορά AE
37	Ροδάκινο	Frulite (ΕΠ)	ΦΠ	Δ	Χάρτινη/A	Coca-Cola
38	Φράουλα	Frulite (ΕΠ)	ΦΠ	Δ	Χάρτινη/A	Coca-Cola
39	Λεμόνι	Amita (ΕΠ)	ΦΠ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	Coca-Cola
40	Λεμονάδα	Life (ΕΠ)	ΦΠ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	Vivartia- ΔΕΛΤΑ
41	Σταφύλι	Carrefour (ΙΔ)	Σ	Δ	Χάρτινη/ΟΙΚ	Carrefour

Επιπλέον, χωρίστηκαν σε **15** χυμούς ψυγείου (Ψ) (συμπεριλαμβανομένων των φρεσκοστυμμένων χυμών), με διάρκεια ζωής εντός ψυγείου (2°-6°) έως 2 μήνες, και **34** χυμούς δωματίου (Δ), με διάρκεια ζωής σε θερμοκρασία δωματίου (25°) περίπου 12 μήνες, ανάλογα με τις οδηγίες του προμηθευτή.

Ακόμη ένας σημαντικός διαχωρισμός στα παραπάνω φρούτα και τους χυμούς τους ήταν η κατάταξή τους στις εξής υποκατηγορίες, όπως απεικονίζονται στην εικόνα 4:

- Εσπεριδοειδή → Πορτοκάλι, γκρέιπφρουτ και λεμόνι
- Μουροειδή → Φράουλα και σταφύλι
- Πυρηνόκαρπα → Ροδάκινο
- Τροπικά → Ανανάς και ρόδι
- Σαρκώδη → Μήλο



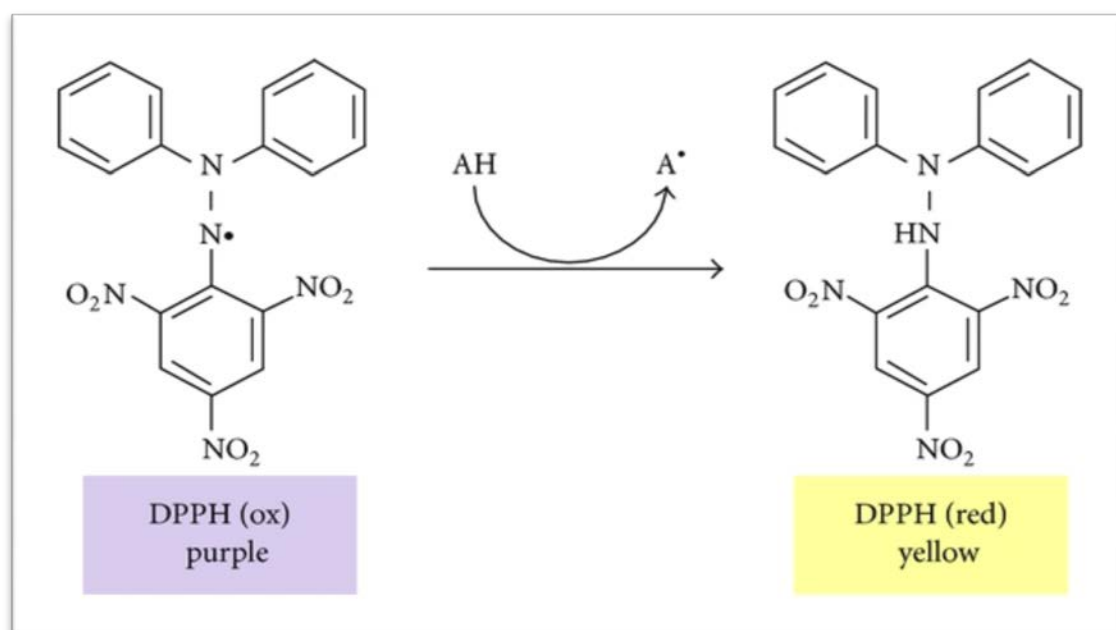
Εικόνα 4: Ομάδες φρούτων ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους.

Η συλλογή έγινε από σούπερμαρκετ της Αθήνας, ενώ οι παρτίδες δεν ήταν πάντοτε οι ίδιες, δεδομένου ότι οι διαφορετικές μεθοδολογίες δεν πραγματοποιήθηκαν την ίδια χρονική περίοδο. Μετά το άνοιγμα του κάθε χυμού, έπειτα από τη λήψη της επιθυμητής ποσότητας του δείγματος, η συσκευασία δεν ξαναχρησιμοποιείτο, και η ανάλυση γινόταν αμέσως για αποφυγή οξειδωσης του χυμού. **34** χυμοί του εμπορίου ήταν συσκευασμένοι σε χάρτινες συσκευασίες, **2** σε γυάλινες και **5** σε

πλαστικά μπουκάλια, από τους οποίους **19** ήταν ατομικής (Α) και **22** ήταν οικογενειακής συσκευασίας (ΟΙΚ).

5.2.1. Η μέθοδος DPPH[•]

Η οργανική ρίζα του αζώτου DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) αποτελεί μια από τις λίγες σταθερές εμπορικά διαθέσιμες ρίζες. Η αντίδραση της ρίζας με τα αντιοξειδωτικά, έχει ως αποτέλεσμα τον αποχρωματισμό του πορφυρού διαλύματος της ρίζας, εξαιτίας της κατανάλωσης αυτής από τα αντιοξειδωτικά. Ο βαθμός του αποχρωματισμού μετράται φασματοφωτομετρικά στα 517nm, όπου παρατηρείται το μέγιστο του φάσματος του μορίου της ρίζας.



Σχήμα 3: Η αντίδραση της ρίζας DPPH με το αντιοξειδωτικό μόριο (177).

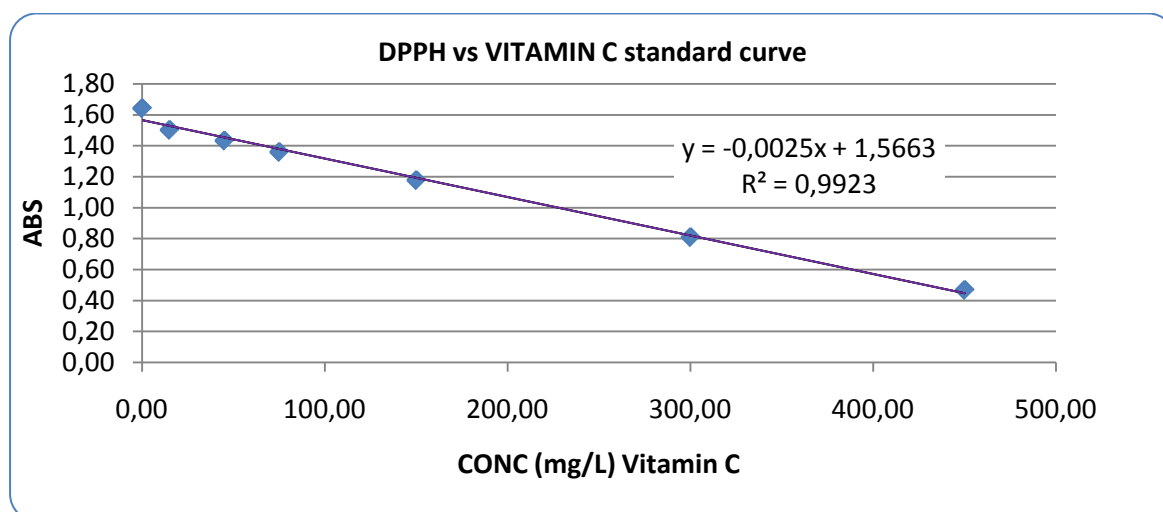
Η πειραματική διαδικασία που πραγματοποιήθηκε έχει ως εξής:

- Η δοκιμασία DPPH διεξήχθη σύμφωνα με τη μέθοδο που αναπτύχθηκε από τους Lee et al. 1998 ελαφρώς τροποποιημένη (178).
- Το αιθανολικό μητρικό διάλυμα DPPH[•] 316 mM παρασκευάζεται καθημερινά και με την προϋπόθεση ότι προστατεύεται από το φως.
- Το ασκορβικό οξύ (Βιταμίνη C) χρησιμοποιείται ως πρότυπο και αραιώνεται σε δις-αποσταγμένο νερό.
- Η προσθήκη του αντιοξειδωτικού αποχρωματίζει το διάλυμα από μωβ σε κίτρινο, δηλαδή η ρίζα 1,1-διφαινυλ-2-πικρυλαζύλιο (DPPH[•]) ανάγεται, και

μετατρέπεται σε 1,1-διφαινυλ-2-πικρυλυδραζίνη (DPPH:H), όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα (Σχήμα 3). Όσο πιο γρήγορα αποχρωματίζεται το διάλυμα, τόσο πιο ισχυρό είναι το αντιοξειδωτικό.

- Εν συντομία, 0,2 ml χυμού φρούτου ή βιταμίνη C προστίθεται σε 3,8 ml DPPH[•]. Η απορρόφηση μετράται μετά από 30 λεπτά στα 517 nm ή μέχρι η ρίζα να λάβει σταθερή τιμή, έναντι αιθανόλης που είναι το τυφλό διάλυμα.
- Όλα τα διαλύματα καλύπτονται με αλουμινόχαρτο και επωάζονται στο σκοτάδι. Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως VCEAC (Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity) και το ποσοστό % της σάρωσης της ρίζας (Radical Scavenging Activity-%RSA) υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο: % Αναστολή της DPPH[•] = $(A_0 - A_s) / A_0 \times 100$, όπου το A_0 αντιστοιχεί στην απορρόφηση της ρίζας σε χρόνο μηδέν και το A_s αντιστοιχεί στην απορρόφηση του διαλύματος όταν έχει προστεθεί ο χυμός φρούτου (δείγμα). Το % DPPH που παραμένει είναι αντιστρόφως ανάλογο της συγκέντρωσης των αντιοξειδωτικών.

Ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της αντίδρασης υπολογίζεται από την κινητική καμπύλη του DPPH με το αντιοξειδωτικό και είναι γνωστός ως T_{IC50} . Η καμπύλη μεταξύ του DPPH και των αντιοξειδωτικών δεν είναι γραμμική σε σχέση με τις συγκεντρώσεις του DPPH. Για το λόγο αυτό είναι προτιμότερο να εκφράζεται η αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με το IC 50. Η πρότυπη καμπύλη για το ασκορβικό οξύ απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 1).

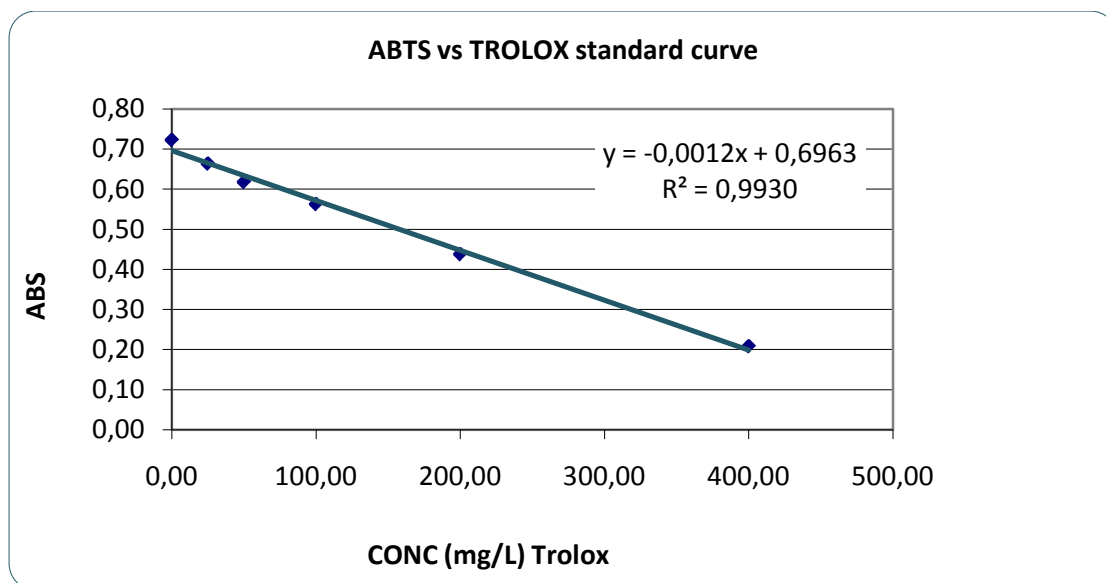


Διάγραμμα 1: Εξουδετέρωση της ρίζας DPPH από το αντιοξειδωτικό ασκορβικό οξύ.

CONC	ABS
0,00	1,64
15,00	1,50
45,00	1,43
75,00	1,36
150,00	1,18
300,00	0,80
450,00	0,47

5.2.2. Η μέθοδος ABTS^{•+}

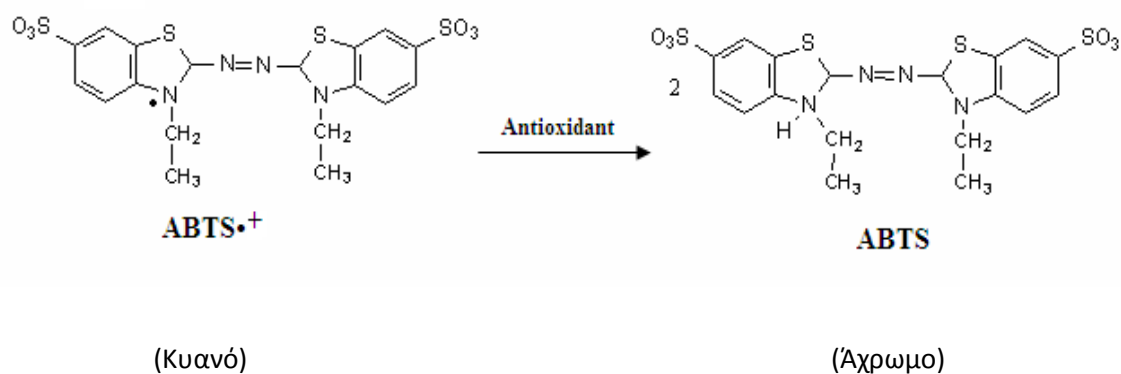
Η μέθοδος ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) αναπτύχθηκε αρχικά από τους Miler και Rice-Evans (179) και έπειτα βελτιώθηκε από τους Re et al. 1999 (180), όπου στηρίζεται στον αποχρωματισμό της μπλε /πράσινης ABTS^{•+} ρίζας κατιόντος χρωμοφόρου, μέσω της προσθήκης αντιοξειδωτικών ενώσεων ή πρότυπου Trolox (ένα υδατοδιαλυτό ανάλογο της βιταμίνης E). Ένα σταθερό υδατικό διάλυμα ABTS^{•+} 7 mM παράγεται με την αντίδραση του υπερθειϊκού καλίου (K₂S₂O₈) 2,45 mM (τελική συγκέντρωση) και αφήνοντας το μίγμα να σταθεί στο σκοτάδι σε θερμοκρασία δωματίου για 12-16 ώρες πριν από τη χρήση, ώστε να σταθεροποιηθεί η ρίζα (βαθύ κυανό χρώμα). Πριν από την έναρξη της ανάλυσης των δειγμάτων, το διάλυμα ABTS^{•+} αραιώνεται σε αιθανόλη του πρότυπου διαλύματος, μέχρι να προκύψει απορρόφηση 0,70 (± 0,02) στα 734 nm. Το αρχικό πρωτόκολλο τροποποιήθηκε ελαφρώς, όπου μετά την προσθήκη 1 ml αραιωμένου ABTS[•] προσθέτουμε 50 μl εκχυλίσματος χυμού (ή Trolox), και επωάζουμε τα δείγματα στους 37 °C για 4 λεπτά ακριβώς. Κατασκευάζεται πρότυπη καμπύλη Trolox (0-400 μM) και τα αποτελέσματα εκφράζονται ως TEAC (Trolox Equivalents antioxidant capacity) σε mmol Trolox ανά λίτρο δείγματος. Παρακάτω απεικονίζεται σε διάγραμμα (Διάγραμμα 2) η καμπύλη αναφοράς Trolox, όπως προκύπτει από την φωτομέτρηση.



Διάγραμμα 2: Εξουδετέρωση της ρίζας ABTS από το αντιοξειδωτικό Trolox.

CONC	ABS
0,00	0,72
25,00	0,66
50,00	0,62
100,00	0,56
200,00	0,44
400,00	0,21

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 4) φαίνεται πώς τα αντιοξειδωτικά καταναλώνουν το έγχρωμο κατιόν σε βαθμό ανάλογο με τη συγκέντρωσή τους.



Σχήμα 4: Η αλληλεπίδραση του αντιοξειδωτικού με την ρίζα ABTS (181).

Η μέθοδος ABTS έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για τη μελέτη της αντιοξειδωτικής ικανότητας πολλών δειγμάτων ποτών (182, 183), φρούτων (184, 185) εκχυλισμάτων

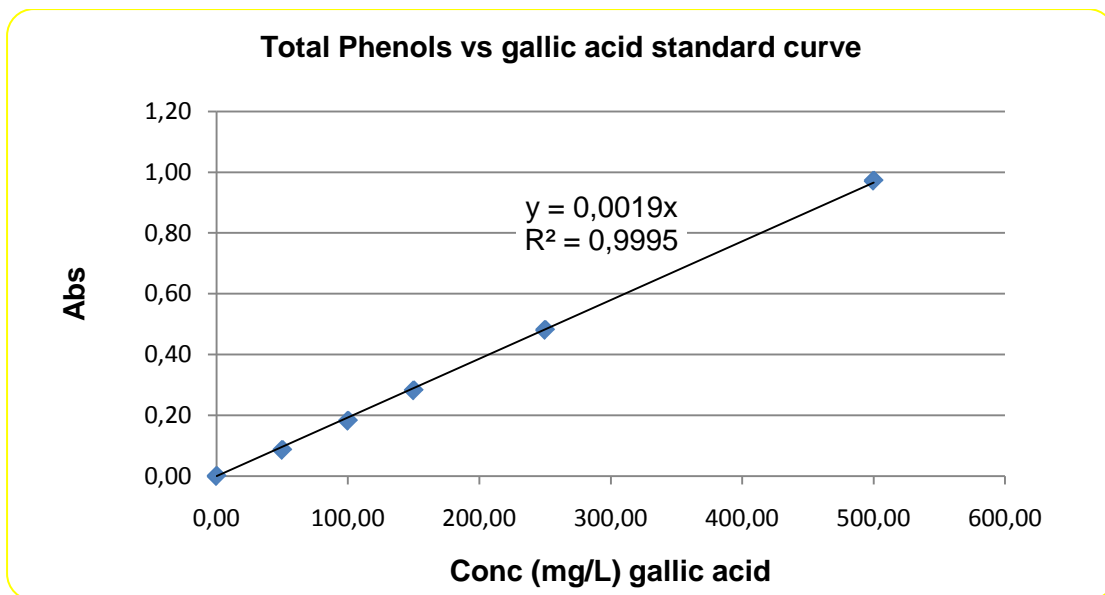
τροφίμων (183, 186, 187), αμιγών ενώσεων (188), όπου έχουν προσδιοριστεί οι τιμές TEAC.

5.2.3. Η μέθοδος Folin-Ciocalteu

Η μέθοδος Folin-Ciocalteu (FC), η οποία περιγράφει τη μέτρηση των ολικών φαινολών, προτάθηκε αρχικά ως μια νέα χρωματομετρική μέθοδος για την εκτίμηση της τυροσίνης σε προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών, επωφελούμενη από την γρήγορη αντίδραση της φαινυλομάδας της τυροσίνης με το αντιδραστήριο FC (189).

Η μέθοδος προσδιορισμού ολικών φαινολών πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το αντιδραστήριο του Folin-Ciocalteu, σύμφωνα με μια διαδικασία που περιγράφεται από τους Singleton και Rossi (190), κάνοντας την ακόλουθη τροποποίηση ώστε να μειωθεί ο όγκος του διαλύματος. Εν συντομία, προστέθηκε σε κάθε falcon 3,90 ml H₂O και 0,1 ml δείγματος, έπειτα 0,5 ml (25 ml αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu σε 75 ml H₂O) Folin-Ciocalteu μίγμα αντιδραστηρίου. Μετά από 3-6 λεπτά, προστέθηκε 0,5 ml κορεσμένου Na₂CO₃ 20% w/v. Μετά από έντονο vortex, το τελικό διάλυμα έμεινε σε θερμοκρασία δωματίου για 30 λεπτά. Η ανάγνωση πραγματοποιήθηκε σε φωτόμετρο (UV-1800 UV / VIS φασματοφωτόμετρο, Rayleigh, Πεκίνο Beifen-Ruili Αναλυτικής Σχέσης (Group) Co, Ltd, Κίνα) στα 725 nm. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος ανά λίτρο δείγματος (GAEs/l), με τη χρήση μιας καμπύλης βαθμονόμησης έναντι προτύπων γαλλικού οξέος (50-500 mg/l).

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 3) παρατίθεται η πρότυπη καμπύλη των ολικών φαινολών.



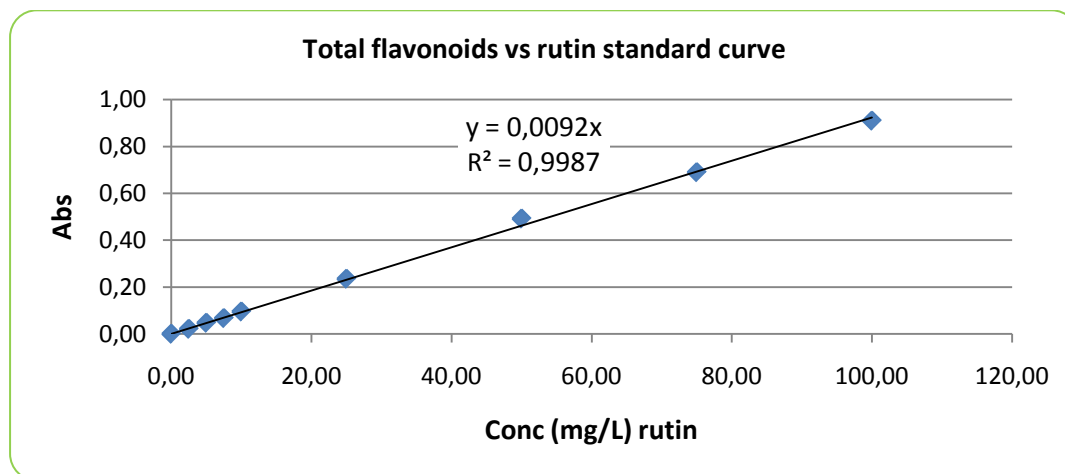
Διάγραμμα 3: Πρότυπη καμπύλη γαλλικού οξέος για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολών.

Conc	Abs
0,00	0,00
50,00	0,09
100,00	0,18
150,00	0,28
250,00	0,48
500,00	0,97

5.2.4. Η μέθοδος Φλαβονοειδών

Η ρουτίνη (Rutin Hydrate) χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπο για την εκτίμηση των ολικών φλαβονοειδών σε χυμούς φρούτων, με τη μέθοδο του Dowd, όπως έχει προσαρμοστεί από τους Arvouet-Grand et al. (191) με κάποιες τροποποιήσεις. Παρασκευάστηκε διάλυμα οξικού οξέος CH_3COOH 5% σε μεθανόλη. Προστέθηκε τριχλωριούχο αργίλιο 2% ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) στο πρώτο διάλυμα και αναδεύτηκε σε θερμές συνθήκες ($\sim 50^\circ \text{C}$). Κάθε δείγμα περιείχε 100 μl AlCl_3 , 1000 μl χυμό ή ρουτίνη και 1000 μl CH_3COOH και το μείγμα αφέθηκε να αντιδράσει για 30 min σε θερμοκρασία δωματίου. Το προϊόν της αντίδρασης φωτομετρήθηκε στα 415 nm ως προς το δείγμα ελέγχου, ενώ κατασκευάστηκε και πρότυπη καμπύλη αναφοράς με ρουτίνη. Δείγμα ελέγχου (τυφλό) παρασκευάστηκε αντικαθιστώντας το δείγμα με μεθανόλη και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως ισοδύναμα ρουτίνης ανά λίτρο δείγματος (REs/l), με την χρήση μιας καμπύλης βαθμονόμησης έναντι προτύπων

ρουτίνης (0-100 mg/l). Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4) παρατίθεται η πρότυπη καμπύλη αναφοράς των ολικών φλαβονοειδών.



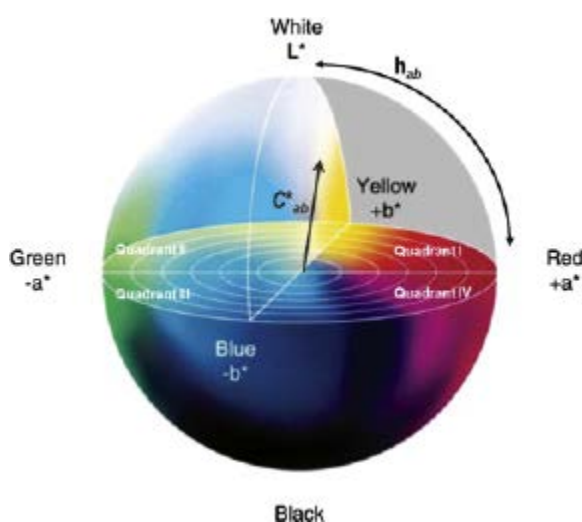
Διάγραμμα 4: Πρότυπη καμπύλη ρουτίνης για τον προσδιορισμό των ολικών φλαβονοειδών.

Conc	Abs	Conc	Abs
0,00	0,00	10,00	0,10
100,00	0,91	7,50	0,07
75,00	0,69	5,00	0,05
50,00	0,49	2,50	0,02
25,00	0,24		

5.2.5. Χρωματομετρία

Για την μέτρηση του χρώματος του κάθε δείγματος-χυμού, χρησιμοποιήθηκε ένα χρωμόμετρο Chroma Meter CR-400 optical sensor το οποίο συνδέεται με ειδικό σωληνάκι (CR-A33a convex glass) και προσδιορίζει το χρωματικό χώρο CIELAB. Ο χρωματικός αναλυτής ήταν εξοπλισμένος με τον D65/2° πρότυπο παρατηρητή και η βαθμονόμηση (calibration) γινόταν μέσω της λευκής πλάκας, κάθε φορά πριν πραγματοποιηθεί η πρώτη μέτρηση. Τα χρωματικά αποτελέσματα εκφράστηκαν ως L^* , a^* , b^* , H^* , C^* τρισδιάστατες παράμετροι. Η παράμετρος L^* (Lightness) αποθηκεύει όλη την πληροφορία φωτεινότητας της εικόνας παίρνοντας τιμές από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό), ενώ οι συντεταγμένες a^* και b^* την πληροφορία χρώματος χωρίς να υπάρχουν γι' αυτά κάποια αριθμητικά όρια. Θετικές τιμές του a^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κόκκινου, ενώ αρνητικές, αποχρώσεις του πράσινου. Θετικές τιμές του b^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κίτρινου, ενώ αρνητικές, αποχρώσεις του μπλε. Η χροιά H^* (Hue Angle) δείχνει τη βασική μονάδα

του χρώματος (0° ή 360° =κόκκινο, 90° =κίτρινο, 180° =πράσινο, 270° =μπλε, 350° =βιολετί), ενώ ο παράγοντας C^* (Chroma ή Saturation) δείχνει την ένταση του χρώματος (192). Αμφότεροι, H^* και C^* υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας τις συντεταγμένες a^* και b^* στις εξισώσεις $H^* = \arctan b^*/a^*$, όταν $+a^*$, $+b^*$, και $H^* = 180 + \arctan b^*/a^*$, όταν $-a^*+b^*$, εκφρασμένα σε μοίρες, ενώ το χρώμα C^* υπολογίστηκε από την εξίσωση $C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$ (193). Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5) απεικονίζονται όλες οι χρωματικές τρισδιάστατες παράμετροι.



Σχήμα 5: Χρωματική σφαίρα CIELAB, ποσοτικά (C^*) και ποιοτικά (H^*) χαρακτηριστικά (192).

5.3. Στατιστική επεξεργασία

Η επεξεργασία όλων των δεδομένων διεξήχθη με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS (Statistical Package for Social Sciences v. 17, Chicago, IL, USA) και του STAT-GRAPHICS PLUS version 5.1 (Graphic Software System) και υπολογίστηκε η μέση τιμή ($\text{mean} \pm \text{SEM}$) της απορρόφησης για κάθε δείγμα. Οι συσχετίσεις μεταξύ των αντιοξειδωτικών μεθόδων έγιναν χρησιμοποιώντας τους συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman. Οι διαφορές των τιμών των φλαβονοειδών, των φαινολών, της $\text{ABTS}^{\bullet+}$, της DPPH^\bullet , των L^* , a^* , b^* , H^* και C^* μεταξύ των ομάδων των φρούτων αξιολογήθηκαν χρησιμοποιώντας το ANOVA test και το Bonferroni. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε το Student's pair t-test για να γίνουν οι συγκρίσεις της μέσης τιμής της αντιοξειδωτικής ικανότητας με τις διαφορετικές ομάδες και υποομάδες των χυμών φρούτων.

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1. Ολική Αντιοξειδωτική ικανότητα της ρίζας DPPH*

6.1.1. Αποτελέσματα

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3) παρατίθενται οι συγκεντρώσεις των αντιοξειδωτικών των φρεσκοστυμμένων χυμών που εκφράζονται σε ισοδύναμα mM ασκορβικού οξέος, ενώ στον Πίνακα 4 παρατίθενται οι χυμοί του Ελληνικού εμπορίου με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των αντιοξειδωτικών τους.

Πίνακας 3: Φρεσκοστυμμένοι χυμοί και αντιοξειδωτική ικανότητα, χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα το ασκορβικό οξύ.

No.	Φρέσκο Φρούτο	DPPH Value/mM Vitamin C
1	Πορτοκάλι (Βαλένσια Λακωνίας Κατηγορία Ι)	5.80
2	Μήλο (Κόκκινο Στάρκιγκ Κοζάνης Κατηγορία Ι)	8.92
3	Ανανάς (Dole Κόστα Ρίκα)	4.09
4	Γκρέιπφρουτ (Κόκκινο Χανίων Κατηγορία Ι)	4.51
5	Γκρέιπφρουτ (Κίτρινο Ν. Αφρικής Κατηγορία Ι)	4.17
6	Ρόδι (Περού Κατηγορία Ι)	26.86
7	Ροδάκινο (Εδέσσης Κατηγορία Ι)	4.57
8	Λεμόνι (Ιταλίας Κατηγορία Ι)	4.06

Πίνακας 4: Ανάλυση των Επώνυμων χυμών και των χυμών Ιδιωτικής ετικέτας που μελετήθηκαν για την αντιοξειδωτική τους ικανότητα, χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα το ασκορβικό οξύ.

No	ΧΥΜΟΙ-ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	DPPH Value/mM Vitamin C
1	Πορτοκάλι (Ψ)	Λακωνίας ΑΒ (ΙΔ)	ΦΧ	4.20
2	Πορτοκάλι (Ψ)	Life (ΕΠ)	ΦΧ	3.31
3	Πορτοκάλι (Δ)	365 (ΙΔ)	Σ	1.94
4	Πορτοκάλι (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	2.67
5	Πορτοκάλι (Ψ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	4.47
6	Πορτοκάλι (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	3.54
7	Πορτοκάλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	3.78
8	Πορτοκάλι (Δ)	Daily (ΙΔ)	Σ	3.98
9	Πορτοκάλι (Δ)	Eviva (ΙΔ)	Σ	4.04
10	Πορτοκάλι (Ψ)	Κάμπος Χίου (ΕΠ)	Σ	4.23
11	Πορτοκάλι (Δ)	Life (ΕΠ)	Σ	3.50
12	Πορτοκάλι (Δ)	Μαράτα (ΙΔ)	Σ	4.13
13	Πορτοκάλι (Ψ)	Όλυμπος (ΕΠ)	Σ	4.70
14	Πορτοκάλι (Δ)	Rea Fresh (ΕΠ)	Σ	3.07
15	Πορτοκάλι (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	1.44
16	Πορτοκάλι (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	2.13
17	Πορτοκάλι (Δ)	Amita (ΕΠ)	Ν	1.68
18	Πορτοκάλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Ν	3.00
19	Πορτοκάλι (Δ)	Economy (ΙΔ)	Ν	2.76
20	Μήλο (Δ)	365 (ΙΔ)	Σ	2.62
21	Μήλο (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	0.96
22	Μήλο (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	2.76
23	Μήλο (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	1.25
24	Μήλο (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	0.40
25	Μήλο (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	1.36
26	Μήλο (Δ)	Eviva (ΙΔ)	ΦΠ	2.14
27	Ανανάς (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	2.43
28	Ανανάς (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	4.14
29	Ανανάς (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	4.16
30	Ανανάς (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	2.99
31	Γκρέιπφρουτ (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	1.70
32	Γκρέιπφρουτ (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	4.13
33	Γκρέιπφρουτ (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	3.76
34	Ρόδι (Δ)	Ζωή (ΕΠ)	ΦΧ	6.38
35	Ρόδι (Ψ)	Οικ.Χριστοδούλου (ΕΠ)	ΦΧ	17.77
36	Ρόδι (Ψ)	Thessa (ΕΠ)	Σ	17.75
37	Ροδάκινο (Δ)	Frulite (ΕΠ)	ΦΠ	2.49
38	Φράουλα (Δ)	Frulite (ΕΠ)	ΦΠ	4.60
39	Λεμόνι (Δ)	Amita (ΕΠ)	ΦΠ	0.96
40	Λεμονάδα (Δ)	Life (ΕΠ)	ΦΠ	2.94
41	Σταφύλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	3.09

Μελετώντας όλους τους χυμούς **ανά φρούτο** (πορτοκάλι, μήλο, ανανάς, γκρέιπφρουτ, ρόδι, ροδάκινο, φράουλα, λεμόνι, και σταφύλι) και μελετώντας τους ως **ομάδες φρούτων** (εσπεριδοειδή, μούροειδή, πυρηνόκαρπα, τροπικά και σαρκώδη) βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 5) ως προς την αντιοξειδωτική τους ικανότητα, σύμφωνα με την μέθοδο DPPH.

Πίνακας 5: Αντιοξειδωτική ικανότητα των φρεσκοστυμμένων φρούτων και των χυμών του Ελληνικού εμπορίου ανά κατηγορία φρούτων χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα το ασκορβικό οξύ και εκφράζοντας την συγκέντρωσή τους σε mM VCE.

Φρούτο/ Ομάδες Φρούτων	mM VCE(Vitamin C Equivalent) Mean (\pm SEM)
Πορτοκάλι	3.42 (\pm 0.25)
Μήλο	2.55 (\pm 0.95)
Ανανάς	3.56 (\pm 0.36)
Γκρέιπφρουτ	3.66 (\pm 0.49)
Ρόδι	17.19 (\pm 4.19)
Ροδάκινο	3.53 (\pm 1.04)
Φράουλα	4.60*
Λεμόνι	2,65 (\pm 0,91)
Σταφύλι	3.09*
Εσπεριδοειδή	3.38 (\pm 0.22)
Μούροειδή	3.85 (\pm 0.76)
Πυρηνόκαρπα	3.53 (\pm 1.04)
Τροπικά	9.62 (\pm 2.95)
Σαρκώδη	2.55 (\pm 0.95)

*Ο χυμός φρούτου από τη φράουλα και το σταφύλι δεν έχει SEM λόγω του ότι αφορά ένα μόνο δείγμα, αντίστοιχα.

Ως προς την επωνυμία τους, για τη μέθοδο DPPH, βρέθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα (Πίνακας 6).

Πίνακας 6: Στατιστικά αποτελέσματα αντιοξειδωτικής ικανότητας των χυμών (ΕΠ) και των χυμών (ΙΔ), χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα το ασκορβικό οξύ.

Χυμοί	mM VCE(Vitamin C Equivalent) Mean (\pm SEM)
Επώνυμοι Χυμοί	5.18 (\pm 1.19)
Χυμοί Ιδιωτικής Ετικέτας	2.72 (\pm 0.24)

Ως προς τις συνθήκες διατήρησής τους, ανάλογα με τις οδηγίες του παρασκευαστή, για τη μέθοδο DPPH βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 7):

Πίνακας 7: Στατιστικά αποτελέσματα χυμών οι οποίοι διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου και χυμών διατηρούμενων στο ψυγείο, ως προς την αντιοξειδωτική τους ικανότητα.

Μέθοδος Συντήρησης	mM VCE(Vitamin C Equivalents) Mean (\pm SEM)
θ° Δωματίου	2.85 (\pm 0.22)
Ψυγείο	7.96 (\pm 1.82)

Στους πίνακες 8 και 9, απεικονίζονται τα αποτελέσματα για τη μέθοδο DPPH, ανάλογα με την κατηγορία και συσκευασία στην οποία ανήκουν.

Πίνακας 8: Κατηγορίες χυμών και ομοιότητες-διαφορές ως προς την αντιοξειδωτική τους ικανότητα.

Είδη Χυμών	mM VCE(Vitamin C Equivalents) Mean (\pm SEM)
Φρεσκοστυμμένοι	7.87 (\pm 2.77)
Φυσικοί	7.92 (\pm 3.35)
Συμπυκνωμένοι	3.50 (\pm 0.57)
Νέκταρ	2.48 (\pm 0.40)
Φρουτοποτά	2.13 (\pm 0.42)

Πίνακας 9: Συσκευασίες χυμών και αντιοξειδωτική ικανότητα.

Συσκευασία	mM VCE(Vitamin C Equivalents) Mean (\pm SEM)
Χωρίς Συσκευασία (Φρεσκοστυμμένοι)	7.87 (\pm 2.77)
Γυαλί	12.07 (\pm 5.69)
Πλαστικό	6.89 (\pm 2.73)
Χαρτί	2.78 (\pm 0.19)
Ατομική Συσκευασία	4.61 (\pm 1.11)
Οικογενειακή	2.99 (\pm 0.24)

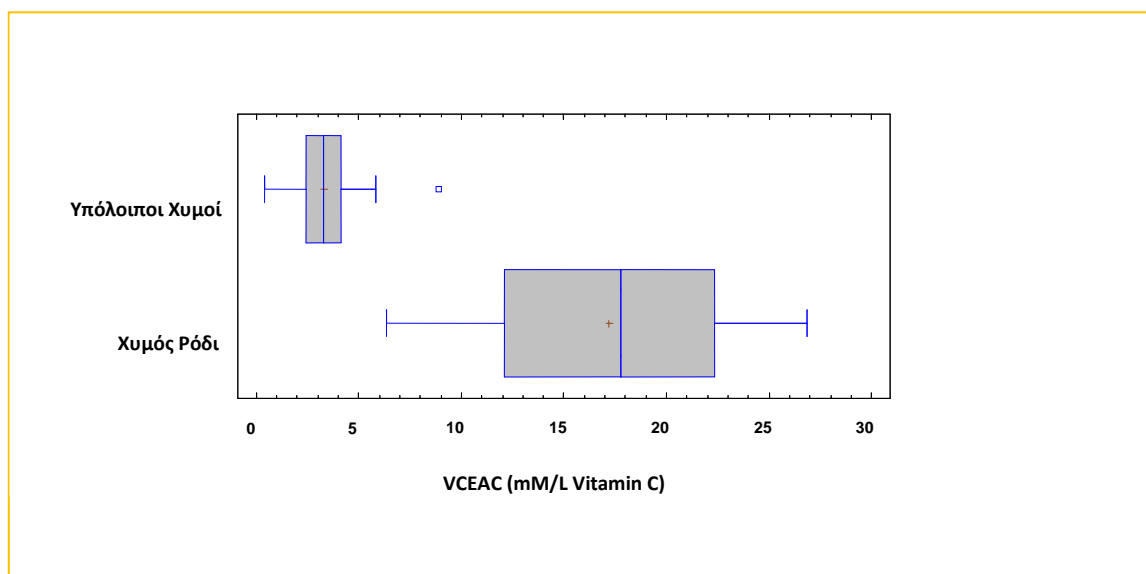
6.1.2. Συσχετίσεις που αφορούν την εξουδετέρωση της ρίζας DPPH^o από τους αντιοξειδωτικούς χυμούς

- Η εξουδετέρωση της ρίζας DPPH συσχετίζεται θετικά γραμμικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με τη χρωματική παράμετρο a* (Pearson Correlation, $p < 0,001$, $r = 0,602$), και αρνητικά γραμμικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με τη χρωματική παράμετρο L* (Pearson Correlation, $p = 0,014$, $r = -0,350$), όπως επίσης και με τη χρωματική παράμετρο b* (Pearson Correlation, $p = 0,018$, $r = -0,336$).
- Η τιμή της εξουδετέρωσης της ρίζας DPPH διαφέρει σε βαθμό στατιστικά σημαντικό μεταξύ των διαφορετικών ομάδων των φρούτων (Anova test, $p = 0,003$). Ειδικότερα, η μέση τιμή της εξουδετέρωσης της ρίζας DPPH των

εσπεριδοειδών (3.38 ± 0.22)mM Vit. C, διαφέρει από αυτή των τροπικών (9.62 ± 2.95)mM Vit. C, (Bonferroni, $p=0.002$). Επιπρόσθετα, τα τροπικά φρούτα έχουν διαφορετική μέση τιμή σε σχέση με τα σαρκώδη (2.55 ± 0.95)mM Vit. C, (Bonferroni, $p=0.008$).

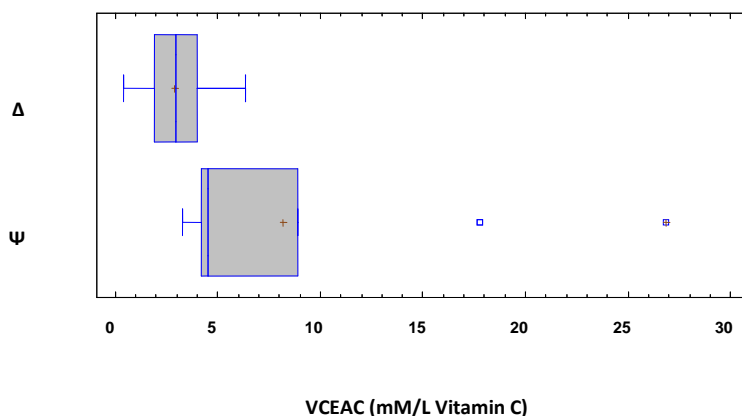
- Η μέση τιμή της εξουδετέρωσης της ρίζας DPPH διαφέρει σε βαθμό στατιστικά σημαντικό (Anova test, $p < 0.001$) μεταξύ των παρακάτω χυμών φρούτων:
 - i. Ο χυμός πορτοκάλι (3.42 ± 0.25)mM Vit. C είναι λιγότερο αντιοξειδωτικός σε σχέση με το χυμό ρόδι (17.19 ± 4.19)mM Vit. C, (Bonferroni, $p < 0.001$).
 - ii. Ο χυμός μήλο (2.55 ± 0.36) mM Vit. C είναι λιγότερο αντιοξειδωτικός σε σχέση με το χυμό ρόδι (17.19 ± 4.19)mM Vit. C, (Bonferroni, $p < 0.001$).
 - iii. Ο χυμός ανανά (3.56 ± 0.36)mM Vit. C είναι λιγότερο αντιοξειδωτικός σε σχέση με το χυμό ρόδι (17.19 ± 4.19)mM Vit. C, (Bonferroni, $p < 0.001$).
 - iv. Ο χυμός γκρέιπφρουτ (3.66 ± 0.49)mM Vit. C είναι λιγότερο αντιοξειδωτικός σε σχέση με το χυμό ρόδι (17.19 ± 4.19)mM Vit. C, (Bonferroni, $p < 0.001$).
 - v. Ο χυμός ροδάκινο (3.53 ± 1.04)mM Vit. C είναι λιγότερο αντιοξειδωτικός σε σχέση με το χυμό ρόδι (17.19 ± 4.19)mM Vit. C, (Bonferroni, $p < 0.001$).
 - vi. Ο χυμός λεμόνι (2.65 ± 0.91)mM Vit. C είναι λιγότερο αντιοξειδωτικός σε σχέση με το χυμό ρόδι (17.19 ± 4.19)mM Vit. C, (Bonferroni, $p < 0.001$).

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει το κάτωθι διάγραμμα (Διάγραμμα 5):



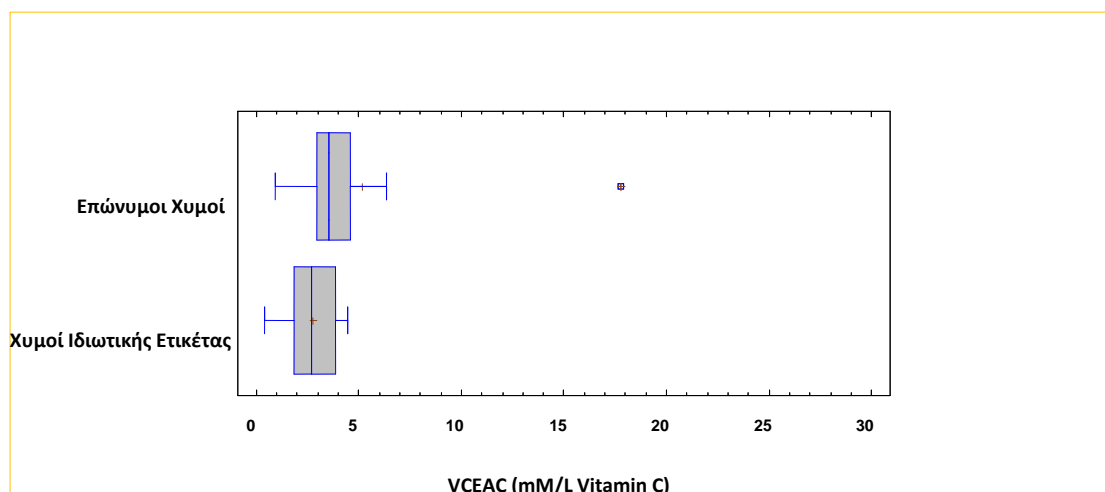
Διάγραμμα 5: Box- plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων του ασκορβικού οξέος των χυμών από ρόδι και των υπόλοιπων χυμών.

- Μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών των χυμών φρούτων (π.χ. συμμένους, φυσικός, κτλ.) υπάρχουν διαφορές όσον αφορά την εξουδετέρωση της ρίζας DPPH (Anova test, $p=0.047$).
- Οι συμμένοι χυμοί (7.87 ± 2.77)mM Vit. C, έχουν κατά μέσο όρο υψηλότερη τιμή εξουδετέρωσης της ρίζας DPPH, σε σχέση με τους μη συμμένους (3.74 ± 0.54)mM Vit. C, σε βαθμό στατιστικά σημαντικό, (t-test, $p=0.019$).
- Οι χυμοί διατηρούμενοι σε θερμοκρασία δωματίου (2.85 ± 0.22)mM Vit. C έχουν κατά μέσο όρο σημαντικά χαμηλότερη τιμή εξουδετέρωσης της ρίζας DPPH, σε σχέση με τους χυμούς οι οποίοι διατηρούνται στο ψυγείο (7.96 ± 1.82)mM Vit. C, (t-test, $p=0.033$). Αυτό απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 6):



Διάγραμμα 6: Box- plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων του ασκορβικού οξέος των χυμών φρούτων, ανάλογα με τη μέθοδο συντήρησής τους.

- Οι χυμοί Ιδιωτικής Ετικέτας (2.72 ± 0.24)mM Vit. C έχουν χαμηλότερη τιμή εξουδετέρωσης της ρίζας DPPH, σε σχέση με τους Επώνυμους χυμούς (5.18 ± 1.19)mM Vit. C, σε βαθμό στατιστικά σημαντικό, (t-test, $p=0.050$). Αυτό το αποτέλεσμα απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 7):



Διάγραμμα 7: Box- plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων του ασκορβικού οξέος των χυμών φρούτων, ανάλογα με την επωνυμία τους.

- Οι χυμοί οι οποίοι είναι συσκευασμένοι σε γυάλινες συσκευασίες (12.07 ± 5.69)mM Vit. C έχουν σημαντικά υψηλότερη τιμή εξουδετέρωσης της

ρίζας DPPH, σε σχέση με τους χυμούς οι οποίοι περιέχονται σε χάρτινες συσκευασίες (2.79 ± 0.19)mM Vit. C, (Anova test, $p < 0.001$), όπως επίσης η τιμή της εξουδετέρωσης της ρίζας DPPH των χυμών που περιέχονται σε πλαστικές συσκευασίες (6.89 ± 2.73)mM Vit. C, είναι σημαντικά υψηλότερη, σε σχέση με τους χυμούς των χάρτινων συσκευασιών (2.79 ± 0.19)mM Vit. C, (Anova test, $p = 0.006$).

6.2. Ολική Αντιοξειδωτική ικανότητα της ρίζας ABTS^{•+}

6.2.1. Αποτελέσματα

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 10) παρατίθενται οι συγκεντρώσεις των αντιοξειδωτικών των φρεσκοστυμμένων χυμών που εκφράζονται σε ισοδύναμα mM Trolox, ενώ στον Πίνακα 11 παρατίθενται οι χυμοί του Ελληνικού εμπορίου με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των αντιοξειδωτικών τους.

Πίνακας 10: Φρεσκοστυμμένοι χυμοί και αντιοξειδωτική ικανότητα, χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα το Trolox.

No.	Φρέσκο Φρούτο	ABTS Value/mM Trolox
1	Πορτοκάλι (Βαλένσια Λακωνίας Κατηγορία Ι)	10.38
2	Μήλο (Κόκκινο Στάρκιγκ Κοζάνης Κατηγορία Ι)	20.20
3	Ανανάς (Dole Κόστα Ρίκα)	18.70
4	Γκρέιπφρουτ (Κόκκινο Χανίων Κατηγορία Ι)	8.57
5	Γκρέιπφρουτ (Κίτρινο Ν. Αφρικής Κατηγορία Ι)	10.66
6	Ρόδι (Περού Κατηγορία Ι)	22.16
7	Ροδάκινο (Εδέσσης Κατηγορία Ι)	5.18
8	Λεμόνι (Ιταλίας Κατηγορία Ι)	6.89

Πίνακας 11: : Ανάλυση των Επώνυμων χυμών και των χυμών Ιδιωτικής ετικέτας που μελετήθηκαν για την αντιοξειδωτική τους ικανότητα, χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα το Trolox.

№ο	ΧΥΜΟΙ-ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ABTS Value/mM Trolox
1	Πορτοκάλι (Ψ)	Λακωνίας ΑΒ (ΙΔ)	ΦΧ	11.90
2	Πορτοκάλι (Ψ)	Life (ΕΠ)	ΦΧ	10.19
3	Πορτοκάλι (Δ)	365 (ΙΔ)	Σ	7.82
4	Πορτοκάλι (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	7.44
5	Πορτοκάλι (Ψ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	10.63
6	Πορτοκάλι (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	11.13
7	Πορτοκάλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	5.82
8	Πορτοκάλι (Δ)	Daily (ΙΔ)	Σ	7.97
9	Πορτοκάλι (Δ)	Eviva (ΙΔ)	Σ	4.88
10	Πορτοκάλι (Ψ)	Κάμπος Χίου (ΕΠ)	Σ	11.67
11	Πορτοκάλι (Δ)	Life (ΕΠ)	Σ	8.75
12	Πορτοκάλι (Δ)	Μαράτα (ΙΔ)	Σ	12.10
13	Πορτοκάλι (Ψ)	Όλυμπος (ΕΠ)	Σ	11.49
14	Πορτοκάλι (Δ)	Rea Fresh (ΕΠ)	Σ	5.77
15	Πορτοκάλι (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	7.75
16	Πορτοκάλι (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	10.53
17	Πορτοκάλι (Δ)	Amita (ΕΠ)	Ν	5.21
18	Πορτοκάλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Ν	2.42
19	Πορτοκάλι (Δ)	Economy (ΙΔ)	Ν	1.93
20	Μήλο (Δ)	365 (ΙΔ)	Σ	2.43
21	Μήλο (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	3.19
22	Μήλο (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	2.74
23	Μήλο (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	2.54
24	Μήλο (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	1.79
25	Μήλο (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	7.52
26	Μήλο (Δ)	Eviva (ΙΔ)	ΦΠ	5.72
27	Ανανάς (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	3.09
28	Ανανάς (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	12.39
29	Ανανάς (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	2.45
30	Ανανάς (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	3.06
31	Γκρέιπφρουτ (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	4.58
32	Γκρέιπφρουτ (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	10.41
33	Γκρέιπφρουτ (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	8.22
34	Ρόδι (Δ)	Ζωή (ΕΠ)	ΦΧ	19.46
35	Ρόδι (Ψ)	Οικ.Χριστοδούλου (ΕΠ)	ΦΧ	20.55
36	Ρόδι (Ψ)	Thessa (ΕΠ)	Σ	20.57
37	Ροδάκινο (Δ)	Frulite (ΕΠ)	ΦΠ	4.53
38	Φράουλα (Δ)	Frulite (ΕΠ)	ΦΠ	7.37
39	Λεμόνι (Δ)	Amita (ΕΠ)	ΦΠ	0.94
40	Λεμονάδα (Δ)	Life (ΕΠ)	ΦΠ	2.01
41	Σταφύλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	4.79

Μελετώντας όλους τους χυμούς **ανά φρούτο** (πορτοκάλι, μήλο, ανανάς, γκρέιπφρουτ, ρόδι, ροδάκινο, φράουλα, λεμόνι, και σταφύλι) και μελετώντας τους ως **ομάδες φρούτων** (εσπεριδοειδή, μούροειδή, πυρηνόκαρπα, τροπικά και σαρκώδη) βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 12) ως προς την αντιοξειδωτική τους ικανότητα, σύμφωνα με την μέθοδο ABTS.

Πίνακας 12: Αντιοξειδωτική ικανότητα των φρεσκοστυμμένων φρούτων και των χυμών του Ελληνικού εμπορίου ανά κατηγορίες φρούτων, χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα το Trolox και εκφράζοντας την συγκέντρωσή τους σε mM TE.

Φρούτο/ Ομάδες Φρούτων	mM TE(Trolox Equivalents) Mean (\pm SEM)
Πορτοκάλι	8.29 (\pm 0.70)
Μήλο	5.76 (\pm 2.17)
Ανανάς	7.94 (\pm 3.26)
Γκρέιπφρουτ	8.49 (\pm 1.09)
Ρόδι	20.69 (\pm 0.56)
Ροδάκινο	4.85 (\pm 0.33)
Φράουλα	7.37
Λεμόνι	3.28 (\pm 1.8)
Σταφύλι	4.79
Εσπεριδοειδή	7.79 (\pm 0.63)
Μούροειδή	6.08 (\pm 1.29)
Πυρηνόκαρπα	4.85 (\pm 0.33)
Τροπικά	13.60 (\pm 2.83)
Σαρκώδη	5.76 (\pm 2.17)

*Ο χυμός φρούτου από την φράουλα και το σταφύλι δεν έχει SEM λόγω του ότι αφορά ένα μόνο δείγμα αντιστοίχως.

Ως προς την επωνυμία τους, για την μέθοδο ABTS, βρέθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα (Πίνακας 13).

Πίνακας 13: Στατιστικά αποτελέσματα αντιοξειδωτικής ικανότητας των χυμών (ΕΠ) και των χυμών (ΙΔ), χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα το Trolox.

Χυμοί	mM TE(Trolox Equivalents) Mean (\pm SEM)
Επώνυμοι Χυμοί	9.72 (\pm 1.49)
Χυμοί Ιδιωτικής Ετικέτας	5.86 (\pm 0.67)

Ως προς τις συνθήκες διατήρησής τους, ανάλογα με τις οδηγίες του παρασκευαστή, για τη μέθοδο ABTS βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 14):

Πίνακας 14: Στατιστικά αποτελέσματα χυμών οι οποίοι διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου και χυμών διατηρούμενοι στο ψυγείο, ως προς την αντιοξειδωτική τους ικανότητα.

Μέθοδος Συντήρησης	mM TE(Trolox Equivalents) Mean (\pm SEM)
θ° Δωματίου	6.14 (\pm 0.68)
Ψυγείο	13.32 (\pm 1.43)

Στους πίνακες 15 και 16, απεικονίζονται τα αποτελέσματα για την μέθοδο ABTS, ανάλογα με την κατηγορία/ και συσκευασία στην οποία ανήκουν.

Πίνακας 15: Κατηγορίες χυμών και ομοιότητες-διαφορές ως προς την αντιοξειδωτική τους ικανότητα.

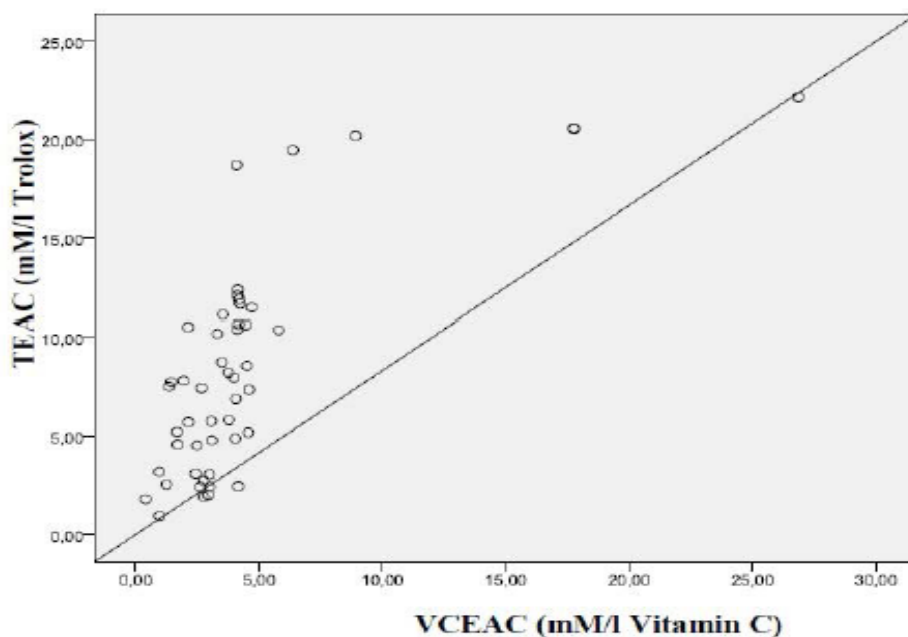
Είδη Χυμών	mM TE(Trolox Equivalents) Mean (\pm SEM)
Φρεσκοστυμμένοι	12.84 (\pm 2.31)
Φυσικοί	15.45 (\pm 2.62)
Συμπυκνωμένοι	7.36 (\pm 0.79)
Νέκταρ	3.19 (\pm 1.02)
Φρουτοποτά	4.12 (\pm 1.18)

Πίνακας 16: Συσκευασίες χυμών και αντιοξειδωτική ικανότητα.

Συσκευασία	mM TE(Trolox Equivalents) Mean (\pm SEM)
Χωρίς Συσκευασία (Φρεσκοστυμμένοι)	12.84 (\pm 2.31)
Γυαλί	20.01 (\pm 0.56)
Πλαστικό	12.95 (\pm 1.92)
Χαρτί	2.78 (\pm 0.19)
Ατομική Συσκευασία	9.23 (\pm 1.32)
Οικογενειακή	5.92 (\pm 0.79)

6.2.2. Συσχετίσεις που αφορούν την εξουδετέρωση της ρίζας ABTS^{•+} από τους αντιοξειδωτικούς χυμούς

- Η εξουδετέρωση της ρίζας ABTS συσχετίζεται θετικά γραμμικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με την εξουδετέρωση της ρίζας DPPH (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.733$). Το παραπάνω αποτέλεσμα απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 8):

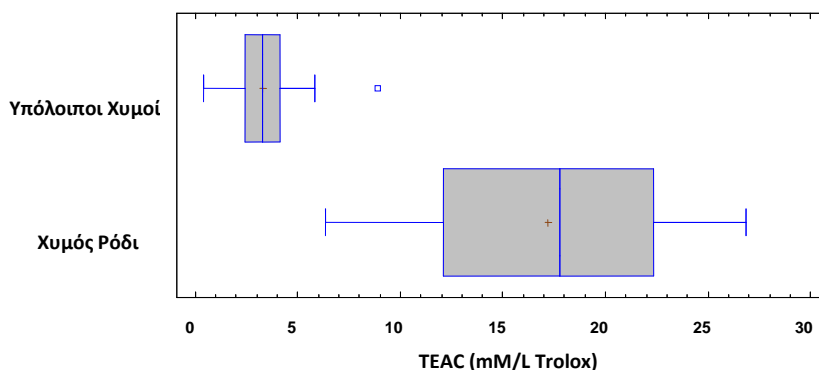


Διάγραμμα 8: Η συγκέντρωση του TEAC συσχετίζεται θετικά γραμμικά με την συγκέντρωση της VCEAC.

- Η εξουδετέρωση της ρίζας ABTS συσχετίζεται θετικά γραμμικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με την χρωματική παράμετρο a^* (Pearson Correlation, $p=0.005$, $r=0.393$).
- Η τιμή της εξουδετέρωσης της ρίζας ABTS διαφέρει σε βαθμό στατιστικά σημαντικό μεταξύ των διαφορετικών ομάδων των φρούτων (Anova test, $p=0.018$). Ειδικότερα, η μέση τιμή της εξουδετέρωσης της ρίζας ABTS των εσπεριδοειδών (7.79 ± 0.63)mM Trolox, διαφέρει από αυτή των τροπικών φρούτων (13.60 ± 2.83)mM Trolox, (Bonferroni, $p=0.047$). Ομοίως και μεταξύ των τροπικών και σαρκωδών φρούτων (5.76 ± 2.17), (Bonferroni, $p=0.028$).
- Η μέση τιμή της εξουδετέρωσης της ρίζας ABTS διαφέρει σε βαθμό στατιστικά σημαντικό (Anova test, $p<0.001$) μεταξύ των παρακάτω χυμών φρούτων:
 - i. Ο χυμός πορτοκάλι (8.29 ± 0.70)mM Trolox είναι λιγότερο αντιοξειδωτικός σε σχέση με το χυμό ρόδι (20.69 ± 0.56)mM Trolox, (Bonferroni, $p<0.001$).
 - ii. Ο χυμός μήλο (5.76 ± 2.17)mM Trolox είναι λιγότερο αντιοξειδωτικός σε σχέση με το χυμό ρόδι (20.69 ± 0.56)mM Trolox, (Bonferroni, $p=0.001$).

- iii. Ο χυμός ανανά (7.94 ± 3.26) mM Trolox είναι λιγότερο αντιοξειδωτικός σε σχέση με το χυμό ρόδι (20.69 ± 0.56) mM Trolox, (Bonferroni, $p=0.001$).
- iv. Ο χυμός γκρέιπφρουτ (8.49 ± 1.08) mM Trolox είναι λιγότερο αντιοξειδωτικός σε σχέση με το χυμό ρόδι (20.69 ± 0.56) mM Trolox, (Bonferroni, $p=0.002$).
- v. Ο χυμός ροδάκινο (4.85 ± 0.33) mM Trolox είναι λιγότερο αντιοξειδωτικός σε σχέση με το χυμό ρόδι (20.69 ± 0.56) mM Trolox, (Bonferroni, $p=0.002$).
- vi. Ο χυμός λεμόνι (3.28 ± 1.83) mM Trolox είναι λιγότερο αντιοξειδωτικός σε σχέση με το χυμό ρόδι (20.69 ± 0.56) mM Trolox, (Bonferroni, $p<0.001$).

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει το κάτωθι διάγραμμα (Διάγραμμα 9):

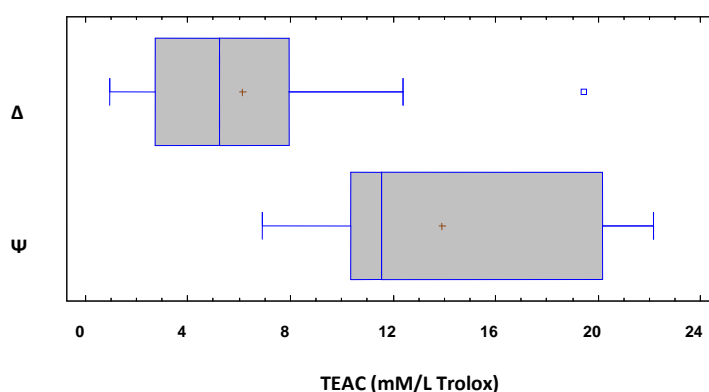


Διάγραμμα 9: Box-plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων του Trolox των χυμών από ρόδι, και των υπόλοιπων χυμών φρούτων.

- Μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών των χυμών φρούτων υπάρχουν οι εξής διαφορές, όσον αφορά την εξουδετέρωση της ρίζας ABTS (Anova test, $p<0.001$):
 - i. Οι συμμένοι χυμοί (12.84 ± 2.31) mM Trolox είναι περισσότερο αντιοξειδωτικοί σε σχέση με τους χυμούς προερχόμενους από συμπυκνωμένο χυμό (7.45 ± 0.82) mM Trolox, (Bonferroni, $p=0.045$), όπως επίσης οι συμμένοι εξουδετερώνουν καλύτερα τη ρίζα ABTS σε

σχέση με τα νέκταρ (3.19 ± 1.02)mM Trolox, (Bonferroni, $p=0.033$) και τα φρουτοποτά (4.12 ± 1.18)mM Trolox, (Bonferroni, $p=0.017$).

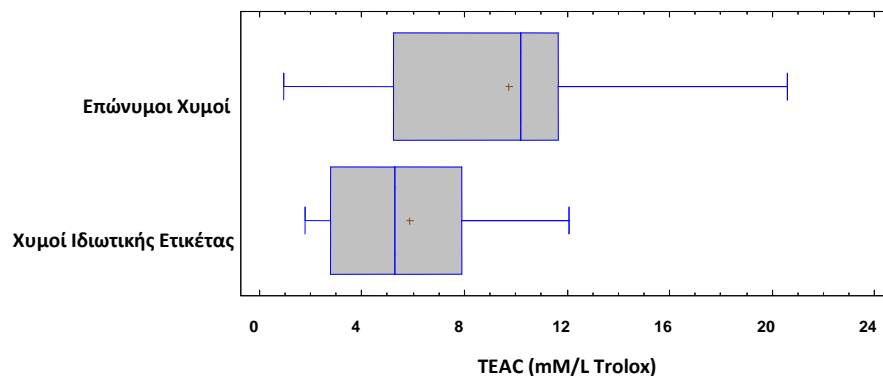
- ii. Οι χυμοί προερχόμενοι από συμπυκνωμένο χυμό (7.45 ± 0.82)mM Trolox, είναι λιγότερο αντιοξειδωτικοί σε σχέση με τους φυσικούς χυμούς (15.53 ± 2.62)mM Trolox, (Bonferroni, $p=0.010$).
 - iii. Οι φυσικοί χυμοί (15.53 ± 2.62)mM Trolox εξουδετερώνουν καλύτερα τη ρίζα ABTS σε σχέση με τα νέκταρ (3.19 ± 1.02)mM Trolox, (Bonferroni, $p=0.017$) και τα φρουτοποτά (4.12 ± 1.18)mM Trolox, (Bonferroni, $p=0.006$).
- Οι συμμένοι χυμοί (12.84 ± 2.31)mM Trolox, έχουν κατά μέσο όρο υψηλότερη τιμή εξουδετέρωσης της ρίζας ABTS, σε σχέση με τους μη συμμένους (7.46 ± 0.78)mM Trolox, σε βαθμό στατιστικά σημαντικό, (t-test, $p=0.011$).
 - Οι χυμοί διατηρούμενοι σε θερμοκρασία δωματίου (6.14 ± 0.68)mM Trolox έχουν κατά μέσο όρο σημαντικά χαμηλότερη τιμή εξουδετέρωσης της ρίζας ABTS, σε σχέση με τους χυμούς οι οποίοι διατηρούνται στο ψυγείο (13.32 ± 1.43)mM Trolox, (t-test, $p<0.001$). Η απεικόνιση αυτού παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 10):



Διάγραμμα 10: Box-plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων του Trolox των χυμών φρούτων, ανάλογα με τη μέθοδο συντήρησής τους.

- Οι χυμοί Ιδιωτικής Ετικέτας (5.86 ± 0.67)mM Trolox έχουν χαμηλότερη τιμή εξουδετέρωσης της ρίζας ABTS, σε σχέση με τους Επώνυμους χυμούς (9.72 ± 1.49)mM Trolox, σε βαθμό στατιστικά σημαντικό, (t-test, $p=0.027$). Η

απεικόνιση αυτού παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 11):



Διάγραμμα 11: Box-plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων του Trolox των χυμών φρούτων, ανάλογα με την επωνυμία τους.

- Οι χυμοί οι οποίοι είναι συσκευασμένοι σε γυάλινες συσκευασίες (20.02 ± 0.56)mM Trolox έχουν σημαντικά υψηλότερη τιμή εξουδετέρωσης της ρίζας DPPH, σε σχέση με τους χυμούς οι οποίοι περιέχονται σε χάρτινες συσκευασίες (5.91 ± 0.58)mM Trolox, (Anova test, $p < 0.001$), όπως επίσης η τιμή της εξουδετέρωσης της ρίζας ABTS των χυμών που περιέχονται σε πλαστικές συσκευασίες (12.95 ± 1.92)mM Trolox διαφέρει σε βαθμό στατιστικά σημαντικό σε σχέση με τους χυμούς των χάρτινων συσκευασιών, (5.91 ± 0.58)mM Trolox, (Anova test, $p < 0.001$).

6.3. Αποτελέσματα Ολικών Φαινολών

6.3.1. Αποτελέσματα

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 17) παρατίθενται οι συγκεντρώσεις των φαινολών των φρεσκοστυμμένων χυμών που εκφράζονται σε mg/L Gallic Acid ή σε ισοδύναμα γαλλικού οξέος, ενώ στον Πίνακα 18 παρατίθενται οι χυμοί του Ελληνικού εμπορίου με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των ολικών φαινολών τους.

Πίνακας 17: Φρεσκοστυμμένοι χυμοί και ολικές φαινόλες, χρησιμοποιώντας ως πρότυπο το διάλυμα του γαλλικού οξέος.

No.	Φρέσκο Φρούτο	mg/L Gallic Acid (GAEs)
1	Πορτοκάλι (Βαλένσια Λακωνίας Κατηγορία I)	539.27
2	Μήλο (Κόκκινο Στάρκιγκ Κοζάνης Κατηγορία I)	707.16
3	Ανανάς (Dole Κόστα Ρίκα)	1375.50
4	Γκρέιπφρουτ (Κόκκινο Χανίων Κατηγορία I)	967.80
5	Γκρέιπφρουτ (Κίτρινο N. Αφρικής Κατηγορία I)	1061.60
6	Ρόδι (Περού Κατηγορία I)	1691.35
7	Ροδάκινο (Εδέσσης Κατηγορία I)	614.45
8	Λεμόνι (Ιταλίας Κατηγορία I)	751.83

Πίνακας 18: Ανάλυση των Επώνυμων χυμών και των χυμών Ιδιωτικής ετικέτας που μελετήθηκαν για τις ολικές φαινόλες τους, χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα το γαλλικό οξύ.

Νο	ΧΥΜΟΙ-ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	mg/L Gallic Acid (GAEs)
1	Πορτοκάλι (Ψ)	Λακωνίας ΑΒ (ΙΔ)	ΦΧ	835.47
2	Πορτοκάλι (Ψ)	Life (ΕΠ)	ΦΧ	932.97
3	Πορτοκάλι (Δ)	365 (ΙΔ)	Σ	566.68
4	Πορτοκάλι (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	545.72
5	Πορτοκάλι (Ψ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	856.72
6	Πορτοκάλι (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	811.82
7	Πορτοκάλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	533.53
8	Πορτοκάλι (Δ)	Daily (ΙΔ)	Σ	543.91
9	Πορτοκάλι (Δ)	Eviva (ΙΔ)	Σ	871.65
10	Πορτοκάλι (Ψ)	Κάμπος Χίου (ΕΠ)	Σ	1097.69
11	Πορτοκάλι (Δ)	Life (ΕΠ)	Σ	761.10
12	Πορτοκάλι (Δ)	Μαράτα (ΙΔ)	Σ	287.50
13	Πορτοκάλι (Ψ)	Όλυμπος (ΕΠ)	Σ	943.69
14	Πορτοκάλι (Δ)	Rea Fresh (ΕΠ)	Σ	800.05
15	Πορτοκάλι (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	626.12
16	Πορτοκάλι (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	903.62
17	Πορτοκάλι (Δ)	Amita (ΕΠ)	Ν	457.10
18	Πορτοκάλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Ν	312.40
19	Πορτοκάλι (Δ)	Economy (ΙΔ)	Ν	346.69
20	Μήλο (Δ)	365 (ΙΔ)	Σ	203.26
21	Μήλο (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	250.97
22	Μήλο (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	375.69
23	Μήλο (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	259.83
24	Μήλο (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	212.49
25	Μήλο (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	412.18
26	Μήλο (Δ)	Eviva (ΙΔ)	ΦΠ	551.06
27	Ανανάς (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	327.96
28	Ανανάς (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	901.81
29	Ανανάς (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	550.29
30	Ανανάς (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	373.56
31	Γκρέιπφρουτ (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	777.15
32	Γκρέιπφρουτ (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	1061.44
33	Γκρέιπφρουτ (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	927.65
34	Ρόδι (Δ)	Ζωή (ΕΠ)	ΦΧ	1238.16
35	Ρόδι (Ψ)	Οικ.Χριστοδούλου (ΕΠ)	ΦΧ	1670.36
36	Ρόδι (Ψ)	Thessa (ΕΠ)	Σ	1929.59
37	Ροδάκινο (Δ)	Frulite (ΕΠ)	ΦΠ	200.79
38	Φράουλα (Δ)	Frulite (ΕΠ)	ΦΠ	502.13
39	Λεμόνι (Δ)	Amita (ΕΠ)	ΦΠ	220.01
40	Λεμονάδα (Δ)	Life (ΕΠ)	ΦΠ	115.98
41	Σταφύλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	579.24

Μελετώντας όλους τους χυμούς **ανά φρούτο** (πορτοκάλι, μήλο, ανανάς, γκρέιπφρουτ, ρόδι, ροδάκινο, φράουλα, λεμόνι, και σταφύλι) και μελετώντας τους ως **ομάδες φρούτων** (εσπεριδοειδή, μούροειδή, πυρηνόκαρπα, τροπικά και σαρκώδη) βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 19) ως προς τις ολικές φαινόλες τους, σύμφωνα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu.

Πίνακας 19: Ολικές Φαινόλες των φρεσκοστυμμένων φρούτων και των χυμών του Ελληνικού εμπορίου ανά κατηγορίες φρούτων, χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα το γαλλικό οξύ και εκφράζοντας την συγκέντρωσή τους σε mg/L Gallic acid.

Φρούτο/ Ομάδες Φρούτων	mg/L Gallic Acid (GAEs) Mean (\pm SEM)
Πορτοκάλι	678.69 (\pm 52.11)
Μήλο	371.58 (\pm 63.69)
Ανανάς	705.82 (\pm 195.48)
Γκρέιπφρουτ	959.13 (\pm 52.51)
Ρόδι	1632.37 (\pm 143.95)
Ροδάκινο	407.62 (\pm 206.83)
Φράουλα	502.13*
Λεμόνι	362.61 (\pm 196.92)
Σταφύλι	579.24*
Εσπεριδοειδή	694.90 (\pm 51.50)
Μούροειδή	540.69 (\pm 38.55)
Πυρηνόκαρπα	407.62 (\pm 206.83)
Τροπικά	1117.62 (\pm 201.41)
Σαρκώδη	371.58 (\pm 63.69)

*Ο χυμός φρούτου από την φράουλα και το σταφύλι δεν έχει SEM λόγω του ότι αφορά ένα μόνο δείγμα αντιστοίχως.

Ως προς την επωνυμία τους, για τη μέθοδο Folin-Ciocalteu, βρέθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα (Πίνακας 20).

Πίνακας 20: Στατιστικά αποτελέσματα Ολικών Φαινολών των χυμών (ΕΠ) και των χυμών (ΙΔ), χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα το γαλλικό οξύ.

Χυμοί	mg/L Gallic Acid (GAEs) Mean (\pm SEM)
Επώνυμοι Χυμοί	824.73 (\pm 120.84)
Χυμοί Ιδιωτικής Ετικέτας	527.32 (\pm 47.91)

Ως προς τις συνθήκες διατήρησής τους, ανάλογα με τις οδηγίες του παρασκευαστή, για τη μέθοδο Folin-Ciocalteu βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 21):

Πίνακας 21: Στατιστικά αποτελέσματα χυμών των Ολικών Φαινολών οι οποίοι διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου και χυμών διατηρούμενων στο ψυγείο.

Μέθοδος Συντήρησης	mg/L Gallic Acid (GAEs) Mean (\pm SEM)
θ° Δωματίου	541.46 (\pm 48.11)
Ψυγείο	1065.03 (\pm 107.95)

Στους πίνακες 22 και 23, απεικονίζονται τα αποτελέσματα για την μέθοδο Folin-Ciocalteu, ανάλογα με την κατηγορία και τη συσκευασία στην οποία ανήκουν.

Πίνακας 22: Κατηγορίες χυμών και ομοιότητες-διαφορές ως προς τις Ολικές Φαινόλες.

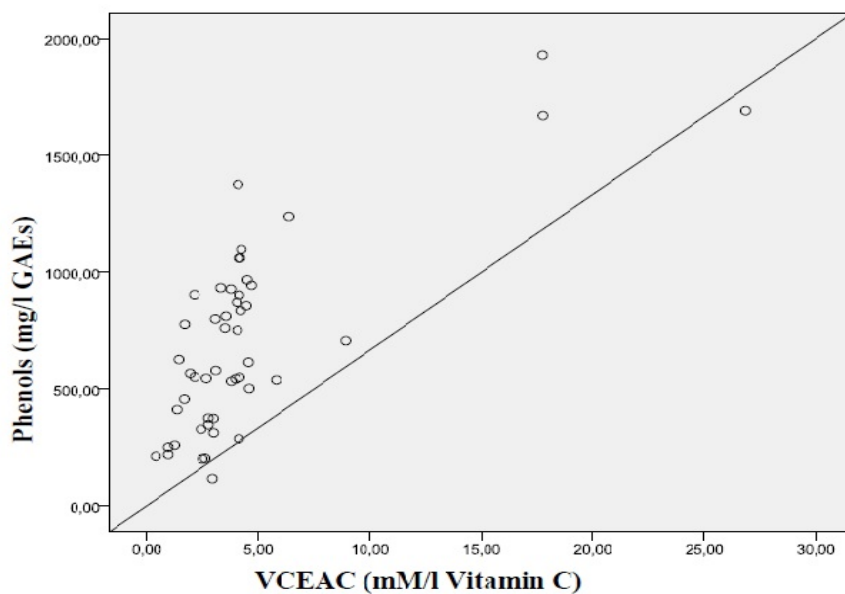
Είδη Χυμών	mg/L Gallic Acid (GAEs) Mean (\pm SEM)
Φρεσκοστυμμένοι	963.62 (\pm 141.51)
Φυσικοί	1169.24 (\pm 187.77)
Συμπυκνωμένοι	665.27 (\pm 67.18)
Νέκταρ	372.06 (\pm 43.66)
Φρουτοποτά	317.99 (\pm 87.28)

Πίνακας 23: Συσκευασίες χυμών και Ολικές Φαινόλες.

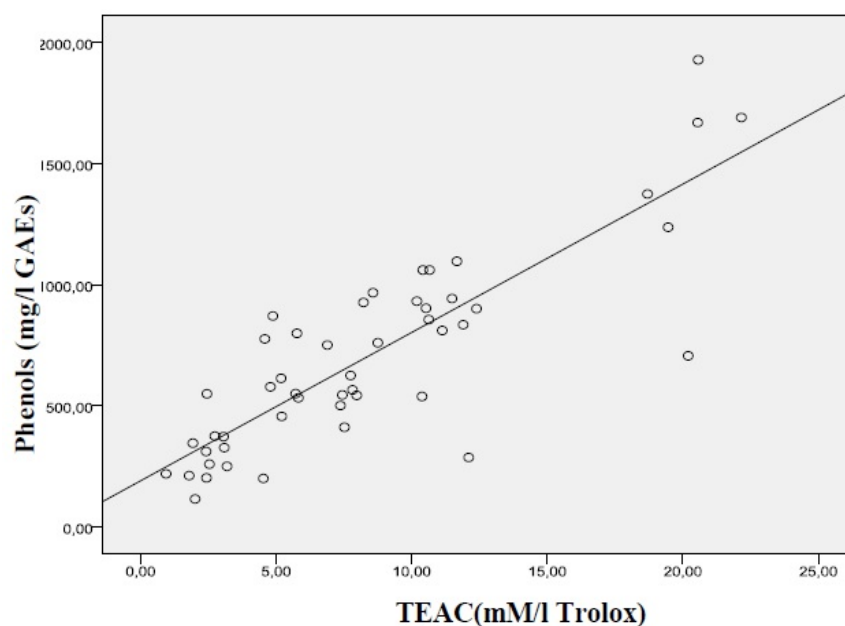
Συσκευασία	mg/L Gallic Acid (GAEs) Mean (\pm SEM)
Χωρίς Συσκευασία (Φρεσκοστυμμένοι)	963.62 (\pm 141.51)
Γυαλί	1612.70 (\pm 201.67)
Πλαστικό	892.21 (\pm 27.07)
Χαρτί	602.58 (\pm 57.89)
Ατομική Συσκευασία	733 (\pm 108.95)
Οικογενειακή	579.41 (\pm 62.74)

6.3.2. Συσχετίσεις που αφορούν τις Ολικές Φαινόλες των χυμών

- Οι Ολικές Φαινόλες συσχετίζονται θετικά γραμμικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με την εξουδετέρωση των ριζών DPPH (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.734$) και ABTS (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.841$), όπως επίσης και με τη χρωματική παράμετρο a^* (Pearson Correlation, $p = 0.018$, $r = 0.336$). Τα αποτελέσματα όσον αφορά την εξουδετέρωση των ριζών απεικονίζονται στα παρακάτω διαγράμματα, Διάγραμμα 12 και Διάγραμμα 13:



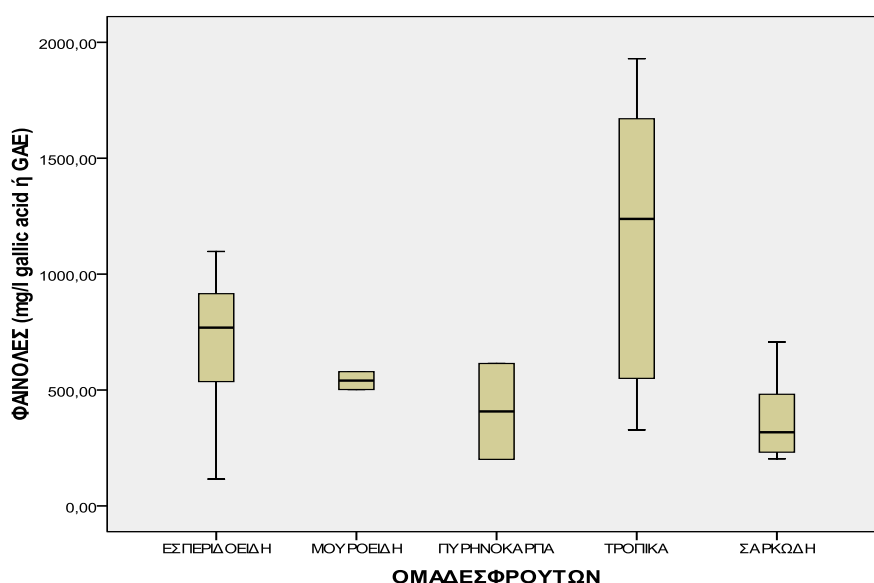
Διάγραμμα 12: Γραμμική συσχέτιση της συγκέντρωσης των Ολικών Φαινολών με τη συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος της εξουδετέρωσης της ρίζας DPPH.



Διάγραμμα 13: Γραμμική συσχέτιση της συγκέντρωσης των Ολικών Φαινολών με τη συγκέντρωση του Trolox της εξουδετέρωσης της ρίζας ABTS.

- Η τιμή των Ολικών Φαινολών διαφέρει μεταξύ των διαφορετικών ομάδων των φρούτων (Anova test, $p < 0.001$). Η απεικόνιση παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 14). Ειδικότερα, η μέση τιμή των Ολικών Φαινολών της ομάδας των εσπεριδοειδών (694.90 ± 51.50) mg/L gallic acid, διαφέρει σε βαθμό στατιστικά σημαντικό, από την μέση τιμή των Ολικών

Φαινολών των τροπικών φρούτων (1117.62 ± 201.41)mg/L gallic acid, (Bonferroni, $p=0.026$).

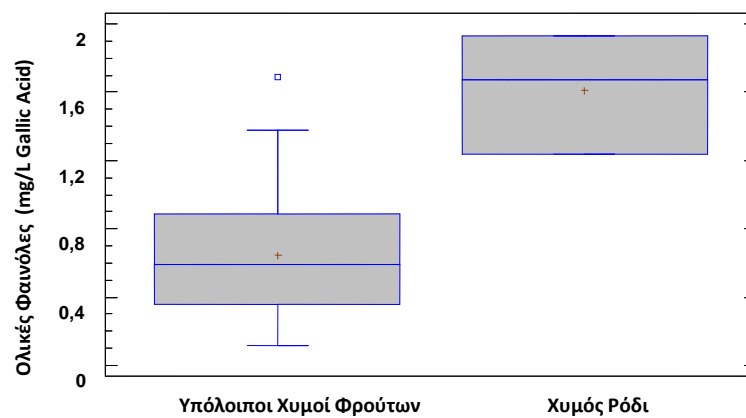


Διάγραμμα 14: Box-plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων των Ολικών Φαινολών και των ομάδων φρούτων.

- Η μέση τιμή των Ολικών Φαινολών διαφέρει σε βαθμό στατιστικά σημαντικό (Anova test, $p < 0.001$) μεταξύ των παρακάτω χυμών φρούτων:
 - i. Ο χυμός πορτοκάλι (678.69 ± 52.11)mg/L gallic acid, περιέχει λιγότερες Ολικές Φαινόλες σε σχέση με το χυμό ρόδι (1632.37 ± 143.95)mg/L gallic acid, (Bonferroni, $p < 0.001$).
 - ii. Ο χυμός μήλο (371.58 ± 63.69)mg/L gallic acid, περιέχει λιγότερες Ολικές Φαινόλες σε σχέση με το χυμό ρόδι (1632.37 ± 143.95)mg/L gallic acid, (Bonferroni, $p < 0.001$).
 - iii. Ο χυμός ανανά (705.82 ± 195.48)mg/L gallic acid, περιέχει λιγότερες Ολικές Φαινόλες σε σχέση με το χυμό ρόδι (1632.37 ± 143.95)mg/L gallic acid, (Bonferroni, $p < 0.001$).
 - iv. Ο χυμός γκρέιπφρουτ (959.13 ± 52.51)mg/L gallic acid, περιέχει λιγότερες Ολικές Φαινόλες σε σχέση με το χυμό ρόδι (1632.37 ± 143.95)mg/L gallic acid, (Bonferroni, $p = 0.007$) και περισσότερες Ολικές Φαινόλες σε σχέση με το χυμό μήλο (371.58 ± 63.69)mg/L gallic acid, (Bonferroni, $p = 0.005$).

- v. Ο χυμός ροδάκινο (407.62 ± 206.83)mg/L gallic acid, περιέχει λιγότερες Ολικές Φαινόλες σε σχέση με το χυμό ρόδι (1632.37 ± 143.95)mg/L gallic acid, (Bonferroni, $p < 0.001$).
- vi. Ο χυμός λεμόνι (362.61 ± 196.92)mg/L Gallic Acid περιέχει λιγότερες Ολικές Φαινόλες σε σχέση με το χυμό ρόδι (1632.37 ± 143.95)mg/L gallic acid, (Bonferroni, $p < 0.001$).

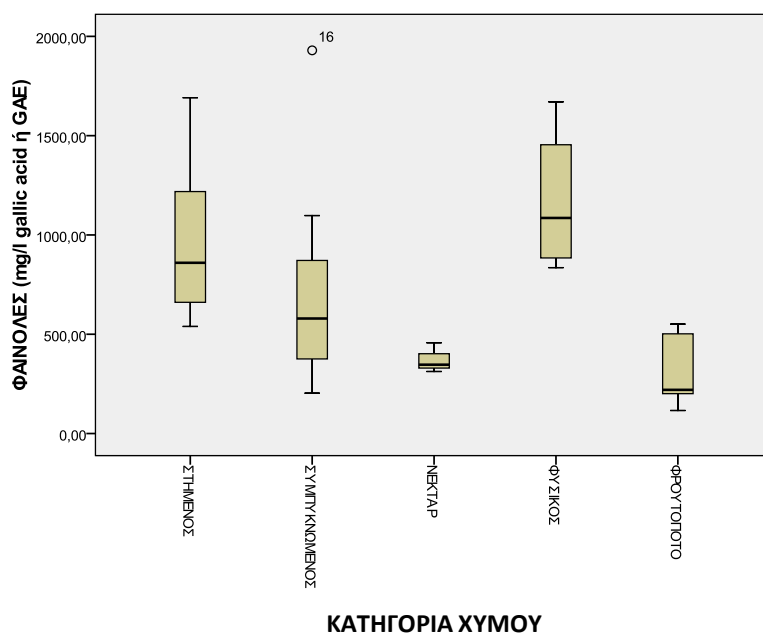
Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 15) απεικονίζονται τα παραπάνω αποτελέσματα:



Διάγραμμα 15: Box- plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων των Ολικών Φαινολών του χυμού από ρόδι και των υπόλοιπων χυμών φρούτων.

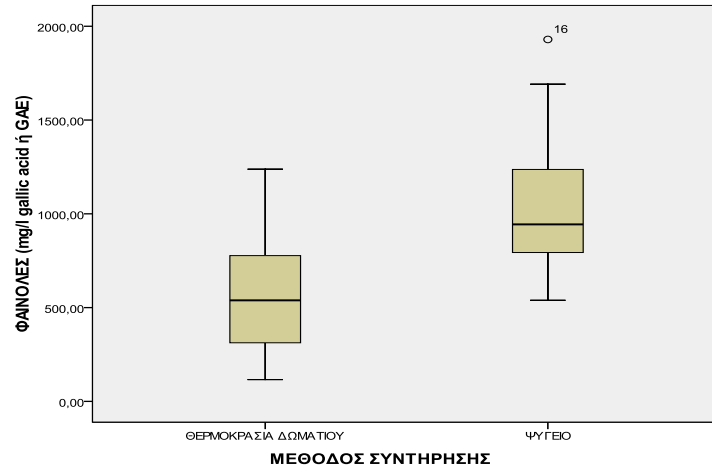
- Μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών των χυμών φρούτων υπάρχουν οι εξής διαφορές, όσον αφορά την συγκέντρωσή τους σε Ολικές Φαινόλες (Anova test, $p = 0.002$):
 - i. Οι συμμενοί χυμοί (963.62 ± 141.51)mg/L gallic acid, περιέχουν περισσότερες Ολικές Φαινόλες σε σχέση με τα φρουτοποτά (317.99 ± 87.28)mg/L gallic acid, (Bonferroni, $p = 0.023$).
 - ii. Οι χυμοί νέκταρ (372.06 ± 43.66)mg/L gallic acid, ομοίως και τα φρουτοποτά (317.99 ± 87.28)mg/L gallic acid, περιέχουν λιγότερες Ολικές Φαινόλες σε σχέση με τους φυσικούς χυμούς (1169.24 ± 187.77)mg/L gallic acid, (Bonferroni, $p = 0.046$).

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 16) απεικονίζονται τα παραπάνω αποτελέσματα:



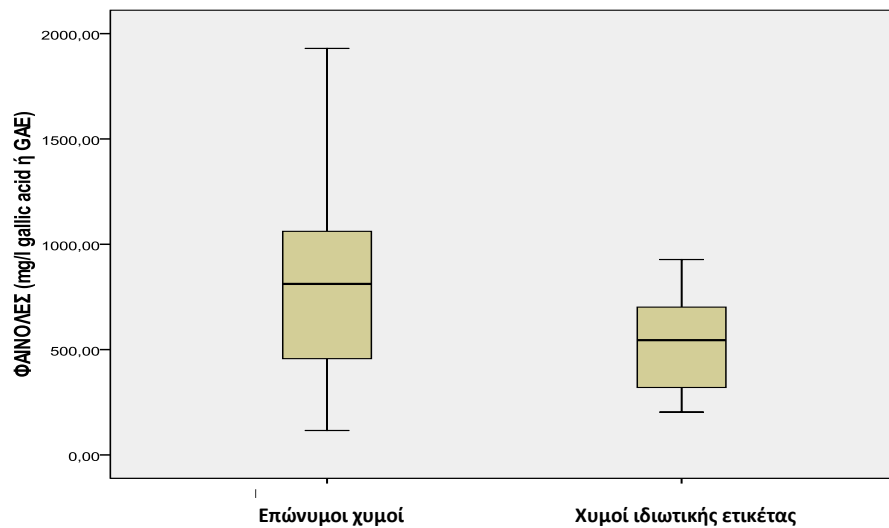
Διάγραμμα 16: Box- plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων των Ολικών Φαινολών, ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει ο κάθε χυμός.

- Οι συμμένοι χυμοί (963.62 ± 141.51)mg/L gallic acid, έχουν κατά μέσο όρο μεγαλύτερη συγκέντρωση Ολικών Φαινολών, σε σχέση με τους μη συμμένους (650.63 ± 61.08)mg/L gallic acid, σε βαθμό στατιστικά σημαντικό (t-test, $p=0.045$).
- Οι χυμοί διατηρούμενοι σε θερμοκρασία δωματίου (541.46 ± 48.11)mg/L gallic acid, έχουν κατά μέσο όρο σημαντικά χαμηλότερη συγκέντρωση Ολικών Φαινολών, σε σχέση με τους χυμούς οι οποίοι διατηρούνται στο ψυγείο (1065.03 ± 107.95)mg/L gallic acid, (t-test, $p < 0.001$). Το αποτέλεσμα αυτό απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 17):



Διάγραμμα 17: Box- plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων των Ολικών Φαινολών των χυμών φρούτων, ανάλογα με την μέθοδο συντήρησής τους.

- Οι χυμοί Ιδιωτικής Ετικέτας (527.32 ± 47.91)mg/L gallic acid, έχουν χαμηλότερη συγκέντρωση Ολικών Φαινολών, σε σχέση με τους Επώνυμους χυμούς (824.73 ± 120.84)mg/L gallic acid, σε βαθμό στατιστικά σημαντικό, (t-test, $p=0.027$). Το αποτέλεσμα αυτό απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 18):



Διάγραμμα 18: Box- plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων των Ολικών Φαινολών των χυμών φρούτων, ανάλογα με την επωνυμία τους.

6.4 . Ολικά Φλαβονοειδή

6.4.1. Αποτελέσματα

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 24) παρατίθενται οι συγκεντρώσεις των φλαβονοειδών των φρεσκοστυμμένων χυμών που εκφράζονται σε mg/L Rutin Hydrate ή σε ισοδύναμα ρουτίνης, ενώ στον Πίνακα 25 παρατίθενται οι χυμοί του Ελληνικού εμπορίου με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των ολικών φλαβονοειδών τους.

Πίνακας 24: Φρεσκοστυμμένοι χυμοί και ολικές φαινόλες, χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα την ρουτίνη.

No.	Φρέσκο Φρούτο	mg/L Rutin (REs)
1	Πορτοκάλι (Βαλένσια Λακωνίας Κατηγορία I)	321.69
2	Μήλο (Κόκκινο Στάρκιγκ Κοζάνης Κατηγορία I)	103.45
3	Ανανάς (Dole Κόστα Ρίκα)	163.57
4	Γκρέιπφρουτ (Κόκκινο Χανίων Κατηγορία I)	210.14
5	Γκρέιπφρουτ (Κίτρινο Ν. Αφρικής Κατηγορία I)	321.72
6	Ρόδι (Περού Κατηγορία I)	692.10
7	Ροδάκινο (Εδέσσης Κατηγορία I)	212.48
8	Λεμόνι (Ιταλίας Κατηγορία I)	364.83

Πίνακας 25: Ανάλυση των Επώνυμων χυμών και των χυμών Ιδιωτικής ετικέτας που μελετήθηκαν για τα ολικά φλαβονοειδή τους, χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα την ρουτίνη.

№	ΧΥΜΟΙ-ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	mg/L Rutin (REs)
1	Πορτοκάλι (Ψ)	Λακωνίας ΑΒ (ΙΔ)	ΦΧ	622.42
2	Πορτοκάλι (Ψ)	Life (ΕΠ)	ΦΧ	466.10
3	Πορτοκάλι (Δ)	365 (ΙΔ)	Σ	232.34
4	Πορτοκάλι (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	265.98
5	Πορτοκάλι (Ψ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	856.72
6	Πορτοκάλι (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	700.52
7	Πορτοκάλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	308.61
8	Πορτοκάλι (Δ)	Daily (ΙΔ)	Σ	552.29
9	Πορτοκάλι (Δ)	Eviva (ΙΔ)	Σ	535.20
10	Πορτοκάλι (Ψ)	Κάμπος Χίου (ΕΠ)	Σ	592.27
11	Πορτοκάλι (Δ)	Life (ΕΠ)	Σ	949.42
12	Πορτοκάλι (Δ)	Μαράτα (ΙΔ)	Σ	429.47
13	Πορτοκάλι (Ψ)	Όλυμπος (ΕΠ)	Σ	552.39
14	Πορτοκάλι (Δ)	Rea Fresh (ΕΠ)	Σ	285.99
15	Πορτοκάλι (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	300.58
16	Πορτοκάλι (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	383.64
17	Πορτοκάλι (Δ)	Amita (ΕΠ)	Ν	267.01
18	Πορτοκάλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Ν	116.56
19	Πορτοκάλι (Δ)	Economy (ΙΔ)	Ν	136.42
20	Μήλο (Δ)	365 (ΙΔ)	Σ	63.17
21	Μήλο (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	67.73
22	Μήλο (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	123.42
23	Μήλο (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	30.42
24	Μήλο (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	109.28
25	Μήλο (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	94.51
26	Μήλο (Δ)	Eviva (ΙΔ)	ΦΠ	104.08
27	Ανανάς (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	66.13
28	Ανανάς (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	229.76
29	Ανανάς (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	322.72
30	Ανανάς (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	106.86
31	Γκρέιπφρουτ (Δ)	ΑΒ (ΙΔ)	Σ	342.38
32	Γκρέιπφρουτ (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	929.43
33	Γκρέιπφρουτ (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	331.53
34	Ρόδι (Δ)	Ζωή (ΕΠ)	ΦΧ	737.09
35	Ρόδι (Ψ)	Οικ.Χριστοδούλου (ΕΠ)	ΦΧ	1282.41
36	Ρόδι (Ψ)	Thessa (ΕΠ)	Σ	1382.14
37	Ροδάκινο (Δ)	Frulite (ΕΠ)	ΦΠ	105.06
38	Φράουλα (Δ)	Frulite (ΕΠ)	ΦΠ	74.96
39	Λεμόνι (Δ)	Amita (ΕΠ)	ΦΠ	49.02
40	Λεμονάδα (Δ)	Life (ΕΠ)	ΦΠ	76.45
41	Σταφύλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	107.76

Μελετώντας όλους τους χυμούς **ανά φρούτο** (πορτοκάλι, μήλο, ανανάς, γκρέιπφρουτ, ρόδι, ροδάκινο, φράουλα, λεμόνι, και σταφύλι) και μελετώντας τους ως **ομάδες φρούτων** (εσπεριδοειδή, μούροειδή, πυρηνόκαρπα, τροπικά και σαρκώδη) βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 26) ως προς τα ολικά φλαβονοειδή τους.

Πίνακας 26: Ολικά Φλαβονοειδή των φρεσκοστυμμένων φρούτων και των χυμών του Ελληνικού εμπορίου ανά κατηγορίες φρούτων, χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα την ρουτίνη και εκφράζοντας τη συγκέντρωσή τους σε mg/L Rutin.

Φρούτο/ Ομάδες Φρούτων	mg/L Rutin (REs) Mean (\pm SEM)
Πορτοκάλι	443.78 (\pm 50.52)
Μήλο	87.01 (\pm 10.84)
Ανανάς	177.81 (\pm 45.50)
Γκρέιπφρουτ	427.04 (\pm 127.83)
Ρόδι	1023.44 (\pm 179.71)
Ροδάκινο	158.77 (\pm 53.71)
Φράουλα	74.96*
Λεμόνι	163.43 (\pm 101.01)
Σταφύλι	107.76*
Εσπεριδοειδή	410.75 (\pm 45.49)
Μούροειδή	91.36 (\pm 16.40)
Πυρηνόκαρπα	158.77 (\pm 53.71)
Τροπικά	553.64 (\pm 167.41)
Σαρκώδη	87.01 (\pm 10.84)

*Ο χυμός φρούτου από την φράουλα και το σταφύλι δεν έχει SEM λόγω του ότι αφορά ένα μόνο δείγμα αντιστοίχως.

Ως προς την επωνυμία τους, για τη μέθοδο των ολικών φλαβονοειδών, βρέθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα (Πίνακας 27).

Πίνακας 27: Στατιστικά αποτελέσματα Ολικών Φλαβονοειδών των χυμών (ΕΠ) και των χυμών (ΙΔ), χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα την ρουτίνη.

Χυμοί	mg/L Rutin (REs) Mean (\pm SEM)
Επώνυμοι Χυμοί	517.85 (\pm 103.51)
Χυμοί Ιδιωτικής Ετικέτας	270.28 (\pm 43.27)

Ως προς τις συνθήκες διατήρησής τους, ανάλογα με τις οδηγίες του παρασκευαστή, για τη μέθοδο των ολικών φλαβονοειδών βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 28):

Πίνακας 28: Στατιστικά αποτελέσματα χυμών των Ολικών Φλαβονοειδών οι οποίοι διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου και χυμών διατηρούμενων στο ψυγείο.

Μέθοδος Συντήρησης	mg/L Rutin (REs) Mean (\pm SEM)
θ° Δωματίου	280.46 (\pm 42.60)
Ψυγείο	542.96 (\pm 99.36)

Στους πίνακες 29 και 30, απεικονίζονται τα αποτελέσματα για τη μέθοδο των ολικών φλαβονοειδών, ανάλογα με την κατηγορία και συσκευασία στην οποία ανήκουν.

Πίνακας 29: Κατηγορίες χυμών και ομοιότητες-διαφορές ως προς τα Ολικά Φλαβονοειδή.

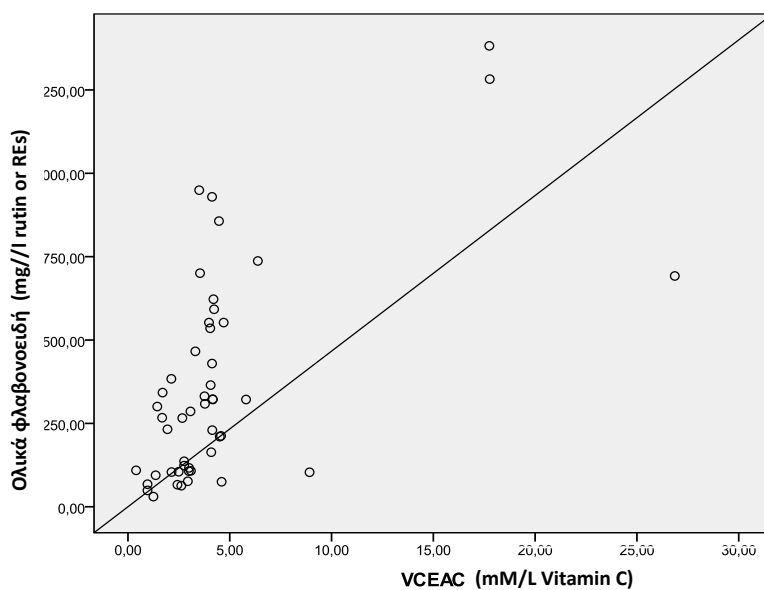
Είδη Χυμών	mg/L Rutin (REs) Mean (\pm SEM)
Φρεσκοστυμμένοι	298.75 (\pm 64.34)
Φυσικοί	777.01 (\pm 177.39)
Συμπυκνωμένοι	388.02 (\pm 60.40)
Νέκταρ	173.33 (\pm 47.19)
Φρουτοποτά	81.91 (\pm 10.46)

Πίνακας 30: Συσκευασίες χυμών και Ολικά Φλαβονοειδή.

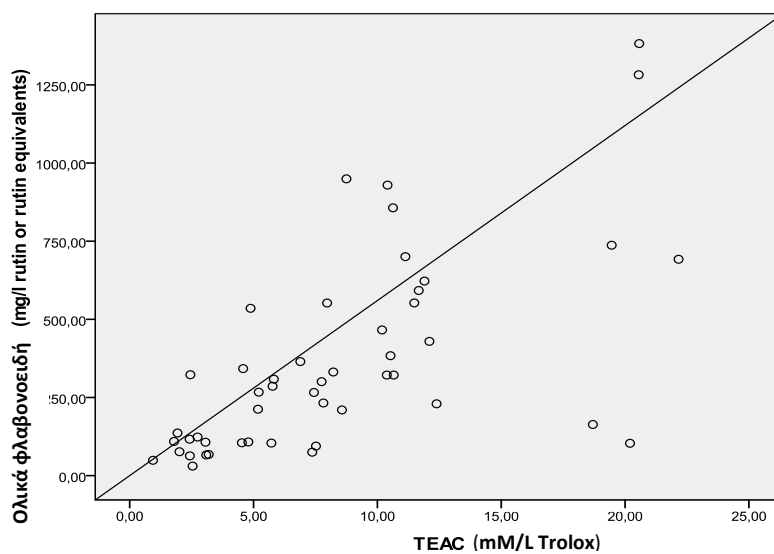
Συσκευασία	mg/L Rutin (REs) Mean (\pm SEM)
Χωρίς Συσκευασία (Φρεσκοστυμμένοι)	298.75 (\pm 64.34)
Γυαλί	1133.88 (\pm 200.47)
Πλαστικό	624.41 (\pm 83.78)
Χαρτί	294.41 (\pm 43.02)
Ατομική Συσκευασία	460.40 (\pm 89.99)
Οικογενειακή	297.39 (\pm 57.31)

6.4.2. Συσχετίσεις που αφορούν τα Ολικά Φλαβονοειδή των χυμών

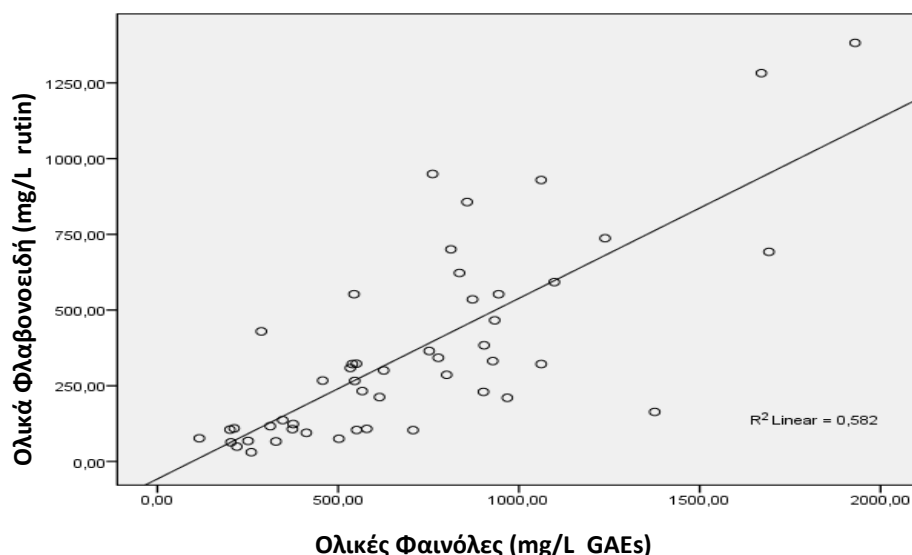
- Τα Ολικά Φλαβονοειδή συσχετίζονται θετικά γραμμικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με την εξουδετέρωση των ριζών DPPH (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.600$), (Διάγραμμα 19) και ABTS (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.648$), (Διάγραμμα 20), με τις Ολικές Φαινόλες (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.763$), (Διάγραμμα 21), όπως επίσης και με τη χρωματική παράμετρο L* (Spearman Correlation, $p = 0.002$, $r = 0.428$).



Διάγραμμα 19: Γραμμική συσχέτιση της συγκέντρωσης των Ολικών Φλαβονοειδών με τη συγκέντρωση ασκορβικού οξέος της εξουδετέρωσης της ρίζας DPPH.

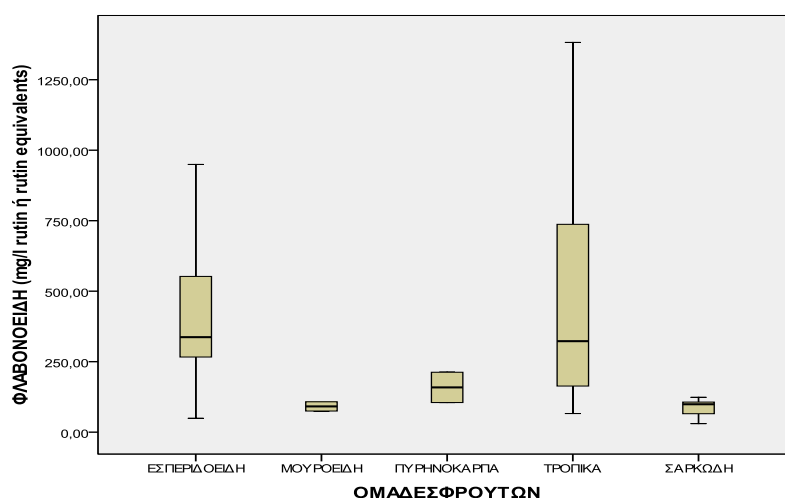


Διάγραμμα 20: Γραμμική συσχέτιση της συγκέντρωσης των Ολικών Φλαβονοειδών με τη συγκέντρωση Trolox της εξουδετέρωσης της ρίζας ABTS.



Διάγραμμα 21: Γραμμική συσχέτιση των Ολικών Φλαβονοειδών με τις Ολικές Φαινόλες.

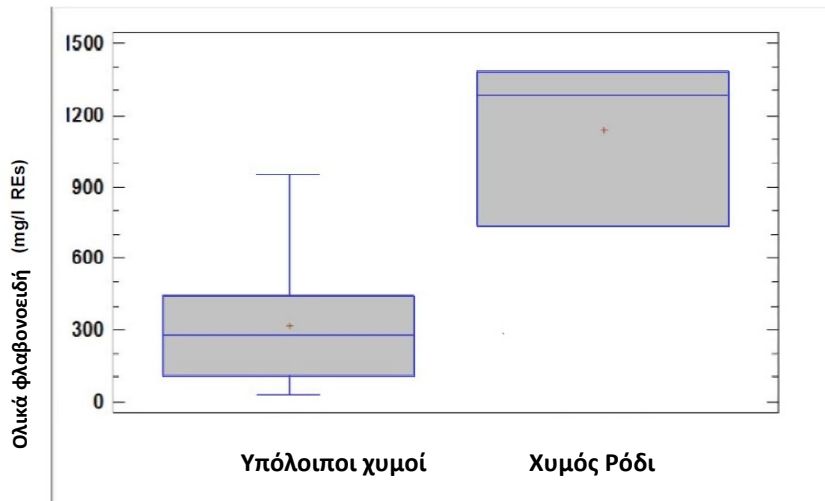
- Τα Ολικά Φλαβονοειδή συσχετίζονται αρνητικά γραμμικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με το χρωματικό παράγοντα a^* (Spearman Correlation, $\rho=0.004$, $r=-0.406$).
- Η τιμή των Ολικών Φλαβονοειδών διαφέρει μεταξύ των διαφορετικών ομάδων των φρούτων (Anova test, $\rho=0.010$). Ειδικότερα, η μέση τιμή των Ολικών Φλαβονοειδών της ομάδας των σαρκωδών (87.01 ± 10.84)mg/L rutin, διαφέρει σε βαθμό στατιστικά σημαντικό, από την μέση τιμή των Ολικών Φλαβονοειδών των τροπικών φρούτων (553.64 ± 167.41)mg/L rutin, (Bonferroni, $\rho=0.010$). Η απεικόνιση αυτού του αποτελέσματος παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 22):



Διάγραμμα 22: Box-plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων των Ολικών Φλαβονοειδών, ανάλογα με την ομάδα φρούτου στην οποία ανήκουν.

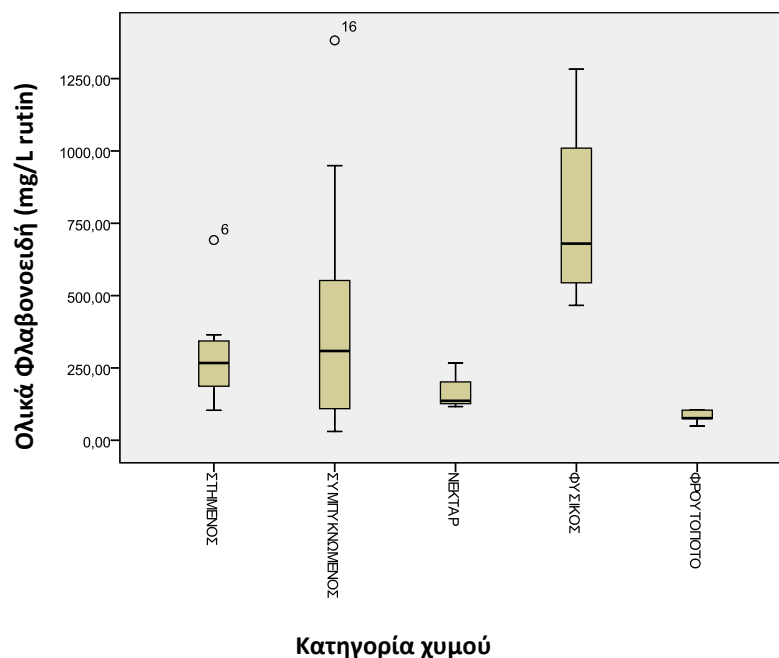
- Η μέση τιμή των Ολικών Φλαβονοειδών διαφέρει σε βαθμό στατιστικά σημαντικό (Anova test, $p < 0.001$) μεταξύ των παρακάτω χυμών φρούτων:
 - i. Ο χυμός πορτοκάλι (443.78 ± 50.52)mg/L rutin, περιέχει λιγότερα Ολικά Φλαβονοειδή σε σχέση με το χυμό ρόδι (1023.44 ± 179.70)mg/L rutin, (Bonferroni, $p < 0.001$), και περισσότερα Ολικά Φλαβονοειδή σε σχέση με το χυμό μήλο (87.01 ± 10.84)mg/L rutin, (Bonferroni, $p = 0.005$).
 - ii. Ο χυμός μήλο (87.01 ± 10.84)mg/L rutin, περιέχει λιγότερα Ολικά Φλαβονοειδή σε σχέση με το χυμό ρόδι (1023.44 ± 179.70)mg/L rutin, (Bonferroni, $p < 0.001$).
 - iii. Ο χυμός ανανά (177.81 ± 45.50)mg/L rutin, περιέχει λιγότερα Ολικά Φλαβονοειδή σε σχέση με το χυμό ρόδι (1023.44 ± 179.70)mg/L rutin, (Bonferroni, $p < 0.001$).
 - iv. Ο χυμός γκρέιπφρουτ (427.04 ± 127.83)mg/L rutin, περιέχει λιγότερα Ολικά Φλαβονοειδή σε σχέση με το χυμό ρόδι (1023.44 ± 179.70)mg/L rutin, (Bonferroni, $p = 0.003$).
 - v. Ο χυμός ροδάκινο (158.77 ± 53.71)mg/L rutin, περιέχει λιγότερα Ολικά Φλαβονοειδή σε σχέση με το χυμό ρόδι (1023.44 ± 179.70)mg/L rutin, (Bonferroni, $p = 0.001$).
 - vi. Ο χυμός λεμόνι (163.43 ± 101.01)mg/L rutin περιέχει λιγότερα Ολικά Φλαβονοειδή σε σχέση με το χυμό ρόδι (1023.44 ± 179.70)mg/L rutin, (Bonferroni, $p < 0.001$).

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 23) απεικονίζονται όλοι οι χυμοί οι οποίοι περιέχουν λιγότερα Ολικά Φλαβονοειδή σε σχέση με τον χυμό ρόδι:



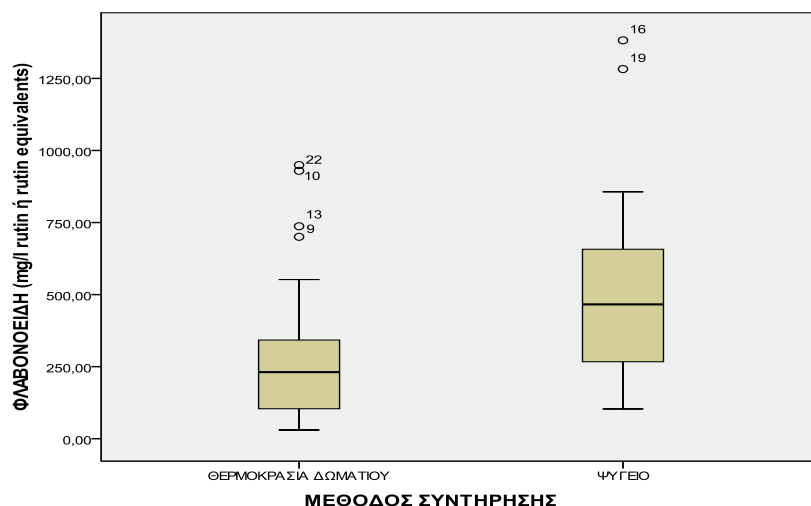
Διάγραμμα 23: Box- plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων των Ολικών Φλαβονοειδών του χυμού από ρόδι και των υπόλοιπων χυμών φρούτων.

- Μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών των χυμών φρούτων, υπάρχουν διαφορές όσον αφορά την συγκέντρωσή τους σε Ολικά Φλαβονοειδή, (Anova test, $p=0.010$). Οι φυσικοί χυμοί (777.01 ± 177.39)mg/L rutin, περιέχουν περισσότερα Ολικά Φλαβονοειδή σε σχέση με τα φρουτοποτά (81.91 ± 10.46)mg/L rutin, (Bonferroni, $p=0.007$). Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 24):



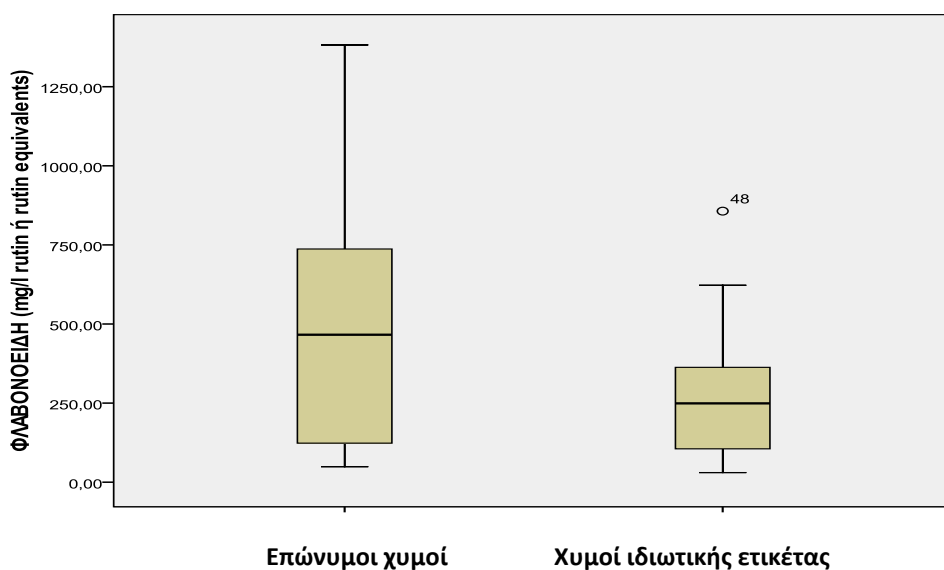
Διάγραμμα 24: Box- plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων των Ολικών Φλαβονοειδών, ανάλογα με την κατηγορία χυμού στην οποία ανήκουν.

- Οι χυμοί διατηρούμενοι σε θερμοκρασία δωματίου (280.46 ± 42.60)mg/L rutin, έχουν κατά μέσο όρο σημαντικά χαμηλότερη συγκέντρωση Ολικών Φλαβονοειδών, σε σχέση με τους χυμούς οι οποίοι διατηρούνται στο ψυγείο (542.96 ± 99.36)mg/L rutin, (t-test, $p=0.006$). Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 25):



Διάγραμμα 25: Box- plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων των Ολικών Φλαβονοειδών, ανάλογα με τη μέθοδο συντήρησής τους.

- Οι χυμοί Ιδιωτικής Ετικέτας (270.28 ± 43.27)mg/L rutin, έχουν χαμηλότερη συγκέντρωση Ολικών Φλαβονοειδών, σε σχέση με τους Επώνυμους χυμούς (517.85 ± 103.51)mg/L rutin, σε βαθμό στατιστικά σημαντικό, (t-test, $p=0.038$). Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο κάτωθι διάγραμμα (Διάγραμμα 26):



Διάγραμμα 26: Box- plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων των Ολικών Φλαβονοειδών, ανάλογα με την επωνυμία τους.

6.5. Χρωματικές παράμετροι χυμών

6.5.1. Αποτελέσματα

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 31) παρατίθενται οι χρωματικές παράμετροι των φρεσκοστυμμένων χυμών, ενώ στον Πίνακα 32 παρατίθενται οι χυμοί του Ελληνικού εμπορίου με τις αντίστοιχες χρωματικές παραμέτρους τους.

Πίνακας 31: Φρεσκοστυμμένοι χυμοί και χρωματικές παράμετροι.

No	Φρέσκο Φρούτο	COLOUR				
		L*	a*	b*	Hue (°)	Chroma
1	Πορτοκάλι (Βαλένσια Λακωνίας Κατηγορία I)	28.79	0.15	25.20	89.67	25.20
2	Μήλο (Κόκκινο Στάρκιγκ Κοζάνης Κατηγορία I)	29.37	5.69	21.71	75.32	22.44
3	Ανανάς (Dole Κόστα Ρίκα)	24.78	-2.08	19.69	96.04	19.80
4	Γκρέιπφρουτ (Κόκκινο Χανίων Κατηγορία I)	22.30	6.25	7.91	51.70	10.08
5	Γκρέιπφρουτ (Κίτρινο Ν. Αφρικής Κατηγορία I)	31.03	-3.41	12.18	105.62	12.65
6	Ρόδι (Περού Κατηγορία I)	9.84	9.96	1.83	10.40	10.13
7	Ροδάκινο (Εδέσσης Κατηγορία I)	25.54	1.93	8.15	76.70	8.37
8	Λεμόνι (Ιταλίας Κατηγορία I)	26.48	-2.37	8.90	104.92	9.21

Πίνακας 32: Χρωματικές τρισδιάστατες παράμετροι Επώνυμων χυμών και χυμών Ιδιωτικής ετικέτας.

No.	ΧΥΜΟΙ- ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	COLOUR				
				L*	a*	b*	Hue (°)	Chroma
1	Πορτοκάλι (Ψ)	Λακωνίας AB (ΙΔ)	ΦΧ	42.30	-4.89	33.00	98.43	33.36
2	Πορτοκάλι (Ψ)	Life (ΕΠ)	ΦΧ	37.72	-5.76	28.38	101.47	28.96
3	Πορτοκάλι (Δ)	365 (ΙΔ)	Σ	34.93	-4.38	17.62	103.95	18.16
4	Πορτοκάλι (Δ)	AB (ΙΔ)	Σ	30.23	-3.04	14.60	101.77	14.92
5	Πορτοκάλι (Ψ)	AB (ΙΔ)	Σ	40.71	-5.53	29.69	100.55	30.20
6	Πορτοκάλι (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	40.78	-6.06	32.33	100.62	32.89
7	Πορτοκάλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	30.81	-3.78	15.92	103.36	16.36
8	Πορτοκάλι (Δ)	Daily (ΙΔ)	Σ	29.39	-3.27	24.57	97.59	24.78
9	Πορτοκάλι (Δ)	Eviva (ΙΔ)	Σ	45.65	-6.63	28.00	103.33	28.77
10	Πορτοκάλι (Ψ)	Κάμπος Χίου (ΕΠ)	Σ	41.01	-4.37	31.20	97.97	31.51
11	Πορτοκάλι (Δ)	Life (ΕΠ)	Σ	39.83	-5.90	32.09	100.41	32.63
12	Πορτοκάλι (Δ)	Μαράτα (ΙΔ)	Σ	42.82	-5.57	30.44	100.36	30.94
13	Πορτοκάλι (Ψ)	Όλυμπος (ΕΠ)	Σ	40.77	-6.16	31.46	101.08	32.05
14	Πορτοκάλι (Δ)	Rea Fresh (ΕΠ)	Σ	25.72	-1.42	11.96	96.75	12.05
15	Πορτοκάλι (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	31.78	-3.03	21.45	98.05	21.67
16	Πορτοκάλι (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	44.43	-6.50	30.02	102.22	30.71
17	Πορτοκάλι (Δ)	Amita (ΕΠ)	N	24.16	-2.21	12.55	99.99	12.74
18	Πορτοκάλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	N	21.91	-1.55	13.06	96.77	13.15
19	Πορτοκάλι (Δ)	Economy (ΙΔ)	N	26.27	-3.43	15.62	102.37	15.99
20	Μήλο (Δ)	365 (ΙΔ)	Σ	17.65	0.79	18.61	87.57	18.62
21	Μήλο (Δ)	AB (ΙΔ)	Σ	21.45	1.39	8.24	80.45	8.36
22	Μήλο (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	20.11	-0.17	16.39	90.59	16.39
23	Μήλο (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	23.22	0.78	21.52	87.92	21.54
24	Μήλο (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	18.33	2.43	15.65	81.16	15.84
25	Μήλο (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	22.96	2.95	23.97	83.00	24.15
26	Μήλο (Δ)	Eviva (ΙΔ)	ΦΠ	26.24	1.37	23.11	86.61	23.15
27	Ανανάς (Δ)	AB (ΙΔ)	Σ	21.47	-1.38	13.02	96.03	13.10
28	Ανανάς (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	23.05	-0.81	11.25	94.13	11.28
29	Ανανάς (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	24.34	-0.23	8.06	91.60	8.06
30	Ανανάς (Δ)	Spar (ΙΔ)	Σ	22.49	-0.91	14.48	93.61	14.51
31	Γκρέιπφρουτ (Δ)	AB (ΙΔ)	Σ	26.75	-2.90	8.19	109.47	8.69
32	Γκρέιπφρουτ (Δ)	Amita (ΕΠ)	Σ	34.03	-3.01	4.60	123.20	5.50
33	Γκρέιπφρουτ (Δ)	Vitafit (ΙΔ)	Σ	27.79	-1.61	5.56	106.12	5.79
34	Ρόδι (Δ)	Ζωή (ΕΠ)	ΦΧ	17.62	11.22	5.05	24.23	12.30
35	Ρόδι (Ψ)	Οικ.Χριστοδούλ	ΦΧ	16.93	20.0	2.39	6.78	20.21

No.	ΧΥΜΟΙ- ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	COLOUR				
				L*	a*	b*	Hue (°)	Chroma
		ου (ΕΠ)			7			
36	Ρόδι (Ψ)	Thessa (ΕΠ)	Σ	12.79	7.08	3.21	24.36	7.77
37	Ροδάκινο (Δ)	Frulite (ΕΠ)	ΦΠ	21.42	0.11	13.97	89.55	13.97
38	Φράουλα (Δ)	Frulite (ΕΠ)	ΦΠ	14.76	9.63	6.39	33.58	11.56
39	Λεμόνι (Δ)	Amita (ΕΠ)	ΦΠ	25.08	-1.18	7.93	98.48	8.02
40	Λεμονάδα (Δ)	Life (ΕΠ)	ΦΠ	26.60	-1.25	6.67	100.58	6.79
41	Σταφύλι (Δ)	Carrefour (ΙΔ)	Σ	19.97	4.00	30.55	82.55	30.81

Μελετώντας όλους τους χυμούς **ανά φρούτο** (πορτοκάλι, μήλο, ανανά, γκρέιπφρουτ, ρόδι, ροδάκινο, φράουλα, λεμόνι, και σταφύλι) και μελετώντας τους ως **ομάδες φρούτων** (εσπεριδοειδή, μούροειδή, πυρηνόκαρπα, τροπικά και σαρκώδη) βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 33) ως προς το χρώμα τους.

Πίνακας 33: Χρωματικές παράμετροι των φρεσκοστυμμένων φρούτων και των χυμών του Ελληνικού εμπορίου ανά κατηγορίες φρούτων, χρησιμοποιώντας το χρωμόμετρο CIELAB SPACE.

Φρούτο/ Ομάδες Φρούτων	COLOUR/ Mean (\pm SEM)				
	L*	a*	b*	Hue (°)	Chroma
Πορτοκάλι	35.00 (\pm 1.67)	-4.17 (\pm 0.43)	23.96 (\pm 1.73)	99.84 (\pm 0.72)	24.35 (\pm 1.76)
Μήλο	22.42 (\pm 1.40)	1.90 (\pm 0.64)	18.65 (\pm 1.83)	84.08 (\pm 1.77)	18.81 (\pm 1.85)
Ανανάς	23.23 (\pm 0.60)	-1.08 (\pm 0.31)	13.30 (\pm 1.92)	94.28 (\pm 0.83)	13.35 (\pm 1.94)
Γκρέιπφρουτ	28.38 (\pm 1.99)	-0.94 (\pm 1.82)	7.69 (\pm 1.31)	99.22 (\pm 12.30)	8.54 (\pm 1.34)
Ρόδι	14.30 (\pm 1.83)	12.08 (\pm 2.80)	3.12 (\pm 0.70)	16.44 (\pm 4.59)	12.60 (\pm 2.70)
Ροδάκινο	23.48 (\pm 2.06)	1.02 (\pm 0.91)	11.06 (\pm 2.91)	83.12 (\pm 6.43)	11.17 (\pm 2.80)
Φράουλα	14.76*	9.63*	6.39*	33.58*	11.56*
Λεμόνι	26.05 (\pm 0.49)	-1.60 (\pm 0.39)	7.83 (\pm 0.65)	101.33 (\pm 1.90)	8.00(\pm 0.70)
Σταφύλι	19.97*	4.00*	30.55*	82.55*	30.81*
Εσπεριδοειδή	32.86 (\pm 1.39)	-3.31 (\pm 0.50)	19.33 (\pm 1.88)	99.89 (\pm 2.08)	19.78 (\pm 1.88)
Μουροειδή	17.37 (\pm 2.61)	6.82 (\pm 2.82)	18.47(\pm 12. 08)	58.07 (\pm 24.49)	21.19 (\pm 9.63)
Πυρηνόκαρπα	23.48 (\pm 2.06)	1.02 (\pm 0.91)	11.06 (\pm 2.91)	83.13 (\pm 6.43)	11.17 (\pm 2.80)
Τροπικά	19.26 (\pm 1.77)	4.77 (\pm 2.58)	8.78 (\pm 2.08)	59.69 (\pm 13.80)	13.02 (\pm - 1.51)
Σαρκώδη	22.42 (\pm 1.40)	1.90 (\pm 0.64)	18.65 (\pm 1.83)	84.08 (\pm 1.77)	18.81 (\pm 1.85)

*Ο χυμός φρούτου από την φράουλα και το σταφύλι δεν έχει SEM λόγω του ότι αφορά ένα μόνο δείγμα, αντίστοιχα.

Ως προς την επωνυμία τους, όσον αφορά το χρώμα των χυμών βρέθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα (Πίνακας 34).

Πίνακας 34: Στατιστικά αποτελέσματα χρωματικών παραμέτρων των χυμών (ΕΠ) και των χυμών (ΙΔ).

Χυμοί	COLOUR/ Mean (\pm SEM)				
	L*	a*	b*	Hue (°)	Chroma
Επώνυμοι Χυμοί	27.20 (\pm 2.39)	0.58 (\pm 1.76)	15.17 (\pm 2.74)	81.40 (\pm 8.46)	17.45 (\pm 2.44)
Χυμοί Ιδιωτικής Ετικέτας	28.91 (\pm 1.76)	-1.87 (\pm 0.62)	19.37 (\pm 1.67)	95.62 (\pm 1.74)	19.65 (\pm 1.69)

Ως προς τις συνθήκες διατήρησής τους, ανάλογα με τις οδηγίες του παρασκευαστή, για το χρώμα των χυμών, βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 35):

Πίνακας 35: Στατιστικά αποτελέσματα χρωματικών παραμέτρων σε χυμούς οι οποίοι διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου και σε χυμούς διατηρούμενων στο ψυγείο.

Μέθοδος Συντήρησης	COLOUR/ Mean (\pm SEM)				
	L*	a*	b*	Hue (°)	Chroma
θ° Δωματίου	27.18 (\pm 1.38)	-1.05 (\pm 0.68)	16.57 (\pm 1.46)	92.59 (\pm 3.16)	16.93 (\pm 1.40)
Ψυγείο	28.69 (\pm 2.70)	1.10 (\pm 1.92)	17.66 (\pm 3.03)	76.07 (\pm 9.13)	20.97 (\pm 2.54)

Στους πίνακες 36 και 37, απεικονίζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων των χρωματικών παραμέτρων, ανάλογα με την κατηγορία και συσκευασία στην οποία ανήκουν.

Πίνακας 36: Κατηγορίες χυμών και ομοιότητες-διαφορές ως προς τις χρωματικές παραμέτρους.

Είδη Χυμών	COLOUR/ Mean (\pm SEM)				
	L*	a*	b*	Hue (°)	Chroma
Φρεσκοστυμμένοι	24.77 (\pm 2.35)	2.02 (\pm 1.71)	13.20 (\pm 2.87)	76.30 (\pm 11.34)	14.74 (\pm 2.36)
Φυσικοί	28.64 (\pm 6.63)	5.16 (\pm 6.32)	17.20 (\pm 7.86)	57.73 (\pm 24.64)	23.71 (\pm 4.68)
Συμπυκνωμένοι	29.49 (\pm 1.72)	-1.97 (\pm 0.64)	19.13 (\pm 1.76)	94.47 (\pm 3.03)	19.59 (\pm 1.73)
Νέκταρ	24.11 (\pm 1.26)	-2.40 (\pm 0.55)	13.74 (\pm 0.95)	99.71 (\pm 1.62)	13.96 (\pm 1.02)
Φρουτοποτά	22.82 (\pm 2.21)	1.74 (\pm 2.03)	11.61 (\pm 3.19)	81.76 (\pm 12.33)	12.70 (\pm 2.91)

Πίνακας 37: Συσχευασίες χυμών και χρωματικές διαφορές.

Συσκευασία	COLOUR/ Mean (\pm SEM)				
	L*	a*	b*	Hue ($^{\circ}$)	Chroma
Χωρίς Συσκευασία (Φρεσκοστυμμένοι)	24.77 (\pm 2.35)	2.02 (\pm 1.71)	13.20 (\pm 2.87)	76.30 (\pm 11.34)	14.74 (\pm 2.36)
Γυαλί	15.21 (\pm 2.42)	9.15 (\pm 2.07)	4.13 (\pm 0.92)	24.30 (\pm 0.07)	10.04 (\pm 2.27)
Πλαστικό	35.68 (\pm 4.75)	-0.45 (\pm 5.14)	24.98 (\pm 5.70)	81.66 (\pm 18.73)	28.96 (\pm 2.31)
Χαρτί	27.87 (\pm 1.40)	-1.50 (\pm 0.57)	17.34 (\pm 1.48)	94.76 (\pm 2.39)	17.75 (\pm 1.47)

6.5.2. Συσχετίσεις που αφορούν τις χρωματικές παραμέτρους των χυμών

- Ο παράγοντας L* συσχετίζεται θετικά γραμμικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με τον παράγοντα b* (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.725$), και αρνητικά γραμμικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με τον παράγοντα a* (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = -0.765$).
- Ο παράγοντας a* συσχετίζεται γραμμικά αρνητικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με τον παράγοντα b* (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = -0.578$).
- Μεταξύ των ομάδων των φρούτων υπάρχουν οι εξής διαφορές ως προς τον παράγοντα L* (Anova test, $p < 0.001$), a* (Anova test, $p < 0.001$), και b* (Anova test, $p = 0.042$).
 - i. Ως προς τον παράγοντα L* διαφέρουν μεταξύ τους τα:
 - a. Εσπεριδοειδή με τα μούροειδή φρούτα (Bonferroni, $p = 0.020$).
 - b. Εσπεριδοειδή με τα τροπικά φρούτα (Bonferroni, $p < 0.001$).
 - c. Εσπεριδοειδή με τα σαρκώδη φρούτα (Bonferroni, $p = 0.002$).
 - ii. Ως προς τον παράγοντα a* διαφέρουν μεταξύ τους τα :
 - a. Εσπεριδοειδή με τα μούροειδή φρούτα (Bonferroni, $p = 0.020$).
 - b. Εσπεριδοειδή με τα τροπικά φρούτα (Bonferroni, $p < 0.001$).
 - c. Εσπεριδοειδή με τα σαρκώδη φρούτα (Bonferroni, $p = 0.002$).

- iii. Ως προς τον παράγοντα b^* διαφέρουν μεταξύ τους τα εσπεριδοειδή με τα τροπικά φρούτα (Bonferroni, $p=0.034$).
- Η μέση τιμή των χρωματικών συντεταγμένων L^* , a^* , b^* διαφέρει σε βαθμό στατιστικά σημαντικό (Anova test, $p<0.001$) μεταξύ των παρακάτω χυμών φρούτων:

Ως προς τον παράγοντα L^* διαφέρουν οι εξής χυμοί φρούτων:

- i. Ο χυμός πορτοκάλι με το χυμό μήλο (Bonferroni, $p<0.001$).
- ii. Ο χυμός πορτοκάλι με το χυμό ανανά (Bonferroni, $p=0.004$).
- iii. Ο χυμός πορτοκάλι με το χυμό ρόδι (Bonferroni, $p<0.001$).
- iv. Ο χυμός γκρέιπφρουτ με το χυμό ρόδι (Bonferroni, $p=0.014$).

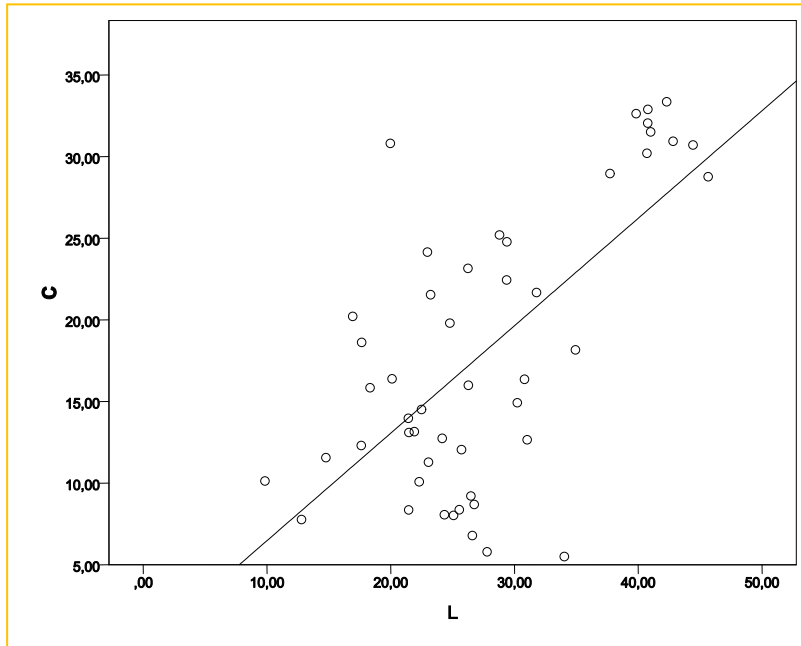
Ως προς τον παράγοντα a^* διαφέρουν οι εξής χυμοί φρούτων:

- i. Ο χυμός πορτοκάλι με το χυμό μήλο (Bonferroni, $p<0.001$).
- ii. Ο χυμός πορτοκάλι με το χυμό ρόδι (Bonferroni, $p<0.001$).
- iii. Ο χυμός μήλο με το χυμό ρόδι (Bonferroni, $p<0.001$).
- iv. Ο χυμός ανανά με το χυμό ρόδι (Bonferroni, $p<0.001$).
- v. Ο χυμός γκρέιπφρουτ με το χυμό ρόδι (Bonferroni, $p<0.001$).
- vi. Ο χυμός ροδάκινο με το χυμό ρόδι (Bonferroni, $p<0.001$).
- vii. Ο χυμός λεμόνι με το χυμό ρόδι (Bonferroni, $p<0.001$).

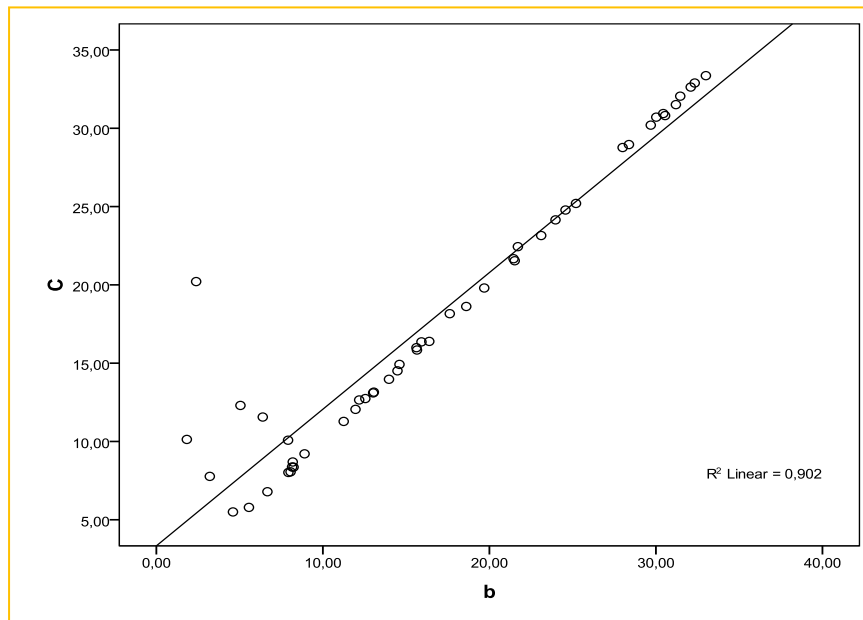
Ως προς τον παράγοντα b^* διαφέρουν οι εξής χυμοί φρούτων:

- i. Ο χυμός πορτοκάλι με το χυμό μήλο (Bonferroni, $p=0.022$).
- ii. Ο χυμός πορτοκάλι με το χυμό γκρέιπφρουτ (Bonferroni, $p<0.001$).
- iii. Ο χυμός πορτοκάλι με το χυμό ρόδι (Bonferroni, $p<0.001$).
- iv. Ο χυμός πορτοκάλι με το χυμό λεμόνι (Bonferroni, $p=0.002$).
- v. Ο χυμός μήλο με το χυμό ρόδι (Bonferroni, $p=0.003$).
- vi. Ο χυμός πορτοκάλι με το χυμό ανανά (Bonferroni, $p=0.022$).
- Μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών των χυμών φρούτων υπάρχουν διαφορές ως προς το a^* (Anova test, $p=0.034$).
- Ο παράγοντας C^* συσχετίζεται θετικά γραμμικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με τους παράγοντες L^* (Pearson Correlation, $p<0.001$, $r=0.660$, Διάγραμμα 27) και b^* (Pearson Correlation, $p<0.001$, $r=0.950$, Διάγραμμα

28), και αρνητικά γραμμικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με τον παράγοντα a^* (Pearson Correlation, $p=0.012$, $r=-0.355$).

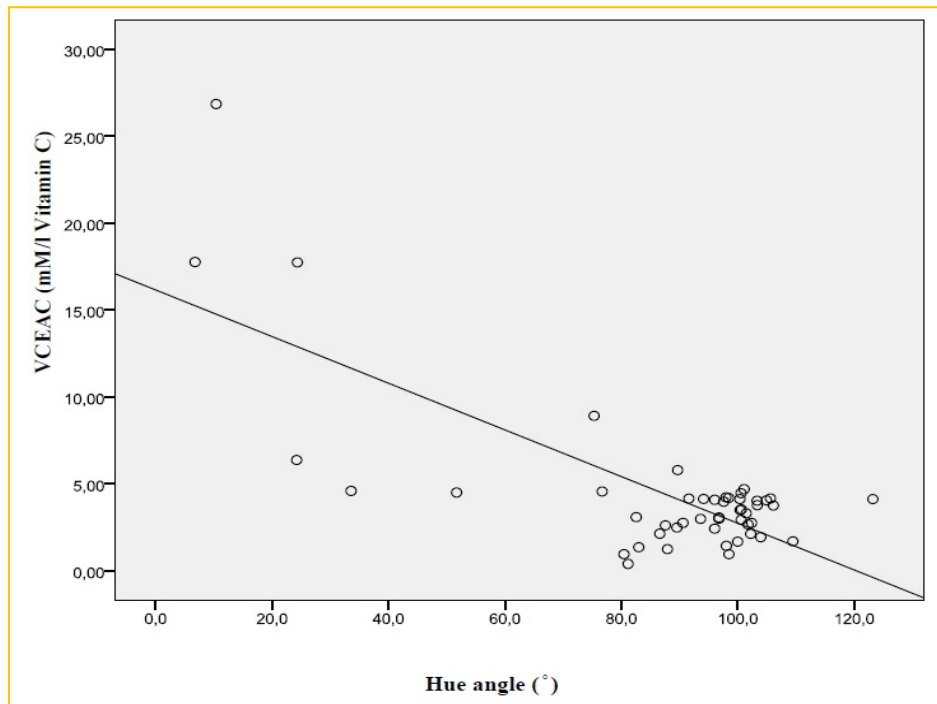


Διάγραμμα 27: Γραμμική συσχέτιση των χρωματικών παραγόντων C^* και L^* .



Διάγραμμα 28: Γραμμική συσχέτιση των χρωματικών παραμέτρων C^* και b^* .

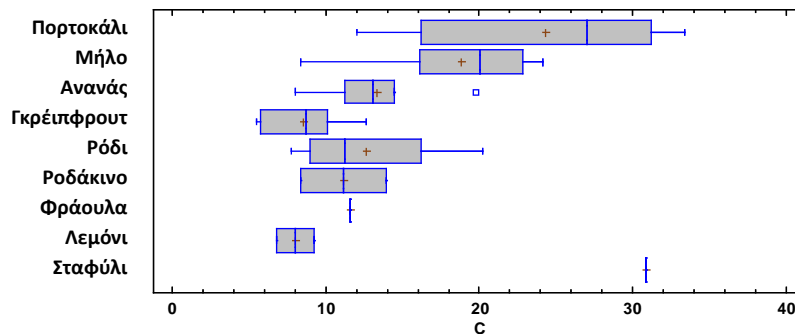
- Ο παράγοντας H* συσχετίζεται αρνητικά γραμμικά σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με την εξουδετέρωση της ρίζας DPPH (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = -0.747$). Το αποτέλεσμα αυτό απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 29):



Διάγραμμα 29: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ της αντιοξειδωτικής ικανότητας του ασκορβικού οξέος και της χρωματικής παραμέτρου H* .

- Οι χυμοί οι οποίοι είναι συσκευασμένοι σε γυάλινες συσκευασίες διαφέρουν ως προς το Hue angle, σε βαθμό στατιστικά σημαντικό, σε σχέση με τους χυμούς οι οποίοι περιέχονται σε χάρτινες συσκευασίες (Anova test, $p < 0.001$), όπως επίσης και με τους χυμούς των πλαστικών συσκευασιών (Anova test, $p = 0.002$).
- Οι χυμοί οι οποίοι είναι συσκευασμένοι σε πλαστικές συσκευασίες διαφέρουν ως προς το Chroma, σε βαθμό στατιστικά σημαντικό, σε σχέση με τους χυμούς οι οποίοι περιέχονται σε χάρτινες συσκευασίες (Anova test, $p = 0.020$), όπως επίσης και με τους χυμούς των γυάλινων συσκευασιών (Anova test, $p = 0.026$).

- Ο παράγοντας C (Chroma) διαφέρει σε βαθμό στατιστικά σημαντικό ανά χυμό φρούτου (Anova test, $p < 0.001$), όπως απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 30):



Διάγραμμα 30: Box-plot (5th – 95th εκατοστημόρια) των επιπέδων του χρώματος C, ανάλογα με τον χυμό φρούτου (Anova test, $p < 0.001$).

6.6. Ομαδοποιημένα αποτελέσματα και χαρακτηριστικά χυμών φρούτων

Στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 38) παρουσιάζονται όλες οι παράμετροι που διερευνήθηκαν για τον προσδιορισμό της αντιοξειδωτικής ικανότητας του χυμού από ρόδι και όλων των χυμών φρούτων από άμεση εκχύμωση.

Πίνακας 38: Στατιστική ανάλυση των φρεσκοστυμμένων χυμών και των χυμών από ρόδι ανάλογα με την μέθοδο προσδιορισμού τους.

		Median	Quartile 1	Quartile 3	Minimum	Maximum
Φρεσκοστυμμένοι Χυμοί	Ολικές Φαινόλες mg/l Gallic Acid	859.82	637.63	1297.03	539.27	1691.35
	Ολικά Φλαβονοειδή mg/l Rutin	267.09	175.21	354.05	103.45	692.10
	TEAC value/mM Trolox	10.64	7.31	19.82	5.18	22.16
	VCEAC value/mM Vitamin C	4.54	4.11	8.14	4.06	26.86
	Hue Angle (°)	83.19	57.61	102.70	10.40	105.6
	Chroma	11.39	9.43	21.78	8.37	25.20
Χυμός Ρόδι (Φρεσκοστυμμένος, Φυσιικός Χυμός και Συμπυκνωμένος)	Ολικές Φαινόλες mg/l Gallic Acid	1680.86	1346.2	1870.0	1238.16	1929.59
	Ολικά Φλαβονοειδή mg/l Rutin	1009.75	703.4	1357.2	692.10	1382.14
	TEAC value/mM Trolox	20.56	19.7	21.8	19.46	22.16
	VCEAC value/mM Vitamin C	17.76	9.2	24.6	6.38	26.86
	Hue Angle (°)	17.315	7.685	24.328	6.8	24.4
	Chroma	11.22	8.36	18.24	7.77	20.21

Τέλος, στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 39) φαίνονται συνοπτικά όλες οι διαφορές των επώνυμων χυμών και των χυμών ιδιωτικής ετικέτας.

Πίνακας 39: Προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας των 17 Επώνυμων χυμών και των 24 χυμών Ιδιωτικής ετικέτας.

		Median	Quartile 1	Quartile 3	Minimum	Maximum
Επώνυμοι Χυμοί	Ολικές Φαινόλες mg/l Gallic Acid	811.82	416.4	1079.6	115.98	1929.59
	Ολικά Φλαβονοειδή mg/l Rutin	466.10	114.2	833.3	49.02	1382.14
	TEAC value/mM Trolox	10.19	4.9	12.0	0.94	20.57
	VCEAC value/mM Vitamin C	3.54	2.9	4.7	0.96	17.78
	Hue Angle (°)	97.970	61.565	100.600	6.8	123.2
	Chroma	12.74	9.65	30.24	5.50	32.89
Χυμοί Ιδιωτικής ετικέτας	Ολικές Φαινόλες mg/l Gallic Acid	544.82	316.3	739.4	203.26	927.65
	Ολικά Φλαβονοειδή mg/l Rutin	249.16	104.8	373.3	30.42	856.72
	TEAC value/mM Trolox	5.30	2.7	7.9	1.79	12.10
	VCEAC value/mM Vitamin C	2.71	1.8	3.9	0.40	4.47
	Hue Angle (°)	97.82	87.66	102.33	80.50	109.50
	Chroma	18.39	13.49	27.77	5.79	33.36

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη ερευνάται ο προσδιορισμός της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας των χυμών φρούτων που υπάρχουν στην Ελληνική αγορά. Παρά το γεγονός της εκτεταμένης βιβλιογραφίας περί της αντιοξειδωτικής δράσης των φρούτων και των χυμών φρούτων, η πλειοψηφία των δημοσιευμένων εργασιών επικεντρώνεται στην ανάλυση των αντιοξειδωτικών συστατικών, ενώ είναι εμφανής η απουσία απαντήσεων στα ερωτήματα της συγκεκριμένης μελέτης και ειδικότερα για τα προϊόντα που πωλούνται στην Ελληνική αγορά.

Αναλύθηκαν σαράντα εννέα χυμοί φρούτων ως προς την ολική αντιοξειδωτική ικανότητά τους χρησιμοποιώντας δυο ποσοτικές φασματοφωτομετρικές μεθόδους (μέθοδος DPPH[•] και μέθοδος ABTS^{•+}), καθώς και για την περιεκτικότητά τους σε ολικές φαινόλες και σε ολικά φλαβονοειδή, χρησιμοποιώντας το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu, και την ρουτίνη ως πρότυπο, αντίστοιχα. Οι χυμοί φρούτων, χωρίστηκαν σε δυο κύριες ομάδες: Τους Επώνυμους χυμούς και τους χυμούς Ιδιωτικής ετικέτας, οι οποίοι συγκρίθηκαν με τους χυμούς από την άμεση εκχύμωση φρέσκων φρούτων.

Σε πρόσφατη μελέτη βρέθηκε ότι οι χυμοί φρούτων, τα φρουτοποτά και οι χυμοί νέκταρ έχουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες, χρησιμοποιώντας μεθόδους φασματοσκοπίας EPR και υπεριώδους/ορατού (UV/VIS). Και στις δυο μεθόδους, παρατηρήθηκε ότι οι χυμοί φρούτων είχαν υψηλότερη μέση τιμή αντιοξειδωτικών σε σχέση με τα φρουτοποτά ή τους χυμούς νέκταρ, λόγω της υψηλότερης επί τοις εκατό περιεκτικότητας σε φρούτα. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι τα πιο σκούρα δείγματα είχαν υψηλότερη συγκέντρωση TEAC σε σχέση με τα πιο φωτεινά δείγματα, με εξαίρεση τους χυμούς εσπεριδοειδών, παρόλο το φωτεινό τους χρώμα, διατηρούσαν υψηλή TEAC. Ιδιαίτερα οι χυμοί εσπεριδοειδών (χυμός πορτοκάλι, φρέσκος χυμός γκρέιπφρουτ, φρέσκος χυμός πορτοκάλι, και φρέσκος χυμός κίτρου) είχαν μια υψηλή TEAC (και στις δυο μεθόδους), λόγω των μεγάλων ποσοτήτων βιταμίνης C, β-καροτενοειδών και φλαβονοειδών, που περιέχουν οι χυμοί αυτοί, υπεύθυνοι για την αντιοξειδωτική δυναμική τους (194). Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με τη δική μας μελέτη, έχοντας φρεσκοστυμμένους, φυσικούς χυμούς και χυμούς από συμπυκνωμένο χυμό με

υψηλή TEAC και VCEAC, σε σχέση με τα φρουτοποτά και τους χυμούς νέκταρ με χαμηλότερες αντιοξειδωτικές ικανότητες. Το χαμηλό ποσοστό σε καθαρό φρέσκο χυμό φρούτου, έχει ως αποτέλεσμα τη χαμηλότερη συγκέντρωση φαινολικού περιεχομένου και ως εκ τούτου, λιγότερο ισχυρή αντιοξειδωτική ικανότητα σε φρουτοποτά και νέκταρ. Επιπλέον, στην παρούσα μελέτη, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι χυμοί από την άμεση εκχύμωση φρέσκων φρούτων δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές με τους φρέσκους χυμούς του Ελληνικού εμπορίου, το οποίο μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι "έτοιμοι" φρέσκοι χυμοί περιέχουν μεγάλη ποσότητα αντιοξειδωτικών συγκρίσιμη με αυτή των φρεσκοστυμμένων χυμών.

Σε μελέτη που διερευνήθηκαν το περιεχόμενο των ολικών φαινολών και οι αντιοξειδωτικές ικανότητες των νέκταρ, βρέθηκε ότι οι ολικές φαινόλες στους χυμούς επηρεάζονται από κάποιους παράγοντες όπως η επιλογή της ποικιλίας φρούτων που θα δώσει το χυμό, οι μέθοδοι επεξεργασίας και οι συνθήκες αποθήκευσης (195). Η διαύγαση και η διήθηση, οι οποίες αποσκοπούν στο να αποδώσουν διαυγή χυμό φρούτων, θα μπορούσε να απομακρύνει μέρος των φαινολικών ενώσεων που συνδέονται στις ίνες και στην πηκτίνη, όπως επίσης η θερμική επεξεργασία μπορεί να αποσυνθέσει τις ανθοκυανίνες που βρίσκονται στο σταφύλι (196, 197). Η θερμοκρασία αποθήκευσης στους 4° C ή χαμηλότερα για μικρό χρονικό διάστημα είναι βέλτιστη για τη διατήρηση των αντιοξειδωτικών (198). Οι παραπάνω αναφορές θα μπορούσαν να εξηγήσουν για παράδειγμα τις χαμηλές συγκεντρώσεις του χυμού μήλου και του χυμού ροδάκινου σε ολικά φλαβονοειδή και σε ολικές φαινόλες.

Αρκετές μελέτες έχουν παράσχει πληροφορίες σχετικά με τα φρέσκα φρούτα, τους χυμούς τους και τα υποπροϊόντα τους (2, 164, 183, 185, 187, 199). Βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επώνυμων χυμών και των χυμών ιδιωτικής ετικέτας ($p < 0.050$), και ο μέσος όρος της αντιοξειδωτικής ικανότητας του κάθε φρούτου (σταφύλι, μήλο, πορτοκάλι, γκρέιπφρουτ, και ανανάς), συγκρίθηκε με το μέσο όρο της αντιοξειδωτικής ικανότητας των φυσικών χυμών. Το μήλο και το γκρέιπφρουτ παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερη ($p < 0.050$) περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά είτε ήταν επώνυμα ή ιδιωτικής ετικέτας. Ο χυμός ανανά βρέθηκε να

είναι περισσότερο αντιοξειδωτικός σε σχέση με μια μερίδα φρούτου ανανά, ενώ μια μερίδα φρούτου μήλο ή μια μερίδα φρούτου γκρέιπφρουτ παρέχει 50% περισσότερα αντιοξειδωτικά σε σχέση με το φυσικό χυμό, αντίστοιχα (164). Όσον αφορά τα αποτελέσματά μας, το περιεχόμενο των χυμών σε ολικά φλαβονοειδή ήταν κατά φθίνουσα σειρά: μήλο <ροδάκινο <λεμόνι <ανανάς <γκρέιπφρουτ <πορτοκάλι <ρόδι, και συσχετίζονται θετικά με τη μέθοδο ABTS η οποία είναι σε διαφορετική φθίνουσα σειρά: λεμόνι< ροδάκινο< μήλο< ανανάς< πορτοκάλι< γκρέιπφρουτ< ρόδι. Και στις δυο μεθόδους το ρόδι, το πορτοκάλι, και το γκρέιπφρουτ περιείχαν τα περισσότερα αντιοξειδωτικά.

Από προηγούμενες εργασίες φαίνεται ότι ο χυμός ρόδι είναι πλούσιος σε πολυφαινολικές ενώσεις και εμφανίζει την υψηλότερη συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα σε σύγκριση με άλλα φρούτα (200-202). Οι ολικές φαινόλες συσχετίζονται με την αντιοξειδωτική δράση, που επίσης σχετίζεται με το επίπεδο των ανθοκυανιδών, μετρημένη στο περικάρπιο του χυμού από ρόδι. Οι ανθοκυανίνες παίζουν ρόλο στο χρώμα των φρούτων το οποίο μπορεί να ελεγχθεί με ένα χρωμόμετρο. Πράγματι, έχει αναφερθεί μια ισχυρή συσχέτιση ($p < 0.010$) μεταξύ του περιεχομένου των ανθοκυανιδών και του χρώματος του χυμού. Οι χυμοί από ρόδι με πιο σκούρο ή κόκκινο περικάρπιο είχαν την μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα (203). Στην παρούσα μελέτη ο Πίνακας 38, επικυρώνει τις εκθέσεις αυτές, δείχνοντας το συνολικό περιεχόμενο των πολυφαινολικών ενώσεων και την αντιοξειδωτική ικανότητα των χυμών. Επιπλέον, ο παράγοντας Chroma αντιπροσωπεύει την ζωντάνια και τον κορεσμό του χρώματος, ενώ η χροιά-Hue angle δείχνει το χρώμα σε μοίρες, όπως το αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι. Όσον αφορά την χροιά H^* , 34 χυμοί σε θερμοκρασία δωματίου και 15 χυμοί διατηρούμενοι στο ψυγείο ήταν στατιστικά διαφορετικοί ($p = 0.020$). Ομοίως, βρέθηκαν διαφορές στις κατηγορίες των 100% φυσικών χυμών, φυσικών χυμών από συμπυκνωμένο χυμό, νέκταρ, και φρουτοποτών ($p = 0.033$).

Σύμφωνα με μια πρόσφατη μελέτη, η υψηλή συγκέντρωση των ολικών φαινολών και των ολικών φλαβονοειδών των χυμών φρούτων εξαρτάται από το είδος του χυμού φρούτου. Δηλαδή αν είναι ολόκληρο για στύψιμο ή μόνο η σάρκα του φρούτου. Πράγματι τα ολόκληρα φρούτα περιείχαν περισσότερα αντιοξειδωτικά

και φαινολικές ενώσεις, δεδομένου ότι συμπεριλαμβανόντουσαν και οι φλούδες του φρούτου (204). *In vitro*, η πουνικαλαγίνη και ο συνδυασμός της με άλλες πολυφαινόλες οι οποίες περιέχονται στην φλούδα του ροδιού, έχουν αντιπολλαπλασιαστικές, αποπτωτικές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες (205). Καθ' όσον αφορά την μελέτη αυτή, τα φρούτα στυβόντουσαν χωρίς τις φλούδες τους, και έδειξαν ότι είχαν μια σημαντική πηγή φυσικών αντιοξειδωτικών τα οποία συνδέονται στενά με τις φλαβονόλες και τις φαινολικές ενώσεις.

Βάσει διαπιστώσεων προηγούμενων ερευνών και σύμφωνα με τη μελέτη μας, οι φρεσκοστυμμένοι χυμοί είναι ισχυρά αντιοξειδωτικά τρόφιμα, και η αντιοξειδωτική τους ικανότητα οφείλεται στις φαινολικές ενώσεις, τα ισοδύναμα ασκορβικού οξέος και τα ισοδύναμα trolox. Το ρόδι βρέθηκε ότι έχει την ισχυρότερη αντιοξειδωτική δράση, όντας πηγή ασκορβικού οξέος, ενώ το γκρέιπφρουτ κατέχει την δεύτερη θέση στη σειρά της αντιοξειδωτικής ικανότητας, λόγω της περιεκτικότητάς του σε καροτενοειδή και βιταμίνη C. Αξιολογώντας την μέθοδο ABTS^{•+}, οι φρεσκοστυμμένοι χυμοί επιτυγχάνουν ισχυρότερη εξουδετέρωση της ρίζας σε σχέση με τους φυσικούς χυμούς από συμπυκνωμένο χυμό, τα νέκταρ και τα φρουτοποτά, ενώ με τους 100% φυσικούς χυμούς δεν υπάρχει καμία στατιστικά σημαντική διαφορά. Όπως μπορεί να διαπιστώσει κανείς, παρουσιάζει ενδιαφέρον το ότι οι φρέσκοι χυμοί οι οποίοι διατίθενται στην Ελληνική αγορά έχουν παρόμοιες αντιοξειδωτικές ικανότητες με τους φρεσκοστυμμένους χυμούς. Επιπρόσθετα, βρήκαμε ότι οι 100% φυσικοί χυμοί περιέχουν περισσότερα αντιοξειδωτικά σε σχέση με τους φυσικούς χυμούς από συμπυκνωμένο χυμό, τα νέκταρ και τα φρουτοποτά. Ειδικότερα τα νέκταρ και τα φρουτοποτά έδειξαν ακόμη λιγότερη αντιοξειδωτική ικανότητα, λόγω της περιεκτικότητάς τους σε σάκχαρα και των αραιώσεων που υπόκεινται. Εάν έπρεπε να διαλέξουμε ένα χυμό πλούσιο σε αντιοξειδωτικά, θα ήταν προτιμότερο να επιλέξουμε έναν χυμό διατηρούμενο στο ψυγείο, έχοντας υψηλότερη VCEAC και TEAC, όπως και περισσότερες ολικές φαινόλες και ολικά φλαβονοειδή. Οι επώνυμοι χυμοί και οι χυμοί ιδιωτικής ετικέτας, διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, το οποίο επιβεβαιώνει την υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα των αυθεντικών προϊόντων.

Συμπερασματικά, τα φρέσκα φρούτα, ιδίως τα κόκκινα φρούτα έχουν την ισχυρότερη αντιοξειδωτική ικανότητα, ειδικά το ρόδι είτε είναι φρεσκοστυμμένο είτε "έτοιμος" χυμός του εμπορίου, λόγω της περιεκτικότητάς του σε φαινόλες και φλαβονοειδή, όπως είναι οι ανθοκυανιδίνες, παρέχοντας το σκούρο κόκκινο χρώμα. Με βάση τα ευρήματά μας, ο χυμός που εξάγεται από το βρώσιμο μέρος του φρούτου παραμένει ο προτιμώμενος, καθώς ο φυσικός χυμός μπορεί να προσδώσει ευεργετικά αντιοξειδωτικά, χωρίς προσθήκη ζάχαρης, σε περίπτωση που δεν έχουμε πρόσβαση σε ολόκληρο το φρούτο. Είναι σημαντικό να καταναλώνουμε φρεσκοστυμμένους ή φυσικούς χυμούς, οι οποίοι συμβάλλουν στην πρόληψη της μέγιστης αντιοξειδωτικής ικανότητας για έναν υγιεινό τρόπο ζωής και να αποφεύγουμε τα νέκταρ ή τα φρουτοποτά.

Δεδομένου ότι διαχωρίσαμε τους χυμούς του εμπορίου ανάλογα με τη συσκευασία τους, βρέθηκε ότι οι χυμοί που περιέχονται σε γυάλινες και πλαστικές συσκευασίες είναι περισσότερο αντιοξειδωτικοί, σε βαθμό στατιστικά σημαντικό, σε σχέση με τους χυμούς των χάρτινων συσκευασιών. Η επιρροή της συσκευασίας χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, λόγω του ότι οι χυμοί οι οποίοι περιέχονταν στις γυάλινες και πλαστικές συσκευασίες περιείχαν χυμό από ρόδι. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το φρούτο που περιέχεται στους "έτοιμους" χυμούς του εμπορίου καθορίζει την αντιοξειδωτική δυναμική του χυμού, με αποτέλεσμα το συγκεκριμένο εύρημα πιθανώς να αλλοιώνεται από την ικανότητα του φρούτου. Επιπλέον, οι χυμοί ατομικής συσκευασίας περιείχαν περισσότερα αντιοξειδωτικά σε σχέση με τους χυμούς οικογενειακής συσκευασίας, μόνο με την μέθοδο ABTS, ενώ με τις άλλες τρεις μεθόδους δεν βρέθηκε στατιστική διαφορά.

Τα παραπάνω ευρήματα δείχνουν ότι τα φρούτα και οι χυμοί τους είναι μια καλή πηγή αντιοξειδωτικών, με πιθανές εφαρμογές στη φαρμακολογία και στην ιατρική ή και ως τρόφιμα για την πρόληψη και την αντιμετώπιση της οξειδωσης των κυττάρων στο ανθρώπινο σώμα που προκαλείται από τις ελεύθερες ρίζες. Ακόμα κι αν αυτά τα δεδομένα της έρευνας μας δίνουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τις θρεπτικές και τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες των χυμών φρούτων, πρέπει να διεξαχθούν περισσότερες μελέτες *in vivo*, προσδιορίζοντας τη δράση των χυμών φρούτων του Ελληνικού εμπορίου, μετρώντας την οξειδωτική κατάσταση και την

αντιοξειδωτική ικανότητα του πλάσματος υγιών ή μη εθελοντών, και επιλέγοντας προς κατανάλωση τους περισσότερο αντιοξειδωτικούς χυμούς.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με την παραπάνω μελέτη, όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα των χυμών φρούτων του Ελληνικού εμπορίου, αλλά και των χυμών φρούτων που προκύπτουν από την άμεση εκχύμωση φρέσκων φρούτων, συμπεραίνονται τα κάτωθι:

- Οι στυμμένοι χυμοί έχουν:
 - ✓ Υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης ασκορβικού οξέος, και επομένως εξουδετερώνουν καλύτερα την ρίζα DPPH^{*}, σε σχέση με τους μη στυμμένους σε βαθμό στατιστικά σημαντικό (t-test, p=0.019).
 - ✓ Υψηλότερο μέσο όρο Ολικών Φαινολών, σε σχέση με τους μη στυμμένους (t-test, p=0.045).
 - ✓ Υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης Trolox, και επομένως εξουδετερώνουν καλύτερα την ρίζα ABTS^{**}, σε σχέση με τους μη στυμμένους (t-test, p=0.011).
- Οι χυμοί Ιδιωτικής ετικέτας:
 - ✓ Περιέχουν λιγότερα κατά μέσο όρο Ολικά Φλαβονοειδή (t-test, p=0.038) και λιγότερες Ολικές Φαινόλες (t-test, p=0.033), σε σχέση με τους Επώνυμους χυμούς.
 - ✓ Εξουδετερώνουν λιγότερο την ρίζα DPPH^{*} (t-test, p=0.050) όπως και την ρίζα ABTS^{**} (t-test, p=0.027), σε σχέση με τους Επώνυμους χυμούς.
- Οι χυμοί διατηρούμενοι στο ψυγείο:
 - ✓ Εξουδετερώνουν καλύτερα την ρίζα DPPH^{*} (t-test, p=0.014), όπως επίσης και την ρίζα ABTS^{**} (t-test, p<0.001), σε σχέση με τους χυμούς οι οποίοι διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου
 - ✓ Περιέχουν περισσότερες κατά μέσο όρο Ολικές Φαινόλες (t-test, p<0.001) και περισσότερα Ολικά Φλαβονοειδή (t-test, p=0.006), σε σχέση με τους χυμούς οι οποίοι διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου.
- Οι χυμοί ατομικής συσκευασίας εξουδετερώνουν καλύτερα την ρίζα ABTS^{**}, σε σχέση με τους χυμούς οικογενειακής συσκευασίας (t-test, p=0.033).

- Οι Ολικές Φαινόλες συσχετίζονται θετικά:
 - ✓ Με την εξουδετέρωση της ρίζας DPPH* (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.734$) και της ρίζας ABTS*+ (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.841$).
 - ✓ Με τον χρωματικό παράγοντα a^* (Pearson Correlation, $p = 0.018$, $r = 0.336$).
- Τα Ολικά Φλαβονοειδή συσχετίζονται θετικά:
 - ✓ Με τις Ολικές Φαινόλες (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.763$).
 - ✓ Με την εξουδετέρωση της ρίζας DPPH* (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.600$) και της ρίζας ABTS*+ (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.648$).
 - ✓ Με την χρωματική παράμετρο L^* (Spearman Correlation, $p = 0.002$, $r = 0.428$).

και αρνητικά με την χρωματική παράμετρο a^* (Spearman Correlation, $p = 0.004$, $r = -0.406$).

- Η εξουδετέρωση της ρίζας DPPH* συσχετίζεται θετικά:
 - ✓ Με την εξουδετέρωση της ρίζας ABTS*+ (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.733$).
 - ✓ Με την χρωματική παράμετρο a^* (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.602$).

και αρνητικά με την χρωματική παράμετρο L^* (Pearson Correlation, $p = 0.014$, $r = -0.350$) και με την χρωματική παράμετρο b^* (Pearson Correlation, $p = 0.018$, $r = -0.336$).

- Η εξουδετέρωση της ρίζας ABTS*+ συσχετίζεται θετικά με την χρωματική παράμετρο a^* (Pearson Correlation, $p = 0.005$, $r = 0.393$).
- Η χρωματική παράμετρος L^* συσχετίζεται θετικά:
 - ✓ Με την χρωματική παράμετρο b^* (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.725$).
 - ✓ Με το Chroma (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.660$).

και αρνητικά με την χρωματική παράμετρο a^* (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = -0.765$).

- Η χρωματική παράμετρος a^* συσχετίζεται αρνητικά με την χρωματική παράμετρο b^* (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = -0.578$) και με το Chroma (Pearson Correlation, $p = 0.012$, $r = -0.355$).
- Η χρωματική παράμετρος b^* συσχετίζεται θετικά με το Chroma (Pearson Correlation, $p < 0.001$, $r = 0.950$).
- Οι χυμοί οι οποίοι είναι συσκευασμένοι σε χάρτινες συσκευασίες:
 - ✓ Εξουδετερώνουν λιγότερο την ρίζα DPPH[•] σε σχέση με τους χυμούς των πλαστικών συσκευασιών (Anova test, $p = 0.006$), και σε σχέση με τους χυμούς των γυάλινων συσκευασιών (Anova test, $p < 0.001$).
 - ✓ Εξουδετερώνουν λιγότερο την ρίζα ABTS^{•+} σε σχέση με τους χυμούς των γυάλινων συσκευασιών (Anova test, $p < 0.001$), και σε σχέση με τους χυμούς των πλαστικών συσκευασιών (Anova test, $p < 0.001$).
- Ο χυμός ρόδι:
 - ✓ Είναι περισσότερο αντιοξειδωτικός από όλους τους χυμούς φρούτων που μελετήθηκαν (Πορτοκάλι, μήλο, ανανάς, γκρέιπφρουτ, ροδάκινο, λεμόνι) και εξουδετερώνει καλύτερα την ρίζα DPPH[•] (Anova test, $p < 0.001$), και την ρίζα ABTS^{•+} (Anova test, $p < 0.001$).
 - ✓ Περιέχει περισσότερες ολικές φαινόλες σε σχέση με όλους τους υπόλοιπους χυμούς (Πορτοκάλι, μήλο, ανανάς, γκρέιπφρουτ, ροδάκινο, λεμόνι) (Anova test, $p < 0.001$), όπως και περισσότερα ολικά φλαβονοειδή (Anova test, $p < 0.001$).
- Ο χυμός γκρέιπφρουτ περιέχει περισσότερες ολικές φαινόλες, σε σχέση με τον χυμό μήλο σε βαθμό στατιστικά σημαντικό (Bonferroni, $p = 0.005$).
- Ο χυμός πορτοκάλι περιέχει περισσότερα ολικά φλαβονοειδή, σε σχέση με τον χυμό μήλο σε βαθμό στατιστικά σημαντικό (Bonferroni, $p = 0.005$).
- Τα τροπικά φρούτα και ο χυμός τους (Ρόδι και ανανάς):
 - ✓ Περιέχουν περισσότερα αντιοξειδωτικά σε σχέση με τα εσπεριδοειδή (Πορτοκάλι, γκρέιπφρουτ και λεμόνι), και επομένως εξουδετερώνουν καλύτερα την ρίζα ABTS^{•+}, Bonferroni, $p = 0.047$ όπως και την ρίζα DPPH[•], Bonferroni, $p = 0.002$.

- ✓ Περιέχουν περισσότερα αντιοξειδωτικά σε σχέση με τα σαρκώδη (Μήλο), και επομένως εξουδετερώνουν καλύτερα την ρίζα DPPH*, Bonferroni, $p=0.008$.
- ✓ Περιέχουν περισσότερα ολικά φλαβονοειδή σε σχέση με τα σαρκώδη φρούτα (Μήλο), Bonferroni $p=0.010$.
- ✓ Περιέχουν περισσότερες ολικές φαινόλες σε σχέση με τα εσπεριδοειδή (Πορτοκάλι, γκρέιπφρουτ και λεμόνι), Bonferroni $p=0.026$.

9. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία από τα φρούτα και τους χυμούς φρούτων έχουν μελετηθεί εκτενώς. Ωστόσο, σε αυτόν τον τομέα το επιστημονικό ενδιαφέρον είναι έντονο και συνεχώς αυξάνεται. Έχοντας ως σκοπό την αναζήτηση εξελιγμένων πληροφοριών σχετικά με την αντιοξειδωτική ικανότητα των χυμών φρούτων οι οποίοι καταναλώνονται στην Ελληνική αγορά, μετρήσαμε την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα 41 "έτοιμων" χυμών φρούτων και 8 φρέσκων χυμών φρούτων (από άμεση εκχύμωση), χρησιμοποιώντας το ασκορβικό οξύ (Vitamin C) και το 6-υδροξυ-2,5,7,8-τετραμεθυλο-2-καρβοξυλικό οξύ (Trolox) ως πρότυπα για τις μεθόδους DPPH[•] και ABTS^{•+}, αντίστοιχα. Επιπλέον, μετρήθηκαν το σύνολο των ολικών φαινολών και των ολικών φλαβονοειδών, όπως επίσης έγινε μέτρηση του χρώματος χρησιμοποιώντας το χρωμόμετρο CIELAB, καταγράφοντας τις χρωματικές παραμέτρους L*, a*, b* και υπολογίζοντας το Hue Angle και το Chroma. Η προμήθεια κάθε δείγματος φρούτου (πορτοκάλι, κόκκινο μήλο, ανανάς, κόκκινο και κίτρινο γκρέιπφρουτ, ρόδι, ροδάκινο και λεμόνι), έγινε από Ελληνικά σούπερ μάρκετ, και όλα τα δείγματα αναλύθηκαν τουλάχιστον εις διπλούν. Επιπροσθέτως, οι χυμοί φρούτων διακρίθηκαν σε επώνυμους χυμούς και σε χυμούς ιδιωτικής ετικέτας. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν μια ισχυρή αντιοξειδωτική ικανότητα, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο DPPH, με τους φρεσκοστυμμένους χυμούς να εμφανίζουν υψηλότερη μέση τιμή (7.87 ± 2.77)mM/l VCEAC (Vitamin C Equivalents Antioxidant Capacity) σε σύγκριση με τους "έτοιμους" χυμούς (3.74 ± 0.54)mM/l VCEAC, του εμπορίου ($p=0.019$). Οι χυμοί ιδιωτικής ετικέτας περιείχαν λιγότερες ολικές φαινόλες (527.3 ± 48.0)mg/L GAEs σε σχέση με τους επώνυμους χυμούς (824.7 ± 120.8)mg/L GAEs. Επιπλέον, τα φρούτα με ένα ισχυρό κόκκινο χρώμα, όπως είναι το ρόδι, έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες, το οποίο συσχετίζεται θετικά με την χρωματική παράμετρο a* ($p=0.018$, $r=0.336$). Επίσης, οι φυσικοί χυμοί έχουν υψηλότερη συγκέντρωση ολικών φαινολών (777.0 ± 177.4)mg/L GAEs, σε σχέση με τα φρουτοποτά (81.9 ± 10.5)mg/L GAEs, $p=0.007$. Οι "έτοιμοι" χυμοί οι οποίοι διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου εμφάνισαν περίπου δυο φορές χαμηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα (6.14 ± 0.68)mM/l TEAC, από εκείνη των χυμών βραχείας διάρκειας (13.32 ± 1.43)mM/l TEAC, διατηρούμενοι

στο ψυγείο. Τόσο ο φρεσκοστυμμένος χυμός ρόδι, όσο και οι "έτοιμοι" χυμοί από ρόδι περιέχουν περισσότερα αντιοξειδωτικά από κάθε άλλο φρούτο. Φαίνεται ότι η κατανάλωση "έτοιμων" χυμών φρούτων στην καθημερινή διατροφή θα μπορούσε να προσφέρει αντιοξειδωτικές ουσίες, οι οποίες έχουν ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου, ιδίως τα κόκκινα φρούτα, όπως το ρόδι και ο χυμός του, τα οποία περιέχουν περισσότερα αντιοξειδωτικά από κάθε άλλο φρούτο που μελετήθηκε. Επιπλέον, διαφορετικές διαδικασίες παραγωγής και συσκευασίας διαφορετικών εμπορικών προϊόντων, οδηγούν σε διαφορετικές αντιοξειδωτικές ικανότητες.

Λέξεις-κλειδιά: Αντιοξειδωτική ικανότητα, χυμοί φρούτων, φαινόλες, φλαβονοειδή

10. SUMMARY

The beneficial health effects of fruits and fruit juices have been extensively studied; however, scientific interest in this area is avid and constantly growing. In order to obtain update information on the antioxidant function of commonly consumed fruit juices, we measured the total antioxidant capacity of 41 ready to drink (RTD) fruit juices and 8 fresh squeezed fruits, using ascorbic acid and 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox) as standards for the DPPH[•] and ABTS^{•+} assay, respectively. Additionally, total phenolics and flavonoids were measured and colour was recorded using the CIELAB uniform colour space, and L*a*b* values, hue angle and chroma. Each sample of fruit (orange, red apple, pineapple, red and yellow grapefruit, pomegranate, peach and lemon), purchased from Greek supermarkets, was analysed in duplicate. Moreover, the fruit juices were distinguished in name brand (NB) juices and private label (PL) juices. Our results indicate a strong antioxidant capacity, using the DPPH method, the fresh squeezed juices showing a higher DPPH mean value (7.87±2.77)mM/l VCEAC in comparison with the RTD juices (3.74±0.54) mM/l VCEAC, p=0.019. PL juices had less content of phenols (527.3±48.0)mg/L GAEs than NB juices (824.7±120.8)mg/L GAEs. In addition, fruits with a strong red colour, such as pomegranate, have a higher phenolic content, positively correlated with coordinate a*, p=0,018, r=0,336. Also, fresh juices have higher phenolic concentration (777.0±177.4)mg/l GAEs, than fruit-drinks (FD) (81.9±10.5)mg/l GAEs, p=0.007. The RTD juices maintained in room temperature exhibited an approximately 2-fold lower antioxidant capacity (6.14±0.68)mM/l TEAC, than that of juices with a short-shelf life (13.32±1.43)mM/l TEAC, maintained under refrigeration. Both fresh squeezed pomegranate juice and RTD pomegranate juice contained more antioxidants than any other fruit. It appears that the consumption of RTD juices in an everyday diet could provide antioxidants which have beneficial effects on health, especially red fruits, as pomegranate and pomegranate juice contain more antioxidants than any other fruit tested. Furthermore, different manufacturing production processes and commercial type of products results in different antioxidant capacities.

Keywords: Antioxidant capacity; Fruit juices; Phenols; Flavonoids

11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. ΟΔΗΓΙΑ 2001/112/ΕΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 20ής Δεκεμβρίου 2001 για τους χυμούς φρούτων και ορισμένα ομοειδή προϊόντα που προορίζονται για τη διατροφή του ανθρώπου. 2001.
2. Wootton-Beard PC, Ryan L. Improving public health?: The role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. *Food Research International*. 2011;44(10):3135-48.
3. Gupta RK, Patel AK, Shah N, Chaudhary AK, Jha UK, Yadav UC, et al. Oxidative stress and antioxidants in disease and cancer: a review. *Asian Pacific journal of cancer prevention : APJCP*. 2014;15(11):4405-9.
4. Durackova Z. Some current insights into oxidative stress. *Physiological research*. 2010;59(4):459-69.
5. Alfadda AA, Sallam RM. Reactive oxygen species in health and disease. *Journal of biomedicine & biotechnology*. 2012;2012:936486.
6. Ruxton CH, Gardner EJ, Walker D. Can pure fruit and vegetable juices protect against cancer and cardiovascular disease too? A review of the evidence. *International journal of food sciences and nutrition*. 2006;57(3-4):249-72.
7. Abirami A, Nagarani G, Siddhuraju P. In vitro antioxidant, anti-diabetic, cholinesterase and tyrosinase inhibitory potential of fresh juice from *Citrus hystrix* and *C. maxima* fruits. *Food Science and Human Wellness*. 2014;3(1):16-25.
8. Lau T-C, Chan M-W, Tan H-P, Kwek C-L. Functional food: a growing trend among the health conscious. *Asian Social Science*. 2012;9(1):198.
9. Tan ES, Abdullah A, Musa KH, Ghani MA, Maskat MY. Antioxidant properties of three banana cultivars (*Musa acuminata* 'Berangan', 'Mas' and 'Raja') extracts. *Sains Malaysiana*. 2012;41(3):319-24.
10. Ibrahim D, Hazali N, Jauhari N, Omar MN, Yahya MNA, Ahmed IA, et al. Physicochemical and antioxidant characteristics of *Baccaurea angulata* fruit juice extract. *African Journal of Biotechnology*. 2013;12(34).
11. Ikram EHK, Eng KH, Jalil AMM, Ismail A, Idris S, Azlan A, et al. Antioxidant capacity and total phenolic content of Malaysian underutilized fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2009;22(5):388-93.
12. Addai ZR, Abdullah A, Mutalib SA, Musa KH, Douqan E. Antioxidant activity and physicochemical properties of mature papaya fruit (*Carica papaya* L. cv. Eksotika). *Advance Journal of Food Science and Technology*. 2013;5(7):859-65.
13. Szeto YT, Tomlinson B, Benzie IF. Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: implications for dietary planning and food preservation. *British journal of nutrition*. 2002;87(01):55-9.
14. Eberhardt MV, Lee CY, Liu RH. Nutrition: Antioxidant activity of fresh apples. *Nature*. 2000;405(6789):903-4.
15. Chun OK, Kim D-O, Smith N, Schroeder D, Han JT, Lee CY. Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2005;85(10):1715-24.
16. Sun J, Chu Y-F, Wu X, Liu RH. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002;50(25):7449-54.

17. Baltas G. Determinants of store brand choice: a behavioral analysis. *Journal of Product & Brand Management*. 1997;6(5):315-24.
18. Dhar SK, Hoch SJ. Why Store Brand Penetration Varies by Retailer. *Marketing Science*. 1997;16(3):208-27.
19. Veloutsou C, Gioulistanis E, Moutinho L. Own labels choice criteria and perceived characteristics in Greece and Scotland: factors influencing the willingness to buy. *Journal of Product & Brand Management*. 2004;13(4):228-41.
20. Michalczyk M, Macura R, Matuszak I. THE EFFECT OF AIR-DRYING, FREEZE-DRYING AND STORAGE ON THE QUALITY AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF SOME SELECTED BERRIES. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2009;33(1):11-21.
21. Slavin JL, Lloyd B. Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*. 2012;3(4):506-16.
22. Ndhlala AR, Moyo M, Van Staden J. Natural antioxidants: fascinating or mythical biomolecules? *Molecules*. 2010;15(10):6905-30.
23. Bermudez-Soto MJ, Tomas-Barberan FA. Evaluation of commercial red fruit juice concentrates as ingredients for antioxidant functional juices. *European food research & technology*. 2004;2004 v.219 no.2(no. 2):pp. 133-41.
24. Halliwell B. Oxidants and human disease: some new concepts. *FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*. 1987;1(5):358-64.
25. Valko M, Izakovic M, Mazur M, Rhodes CJ, Telser J. Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. *Molecular and cellular biochemistry*. 2004;266(1-2):37-56.
26. Dr. T Bahorun MMS, Ms. V Luximon-Ramma, Prof. OI Aruoma. Free Radicals and Antioxidants in Cardiovascular Health and Disease. *Internet Journal of Medical Update*, Jul-Dec 2006 Vol. 1, No. 2,.
27. Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MT, Mazur M, Telser J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol*. 2007;39(1):44-84.
28. Droge W. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol Rev*. 2002;82(1):47-95.
29. Halliwell B GJMC. *Free Radicals in Biology and Medicine*. New York: Oxford Univ. Press, . 1999.
30. ROLAND STOCKER AND JOHN F. KEANEY J. Role of Oxidative Modifications in Atherosclerosis. *Physiol Rev* 84: 1381–1478, 2004; 101152/physrev000472003. 2004.
31. Genestra M. Oxyl radicals, redox-sensitive signalling cascades and antioxidants. *Cellular Signalling*. 2007;19(9):1807-19.
32. Pham-Huy1 LA, HH, CP-H. Free radicals, Antioxidants in Disease and Health. *INTERNATIONAL JOURNAL of BIOMEDICAL SCIENCE*. 2008.
33. Halliwell B, Gutteridge JMC. *Free Radicals in Biology and Medicine*: Clarendon Press; 1989.
34. El-Bahr SM. *Biochemistry of Free Radicals and Oxidative Stress*. *Science International*, 1: 111-117. 2013.

35. Singh U, Jialal I. Oxidative stress and atherosclerosis. *Pathophysiology*. 2006;13(3):129-42.
36. Keaney JF, Jr. Oxidative stress and the vascular wall: NADPH oxidases take center stage. *Circulation*. 2005;112(17):2585-8.
37. Lloyd RV, Hanna PM, Mason RP. The origin of the hydroxyl radical oxygen in the Fenton reaction. *Free Radic Biol Med*. 1997;22(5):885-8.
38. Stohs SJ, Bagchi D. Oxidative mechanisms in the toxicity of metal ions. *Free Radic Biol Med*. 1995;18(2):321-36.
39. Young IS, Woodside JV. Antioxidants in health and disease. *J Clin Pathol*. 2001;54(3):176-86.
40. Lobo V, Patil A, Phatak A, Chandra N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*. 2010;4(8):118-26.
41. Halliwell B, Gutteridge JM. Biologically relevant metal ion-dependent hydroxyl radical generation. An update. *FEBS letters*. 1992;307(1):108-12.
42. Miller DM, Buettner GR, Aust SD. Transition metals as catalysts of "autoxidation" reactions. *Free Radic Biol Med*. 1990;8(1):95-108.
43. Becker LB, vanden Hoek TL, Shao ZH, Li CQ, Schumacker PT. Generation of superoxide in cardiomyocytes during ischemia before reperfusion. *The American journal of physiology*. 1999;277(6 Pt 2):H2240-6.
44. Barbacanne MA, Margeat E, Arnal JF, Nepveu F, Souchard JP. Superoxide release by confluent endothelial cells, an electron spin resonance (ESR) study. *Journal de Chimie Physique et de Physico-Chimie Biologique*. 1999;96(1):85-92.
45. Masters CJ. Cellular signalling: The role of the peroxisome. *Cellular Signalling*. 1996;8(3):197-208.
46. Curnutte JT, Babior BM. Chronic granulomatous disease. *Advances in human genetics*. 1987;16:229-97.
47. Pastor N, Weinstein H, Jamison E, Brenowitz M. A detailed interpretation of OH radical footprints in a TBP-DNA complex reveals the role of dynamics in the mechanism of sequence-specific binding¹. *Journal of Molecular Biology*. 2000;304(1):55-68.
48. Valko M, Morris H, Cronin MT. Metals, toxicity and oxidative stress. *Current medicinal chemistry*. 2005;12(10):1161-208.
49. Leonard SS, Harris GK, Shi X. Metal-induced oxidative stress and signal transduction. *Free Radic Biol Med*. 2004;37(12):1921-42.
50. Swain J, Gutteridge JM. Prooxidant iron and copper, with ferroxidase and xanthine oxidase activities in human atherosclerotic material. *FEBS letters*. 1995;368(3):513-5.
51. Koizumi M, Fujii J, Suzuki K, Inoue T, Inoue T, Gutteridge JM, et al. A marked increase in free copper levels in the plasma and liver of LEC rats: an animal model for Wilson disease and liver cancer. *Free Radic Res*. 1998;28(5):441-50.
52. Willcox JK, Ash SL, Catignani GL. Antioxidants and prevention of chronic disease. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2004;44(4):275-95.
53. Pacher P, Beckman JS, Liaudet L. Nitric oxide and peroxynitrite in health and disease. *Physiol Rev*. 2007;87(1):315-424.

54. Halliwell B. Biochemistry of oxidative stress. *Biochemical Society transactions*. 2007;35(Pt 5):1147-50.
55. McCaughan JS, Jr. Photodynamic therapy: a review. *Drugs & aging*. 1999;15(1):4968.
56. Carroll, E., Cross, Albert, van, der, et al. Oxidants, Antioxidants, and Respiratory Tract lining fluids. *Environmental Health Perspectives*. 1994;102:185-91.
57. Kelly FJ, Mudway I, Krishna MT, Holgate ST. The free radical basis of air pollution: focus on ozone. *Respiratory medicine*. 1995;89(10):647-56.
58. Kelly FJ, Tetley TD. Nitrogen dioxide depletes uric acid and ascorbic acid but not glutathione from lung lining fluid. *The Biochemical journal*. 1997;325 (Pt 1):95-9.
59. Pourcelot S, Faure H, Firoozi F, Ducros V, Tripier M, Hee J, et al. Urinary 8-oxo-7,8-dihydro-2'-deoxyguanosine and 5-(hydroxymethyl) uracil in Smokers. *Free Radical Research*. 1999;30(3):173-80.
60. Wilhelm J, Frydrychova M, Vizek M. Hydrogen peroxide in the breath of rats: the effects of hypoxia and paraquat. *Physiological research*. 1999;48(6):445-9.
61. Weijl NI, Cleton FJ, Osanto S. Free radicals and antioxidants in chemotherapy-induced toxicity. *Cancer treatment reviews*. 1997;23(4):209-40.
62. Kapiotis S, Sengoelge G, Hermann M, Held I, Seelos C, Gmeiner BM. Paracetamol catalyzes myeloperoxidase-initiated lipid oxidation in LDL. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*. 1997;17(11):2855-60.
63. Gewirtz DA. A critical evaluation of the mechanisms of action proposed for the antitumor effects of the anthracycline antibiotics adriamycin and daunorubicin. *Biochemical pharmacology*. 1999;57(7):727-41.
64. Benzie IFF. Evolution of antioxidant defence mechanisms. *European Journal of Nutrition*. 2000;39(2):53-61.
65. Lum H, Roebuck KA. Oxidant stress and endothelial cell dysfunction. *American journal of physiology Cell physiology*. 2001;280(4):C719-41.
66. Mueller CF, Laude K, McNally JS, Harrison DG. ATVB in focus: redox mechanisms in blood vessels. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*. 2005;25(2):274-8.
67. Valko M, Rhodes CJ, Moncol J, Izakovic M, Mazur M. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-biological interactions*. 2006;160(1):1-40.
68. Chatterjee M, Saluja R, Kanneganti S, Chinta S, Dikshit M. Biochemical and molecular evaluation of neutrophil NOS in spontaneously hypertensive rats. *Cellular and molecular biology (Noisy-le-Grand, France)*. 2007;53(1):84-93.
69. Ceriello A. Possible role of oxidative stress in the pathogenesis of hypertension. *Diabetes care*. 2008;31 Suppl 2:S181-4.
70. Harrison D, Griendling KK, Landmesser U, Hornig B, Drexler H. Role of oxidative stress in atherosclerosis. *The American journal of cardiology*. 2003;91(3a):7a-11a.
71. Griendling KK, FitzGerald GA. Oxidative stress and cardiovascular injury: Part II: animal and human studies. *Circulation*. 2003;108(17):2034-40.
72. Halliwell B. Role of free radicals in the neurodegenerative diseases: therapeutic implications for antioxidant treatment. *Drugs & aging*. 2001;18(9):685-716.

73. Christen Y. Oxidative stress and Alzheimer disease. *The American journal of clinical nutrition*. 2000;71(2):621s-9s.
74. Butterfield DA. Amyloid beta-peptide (1-42)-induced oxidative stress and neurotoxicity: implications for neurodegeneration in Alzheimer's disease brain. A review. *Free Radic Res*. 2002;36(12):1307-13.
75. Caramori G, Papi A. Oxidants and asthma. *Thorax*. 2004;59(2):170-3.
76. Guo RF, Ward PA. Role of oxidants in lung injury during sepsis. *Antioxidants & redox signaling*. 2007;9(11):1991-2002.
77. Hoshino Y, Mishima M. Redox-based therapeutics for lung diseases. *Antioxidants & redox signaling*. 2008;10(4):701-4.
78. MacNee W. Oxidative stress and lung inflammation in airways disease. *European journal of pharmacology*. 2001;429(1-3):195-207.
79. Lawrence T. The Nuclear Factor NF- κ B Pathway in Inflammation. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*. 2009;1(6):a001651.
80. Galle J. Oxidative stress in chronic renal failure. *Nephrology, dialysis, transplantation : official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association*. 2001;16(11):2135-7.
81. Sadeg N, Pham Huy C, Martin C, Warnet JM, Claude JR. Effect of cyclosporin A and its metabolites and analogs on lipid peroxidation in rabbit renal microsomes. *Drug and chemical toxicology*. 1993;16(2):165-74.
82. Massicot F, Martin C, Dutertre-Catella H, Ellouk-Achard S, Pham-Huy C, Thevenin M, et al. Modulation of energy status and cytotoxicity induced by FK506 and cyclosporin A in a renal epithelial cell line. *Archives of toxicology*. 1997;71(8):529-31.
83. Massicot F, Lamouri A, Martin C, Pham-Huy C, Heymans F, Warnet JM, et al. Preventive effects of two PAF-antagonists, PMS 536 and PMS 549, on cyclosporin-induced LLC-PK1 oxidative injury. *Journal of lipid mediators and cell signalling*. 1997;15(2):203-14.
84. Walston J, Xue Q, Semba RD, Ferrucci L, Cappola AR, Ricks M, et al. Serum antioxidants, inflammation, and total mortality in older women. *American journal of epidemiology*. 2006;163(1):18-26.
85. Haris ED. Pathogenesis of rheumatoid arthritis In: Kelley WN, editor. *Textbook of Rheumatology Philadelphia: ' W B Saunders; 1989 p 905–42*.
86. Krane SM, Simon LS. Rheumatoid arthritis: clinical features and pathogenetic mechanisms. *The Medical clinics of North America*. 1986;70(2):263-84.
87. Mahajan A TV. Antioxidants and rheumatoid arthritis. *J Indian Rheumatol Assoc* 2004;12:139–142.
88. Santosa S, Jones PJH. Oxidative stress in ocular disease: Does lutein play a protective role? *CMAJ : Canadian Medical Association Journal*. 2005;173(8):861-2.
89. Meyer CH, Sekundo W. Nutritional supplementation to prevent cataract formation. *Developments in ophthalmology*. 2005;38:103-19.
90. Beatty S, Koh H-H, Phil M, Henson D, Boulton M. The Role of Oxidative Stress in the Pathogenesis of Age-Related Macular Degeneration. *Survey of Ophthalmology*.45(2):115-34.
91. Myatt L. Placental adaptive responses and fetal programming. *The Journal of physiology*. 2006;572(Pt 1):25-30.

92. Hracsko Z, Orvos H, Novak Z, Pal A, Varga IS. Evaluation of oxidative stress markers in neonates with intra-uterine growth retardation. Redox report : communications in free radical research. 2008;13(1):11-6.
93. Biri A, Bozkurt N, Turp A, Kavutcu M, Himmetoglu O, Durak I. Role of oxidative stress in intrauterine growth restriction. Gynecologic and obstetric investigation. 2007;64(4):187-92.
94. Braekke K, Harsem NK, Staff AC. Oxidative stress and antioxidant status in fetal circulation in preeclampsia. Pediatric research. 2006;60(5):560-4.
95. Bandyopadhyay U, Das D, Banerjee RK. Reactive oxygen species: oxidative damage and pathogenesis. CURRENT SCIENCE-BANGALORE-. 1999;77:658-66.
96. Fridovich I. Biological effects of the superoxide radical. Archives of biochemistry and biophysics. 1986;247(1):1-11.
97. Fridovich I. Superoxide radical: an endogenous toxicant. Annual review of pharmacology and toxicology. 1983;23:239-57.
98. Deisseroth AA. Physical and chemical properties mechanism of catalysis and physiological role. Physiol Rev, 50: 319-375. 1970.
99. Chance B, Sies H, Boveris A. Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. Physiol Rev. 1979;59(3):527-605.
100. Freeman BA, Crapo JD. Biology of disease: free radicals and tissue injury. Laboratory investigation; a journal of technical methods and pathology. 1982;47(5):412-26.
101. Donaldson MS. Nutrition and cancer: a review of the evidence for an anti-cancer diet. Nutr J. 2004;3:19.
102. de Zwart LL, Meerman JH, Commandeur JN, Vermeulen NP. Biomarkers of free radical damage applications in experimental animals and in humans. Free Radic Biol Med. 1999;26(1-2):202-26.
103. Halliwell B. How to characterize an antioxidant: an update. Biochemical Society symposium. 1995;61:73-101.
104. Nguyen LA, He H, Pham-Huy C. Chiral drugs: an overview. International journal of biomedical science : IJBS. 2006;2(2):85-100.
105. Bast A, Haenen GR, Doelman CJ. Oxidants and antioxidants: state of the art. The American journal of medicine. 1991;91(3c):2s-13s.
106. Mayo Clinic Medical Information. Drugs and supplements. Vitamin E. 2005, http://www.mayoclinic.com/health/vitamin-e/NS_patient-vitamin-e.
107. Miller ER, 3rd, Pastor-Barriuso R, Dalal D, Riemersma RA, Appel LJ, Guallar E. Meta-analysis: high-dosage vitamin E supplementation may increase all-cause mortality. Annals of internal medicine. 2005;142(1):37-46.
108. Li Y, Schellhorn HE. New developments and novel therapeutic perspectives for vitamin C. The Journal of nutrition. 2007;137(10):2171-84.
109. Naidu KA. Vitamin C in human health and disease is still a mystery ? An overview. Nutrition Journal. 2003;2:7-.
110. Seren S, Lieberman R, Bayraktar UD, Heath E, Sahin K, Andic F, et al. Lycopene in cancer prevention and treatment. American journal of therapeutics. 2008;15(1):66-81.

111. Dahan K, Fennal M, Kumar NB. Lycopene in the prevention of prostate cancer. *Journal of the Society for Integrative Oncology*. 2008;6(1):29-36.
112. Pham-Huy C., Nguyen P., Marchand V., et al. Selenium and tobacco smoke tars: In vitro effects on different immunocompetent cells. *Toxicology* 2001;164:111-2. Presented in International Congress of Toxicology XI, Brisbane (Australia), 7-12 July 2001.
113. Higdon J, Drake VJ, Whanger PD. Selenium. Linus Pauling Institute. Oregon State University. Micronutrient Information Center. 2007 <http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/minerals/selenium/>.
114. Covington MB. Omega-3 fatty acids. *American family physician*. 2004;70(1):133-40.
115. Logan AC. Omega-3 fatty acids and major depression: A primer for the mental health professional. *Lipids in Health and Disease*. 2004;3:25-.
116. Barbul A, Uliyargoli A. Use of exogenous arginine in multiple organ dysfunction syndrome and sepsis. *Critical care medicine*. 2007;35(9 Suppl):S564-7.
117. Dhanasekaran M, Ren J. The emerging role of coenzyme Q-10 in aging, neurodegeneration, cardiovascular disease, cancer and diabetes mellitus. *Current neurovascular research*. 2005;2(5):447-59.
118. Maharaj DS, Glass BD, Daya S. Melatonin: new places in therapy. *Bioscience reports*. 2007;27(6):299-320.
119. D'Archivio M, Filesi C, Di Benedetto R, Gargiulo R, Giovannini C, Masella R. Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*. 2007;43(4):348-61.
120. Ignat I, Volf I, Popa VI. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chem*. 2011;126(4):1821-35.
121. Robbins RJ. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *J Agric Food Chem*. 2003;51(10):2866-87.
122. Zadernowski R, Czaplicki S, Naczki M. Phenolic acid profiles of mangosteen fruits (*Garcinia mangostana*). *Food Chemistry*. 2009;112(3):685-9.
123. Ross K, Beta T, Arntfield S. A comparative study on the phenolic acids identified and quantified in dry beans using HPLC as affected by different extraction and hydrolysis methods. *Food Chemistry*. 2009;113(1):336-44.
124. Bravo L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*. 1998;56(11):317-33.
125. Perez-Mana C, Farre M, Rodriguez-Morato J, Papaseit E, Pujadas M, Fito M, et al. Moderate consumption of wine, through both its phenolic compounds and alcohol content, promotes hydroxytyrosol endogenous generation in humans. A randomized controlled trial. *Molecular nutrition & food research*. 2015;59(6):1213-6.
126. Cabrini L, Barzanti V, Cipollone M, Fiorentini D, Grossi G, Tolomelli B, et al. Antioxidants and total peroxy radical-trapping ability of olive and seed oils. *J Agric Food Chem*. 2001;49(12):6026-32.
127. Fito M, Guxens M, Corella D, Saez G, Estruch R, de la Torre R, et al. Effect of a traditional Mediterranean diet on lipoprotein oxidation: a randomized controlled trial. *Archives of internal medicine*. 2007;167(11):1195-203.
128. Di Benedetto R, Vari R, Scazzocchio B, Filesi C, Santangelo C, Giovannini C, et al. Tyrosol, the major extra virgin olive oil compound, restored intracellular antioxidant

defences in spite of its weak antioxidative effectiveness. Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases : NMCD. 2007;17(7):535-45.

129. Covas MI, Miro-Casas E, Fito M, Farre-Albadalejo M, Gimeno E, Marrugat J, et al. Bioavailability of tyrosol, an antioxidant phenolic compound present in wine and olive oil, in humans. *Drugs under experimental and clinical research*. 2003;29(5-6):203-6.

130. Harborne, J. B., Baxter, H., & Moss, G. P. (1999). *Phytochemical dictionary: Handbook of bioactive compounds from plants* (2nd ed.). London: Taylor and Francis.

131. Tsao R, Yang R. Optimization of a new mobile phase to know the complex and real polyphenolic composition: towards a total phenolic index using high-performance liquid chromatography. *Journal of chromatography A*. 2003;1018(1):29-40.

132. Merken HM, Beecher GR. Measurement of food flavonoids by high-performance liquid chromatography: A review. *J Agric Food Chem*. 2000;48(3):577-99.

133. Hollman PC, Katan MB. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. *Food Chem Toxicol*. 1999;37(9-10):937-42.

134. Pietta PG. Flavonoids as antioxidants. *Journal of natural products*. 2000;63(7):1035-42.

135. Balasundram, N., Sundram, K. and Samman, S. (2006) Phenolic Compounds in Plants and Agri-Industrial By-Products: Antioxidant Activity, Occurrence, and Potential Uses. *Food Chemistry*, 99, 191-203.

136. Cook NC, Samman S. Flavonoids; Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 7(2):66-76.

137. Beecher GR. Overview of dietary flavonoids: nomenclature, occurrence and intake. *The Journal of nutrition*. 2003;133(10):3248s-54s.

138. Liu Q, Cai W, Shao X. Determination of seven polyphenols in water by high performance liquid chromatography combined with preconcentration. *Talanta*. 2008;77(2):679-83.

139. Caridi D, Trenerry VC, Rochfort S, Duong S, Laughher D, Jones R. Profiling and quantifying quercetin glucosides in onion (*Allium cepa* L.) varieties using capillary zone electrophoresis and high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*. 2007;105(2):691-9.

140. Böhm H. G. Mazza und E. Miniati: Anthocyanins in Fruits, Vegetables and Grains. 362 Seiten, zahlr. Abb. und Tab. CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo 1993. Preis: 144.— £. *Food / Nahrung*. 1994;38(3):343-.

141. Brouillard R. Chapter 1 - Chemical Structure of Anthocyanins A2 - Markakis, Pericles. *Anthocyanins As Food Colors*: Academic Press; 1982. p. 1-40.

142. Konczak I, Zhang W. Anthocyanins—More Than Nature's Colours. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. 2004;2004(5):239-40.

143. Dey PM, Harborne JB. *Methods in plant biochemistry*: Academic Press; 1989.

144. Castaneda-Ovando A, de Lourdes Pacheco-Hernández M, Páez-Hernández ME, Rodríguez JA, Galán-Vidal CA. Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food chemistry*. 2009;113(4):859-71.

145. Iversen CK. Black Currant Nectar: Effect of Processing and Storage on Anthocyanin and Ascorbic Acid Content. *Journal of Food Science*. 1999;64(1):37-41.

146. Kong JM, Chia LS, Goh NK, Chia TF, Brouillard R. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*. 2003;64(5):923-33.
147. Fang Z, Zhang Y, Lü Y, Ma G, Chen J, Liu D, et al. Phenolic compounds and antioxidant capacities of bayberry juices. *Food Chemistry*. 2009;113(4):884-8.
148. Kammerer D, Carle R, Schieber A. Quantification of anthocyanins in black carrot extracts (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) and evaluation of their color properties. *European Food Research and Technology*. 2004;219(5):479-86.
149. Blevé M, Ciurlia L, Erroi E, Lionetto G, Longo L, Rescio L, et al. An innovative method for the purification of anthocyanins from grape skin extracts by using liquid and sub-critical carbon dioxide. *Separation and Purification Technology*. 2008;64(2):192-7.
150. Ames BN, Shigenaga MK, Hagen TM. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1993;90(17):7915-22.
151. Scalbert A, Manach C, Morand C, Remesy C, Jimenez L. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2005;45(4):287-306.
152. Leuzzi U, Caristi C, Panzera V, Licandro G. Flavonoids in pigmented orange juice and second-pressure extracts. *J Agric Food Chem*. 2000;48(11):5501-6.
153. Klejdus B, Vacek J, Benešová L, Kopecký J, Lapčík O, Kubáň V. Rapid-resolution HPLC with spectrometric detection for the determination and identification of isoflavones in soy preparations and plant extracts. *Analytical and bioanalytical chemistry*. 2007;389(7-8):2277-85.
154. Porter L. Condensed tannins. *Natural products of woody plants*: Springer; 1989. p. 651-90.
155. Haslam E. Symmetry and promiscuity in procyanidin biochemistry. *Phytochemistry*. 1977;16(11):1625-40.
156. Hagerman AE. Hydrolyzable tannin structural chemistry. *Tannin handbook*. 2002:1-5.
157. Delmas D, Lancon A, Colin D, Jannin B, Latruffe N. Resveratrol as a chemopreventive agent: a promising molecule for fighting cancer. *Current drug targets*. 2006;7(4):423-42.
158. Bavaresco L. Role of viticultural factors on stilbene concentrations of grapes and wine. *Drugs under experimental and clinical research*. 2002;29(5-6):181-7.
159. Saleem M, Kim HJ, Ali MS, Lee YS. An update on bioactive plant lignans. *Natural product reports*. 2005;22(6):696-716.
160. Popa, V.I., Danaila, M., Volf, I., Popa, M.I. (2007). Natural antioxidants from agroindustrial wastes sources, separation and practical implications. In: *Proceedings of the 8th ILI Forum* (pp. 67–70), Rome, 10–12.
161. Zhang Z, Liao L, Moore J, Wu T, Wang Z. Antioxidant phenolic compounds from walnut kernels (*Juglans regia* L.). *Food Chemistry*. 2009;113(1):160-5.
162. Pratt DE, Hudson BJ. *Natural antioxidants not exploited commercially*. Food antioxidants: Springer; 1990. p. 171-91.
163. G. Saez Tormo, M.R. Oliva, P. Muniz, V. Valls, A. Iradi, M. Ramos, et al. Oxidative stress and genetic damage. In *Health and orange*, Fundacion Valenciana de Estudios Avanzados, Valencia, Spain (1994), pp. 51–60.

164. Crowe KM, Murray E. Deconstructing a fruit serving: comparing the antioxidant density of select whole fruit and 100% fruit juices. *J Acad Nutr Diet*. 2013;113(10):1354-8.
165. Mullen W, Marks SC, Crozier A. Evaluation of phenolic compounds in commercial fruit juices and fruit drinks. *J Agric Food Chem*. 2007;55(8):3148-57.
166. Williams C. Healthy eating: clarifying advice about fruit and vegetables. *BMJ : British Medical Journal*. 1995;310(6992):1453-5.
167. Diplock AT. Antioxidants and disease prevention. *Molecular aspects of medicine*. 1994;15(4):293-376.
168. Guimaraes R, Barros L, Barreira JC, Sousa MJ, Carvalho AM, Ferreira IC. Targeting excessive free radicals with peels and juices of citrus fruits: grapefruit, lemon, lime and orange *Food Chem Toxicol*. 2010;48(1):99-106.
169. Tzulker R, Glazer I, Bar-Ilan I, Holland D, Aviram M, 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(23):9559-70.
170. Mousavinejad G, Emam-Djomeh Z, Rezaei K, Khodaparast MHH. Identification and quantification of phenolic compounds and their effects on antioxidant activity in pomegranate juices of eight Iranian cultivars. *Food Chemistry*. 2009;115(4):1274-8.
171. Arzu Akpınar-Bayızit TO, Yılmaz-Ersan (2012). The Therapeutic Potential of Pomegranate and Its Products for Prevention of Cancer. Dr. Alexandros G. Georgakilas (Ed.) *Cancer Prevention From Mechanisms to Translational Benefits*. InTech.
172. Medjakovic S, Jungbauer A. Pomegranate: a fruit that ameliorates metabolic syndrome. *Food Funct*. 2013;4(1):19-39.
173. Gil MI, Tomas-Barberan FA, Hess-Pierce B, Holcroft DM, Kader AA. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *J Agric Food Chem*. 2000;48(10):4581-9.
174. Reza Mahdavi¹ ZN, Maryam Rafraf and Abolghasem Jouyban, Drug Applied Research Center (DARC), Faculty of Health and Nutrition, Nutrition Research Centre, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran. Determination and Comparison of Total Polyphenol and Vitamin C Contents of Natural Fresh and Commercial Fruit Juices.
175. Johnston CS, Dancho CL, Strong GM. Orange juice ingestion and supplemental vitamin C are equally effective at reducing plasma lipid peroxidation in healthy adult women. *Journal of the American College of Nutrition*. 2003;22(6):519-23.
176. Esmailzadeh A, Tahbaz F, Gaieni I, Alavi-Majd H, Azadbakht L. Concentrated pomegranate juice improves lipid profiles in diabetic patients with hyperlipidemia. *Journal of medicinal food*. 2004;7(3):305-8.
177. Teixeira J, Gaspar A, Garrido EM, Garrido J, Borges F. Hydroxycinnamic acid antioxidants: an electrochemical overview. *BioMed research international*. 2013;2013.
178. Lee SK MZ, Chung H, Luyengi L, Gamez EJ, Mehta RG, Kinghorn AD,, JM P. Evaluation of the antioxidant potential of natural products. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening* [1998, 1(1):35-46] 1998.
179. Nicholas J. Miller CR-E, Michael J. Davies, Vimala Gopinathan and Anthony Milner. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science*. 1993;84, 407-412.

180. Roberta Re NP, Anna Proteggente, Ananth Panalla, Min Yang, and Catherine Rice-Evans. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, Vol 26, Nos 9/10, pp 1231–1237, 1999
181. Youssef El Rayess RB, Eli Adjélé Wilson, Jalloul Bouajila. Analytical methods for wine polyphenols analysis and for their antioxidant activity evaluation. July 2014(
- In book: *Wine: Phenolic Composition, Classification and Health Benefits*, Chapter: 3, Publisher: Nova Publishers, Editors: Youssef El Rayess, pp.71-102).
182. Seeram NP, Aviram M, Zhang Y, Henning SM, Feng L, Dreher M, et al. Comparison of antioxidant potency of commonly consumed polyphenol-rich beverages in the United States. *J Agric Food Chem*. 2008;56(4):1415-22.
183. Nicoletta Pellegrini MS, Barbara Colombi, Daniele Del Rio, Sara Salvatore, Marta Bianchi and Furio Brighenti. Total Antioxidant Capacity of Plant Foods, Beverages and Oils Consumed in Italy Assessed by Three Different In Vitro Assays. *JN The journal of nutrition*. 2003.
184. Al-Jasass FM, Siddiq M, Sogi DS. Antioxidants Activity and Color Evaluation of Date Fruit of Selected Cultivars Commercially Available in the United States. *Advances in Chemistry*. 2015;2015:1-5.
185. Fu L, Xu B-T, Xu X-R, Gan R-Y, Zhang Y, Xia E-Q, et al. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry*. 2011;129(2):345-50.
186. Mokrani A, Krisa S, Cluzet S, Da Costa G, Tamsamani H, Renouf E, et al. Phenolic contents and bioactive potential of peach fruit extracts. *Food Chem*. 2016;202:212-20.
187. Floegel A, Kim D-O, Chung S-J, Koo SI, Chun OK. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011;24(7):1043-8.
188. Pellegrini N1 DRD, Colombi B, Bianchi M, Brighenti F. Application of the 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation assay to a flow injection system for the evaluation of antioxidant activity of some pure compounds and beverages. *J Agric Food Chem* 2003 Jan 1;51(1):260-4. 2003.
189. Ciocalteau OFaV. On tyrosine and tryptophane determination in proteins. *Journal of Biology and Chemistry*, 73, 627. 1927.
190. Jr VLSaJAR. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents.
191. Arvouet-Grand A, Vennat, B., Pourrat, A., Legret, P. Standardization of a propolis extract and identification of the main constituents (Article). *Journal de Pharmacie de Belgique*. 1994;49(6):462-8.
192. Sant'Anna V, Gurak PD, Ferreira Marczak LD, Tessaro IC. Tracking bioactive compounds with colour changes in foods – A review. *Dyes and Pigments*. 2013;98(3):601-8.
193. J Bakker PB, and C F Timberlake. Tristimulus measurements (CIELAB 76) of port wine colour. *Vitis* 25, 67-78 (1986).
194. Bartoszek M, Polak J. A comparison of antioxidative capacities of fruit juices, drinks and nectars, as determined by EPR and UV-vis spectroscopies. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*. 2016;153:546-9.

195. Fröhling B, Patz C, Dietrich H, Will F. Anthocyanins, total phenolics and antioxidant capacities of commercial red grape juices, black currant and sour cherry nectars. *Fruit Process*. 2012;3:100-4.
196. Candrawinata VI, Blades B, Golding J, Stathopoulos C, Roach P. Effect of clarification on the polyphenolic compound content and antioxidant activity of commercial apple juices. *International Food Research Journal*. 2012;19(3):1055-61.
197. Kechinski CP, Guimaraes PV, Norena CP, Tessaro IC, Marczak LD. Degradation kinetics of anthocyanin in blueberry juice during thermal treatment. *J Food Sci*. 2010;75(2):C173-6.
198. Mgaya-Kilima B, Remberg SF, Chove BE, Wicklund T. Influence of storage temperature and time on the physicochemical and bioactive properties of roselle-fruit juice blends in plastic bottle. *Food Sci Nutr*. 2014;2(2):181-91.
199. P Skenderi K. Total Antioxidant Capacity and Phenolic Compounds of Selected Vinegars in the Greek Market. *Journal of Food & Nutritional Disorders*. 2013;02(02).
200. Ryan L, Prescott SL. Stability of the antioxidant capacity of twenty-five commercially available fruit juices subjected to an in vitro digestion. *International Journal of Food Science & Technology*. 2010;45(6):1191-7.
201. Carlsen MH, Halvorsen BL, Holte K, Bohn SK, Dragland S, Sampson L, et al. The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutr J*. 2010;9:3.
202. SEERAM NP. Berry Fruits: Compositional Elements, Biochemical Activities, and the Impact of Their Intake on Human Health, Performance, and Disease. *J Agric Food Chem* 2008, 56, 627–629 627.
203. REVITAL TZULKER IG, † IGAL BAR-ILAN,†,| DORON HOLLAND,‡MICHAEL AVIRAM,§ AND RACHEL AMIR*,†. Antioxidant Activity, Polyphenol Content, and Related Compounds in Different Fruit Juices and Homogenates Prepared from 29 Different Pomegranate Accessions. *J Agric Food Chem* 2007, 55, 9559–9570 9559.
204. Pyo YH, Jin YJ, Hwang JY. Comparison of the effects of blending and juicing on the phytochemicals contents and antioxidant capacity of typical Korean kernel fruit juices. *Prev Nutr Food Sci*. 2014;19(2):108-14.
205. Seeram NP, Adams LS, Henning SM, Niu Y, Zhang Y, Nair MG, et al. In vitro antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of punicalagin, ellagic acid and a total pomegranate tannin extract are enhanced in combination with other polyphenols as found in pomegranate juice. *The Journal of nutritional biochemistry*. 2005;16(6):360-7.