

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ
ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

***«ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΠΡΟΣΡΟΦΗΜΕΝΑ ΣΕ ΦΥΤΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΤΑ
ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ»***

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΑΝΔΡΙΚΟΠΟΥΛΟΣ

ΜΕΛΗ: ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΑΛΗΡΕΑ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΑΛΟΓΕΡΟΠΟΥΛΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΓΡΗΓΟΡΑΚΗΣ, Α.Μ.: 422308

ΑΘΗΝΑ ΙΟΥΝΙΟΣ 2004

Αφιερωμένη στη γυναίκα μου Δήμητρα και στον υιό μου Ευάγγελο...

«Στην μεγάλη αγάπη της ζωής μου, τη μητέρα μου Ευαγγελία, έτυχε να αφιερώσω την έκδοση του πρώτου μου βιβλίου. Τώρα ήρθε η σειρά των δύο νέων προσώπων που μπήκαν στη ζωή μου στη διάρκεια της μεταπτυχιακής μου παρουσίας. Τόσο η

Δήμητρα όσο και ο νεογέννητος Ευάγγελος, υπέμειναν υπομονετικά και μου συμπαραστάθηκαν πάντα με τον τρόπο τους, στις ατελείωτες ώρες της επιστημονικής μου μελέτης. Αφιερωμένη η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη δικαίως, λοιπόν, στις δύο νέες μου αγάπες...»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη εκπονήθηκε υπό την επίβλεψη και συμπαράσταση του Καθηγητή κ. Νικόλαου Ανδρικόπουλου. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την συνάδελφο μου Χαρά Κωτσιοπούλου για την πολύτιμη βοήθεια της και τη στήριξη που προσέφερε σε όλη τη διάρκεια της διενέργειας των πειραμάτων. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την δρ. Αντωνία Χίου και τον δρ. Γεώργιο Μπόσκου για την υπομονετική διάθεση που επέδειξαν.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την δρ. Ανδριάννα Καλιώρα και την κ. Μαργαρίτα Χρηστέα για τη βοήθεια και την ηθική συμπαράστασή τους, κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των πειραμάτων στον εργαστηριακό χώρο.

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να αποδώσω στη δρ. Αναστασία Μυλωνά για το αμέριστο ενδιαφέρον και την βοήθειά της, σε όλη τη διάρκεια της μεταπτυχιακής μου εργασίας και ειδικά κατά την εκπόνηση των εργαστηριακών πειραμάτων. Θεωρώ ότι χωρίς την πολύτιμη συμβολή της η ολοκλήρωση της παρούσης, θα ήταν αδύνατη

Ιδιαίτερες ευχαριστίες, στην πρώην καθηγήτριά μου στη Χαροκόπειο Σχολή, δρ. Αγγελική Φαλληρέα για την πολύτιμη στήριξη και συμπαράσταση της κατά την πρώτη φάση των εργαστηριακών πειραμάτων.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ, θα ήθελα να αποδώσω στον δρ. Νικόλαο Καλογερόπουλο, για το αμείωτο ενδιαφέρον και την πολύτιμη βοήθειά του κατά την οργάνωση και εκπόνηση τόσο του πειραματικού όσο και του θεωρητικού μέρους της εργασίας. Η βοήθεια του κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων ήταν πολύ σημαντική.

Τέλος, από τα βάθη της καρδιάς μου θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Νικόλαο Κ. Ανδρικόπουλο, Καθηγητή Βιοχημείας-Χημείας Τροφίμων του Χαροκοπέιου Πανεπιστημίου, που ήταν πάντοτε διαθέσιμος και πρόθυμος να συμβάλλει καθοριστικά με την πολύτιμη εμπειρία του, κατά την πορεία της παρούσης εργασίας.

Δημήτρης Γρηγοράκης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Τηγάνισμα.....	1
1.2. Προσδιορισμός του χρονικού σημείου λήξης του τηγανίσματος.	4
1.3. Χημικές μεταβολές κατά το τηγάνισμα.....	5
1.3.1. Υδρόλυση.....	5
1.3.2. Οξείδωση.....	8
1.3.3. Πολυμερισμός.....	8
1.4. Το πρόβλημα του ακρυλαμίδιου	9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ

2.1 Χημεία φυσικών αντιοξειδωτικών.....	11
2.2. Μηχανισμός δράσης ελευθέρων ριζών.....	11
2.3. Αντιοξειδωτικά.....	12
2.4. Μηχανισμοί δράσης αντιοξειδωτικών ουσιών.....	13
2.4.1. Πρωτοταγή αντιοξειδωτικά.....	13
2.4.2. Δευτεροταγή αντιοξειδωτικά.....	14
2.5. Ενώσεις με ποικίλη αντιοξειδωτική δράση.....	15
2.6. Άλλοι παρεμποδιστές οξείδωσης λιπιδίων.....	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

3.1. Ιστορικά στοιχεία και ορισμοί.....	16
3.2. Σύσταση ελαιολάδου.....	17
3.3. Επιπτώσεις στην υγεία των μικροσυστατικών του ελαιολάδου.....	19
3.4. Μικροσυστατικά του ελαιολάδου.....	19
3.4.1. Τοκοφερόλες.....	19
3.4.1.1. Η σημασία των Τοκοφερολών του ελαιολάδου στην ανθρώπινη υγεία.....	22
3.4.2. Φαινολικές ενώσεις.....	25
3.4.2.1. Η σημασία των φαινολικών ενώσεων του ελαιολάδου στην ανθρώπινη υγεία.....	29

3.4.2.2. Επιδράσεις των φαινολικών ενώσεων σε ξενοβιοτικούς και ενδοβιοτικούς παράγοντες.	33
3.4.3. Υδρογονάνθρακες - Σκουαλένιο.....	34
3.4.3.1 Η σημασία των υδρογονανθράκων (σκουαλένιο) του ελαιολάδου στην ανθρώπινη υγεία	36
A) Σκουαλένιο και συγκεντρώσεις χοληστερόλης στο αίμα.....	36
B) Σκουαλένιο και καρκίνος.....	37
3.4.3.2. Άλλες επιδράσεις του σκουαλενίου της διατροφής.....	38
3.4.4. Στερόλες.....	38
3.4.4.1. Η σημασία των στερόλων (β-σιτοστερόλη) του ελαιολάδου στην ανθρώπινη υγεία.....	41
A) Επίδραση στις συγκεντρώσεις χοληστερόλης στο αίμα.....	41
B) Φυτοστερόλες και καρκίνος.....	42
3.4.5. Αρωματικές ενώσεις.....	43
3.4.5.1. Η σημασία των αρωματικών ενώσεων του ελαιολάδου στην υγεία.....	43
3.5. Η σημασία των μικροσυστατικών στη σταθερότητα του ελαιολάδου.....	44
3.5.1. Φαινόλες και αυτό-οξειδωση.....	44
3.5.2. Η σημασία των Τοκοφερολών στη σταθερότητα του ελαιολάδου.....	44
3.6. Συμπεράσματα.....	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ

4.1. Η Πατάτα στην ανθρώπινη διατροφή.....	46
4.1.1. Η Διατροφική αξία της πατάτας.....	47
4.1.2. Νεώτερα δεδομένα που αφορούν την πατάτα.....	48
4.2. Τα κολοκύθι στην ανθρώπινη διατροφή.....	48
4.2.1. Η διατροφική αξία του κολοκυθιού.....	49
4.2.2. Νεώτερα δεδομένα που αφορούν το κολοκύθι.....	50
4.3. Η μελιτζάνα στην ανθρώπινη διατροφή.....	51
4.3.1. Η διατροφική αξία της μελιτζάνας.....	51

4.3.2. Νεώτερα δεδομένα που αφορούν τη μελιτζάνα.....	52
4.4. Η Πιπεριά στην ανθρώπινη διατροφή.....	53
4.4.1. Η Διατροφική αξία της πιπεριάς.....	53
4.4.2. Νεώτερα δεδομένα που αφορούν την πιπεριά.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑ ΩΣ ΜΑΓΕΙΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

5.1. Το τηγάνισμα ως θρεπτική μαγειρική μέθοδος.....	56
5.2. Μεταβολή της διατροφικής αξίας του τηγανισμένου ελαίου	57
5.2.1. Ακόρεστα λιπαρά οξέα.....	57
5.2.2. Η Βιταμίνη Ε στο τηγανισμένο έλαιο.....	58
5.2.3. Η β-καροτίνη στο τηγανισμένο έλαιο.....	58
5.3. Θρεπτικά οφέλη και απώλειες στα τηγανισμένα τρόφιμα.....	60
5.3.1. Διατροφικοί υπολογισμοί.....	60
5.3.2. Μεταβολές στο βάρος κατά το μαγείρεμα.....	61
5.3.2.1. Απώλεια και αντικατάσταση υγρασίας.....	61
5.3.2.2. Η επίδραση του τύπου ελαίου.....	63
5.3.2.3. Πρόσληψη λίπους.....	63
5.3.2.4. Προσθήκη αλεύρου ή αλεύρου και νερού (κουρκούτι), κατά το τηγάνισμα..	66
5.3.3. Μεταβολές στη σύσταση των λιπαρών οξέων	66
5.3.4. Η Χοληστερόλη στα τηγανισμένα τρόφιμα.....	67
5.3.5. Μεταβολές στις Πρωτεΐνες στα τηγανισμένα τρόφιμα.....	68
5.3.6. Μεταβολές στους υδατάνθρακες.....	70
5.4. Μεταβολές στις βιταμίνες.....	71
5.4.1. Καταστροφή των βιταμινών κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος.....	71
5.4.2. Υδατοδιαλυτές βιταμίνες στις πατάτες και σε άλλα τηγανιτά λαχανικά.....	72
5.4.2.1. Η βιταμίνη C στις τηγανιτές πατάτες.....	72
5.4.2.2. Η βιταμίνη C σε άλλα τηγανιτά λαχανικά.	73
5.4.2.3. Οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β στις τηγανιτές πατάτες και σε άλλα λαχανικά.....	75

5.4.3. Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες.....	77
5.4.3.1.Καροτενοειδή και η βιταμίνη Α στα διάφορα τηγανιτά φυτικά τρόφιμα.....	78
5.4.3.2. Οι τοκοφερόλες στα διάφορα τηγανιτά φυτικά τρόφιμα.....	79
5.5. Τα μέταλλα στα διάφορα τηγανιτά φυτικά τρόφιμα.....	80
5.6. Το τηγάνισμα ως μέσο πρόσληψης αντιοξειδωτικών ουσιών.....	82
5.6.1. Το τηγάνισμα ως μέσο πρόσληψης σκουαλενίου.....	82
5.6.2. Το τηγάνισμα ως μέσο πρόσληψης φαινολικών ουσιών.....	84

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

6.1. Εισαγωγή.....	86
6.2. Εργαστηριακό μέρος.....	87
6.2.1. Τεχνολογία τηγανίσματος.....	87
6.2.1.1. Τυποποιημένες διαδικασίες και μέτρηση μήκους και βάρους των κομματιών των φυτικών τροφίμων πριν από το τηγάνισμα.....	88
6.2.1.2. Μέθοδος τηγανίσματος φυτικών τροφίμων και συλλογή δειγμάτων ελαίου.....	89
6.2.2. Απομάκρυνση της υγρασίας από νωπά και τηγανισμένα τρόφιμα.....	91
6.2.3. Συντήρηση και αποθήκευση των δειγμάτων κατάψυξη.....	92
6.3. Προσδιορισμός ολικών πολυφαινόλων (μέθοδος Folin-Ciocalteu).....	92
6.3.1. Κατασκευή πρότυπης καμπύλης αναφοράς.....	94
6.4. Προσδιορισμός τοκοφερολών, σκουαλενίου και επιμέρους πολυφαινόλων (Μέθοδος Bligh-Dyer, αέρια χρωματογραφία).	94
6.4.1. Εκχύλιση και απομόνωση των αντιοξειδωτικών.....	94
6.4.2. Αεριοχρωματογραφικός προσδιορισμός των αντιοξειδωτικών.....	97
6.5. Προσδιορισμός λίπους στα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα (Μέθοδος συνεχούς εκχύλισης Soxhlet)	99

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.1. Τεχνολογία τηγανίσματος.....	101
7.2. Τοκοφερόλες.....	107
7.3. Ολικές πολυφαινόλες.	107

7.4. Επί μέρους πολυφαινόλες.....	110
7.5. Σκουαλένιο.....	119

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

8.1. Γενικά.....	129
8.2. Σύγκριση των δεδομένων που προκύπτουν από το τηγάνισμα.....	131
8.3. Τοκοφερόλες.....	137
8.4. Ολικές πολυφαινόλες.....	137
8.5. Επί μέρους φαινόλες.....	139
8.6. Σκουαλένιο.....	141

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

9.1. Ανασκόπηση και γενικά συμπεράσματα.....	146
--	-----

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	152
----------------------	------------

SUMMARY.....	154
---------------------	------------

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	156
-----------------------	------------

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	157
--------------------------	------------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Τηγάνισμα.

Το μαγείρεμα, είναι γνωστό ότι βελτιώνει τη γεύση και την ποιότητα των τροφίμων, αφού συντελεί στην αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών και ενισχύει την πεπτικότητα και τη βιολογική διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών στον ανθρώπινο οργανισμό.¹ Ανεπιθύμητες ενέργειες που λαμβάνουν χώρα κατά το μαγείρεμα περιλαμβάνουν την οξείδωση των ευαίσθητων βιταμινών, καθώς και την απώλεια υδροδιαλυτών μεταλλικών στοιχείων.²

Το τηγάνισμα είναι μια από τις παλαιότερες μεθόδους παρασκευής τροφίμων. Βελτιώνει την αισθητική και τα χαρακτηριστικά των τροφίμων, με το σχηματισμό αρωματικών ενώσεων, ελκυστικού χρώματος και κρούστας.² Το τηγάνισμα με έλαιο ή με λίπος είναι μια από τις δημοφιλέστερες μεθόδους μαγειρικής και, παρά τις σύγχρονες συστάσεις υγείας, η απαίτηση για τηγανισμένα τρόφιμα έχει αυξηθεί βαθμιαία τα τελευταία χρόνια προκειμένου να συμβαδίσει με τις απαιτήσεις του σύγχρονου τρόπου ζωής.¹ Τα γρήγορα και πρόχειρα τηγανιτά φαγητά απευθύνονται, ως μία εναλλακτική επιλογή, σε εκείνους που έχουν λίγο χρόνο για να αφιερώσουν στην προετοιμασία ή/και την κατανάλωση γευμάτων τους².

Το τηγάνισμα είναι μια εύκολη και γρήγορη τεχνική μαγειρέματος που χρησιμοποιείται ευρέως τόσο ως οικιακή μαγειρική μέθοδος, όσο και από τις εταιρίες τροφοδοσίας έτοιμου φαγητού και τις βιομηχανίες τροφίμων. Τα τηγανισμένα τρόφιμα καταναλώνονται παγκοσμίως και έχουν σταθερή δημοτικότητα ως αποτέλεσμα των μοναδικών και εύγευστων αισθητικών χαρακτηριστικών τους.³

Υπάρχουν τρεις αναγνωρισμένες μέθοδοι τηγανίσματος: (α) τηγάνισμα σε τηγάνι (Pan-frying, Shallow frying) (β) Οικιακό τηγάνισμα σε φριτέζα (Batch Deep-frying) και (γ) συνεχές τηγάνισμα σε φριτέζα (Continuous Deep-frying).⁴

(α) Τηγάνισμα σε τηγάνι

Μια μικρή ποσότητα ελαίου ή λίπους τοποθετείται σε ένα ρηχό τηγάνι και θερμαίνεται σε θερμοκρασία τηγανίσματος. Τα τρόφιμα προστίθενται έπειτα και μαγειρεύονται με το έλαιο, που ενεργεί ως μέσο μεταφοράς θερμότητας και ως λιπαντικό. Ουσιαστικά, μέρος ή το σύνολο του ελαίου απορροφάται από τα τρόφιμα κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος, και η φυσική γεύση του τηγανισμένου ελαίου συμβάλλει στη γενική γεύση των μαγειρευμένων τροφίμων. Οι κατά περιοχές παραδοσιακές μέθοδοι μαγειρέματος, χρησιμοποιούν ιδιαίτερο για κάθε τόπο μαγειρικό λίπος, π.χ. βούτυρο (Δυτική Ευρώπη), ελαιόλαδο (Νότια Ευρώπη), φυστικέλαιο (Κίνα).⁴

(β) Οικιακό Τηγάνισμα σε φριτέζα

Αυτή η τεχνική περιλαμβάνει τη χρήση μεγαλύτερου όγκου ελαίου, έτσι ώστε να βυθίζεται η συνολική επιφάνεια των τροφίμων στο έλαιο. Μόνο ένα μικρό μέρος του ελαίου απορροφάται από το τρόφιμο, ενώ το υπόλοιπο είναι σε θέση να επαναχρησιμοποιηθεί. Η συγκεκριμένη πρακτική μπορεί να χρησιμοποιεί ραφινρισμένο έλαιο, από το οποίο έχει αφαιρεθεί το χρώμα, η οσμή, και η γεύση. Το έλαιο στην περίπτωση αυτή, επομένως, χρησιμοποιείται ως ουδέτερο μέσο μεταφοράς θερμότητας και όχι ως βελτιωτικό γεύσης.⁴

(γ) Συνεχές τηγάνισμα σε φριτέζα

Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την προσθήκη των τροφίμων στην συσκευή τηγανίσματος, στην οποία έχει προστεθεί πολύ μεγάλη ποσότητα ελαίου και χρησιμοποιείται από μικρής ή μεγάλης κλίμακας μονάδες εστίασης και βιομηχανίες τροφίμων, π.χ. στις πρώτες οι συσκευές τηγανίσματος περιέχουν μόνο μερικά λίτρα ελαίου, ενώ στις βιομηχανικές μονάδες, οι συσκευές τηγανίσματος, μπορούν να έχουν χωρητικότητα έως και ένα τόνο (1000 λίτρα) ελαίου. Είναι δυνατόν να τηγανίζουν με οποιοδήποτε τύπο ελαίου ή λίπους, το οποίο χρησιμοποιείται σε συνεχή βάση (χωρίς αντικατάσταση), και το έλαιο ή το λίπος που απορροφάται από τα τρόφιμα, αντικαθίσταται συνεχώς με φρέσκο.⁴

Σε μελέτη σύγκρισης της διατροφικής αξίας των δύο πρώτων τεχνικών, φαίνεται ότι το τηγάνισμα με ελαιόλαδο σε φριτέζα, μπορεί να είναι θρεπτικά καλύτερο από το τηγάνισμα σε τηγάνι. Ο λόγος είναι ότι υπάρχει πιθανή συνεργηστική δράση μεταξύ

των υδρόφιλων πολυφαινολών και των τοκοφερολών, που εξηγεί την πολύ καλή αντίσταση στην οξείδωση που παρατηρείται στα τηγανίσματα αυτού του τύπου. Επιπλέον, στο τηγάνισμα σε τηγάνι η τροφή, καθώς μένει μερικώς ακάλυπτη από το έλαιο, έρχεται σε επαφή με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο και έτσι επιταχύνεται η οξείδωση, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη καταστροφή των ευπαθών διατροφικών στοιχείων π.χ. βιταμίνη C.⁵

Προκειμένου να παραχθεί ένα τηγανισμένο προϊόν πολύ καλής ποιότητας, η θερμοκρασία του ελαίου πρέπει να είναι σωστή, σε απόλυτη σχέση με τη διαδικασία μαγειρέματος και το χρόνο που αυτή απαιτεί. Πρέπει δηλαδή, να είναι τέτοια, ώστε να εξασφαλίζει ότι, στο χρόνο που απαιτείται για να παρασκευαστεί το προϊόν, η πυρήνας του θα είναι επαρκώς μαγειρευμένος και συγχρόνως η στρώση της επιφάνειας δεν θα είναι υπερβολικά ψημένη. Κατά το γενικό κανόνα, τα μικρότερα κομμάτια των τροφίμων μπορούν να μαγειρευτούν σε υψηλότερη θερμοκρασία ελαίου, από τα μεγαλύτερα. Το τηγάνισμα κάτω από τις συνιστώμενες (μέτριες) θερμοκρασίες απαιτεί περισσότερο χρόνο και ταυτόχρονα αυξάνει την απορρόφηση ελαίου από τα τρόφιμα. Αντίθετα, το τηγάνισμα σε υψηλές θερμοκρασίες, μειώνει το χρόνο τηγανίσματος, αλλά, ενώ τα τρόφιμα μπορούν να φαίνονται μαγειρευμένα στο περίβλημα τους, μπορεί ακόμα και να είναι άψητα στο εσωτερικό.⁴

Τρεις διαφορετικές περιοχές της σύστασης του τροφίμου, μπορούν να προσδιοριστούν στο τηγανισμένο προϊόν: το εξωτερικό στρώμα (επίστρωμα), το ενδιάμεσο στρώμα (μεσόστρωμα) και η εσωτερική περιοχή (πυρήνας). Το εξωτερικό στρώμα, που βρίσκεται σε άμεση επαφή με το έλαιο που τηγανίζεται, είναι συνήθως τραγανό και έχει καφετί χρώμα. Στο ενδιάμεσο στρώμα, όπου το τηγανιτό έλαιο το έχει διαπεράσει μερικώς, η σύσταση μπορεί να παρουσιάζει μία ελαφρά τραγανότητα (crispness) και αλλαγή στο χρώμα. Ο βαθμός στον οποίο θα συμβούν οι παραπάνω ιδιότητες, έχει απόλυτη σχέση με την περιεκτικότητα της συσκευής (τηγάνι, φριτέζα) σε έλαιο. Όσον αφορά την εσωτερική περιοχή της τροφής, δεν υπάρχει διείσδυση του ελαίου στο χώρο αυτό, αν και η θερμοκρασία θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα τρόφιμα να έχουν μαγειρευτεί επαρκώς, ώστε να παράγεται ένα μικροβιακά ασφαλές προϊόν.⁴

Υπάρχει μια ευρεία κλίμακα υγρασίας στο τηγανισμένο τρόφιμο, η οποία μπορεί να κυμαίνεται από μηδέν (υγρασία) στο εξωτερικό επίστρώμα, έως σχεδόν το "αρχικό" επίπεδο υγρασίας, στην εσωτερική περιοχή. Αυτό ισχύει για τρόφιμα όπως οι τηγανιτές πατάτες, όπου το μέσο επίπεδο υγρασίας τους είναι 40% και η περιεκτικότητα τους σε λίπος μπορεί να είναι μεταξύ 10 και 35%. Αντίθετα για άλλα προϊόντα, η διαδικασία του τηγανίσματος μπορεί να συνεχίζεται, έως ότου παραμένει μόνο το εξωτερικό επίστρωμα, όπως συμβαίνει στα πατατάκια, όπου η περιεκτικότητα τους σε υγρασία είναι 1-3%, ενώ η περιεκτικότητα τους σε λίπος είναι 35-40%.⁶

1.2. Προσδιορισμός του χρονικού σημείου λήξης του τηγανίσματος.

Το χρονικό σημείο λήξης του τηγανίσματος, εξαρτάται από το βαθμό μαγειρέματος των τροφίμων και χαρακτηρίζεται συνήθως από το αισθητικά σωστό χρώμα, μορφή, μυρωδιά και σύσταση των ποιοτικών ιδιοτήτων. Για το σημείο λήξης του τηγανίσματος, ή το γενικό χρόνο τηγανίσματος, των τηγανισμένων τροφίμων, δύο στοιχεία είναι ουσιαστικά:

- ο σχηματισμός ελκυστικής και χαρακτηριστικής καφετί επιφάνειας, κρούστας, ωραίου αρώματος, και
- ένας ορισμένος «εσωτερικός» βαθμός μαγειρέματος, που απεικονίζεται από το εσωτερικό χρώμα, τη γεύση και τη σύσταση των τροφίμων, π.χ. τρυφερή σύσταση του πατατών.²

Η εξωτερική εμφάνιση και ο "εσωτερικός βαθμός μαγειρέματος" θα πρέπει να είναι βέλτιστα, όταν έχει ολοκληρωθεί το τηγάνισμα (Bognar A. 1998). Σύμφωνα με τον A. Bognar υπάρχουν πέντε τάξεις για την αξιολόγηση της ολοκλήρωσης της διαδικασίας του τηγανίσματος (πίνακας 1).²

Τα φυτικά έλαια χρησιμοποιούνται ευρέως κατά το τηγάνισμα. Η θερμοκρασία τηγανίσματος (170-190°C) έχει επίπτωση στη σταθερότητα και, ως εκ τούτου, στην ποιότητα των ελαίων, ιδιαίτερα κάτω από επαναλαμβανόμενη χρησιμοποίηση⁷. Διάφορες συγκριτικές μελέτες έχουν δείξει, ότι οι 190°C είναι η μέγιστη απαραίτητη

θερμοκρασία ελαίου, για τηγάνισμα σε τηγάνι και φριτέζα, ενώ κάτω από 130°C είναι ανεπαρκής.

Στάδια	βαθμός χρώματος της επιφάνειας
A	καμία αμαύρωση
B	εν μέρει σκούρα, πάρα πολύ λεπτή κρούστα
Γ	βέλτιστη αμαύρωση, χρυσό-καφετί χρώμα, όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφο
Δ	εν μέρει σκοτεινό καφετί χρώμα, ένα μικρό κομμάτι μη ομοιόμορφο, μερικά μέρη καφετί-Μαύρα
E	Καμένο, πάρα πολύ σκοτεινό καφετί προς το μαύρο-καφετί χρώμα

Πίνακας 1: Στάδια ολοκλήρωσης της διαδικασίας του τηγανίσματος σύμφωνα με το βαθμό αμαύρωσης².

Η θερμοκρασία θα πρέπει να προσαρμόζεται στο μέγεθος τροφίμων, δηλ. όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος των τροφίμων που τηγανίζονται, τόσο χαμηλότερη πρέπει να είναι η θερμοκρασία του τηγανιτού ελαίου.²

1.3. Χημικές μεταβολές κατά το τηγάνισμα

Κατά την διάρκεια του τηγανίσματος πραγματοποιούνται μια σειρά από φυσικές και χημικές αντιδράσεις (υδρόλυση, οξείδωση, πολυμερισμός) και μεταβολές (πίνακας 2) οι οποίες είναι υπεύθυνες για την οσμή και γεύση που παρουσιάζουν τα έλαια μετά από ένα ή επαναλαμβανόμενα τηγανίσματα.⁸ Τα προϊόντα που προκύπτουν από τις παραπάνω διαδικασίες είναι πτητικά και μη πτητικά μονομερή ή πολυμερή πτητικά συστατικά (σχήματα 1 και 2).

1.3.1. Υδρόλυση

Κατά το τηγάνισμά ενός τροφίμου νερό και αέρας συντελούν σε μια σειρά από αλληλοσυνδεόμενες διαδικασίες. Παρατηρείται υδρόλυση των τριγλυκεριδίων με αποτέλεσμα να παράγονται διγλυκερίδια και μονογλυκερίδια, από τα οποία θα προκύψουν τελικά ελεύθερα λιπαρά οξέα και γλυκερόλη (σχήμα 3).⁹

ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

Αύξηση:

- Λιπαρότητας
- Χρώματος
- Αφρίζουσας υφής

Μείωση:

- Σημείου καπνίσματος

ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

Αύξηση:

- Ελεύθερων λιπαρών οξέων
- Καρβονιλικών συστατικών
- Προϊόντων υψηλού μοριακού βάρους

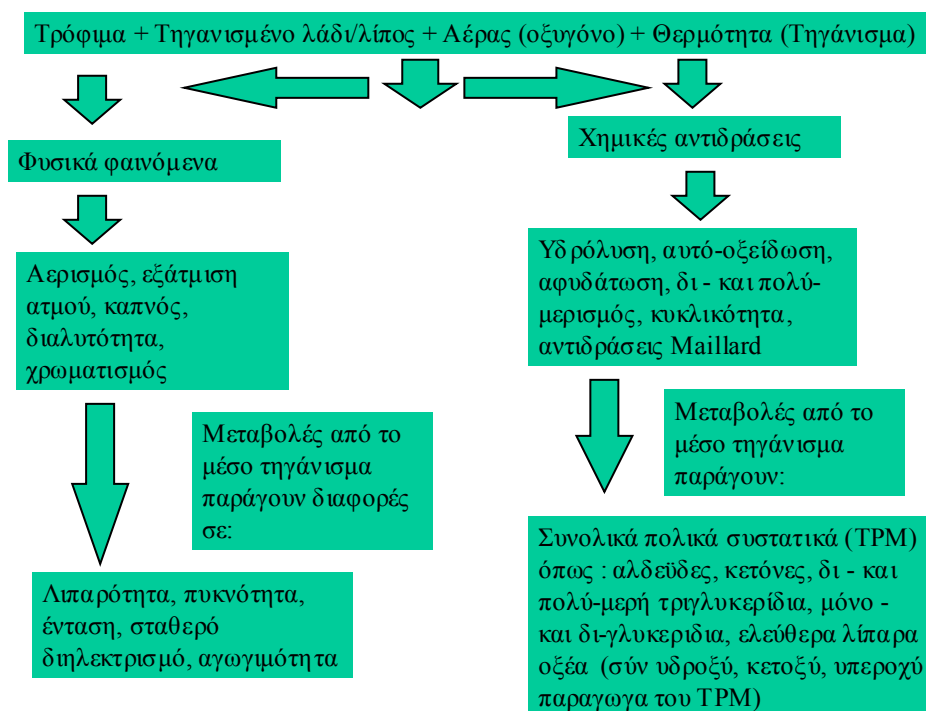
Μείωση:

- Ακορεστότητας
- Ποιότητας αρωματικών ενώσεων
- Θρεπτικής αξίας (μείωση απαραίτητων λιπαρών οξέων)

Πίνακας 2: Αποτελέσματα των φυσικών και χημικών αντιδράσεων κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος (Warner K. 1999).⁸

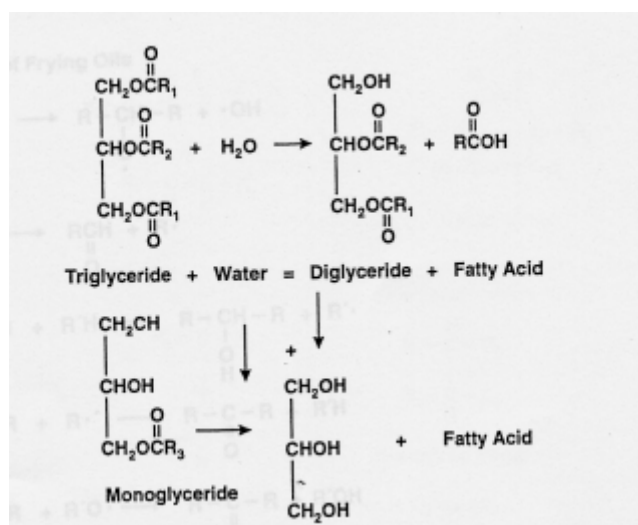


Σχήμα 1: Φυσικές και χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν κατά το τηγάνισμα (Warner K. 1999).⁸



Σχήμα 2: Πορεία φυσικών και χημικών αντιδράσεων που συμβαίνουν κατά το τηγάνισμα (Warner K. 1999).⁸

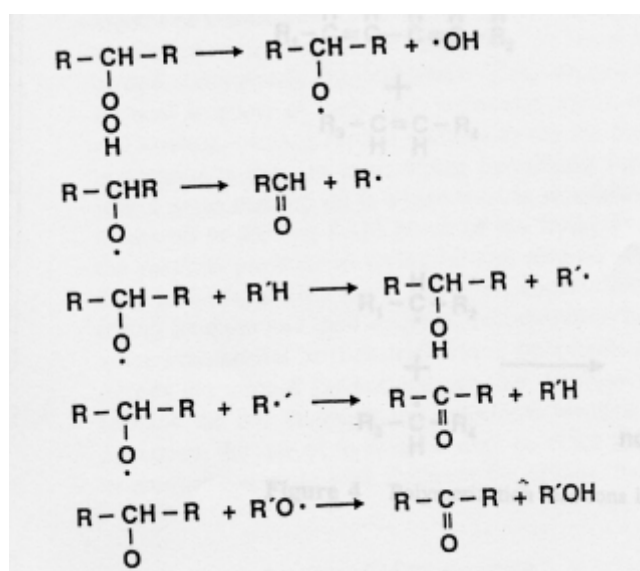
Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα είναι υπεύθυνα για την μείωση του σημείου καπνίσματος των ελαίων. Η έκταση της υδρόλυσης καθορίζεται από την θερμοκρασία του ελαίου, την επιφάνεια επαφής του ελαίου, την υδατική φάση και από την ποσότητα του νερού και του ατμού.⁸ Τα προϊόντα υδρόλυσης μειώνουν την σταθερότητα των τηγανισμένων ελαίων και κατά τον τρόπο αυτό, ελαττώνουν τη διάρκεια ζωής τους κατά πολύ.⁹



Σχήμα 3: Αντιδράσεις υδρόλυσης σε τηγανισμένα έλαια (Dobarganes et al. 2000).⁹

1.3.2. Οξείδωση

Το οξυγόνο είναι παρόν στο νωπό ελαιόλαδο και επιπρόσθετα έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του ελαίου, κατά την διάρκεια του τηγανίσματος. Είναι υπεύθυνο για τον σχηματισμό ελευθέρων ριζών, υδροϋπεροξειδίων και συζευγμένων διενοϊκών οξέων. Ο μηχανισμός οξείδωσης στα τηγανισμένα έλαια είναι ίδιος με τον μηχανισμό αυτό-οξείδωσης στους 25⁰C. Τα πρωτογενή προϊόντα οξείδωσής (υδροϋπεροξειδία) αποικοδομούνται στους 190⁰C σχηματίζοντας έτσι τα δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης (αλδεύδες και κετόνες) (σχήμα 4). Τα δευτερογενή προϊόντα είναι αυτά κυρίως που καθορίζουν τις οσμές ευχάριστες ή δυσάρεστες που προκύπτουν κατά το τηγάνισμα. Εάν τα δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης είναι ακόρεστα, τότε κατά κανόνα προκύπτουν ευχάριστες οσμές, ενώ αν είναι κορεσμένα προκύπτουν οι δυσάρεστες οσμές.⁸

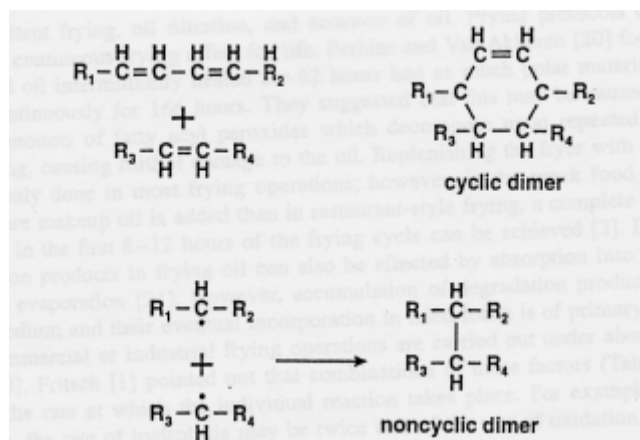


Σχήμα 4: Αντιδράσεις οξείδωσης σε τηγανισμένα έλαια (Warner K. 1999).⁸

1.3.3. Πολυμερισμός

Κατά την διάρκεια του τηγανίσματος πραγματοποιούνται μια σειρά από αντιδράσεις πολυμερισμού που οδηγούν σε μια σειρά προϊόντων υψηλού μοριακού βάρους και πολικότητας (σχήμα 5). Πολυμερή μπορούν να σχηματιστούν από ελεύθερες ρίζες ή τριγλυκερίδια προκύπτοντας από τις αντιδράσεις Diels – Alder. Κυκλικά λιπαρά οξέα είναι δυνατόν να σχηματιστούν από ένα λιπαρό οξύ, διμερή λιπαρά οξέα από δύο λιπαρά οξέα, μεταξύ του ίδιου ή δύο διαφορετικών τριγλυκεριδίων. Η παρουσία των

πολυμερών, είναι υπεύθυνη για την αύξηση του ιξώδους του ελαίου μετά από το τηγάνισμα.⁸



Σχήμα 5: Αντιδράσεις πολυμερισμού σε τηγανισμένα έλαια (Warner K. 1999).⁸

1.4. Το πρόβλημα του ακρυλαμίδιου

Στα τέλη Απριλίου του έτους 2002 εκδηλώθηκε έντονη ανησυχία στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τις Η.Π.Α, τον Καναδά και σε πολλές άλλες χώρες του πλανήτη, λόγω της δημοσιοποίησης των αποτελεσμάτων μιας έρευνας από την Σουηδία, που έδειξαν ότι σε τρόφιμα που παρασκευάζονται με θέρμανση σε υψηλές θερμοκρασίες (τηγάνισμα και ψήσιμο στην σχάρα) από ορισμένες αμυλούχες πρώτες ύλες, προσδιορίζεται ακρυλαμίδιο σε ανησυχητικές συγκεντρώσεις. Το ακρυλαμίδιο ($CH_2=CHCONH_2$) είναι μια νευροτοξική χημική ένωση, η οποία θεωρείται ύποπτη πρόκλησης καρκίνου στον άνθρωπο. Τα μέχρι σήμερα δεδομένα για τα επίπεδα του ακρυλαμίδιου στα τρόφιμα δεν επιτρέπουν μια ακριβή αξιολόγηση του κινδύνου από την πρόσληψη του με την τροφή, επειδή ενώ η ένωση αυτή προκαλεί καρκίνο σε πειραματόζωα, δεν είναι βέβαιο εάν συμβαίνει το ίδιο και στον άνθρωπο.¹⁰

Τα επίπεδα του ακρυλαμίδιου φάνηκε ότι:

- Είναι υψηλά όταν η πρώτη ύλη είναι πλούσια σε σάκχαρα και όχι μόνο σε άμυλο, μειώνονται κατά 50 έως 55% όταν προηγηθεί άτμιση ή βρασμός της πρώτης ύλης (πατάτα) πριν από το τηγάνισμα.

- Αυξάνονται σημαντικά όταν η θερμοκρασία είναι υψηλότερη από 175°C, ιδίως όταν αυξάνεται η διάρκεια του τηγανίσματος. Αυξάνονται μέχρι και δέκα φορές όταν το τηγάνισμα γίνεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες.
- Είναι μέχρι και εκατό φορές υψηλότερα, όταν η αύξηση του χρόνου έκθεσης στις υψηλές θερμοκρασίες έχει ως συνέπεια την ποσοτική απομάκρυνση του νερού.¹⁰

Τα κύρια συμπεράσματα από την ανωτέρω έρευνα ήταν τα εξής:

- Η παρασκευή τροφίμων με θέρμανση σε συνθήκες ψησίματος ή τηγανίσματος έχει ως συνέπεια τον σχηματισμό ακρυλαμιδίου.
- Τα επίπεδα του ακρυλαμιδίου στα τηγανισμένα τρόφιμα που παρασκευάζονται με χρησιμοποίηση πλούσιων σε υδατάνθρακες πρώτων υλών, μπορεί να είναι από δέκα έως εκατό φορές υψηλότερα αυτών στα τηγανισμένα τρόφιμα που παρασκευάζονται με τη χρησιμοποίηση πλούσιων σε πρωτεΐνες πρώτων υλών.
- Η θερμοκρασία του σχηματισμού ή της αποικοδόμησης του ακρυλαμιδίου έχει άμεση σχέση με το μέσο στο οποίο γίνεται η θέρμανση της πρώτης ύλης (νερό ή ατμός, λιπαρή ύλη, αέρα).¹⁰

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΔΡΑΣΗ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΔΡΑΣΗ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ

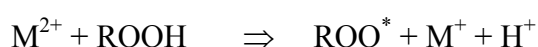
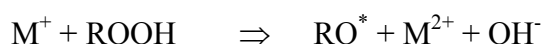
2.1 Χημεία φυσικών αντιοξειδωτικών

Ως αντιοξειδωτικά χαρακτηρίζονται οι ουσίες εκείνες που εμποδίζουν τις αντιδράσεις των ελευθέρων ριζών, προστατεύοντας έτσι τον οργανισμό από την επιβλαβή δράση των τελευταίων.¹¹ Σύμφωνα με την υπόθεση των ελευθέρων ριζών, οι σχετιζόμενες με την ηλικία αλλαγές συμβαίνουν ως αποτέλεσμα της αδυναμίας του οργανισμού να αντεπεξέλθει στο οξειδωτικό στρες, που δημιουργείται κατά τη διάρκεια της ζωής. Ως οξειδωτικό στρες ορίζεται η ανισορροπία μεταξύ οξειδωτικών και αντιοξειδωτικών ουσιών σε βάρος των δεύτερων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προκαλούνται οξειδωτικές βλάβες σε μόρια όπως το DNA, λιπίδια και πρωτεΐνες. Επίσης, στην επι μακράν προσβολή ενός οργάνου από τις ελεύθερες ρίζες, το οποίο είναι ήδη ευαίσθητο στο οξειδωτικό στρες, παρατηρούνται οργανικές δυσλειτουργίες. Είναι γνωστό ότι οι ελεύθερες ρίζες μπορεί να αυξηθούν από εξωμεταβολικές (π.χ. μόλυνση, ακτινοβολία, τοξίνες κ.τ.λ.) ή ενδομεταβολικές πηγές. Από τις πιο σημαντικές βιολογικές πηγές ελευθέρων ριζών, είναι αυτές που οδηγούν στη δημιουργία (O_2^-) από μεταφορά ηλεκτρονίων στις μιτοχονδριακές μεμβράνες. Για τη μετατροπή του οξυγόνου σε νερό αποκλείεται μεταφορά ηλεκτρονίων. Κατά τις αντιδράσεις αυτές παράγονται (HO_2) (υδροπεροξυλική ρίζα), (H_2O_2) (υπεροξείδιο του υδρογόνου) και (OH^*) (ρίζα υδροξυλίου) που είναι το πιο δραστικό προ-οξειδωτικό. Άλλες κυτταρικές πηγές ελευθέρων ριζών είναι το ηπατικό μικρόσωμα και οι πυρηνικές μεμβράνες οι οποίες περιέχουν συστήματα μεταφοράς ηλεκτρονίων, που μπορούν να παράγουν ελεύθερες ρίζες.¹²

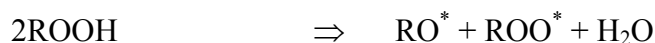
2.2. Μηχανισμός δράσης ελευθέρων ριζών

Ως ελεύθερη ρίζα ορίζεται κάθε είδος ατόμου ή χημικής ένωσης που έχει την ικανότητα ανεξάρτητης ("ελεύθερης") ύπαρξης και μπορεί να περιέχει ένα ή και περισσότερα ασύζευκτα ηλεκτρόνια. Οι περισσότερες ελεύθερες ρίζες, είναι ασταθείς ενώσεις, οι οποίες οξειδώνουν ένα συγκεκριμένο μόριο στόχο, κυρίως μακρομόριο. Ο μηχανισμός δράσης των ελευθέρων ριζών στηρίζεται στην ακόλουθη αρχή: Πρώτα, δημιουργείται με κάποιο τρόπο η ελεύθερη ρίζα που αποτελεί ισχυρό οξειδωτικό

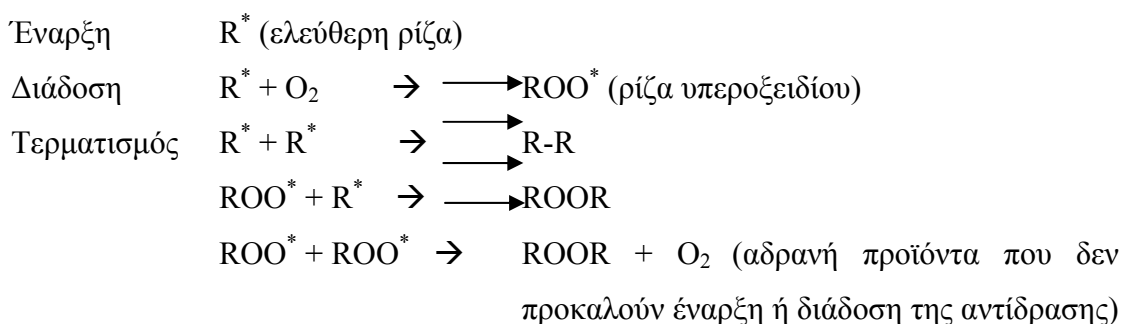
παράγοντα (έναρξη). Η προέλευση των ριζών που στη συνέχεια προκαλούν τις αλυσιδωτές αντιδράσεις αποτελεί έναν από τους πιο ενδιαφέροντες τομείς έρευνας. Η δημιουργία ελευθέρων ριζών πιθανόν να οφείλεται και σε μοριακό μηχανισμό από το οξυγόνο απλής διεγερμένης κατάστασης (singlet oxygen). Το τελευταίο σχηματίζεται με τη βοήθεια του φωτός παρουσία ενός φωτοευαίσθητοποιητή π.χ. χλωροφύλλης. Κατά τη μετάπτωση του οξυγόνου στην απλή διεγερμένη κατάσταση σχηματίζονται υδροϋπεροξειδία και συνεχίζεται η αντίδραση με το μηχανισμό των ελευθέρων ριζών. Επίσης, κάποια μέταλλα όπως ο σίδηρος και ο χαλκός προκαλούν το σχηματισμό νέων ριζών κι έτσι δρουν ως προοξειδωτικά.



Η συνολική αντίδραση είναι:



Από την αντίδραση των ελευθέρων ριζών με μη ριζικά μόρια προκύπτουν νέες ελεύθερες ρίζες (διάδοση). Έτσι, με αυτόν τον τρόπο οι αντιδράσεις των ελευθέρων ριζών τείνουν να είναι αλυσιδωτές αναγεννώντας συνεχώς νέα άτομα ή ενώσεις με ασύζευκτα ηλεκτρόνια. Η αντίδραση θα σταματήσει όταν όλες οι ελεύθερες ρίζες αντιδράσουν προς προϊόντα που δεν παρέχουν πλέον νέες ελεύθερες ρίζες. Η αλληλουχία των αντιδράσεων μπορεί να παρασταθεί σχηματικώς ως εξής:



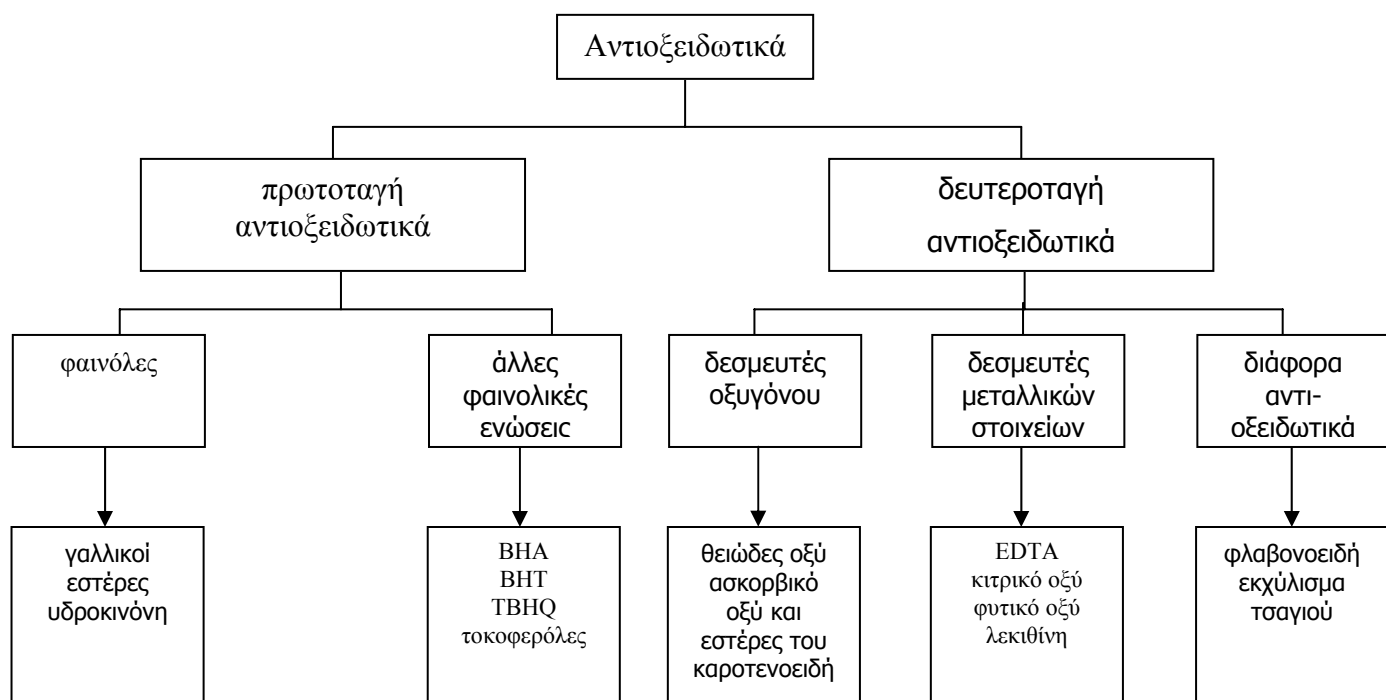
Με βάση τον ανωτέρω μηχανισμό πιστεύεται ότι επιτελείται η αυτοοξείδωση των λιπών και των ελαίων, δηλαδή η αντίδρασή τους με το οξυγόνο.^{13,14}

2.3. Αντιοξειδωτικά

Μια συνήθης μέθοδος που χρησιμοποιείται για την επιβράδυνση της οξείδωσης των λιπών που περιέχονται στα λιπαρά τρόφιμα, είναι η προσθήκη αντιοξειδωτικών. Τα αντιοξειδωτικά είναι ουσίες που χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση των τροφίμων, προστατεύοντας τα από τη φθορά, την τάγγιση ή τον αποχρωματισμό που μπορεί να λάβει χώρα κατά την οξείδωση (σχήμα 6). Τα αντιοξειδωτικά δεν μπορούν να αντιστρέψουν την οξείδωση των ήδη ταγγισμένων ελαίων, ούτε είναι αποτελεσματικά έναντι της υδρολυτικής τάγγισης, δηλαδή της ενζυματικά καταλυμένης υδρόλυσης των λιπαρών ουσιών.¹³

Ένα αντιοξειδωτικό πρέπει να συνδυάζει τις εξής ιδιότητες:

- Να είναι αποτελεσματικό σε πολύ μικρή περιεκτικότητα.
- Να μην έχει καμία βλαβερή επίδραση στην υγεία του ανθρώπου.
- Να μην προσδίδει στο τρόφιμο δυσάρεστη οσμή και γεύση.
- Να είναι έστω και ελάχιστα λιποδιαλυτό.
- Να είναι όσο γίνεται σταθερό στα διάφορα στάδια επεξεργασίας του τροφίμου.¹³



Σχήμα 6: Κατάταξη των αντιοξειδωτικών.¹¹

2.4. Μηχανισμοί δράσης αντιοξειδωτικών ουσιών

2.4.1. Πρωτοταγή αντιοξειδωτικά

Τα πρωτοταγή αντιοξειδωτικά διακόπτουν τις αντιδράσεις διάδοσης των ελευθέρων ριζών παρέχοντας άτομα υδρογόνου στις ελεύθερες ρίζες. Σ' αυτή την κατηγορία εντάσσονται φαινολικές ενώσεις όπως BHA (βουτυλιωμένη υδροξυανισόλη), BHT (βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο), TBHQ (δι-τριπ.-βούτυλο-υδροκινόνη), PG (προπυλικός εστέρας γαλλικού οξέος), τοκοφερόλες, καφεϊκό οξύ, καρνοσόλη, ροσμαρινικό οξύ κ.ά. Οι τοκοφερόλες ανήκουν στα φυσικά αντιοξειδωτικά. Τέσσερα ομόλογα είναι γνωστά – η α, β, γ και δ-τοκοφερόλη – που η αντιοξειδωτική τους ικανότητα αυξάνεται από το α-ομόλογο προς το δ, εν αντιθέσει με τη βιταμινική τους δράση που ελαττώνεται κατά την ίδια σειρά. Οι τοκοφερόλες δρουν ως βιολογικά αντιοξειδωτικά, δηλαδή προστατεύουν βιολογικά συστήματα όπως κύτταρα ή όργανα από βλάβες οι οποίες προκαλούνται από την έκθεση τους σε συνθήκες αυξημένου οξειδωτικού στρες.¹⁵ Όσον αφορά στα φαινολικά αντιοξειδωτικά αυτά εμφανίζουν αυξημένη δράση όταν χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό. Το φαινόμενο αυτό λέγεται συνέργια ή συνεργισμός.¹³

2.4.2. Δευτεροταγή αντιοξειδωτικά

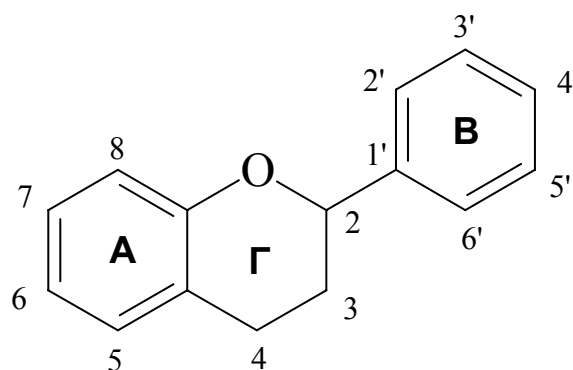
Σ' αυτή την κατηγορία εντάσσονται ενώσεις που χαρακτηρίζονται ως αντιοξειδωτικά με την ευρύτερη έννοια του όρου. Τα δευτεροταγή αντιοξειδωτικά μπορεί να δρουν ως δεσμευτές οξυγόνου, δηλαδή αντιδρούν με το οξυγόνο και ελαττώνουν τη συγκέντρωση του σε ένα κλειστό σύστημα. Σ' αυτή την κατηγορία εντάσσονται το ασκορβικό οξύ και οι εστέρες του καθώς και τοθειώδες οξύ και τα άλατά του αλλά και τα καροτενοειδή. Το ασκορβικό οξύ ως αναγωγικό μέσο μεταφέρει άτομα υδρογόνου στις κινόνες που σχηματίζονται κατά την ενζυμική αμαύρωση φαινολικών ουσιών και αυτό παρέχει μια προστασία στις πρόσφατα κομμένες επιφάνειες των φρούτων και λαχανικών. Επίσης, το ασκορβικό οξύ πιστεύεται ότι με τη μορφή εστέρων με λιπαρά οξέα αναγεννά τα φαινολικά αντιοξειδωτικά παρέχοντας υδρογόνο στις φαινοξυ ρίζες (A^*) κι έτσι έχει μια έμμεση αντιοξειδωτική δράση. Τοθειώδες οξύ και τα άλατά του αντιδρούν εύκολα με το οξυγόνο και παρέχουν μια σχετική προστασία στα αποξηραμένα φρούτα και λαχανικά. Τα καροτενοειδή δρουν καταστέλλοντας το οξυγόνο απλής διεγερμένης κατάστασης (singlet oxygen) δηλαδή δρουν ως αποσβέστες διεγερμένου οξυγόνου.¹⁶ Ένας άλλος μηχανισμός δράσης των

δευτερογενών αντιοξειδωτικών είναι η δέσμευση μετάλλων τα οποία με μεταφορά ηλεκτρονίου δημιουργούν ελεύθερες ρίζες. Σ' αυτή την κατηγορία εντάσσονται οξέα ή παράγωγά τους που σχηματίζουν χημικές ενώσεις όπως EDTA, κιτρικό οξύ, φυτικό οξύ, λεκιθίνη. Το EDTA και το κιτρικό οξύ σχηματίζουν χημικές ενώσεις με τα μέταλλα, κυρίως το σίδηρο και το χαλκό, τα οποία προκαλούν τη δημιουργία ελευθέρων ριζών όπως έχει ήδη αναφερθεί.¹⁶

2.5. Ενώσεις με ποικίλη αντιοξειδωτική δράση

Μια κατηγορία ενώσεων με ποικίλη αντιοξειδωτική δράση είναι τα φλαβονοειδή. Τα φλαβονοειδή αποτελούν φαινολικά συστατικά των φυτών. Έχει αναφερθεί ότι εμποδίζουν την υπεροξείδωση των λιπών, δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες και το ενεργό οξυγόνο, δεσμεύουν ιόντα σιδήρου και απενεργοποιούν την λιποξυγενάση. Η βασική δομή των φλαβονοειδών φαίνεται στο σχήμα 7.

Μια άλλη κατηγορία ενώσεων είναι οι ταννίνες οι οποίες περιλαμβάνουν τις κατεχίνες, τις λευκοανθοκυανίνες και ορισμένα υδροξυοξέα. Η κατεχίνη και η κουερσετίνη έχουν υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα και χρησιμοποιούνται για να σταθεροποιούν το λαρδί.¹³



Σχήμα 7: Βασική δομή φλαβονοειδών.¹⁶

2.6. Άλλοι παρεμποδιστές οξείδωσης λιπιδίων

Υπάρχουν ορισμένα ένζυμα που απομακρύνουν τα ενεργά είδη οξυγόνου κι έτσι παρεμποδίζουν την οξείδωση των λιπιδίων. Εδώ ανήκουν η δισμουτάση σουπεροξειδίου, η υπεροξειδάση γλουταθειόνης, η οξειδάση γλυκόζης και η καταλάση. Μια άλλη κατηγορία παρεμποδιστών είναι η μεθυλοσιλικόνη και οι

στερόλες με αιθυλιδενική πλευρική αλυσίδα οι οποίες εμποδίζουν τον οξειδωτικό πολυμερισμό σε θερμαινόμενα έλαια. Εδώ εντάσσονται τα πολυδιμεθυλοσιλοξάνιο και η Δ^5 -αβεναστερόλη – κιτροσταδιενόλη. Τέλος, υπάρχουν αντιοξειδωτικά με πολλαπλή ή μη πλήρως γνωστή δράση που παρεμποδίζουν την οξείδωση των λιπιδίων όπως είναι τα φωσφολιπίδια και τα προϊόντα των αντιδράσεων Maillard.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ
ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

3.1. Ιστορικά στοιχεία και ορισμοί

Το ελαιόλαδο (εικόνα 1) αποτελεί ένα πολύ σημαντικό προϊόν για τις μεσογειακές χώρες, εδώ και αιώνες. Στην Ελλάδα μόνο το 1986 η κατανάλωση παρθένου ελαιολάδου ήταν ~200.000 τόνοι και των υπόλοιπων ελαιολάδων 30.000 τόνοι.¹⁷ Πολύ λίγα πράγματα έχουν απασχολήσει το πνεύμα και τις αισθήσεις του πολιτισμένου κόσμου, όσο η ελιά και το έλαιο της. Το ελαιόλαδο κατέχει ιερή θέση στα άχραντα μυστήρια ποικίλων θρησκειών, από το βάπτισμα μέχρι τα καντήλια και τους παραδοσιακούς ναούς που βρίσκονται στην περιοχή της Μεσογείου. Ωστόσο, πουθενά δεν είναι η κληρονομιά της ελιάς περισσότερο συνυφασμένη με τη μυθολογία και τις καθημερινές ζωές ενός πληθυσμού, όσο στην Ελλάδα, όπου η ολοκληρωμένη καλλιέργεια της πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά πριν από 4000 περίπου χρόνια



Εικόνα 1: Το ελαιόλαδο

Το ελαιόλαδο παράγεται από τον καρπό του δέντρου *Olea europaea*, που καλλιεργείται ευρέως στις χώρες γύρω από τη Μεσόγειο, ειδικά στην Ισπανία, στην Ιταλία και στην Ελλάδα.¹⁸ Το ελαιόλαδο σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου (ΙΟΟC) και την ΕΟΚ, χωρίζεται στις παρακάτω κατηγορίες:¹⁹

1. παρθένο ελαιόλαδο (virgin olive oil)
- ραφινρισμένο ελαιόλαδο (refined olive oil)
- ελαιόλαδο (olive oil)
- ακατέργαστο πυρηνέλαιο (crude oil – pomace oil)
- εξευγενισμένο πυρηνέλαιο
- πυρηνέλαιο

Στους διάφορους τύπους ελαιολάδου, διαχωρίζεται από την ελαιοζύμη το προϊόν ολικής άλεσης του ελαιοκάρπου, με φυσικές μεθόδους, όπως φυγοκέντρωση, πίεση και αποστάλλαξη. Ο πλακούντας που απομένει μετά την πίεση ή τη φυγοκέντρωση της ελαιοζύμης αποτελεί την ελαιοπυρήνη, η εκχύλιση της οποίας με οργανικούς διαλύτες παράγει το πυρηνέλαιο. Το παρθένο ελαιόλαδο δεν υποβάλλεται σε κανενός είδους εξευγενισμό, σε αντίθεση με τα άλλα είδη ελαιολάδου.²⁰

Έτσι, παρθένο είναι το ελαιόλαδο που λαμβάνεται αποκλειστικά με μηχανική και οπωσδήποτε φυσική επεξεργασία του ελαιοκάρπου.²¹ Στο εμπόριο διατίθεται σε πέντε ποιότητες, 1^η, 2^η, 3^η, 4^η και 5^η με επιτρεπόμενες οξύτητες (εκφρασμένες ως % ελαϊκό οξύ w/w) 1, 2, 3, 4 και 5 αντίστοιχα.²²

3.2. Σύσταση ελαιολάδου

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η "Μεσογειακή διαίτα" συνδέεται με χαμηλή συχνότητα στεφανιαίων καρδιακών παθήσεων.^{23,24} Αυτή η διαίτα είναι πλούσια σε φρούτα, λαχανικά, δημητριακούς καρπούς και έλαια προερχόμενα από φυτά, όπως το ελαιόλαδο. Αν και τα προστατευτικά αποτελέσματα αυτής της διαίτας, είναι πιθανόν, ότι εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, επιδημιολογικές μελέτες έχουν τονίσει τη σημασία της κατανάλωσης διαιτητικών λιπών με υψηλή αναλογία μονοακορέστων λιπών προς κορεσμένα.²⁵⁻²⁷

Το ελαιόλαδο, αποτελεί πλούσια πηγή ελαϊκού οξέος, το οποίο εξαιτίας της μονοακορεστότητας του, θεωρείται πολύτιμο για την υγεία, αφού συνδέεται με τη μείωση του κινδύνου ανάπτυξης αθηροσκληρωτικών ασθενειών και στεφανιαίας νόσου.²⁸

Η σύνθεση των λιπαρών οξέων του ελαιολάδου (πίνακας 3) διαφέρει από δείγμα σε δείγμα στη ζώνη παραγωγής ελαιολάδου. Το γεωγραφικό πλάτος, το κλίμα, η ποικιλία και ο βαθμός ωριμότητας του καρπού κατά τη συλλογή επηρεάζει τη σύνθεση του, σε λιπαρά οξέα. Ενώ θεωρητικά θα αναμενόταν ότι πάνω από 70 διαφορετικά τριγλυκερίδια απαντώνται στο ελαιόλαδο, στην πραγματικότητα ο αριθμός τους είναι πολύ μικρότερος, αφού ορισμένα απουσιάζουν κι άλλα βρίσκονται σε ασήμαντες ποσότητες.²⁹

Τα τριγλυκερίδια με τρία κορεσμένα λιπαρά οξέα δεν υφίστανται στο ελαιόλαδο, επειδή είναι στέρεα και η διακίνηση τους διαμέσου των ιστών είναι δύσκολη ή αδύνατη.²⁰ Συγκεκριμένα, η τριστεατίνη (SSS) δεν συναντάται στο ελαιόλαδο, ενώ η τριπαλμιτίνη (PPP) βρίσκεται σε ποσοστό μικρότερο του 0.1%²⁹. Τα κυριότερα τριγλυκερίδια του ελαιολάδου είναι μονό-, δι- και τριακόρεστα: η τριελαΐνη OOO (40-59%), η παλμιτυλοδιελαΐνη POO (12-20%), η διελαϋλολινολεΐνη OOL (12.5-20%), η παλμιτυλοελαϋλολινολεΐνη POL (5.5-7%) και η στεατοδιελαΐνη SOO (3-7%).³⁰

Λιπαρό οξύ και χημικός τύπος	Ελαιόλαδο
λαυρικό οξύ $C_{11}H_{23}COOH$	-
μυριστικό οξύ $C_{13}H_{27}COOH$	<0.1
παλμιτικό οξύ $C_{15}H_{31}COOH$	7.5-20
παλμιτελαϊκό οξύ $C_{15}H_{29}COOH$	0.3-3.5
δεκαεπτανοϊκό οξύ $C_{16}H_{33}COOH$	<0.5
δεκαεπτανοϊκό οξύ $C_{16}H_{31}COOH$	<0.6
στεατικό οξύ $C_{17}H_{35}COOH$	0.5-5
ελαϊκό οξύ $C_{17}H_{33}COOH$	55-83
λινελαϊκό οξύ $C_{17}H_{31}COOH$	3.5-21
λινολενικό οξύ $C_{17}H_{29}COOH$	<1.5
αραχιδικό οξύ $C_{19}H_{39}COOH$	<0.8
βεχενικό οξύ $C_{21}H_{43}COOH$	<0.2
ερουϊκό οξύ $C_{21}H_{41}COOH$	-
ληγνοκηρικό οξύ $C_{23}H_{47}COOH$	<1.0
$C_{23}H_{45}COOH$	-
* Τα στοιχεία προέρχονται από τον κώδικα κριτηρίων (Codex Standard 22, 1981] και τον Kirck (1991]	

Πίνακας 3: Τύπος λιπαρών οξέων του ελαιολάδου.³⁰

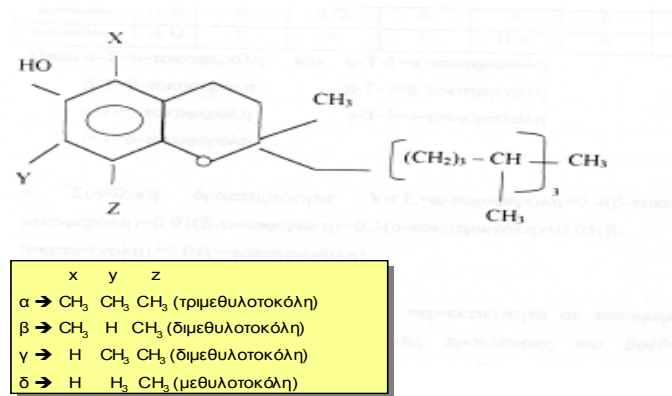
3.3. Επιπτώσεις στην υγεία των μικροσυστατικών του ελαιολάδου

Το ελαιόλαδο χαρακτηρίζεται από λεπτή και μοναδική γεύση. Η εξαιρετική γεύση και το άρωμα του οφείλονται σε ποικίλα συστατικά, που είναι παρόντα σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Ενώ το σημαντικότερο μέρος (> 95%) του ελαιολάδου αποτελείται από λιπαρά οξέα που δεσμεύονται στη γλυκερόλη, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός συστατικών, που είναι παρόντα μόνο σε μικρές ποσότητες (μικροσυστατικά του ελαιολάδου). Ωστόσο, αυτά τα μικροσυστατικά είναι μεγάλης σπουδαιότητας και συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στη βελτίωση της σταθερότητας του ελαιολάδου, στη μοναδική γεύση του και είναι άκρως ευεργετικά στην ανθρώπινη υγεία.³¹ Με τον όρο μικροσυστατικά συστατικά του ελαιολάδου εννοούνται οι τοκοφερόλες, οι φαινολικές και αρωματικές ενώσεις, οι υδρογονάνθρακες, και οι στερόλες. Παρακάτω θα αναλυθούν οι σημαντικότερες ενώσεις όλων αυτών των ομάδων, τόσο για τη συμβολή τους στη σταθερότητα και στη γεύση του ελαιολάδου, αλλά και για τις επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία.

3.4. Μικροσυστατικά του ελαιολάδου

3.4.1. Τοκοφερόλες

Η βιταμίνη Ε με μητρική ένωση την τοκόλη συνίσταται από δύο σειρές ενώσεων: τις τοκοφερόλες και τις τοκοτριενόλες. Οι τοκοφερόλες χωρίζονται στην α-τοκοφερόλη, τη β-τοκοφερόλη, τη γ-τοκοφερόλη, και τη δ-τοκοφερόλη, ενώ οι τοκοτριενόλες διακρίνονται στις α-, β-, γ- και δ- τοκοτριενόλη (σχήμα 8).



Σχήμα 8: α-, β-, γ- και δ- τοκοφερόλες

Η ολική βιολογική δράση της βιταμίνης Ε οφείλεται κυρίως στην παρουσία της α-τοκοφερόλης. Η α-τοκοφερόλη με δεδομένο ότι ασκεί τη μέγιστη βιολογική δραστηριότητα, αποτελεί και σημείο αναφοράς για τη δράση των άλλων μορφών βιταμίνης Ε. Έτσι, η β-τοκοφερόλη αντιστοιχεί βιολογικά στο 40% της α-τοκοφερόλης, η α-τοκοτριενόλη περίπου στο 30%, η γ-τοκοφερόλη στο 10% και οι άλλες μορφές περίπου στο 5% ή λιγότερο.^{32,33} Σύμφωνα με τις συνιστώμενες, αναθεωρημένες το 2001 διαιτητικές προσλήψεις (DRI), οι ενήλικες θα πρέπει να λαμβάνουν 15 mg βιταμίνης Ε (ή α- τοκοφερόλης) ημερησίως.³⁴

Το ελαιόλαδο περιέχει α-τοκοφερόλη (πίνακας 4), δηλαδή την πιο σημαντική δραστική μορφή της βιταμίνης Ε (το 95% του συνόλου της βιταμίνης Ε), ενώ οι άλλες τοκοφερόλες (β και γ) είναι μόνο παρούσες σε πολύ μικρές ποσότητες (ίχνη).³⁵⁻³⁷

Έλαιο	α-T	Β-Tα	γ-Tα	δ-Tα	α-T-3	β-T-3	γ-T-3	δράσ η Vit.E
-------	-----	------	------	------	-------	-------	-------	--------------------

Ελαιόλαδο	11.92	0	0.72	0	0	0	0	11.99
-----------	-------	---	------	---	---	---	---	-------

Όπου α-T=α-τοκοφερόλη καν α-T-3=α-τοκοτριενόλη

β-T=β-τοκοφερόλη β-T-3=β-τοκοτριενόλη

γ-T=γ-τοκοφερόλη γ-T-3=γ-τοκοτριενόλη

δ-T=δ-τοκοφερόλη

Πίνακας 4: Περιεκτικότητα σε βιταμίνη E του ελαιολάδου (σε mg/100g ελαίου). Συνολική δραστηριότητα βιταμίνης E= α-τοκοφερόλη+0.4 (β-τοκοφερόλη) + 0.1 (γ-τοκοφερόλη) + 0.01 (δ-τοκοφερόλη) + 0.3 (α-τοκοτριενόλη) + 0.05 (β-τοκοτριενόλη) + 0.01 (γ-τοκοτριενόλη).³³

Οι ποσότητες α-τοκοφερόλης που περιέχονται στο ελαιόλαδο ποικίλλουν από 1,2 έως 43 mg/100g.^{29,32,35-37} Οι Psomiadou E et al, αναφέρουν ότι κατά μέσον όρο, το ποσό που είναι παρόν στο ελαιόλαδο είναι περίπου 12 έως 25 mg/100g.³⁷ Άλλοι βρήκαν ακόμα πιο υψηλές τιμές: 24 έως 43 mg/100g.³⁶ Σε μία Ελληνική μελέτη εξετάστηκε η περιεκτικότητα σε τοκοφερόλες διαφόρων τύπων ελαιολάδων: παρθένου, καθαρού, κατάλοιπων και ραφινρισμένου, ελληνικής προέλευσης από διάφορες περιοχές, και βρέθηκαν τιμές 11.3, 8.1, 15.6 και 3.7 mg/100g, αντίστοιχα, για την περιεκτικότητα σε α-τοκοφερόλη.¹⁷ Στην ίδια μελέτη η περιεκτικότητα σε γ-τοκοφερόλη για το παρθένο ελαιόλαδο ήταν 1.7 mg/100g. Παρατηρήθηκε επίσης, ότι το παρθένο ελαιόλαδο διαφορετικών τοποθεσιών της χώρας παρουσίαζε ευρεία διακύμανση όσον αφορά την περιεκτικότητα σε α-τοκοφερόλη (πίνακας 5), γεγονός που, κατά τους συγγραφείς, οφειλόταν στις διαφορετικές ποικιλίες ελαιοδέντρων ή/και στις περιβαλλοντικές συνθήκες.¹⁷ Γενικά, οι διαφορές στην περιεκτικότητα σε βιταμίνη E είναι συχνές, ακόμη και σε έλαια ιδίου τύπου, όταν αυτά είναι διαφορετικής προέλευσης ή παραγωγής ή ποικιλίας.

Ελιάς	mg kg ⁻¹			mg g ⁻¹	
	Προέλευση	α-T	γ-T	α-T _{eq} ^b	α-T _{eq} / PUFA
Παρθένο	Λασιόθι	108	Ήχνος	108	1,80
Παρθένο	Μεσσηνία	107	15	108	1,55
Παρθένο	Λάρισα	142	Ήχνος	142	1,89
Παρθένο	Άρτα	126	20	128	1,71
Παρθένο	Χαλκιδική	81	17	82	0,97

Πίνακας 5. Αναλογία τοκοφερόλης (α-T και γ-T) σε συγκεκριμένους τύπους Ελληνικών ελαιολάδων (Andrikopoulos NK et al. 1989).¹⁷

Προφανώς, το ποσό της α-τοκοφερόλης που είναι παρόν στο έλαιο της ελιάς εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Αν και το επιστημονικό υλικό που εξετάζει αυτό το ζήτημα είναι περιορισμένο, φαίνεται ότι η ποικιλία, η ωριμότητα των καρπών, καθώς επίσης οι συνθήκες και η διάρκεια της αποθήκευσης, είναι ιδιαίτερα σημαντικές παράμετροι.

Παρόλο που το ελαιόλαδο, όπως έχει αναφερθεί, έχει τη μικρότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνη E, σε σχέση με τα υπόλοιπα φυτικά έλαια, ωστόσο, διαθέτει τον υψηλότερο βιολογικό δείκτη.³² Με τον όρο "βιολογικός δείκτης" εννοείται ο λόγος της βιταμίνης E προς τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και ο οποίος επηρεάζεται από τα συστατικά της διατροφής.

3.4.1.1. Η σημασία των Τοκοφερολών του ελαιολάδου στην ανθρώπινη υγεία

Η βιταμίνη E αποτελεί σημαντική φυσική αντιοξειδωτική ουσία των ελαίων, αφού αναστέλλει την οξείδωση των λιπαρών ουσιών τους (τριγλυκερίδια). Ο μηχανισμός της οξείδωσης (ή τάγγισμα) ενεργοποιείται όταν κάποιο οξειδωτικό μέσο (πχ. θέρμανση, φως) προσβάλλει ένα έλαιο και τότε οξειδώνεται πρώτα η πλευρική

αλυσίδα ατόμων C των τοκοφερολίων.²¹ Έτσι, η βιταμίνη E, όπως και άλλα φυσικά αντιοξειδωτικά, προστατεύουν το ελαιόλαδο από την υπεροξειδωση και από το μηχανισμό διάδοσης των ελευθέρων ριζών.^{20,33}

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, στον ανθρώπινο οργανισμό αναπτύσσονται ελεύθερες ρίζες (free radicals) στα πλαίσια της μεταβολικής διαδικασίας, οι οποίες αν βρεθούν σε υψηλή συγκέντρωση μπορούν να προκαλέσουν χρόνιες ασθένειες. Η οξειδωτικές βλάβες θεωρείται ότι διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη στεφανιαίων καρδιακών νοσημάτων (CHD) και καρκίνου.³⁸ Αντίθετα, η θεωρία ότι οι αντιοξειδωτικές ουσίες μπορούν να προστατεύσουν από τους οξειδωτικούς κινδύνους και ιδιαίτερα από την οξείδωση των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (LDL), έχει κερδίσει έδαφος, μέσω αυξανόμενων ενδείξεων τα τελευταία χρόνια.

Από τη δεκαετία του '80 διάφορες επιδημιολογικές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί για να αξιολογήσουν τη σχέση μεταξύ της χορήγησης βιταμίνης E και των καρδιαγγειακών παθήσεων. Οι Carmena et al.³⁹ εξέτασαν την επίδραση του ελαιόλαδου στη λιποπρωτεΐνη χαμηλής πυκνότητας (LDL), της οποίας οι αυξημένες συγκεντρώσεις σχετίζονται με τη στεφανιαία νόσο και παρατηρήθηκε ότι η βιταμίνη E, παρουσιάζει σημαντική αντιοξειδωτική δράση, γεγονός που επιβεβαιώθηκε και από δύο μελέτες των Choudhury et al. το 1995⁴⁰ και το 1997.⁴¹

Στην κλινική πράξη, οι μελέτες χρησιμοποίησαν υψηλές δόσεις βιταμίνης E, μέσω συμπληρωμάτων και όχι από τρόφιμα που είναι πλούσιες πηγές της βιταμίνης αυτής. Παρατηρήθηκε ότι οι υψηλές δόσεις (μέσω συμπληρωμάτων) βιταμίνης E (> 67 mg α-τοκοφερόλης/d) για τουλάχιστον δύο χρόνια, μείωσαν σημαντικά τον κίνδυνο για CHD (μείωση 31-65% κινδύνου).⁴² Ωστόσο, η βραχυπρόθεσμη, όπως και η συμπληρωματική χορήγηση χαμηλών δόσεων (< 67 mg/d) δεν επέφεραν κάποιο σημαντικό αποτέλεσμα στη μείωση του κινδύνου για CHD.⁴³

Γενικά τα αποτελέσματα των ερευνών πρόληψης, δείχνουν ότι η βιταμίνη E μπορεί να ασκήσει ευεργετικά αποτελέσματα, όσον αφορά τις καρδιαγγειακές παθήσεις μέσα από διάφορους μηχανισμούς. Εντούτοις, καθώς αυτές οι μελέτες πραγματοποιήθηκαν με συμπληρώματα υψηλών - δόσεων βιταμίνης E, παραμένει να ερευνηθεί εάν τα ίδια

αποτελέσματα, μπορούν να ληφθούν με την πρόσληψη βιταμίνης E μέσα από τρόφιμα, όπως το ελαιόλαδο.

Σε αντίθεση με τις μελέτες πρόληψης, τα αποτελέσματα από τις έρευνες παρέμβασης δεν είναι ξεκάθαρα. Στην «αντιοξειδωτική μελέτη για την καρδιά» του πανεπιστημίου του Κέμπριτζ (CHAOS) η χορήγηση 268 ή 536 mg α-τοκοφερόλης ανά ημέρα, οδήγησε σε μια ουσιαστική μείωση των εμφραγμάτων μυοκαρδίου, παρόλο που ο θάνατος από στεφανιαία καρδιακά νοσήματα και η γενική θνησιμότητα δεν μειώθηκε.⁴⁴ Επίσης, σε μια μελέτη δευτεροβάθμιας πρόληψης που πραγματοποιήθηκε από ομάδα Ιταλών επιστημόνων, η χορήγηση α-τοκοφερόλης 300 mg ανά ημέρα για 3,5 χρόνια, δεν μείωσε τον κίνδυνο του μυοκαρδιακού εμφράγματος ή του θανάτου.⁴⁵ Παρομοίως μια άλλη μελέτη, έδειξε ότι η θεραπεία με α-τοκοφερόλη 268 mg καθημερινά για 4,5 έτη δεν είχε κανένα αποτέλεσμα σε ασθενείς με υψηλό κίνδυνο για καρδιαγγειακές παθήσεις.⁴⁶ Συνολικά, οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι τώρα, δεν παρέχουν πειστικά στοιχεία, για το ότι η συμπληρωματική χορήγηση βιταμίνης E, θα πρέπει να συστήνεται ως αποτελεσματικό μέτρο θεραπείας στην υγειονομική περίθαλψη.

Ένας από τους λόγους, για τους οποίους οι προαναφερθείσες μελέτες παρέμβασης δεν έχουν παρουσιάσει προστατευτικά αποτελέσματα ακόμη και για τη συμπληρωματική χορήγηση υψηλών-δόσεων βιταμίνης E, είναι ότι η αθηρογένεση είναι μια διαδικασία μακράς διάρκειας και η οξειδωτική τροποποίηση των λιποπρωτεϊνών είναι πιθανά μια αρχική διαδικασία του σχηματισμού αρτηριοσκληρυντικών βλαβών. Επομένως, μένει στο μέλλον να διαλευκανθεί η αληθινή αξία της διαιτητικής βιταμίνης E, μέσα από μακράς διάρκειας μελέτες παρέμβασης.⁴⁷

Τέτοιες προκαταρκτικές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί ήδη σε ζωικά πρότυπα αρτηριοσκληρώσεως. Οι Pratico et al. έδειξαν ότι το οξειδωτικό στρες είναι λειτουργικής σπουδαιότητας, στην ανάπτυξη αρτηριοσκληρώσεως σε ζωικά πρότυπα και ότι τόσο το οξειδωτικό στρες, όσο και ο σχηματισμός αρτηριοσκληρυντικών βλαβών στην αορτή, μπορούν να κατασταλούν με τη χορήγηση, δια του στόματος, βιταμίνης E.⁴⁸ Επιπλέον, μια μελέτη, σε πειραματόζωα, από τους Terasawa et al. ανέφερε ότι η πειραματικώς προσκληθείσα ανεπάρκεια σε βιταμίνη E, αύξησε τη δριμύτητα της αρτηριοσκληρώσεως.⁴⁹

Επιπλέον, υπάρχουν πολλά στοιχεία όσον αφορά τα ευεργετικά αποτελέσματα της βιταμίνης E, στις μεταβολικές διαδικασίες που σχετίζονται με διάφορες άλλες ασθένειες. Ο Boscoboinik και οι συνεργάτες του έδειξαν ότι η α-τοκοφερόλη σε φυσιολογικές συγκεντρώσεις παρεμπόδισε τον πολλαπλασιασμό των αγγειακών κυττάρων των λείων μυϊκών ινών, μια διαδικασία που σχετίζεται με το σχηματισμό ενδιάμεσης αρτηριοσκληρυντικής βλάβης.⁵⁰ Μια άλλη ομάδα, παρατήρησε μείωση στην απελευθέρωση των δραστικών μορφών οξυγόνου, στην υπεροξειδωση των λιπιδίων, στην έκκριση ιντερλευκίνης -1β-, και στη προσκόλληση των ενδοθηλιακών κυττάρων στα μονοκύτταρα, σε υγιείς ανθρώπους, μετά από χορήγηση βιταμίνης E 800 mg/ημέρα, επί οκτώ εβδομάδες.⁵¹ Επίσης βρέθηκε, ότι η συσσώρευση των αιμοπεταλίων εμποδίζεται από τη λήψη 268 έως 804 mg α-τοκοφερόλης/ημέρα.⁵² Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, φαίνεται ότι τα οφέλη που παρατηρούνται δεν συσχετίζονται με τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες της βιταμίνης E, αλλά μάλλον, με το γεγονός ότι η α-τοκοφερόλη ασκεί άμεση επίδραση στην έκφραση των γονιδίων, σχετικά με τα μόρια προσκόλλησης,⁵³ ή στη δραστηριότητα ενζύμων όπως η 5-λιποξυγενάση⁵⁴ ή στην πρωτεϊνική κινάση C.⁵²

Εκτός από τα προσδοκώμενα ευεργετικά αποτελέσματά, όσον αφορά τις καρδιαγγειακές ασθένειες, η βιταμίνη E είναι ένα αποτελεσματικό όπλο κατά του καρκίνου. Σε ζωικά πρότυπα, η βιταμίνη E έχει βρεθεί ότι λειτουργεί προστατευτικά κατά των διάφορων μορφών καρκίνου⁵⁵. Επιπλέον, μελέτες στους ανθρώπους έδειξαν ότι τα χαμηλά επίπεδα της βιταμίνης E στον ορό ή το πλάσμα συνδέονται με αυξανόμενο κίνδυνο καρκίνου, του πνεύμονα, του τραχήλου της μήτρας και του προστάτη. Οι Heinonen et al. διαπίστωσαν ότι η μακροπρόθεσμη συμπληρωματική χορήγηση 50 mg ανά ημέρα α-τοκοφερόλης (από 5 έως 8 έτη) μείωσε ουσιαστικά την εμφάνιση καρκίνου του προστάτη (-32%) και τη θνησιμότητα από την ίδια μορφή καρκίνου (-41%), σε άνδρες καπνιστές.⁵⁶ Επίσης, οι μελέτες παρέμβασης που πραγματοποιούνται σε ανθρώπους μέχρι στιγμής έχουν αποδώσει ελπιδοφόρα πρώτα αποτελέσματα. Σε μια μελέτη για την επίδραση της βιταμίνης E σε προκαρκινικούς σχηματισμούς, παρατηρήθηκε ότι η χορήγηση υψηλών δόσεων α-τοκοφερόλης (268 mg/d) οδήγησε σε ευεργετικές κλινικές και ιστολογικές απαντήσεις.⁵⁷ Στην κινεζική αγροτική περιοχή Linxian, που είναι γνωστή για τα υψηλά ποσοστά καρκίνου, των κατοίκων της, η συμπληρωματική χορήγηση 30 mg α-τοκοφερόλης ανά ημέρα σε συνδυασμό με σελήνιο (50 μg/ημέρα) και β-καροτίνη (15 mg/ημέρα) μείωσε τη συνολική θνησιμότητα κατά 9%. Αυτή η μείωση, αποδόθηκε κυρίως στα χαμηλότερα ποσοστά καρκίνου, ειδικά του καρκίνου του στομάχου. Είναι

σημαντικό να σημειωθεί πως η ανωτέρω μείωση του κινδύνου, άρχισε να προκύπτει ένα έως δύο έτη μετά από την έναρξη της παρέμβασης.⁵⁸

Συμπερασματικά, οι πολυάριθμες μελέτες για την σημασία της βιταμίνης E στην υγεία, μέχρι ώρας, δείχνουν ότι αυτό το μικροθρεπτικό συστατικό, μπορεί να είναι άκρως ευεργετικό. Ενδεχομένως, ουσιαστικά αποτελέσματα να λαμβάνονται μόνο όταν η βιταμίνη E χορηγείται ως συμπλήρωμα σε μεγάλες δόσεις. Ωστόσο, είναι πολύ πιθανό, η βιταμίνη E στην ποσότητα που είναι παρούσα στο ελαιόλαδο να είναι ευεργετική για την ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, είναι το ίδιο πιθανό, και μερικές μελέτες υποστηρίζουν αυτή την υπόθεση, ότι λόγω συνεργιστικών αποτελεσμάτων, ο συνδυασμός της βιταμίνης E με τα άλλα μικροσυστατικά που είναι παρόντα στο παρθένο ελαιόλαδο, είναι αποτελεσματικότερος από τη μεμονωμένη δράση των συστατικών αυτών.

3.4.2. Φαινολικές ενώσεις

Το μη-γλυκεριδικό κλάσμα του παρθένου ελαιολάδου, το οποίο λαμβάνεται από την πρώτη επεξεργασία των ώριμων καρπών του, είναι πλούσιο σε ενώσεις με αντιοξειδωτικές ιδιότητες, όπως οι πολυφαινόλες.⁵⁹⁻⁶¹ Η ποσότητα του πολυφαινολικού κλάσματος ανέρχεται σε πάνω από 800 mg/lit και εξαρτάται από ποικίλες συνθήκες (πίνακας 6), όπως το κλίμα, το βαθμό ωρίμανσης των καρπών και τη μεταχείριση τους.^{31,62}

Οι φαινολικές ενώσεις που βρίσκονται στο παρθένο ελαιόλαδο, ανήκουν στην κατηγορία των πολικών συστατικών του ελαίου,^{29,63} πιθανόν όμως, κατά ένα ποσοστό θα μπορούσαν να εντοπιστούν και στα μη πολικά συστατικά.²⁰ Εμποδίζουν την αυτό-οξειδωσή, αποτελούν τη βάση της εξαιρετικής του θερμικής σταθερότητας^{31,59,60} και συνεισφέρουν στο χαρακτηριστικό άρωμα και τη γεύση του. Ο καρπός της ελιάς περιέχει φαινολικές ενώσεις, οι οποίες είναι κυρίως υδροδιαλυτές. Σε αντίθεση με τα άλλα φυτικά έλαια, το παρθένο ελαιόλαδο λαμβάνεται με φυσική πίεση από όλον τον καρπό και γι' αυτό διατηρούνται οι φαινολικές ουσίες του.⁶² Το εξευγενισμένο ελαιόλαδο δεν περιέχει φαινόλες, επειδή αυτές ως πολικά, κυρίως, συστατικά παρασύρονται σχεδόν ολοκληρωτικά από τα υδατικά διαλύματα του εξευγενισμού.²⁹

Οι φαινόλες, είναι μέρος των πολικών συστατικών και παραλαμβάνονται από το ελαιόλαδο με εκχύλιση με μεθανόλη : νερό. Το εκχύλισμα είναι ένα πολύπλοκο

μείγμα και η χημική του σύσταση δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως.^{29,64} Επειδή καμία σταθερή ή επίσημη μέθοδος υπολογισμού των φυσικών φαινολών δεν έχει ακόμα καθοριστεί, παρατηρείται απόκλιση στις τιμές που αφορούν τόσο τις ολικές πολυφαινόλες, όσο και τα ποσοστά των επί μέρους φαινολικών ενώσεων.²⁹

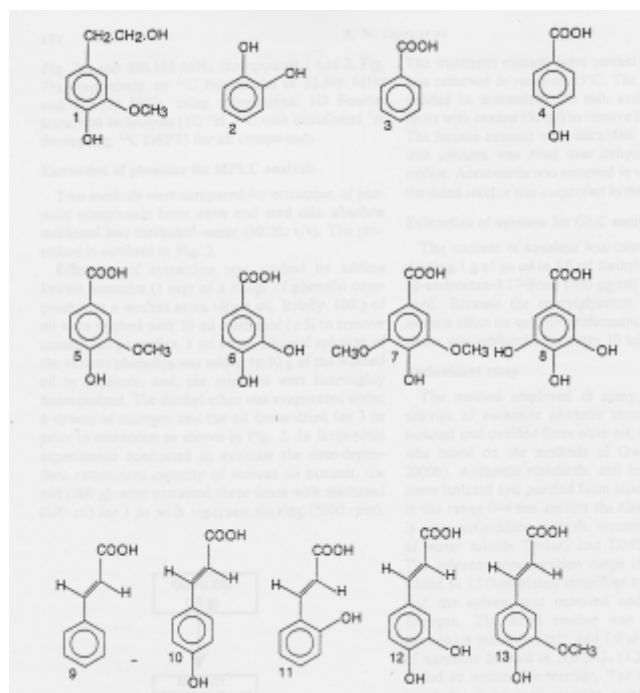
Περιοχή	Πολυφαινόλες σε ppm καφεϊκού οξέως
Όλυνθος (Χαλκιδική)	53
Καλύβια (Χαλκιδική)	109
Πορταριά (Χαλκιδική)	51
Πορταριά (Χαλκιδική)	44
Παληούρι (Χαλκιδική)	62
Καλάνδρα (Χαλκιδική)	61
Ν. Μουδανιά (Χαλκιδική)	38
Ορμύλια (Χαλκιδική)	47
Καλάνδρα (Χαλκιδική)	35
Βάλτα (Χαλκιδική)	84
Αποκορώνου (Κρήτη)	180
Μάλεμε (Κρήτη)	128
Αχαρνές (Κρήτη)	122
* Μεσσαρά (Κρήτη)	98
* Μεσσαρά (Κρήτη)	161
Ιεράπετρα (Κρήτη)	80
Κεφαλληνία	114
Μολάοι (Πελοπόννησος)	153
Καλή Ράχη (Θάσος)	71
* μέσοι όροι 9 δειγμάτων	

Πίνακας 6: Περιεκτικότητα σε ολικές πολυφαινόλες ελαιολάδων διαφόρων περιοχών της Ελλάδος (ppm καφεϊκού οξέως)

Ωστόσο, γενικά, η παρουσία τους στο έλαιο είναι σε μικρές ποσότητες. Ο χαρακτηρισμός των φαινολικών ουσιών του ελαιολάδου ως "πολυφαινόλες" είναι συμβατικός γιατί δεν είναι όλες πολύ-υδροξυ-παράγωγα. Οι κυριότερες φαινολικές ενώσεις του ελαιολάδου είναι η τυροσόλη που είναι προϊόν υδρόλυσης της λιγستροσίδης και η υδροξυτυροσόλη. Άλλες φαινολικές ενώσεις που αναφέρονται στη σύσταση του ελαιολάδου είναι το καφεϊκό οξύ, το γαλλικό οξύ, το βανιλικό οξύ, το συρινγικό οξύ, κουμαρικό οξύ, το πρωτοκατεχικό οξύ, το σιναπικό οξύ, το p-υδροξυβενζοϊκό οξύ, το p-υδροξυφαινοξικό οξύ και το ομοβανιλικό οξύ (σχήμα 9). Το σιναμικό, το ελενολικό, το σικιμικό και το κινονικό οξύ, αναφέρονται ως φαινόλες του ελαιολάδου, αν και έχουν διαφορετική δομή αφού απουσιάζει η φαινολική ομάδα ή ακόμα και ο αρωματικός δακτύλιος.²⁹

Κατά μέσον όρο, οι απλές φαινόλες υπολογίζονται σε 4,2 mg/100g στο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο και σε 0,47 mg/100g στο ραφινάρισμένο.^{20,29,60} Επιπλέον, το ελαιόλαδο περιέχει σεκοϊριδοειδή (secoiridoids), όπως η ολευροπαΐνη και η λιγστροσίδη (ligstroside) (2,8 mg/100g στο παρθένο και 0,93 mg/100g στο ραφινάρισμένο ελαιόλαδο, αντίστοιχα), ή πιο σύνθετα μόρια όπως οι λιγνάνες (4,15 mg/100g στο παρθένο και 0,73 mg/100g στο ραφινάρισμένο ελαιόλαδο, αντίστοιχα) και φλαβονοειδή, π.χ. απιγενίνη (apigenin) ή λουτεολίνη.⁶⁵

Ο τρόπος διαχωρισμού του ελαιολάδου από τον ελαιόκαρπο, φαίνεται ότι επηρεάζει την ολική περιεκτικότητα του ελαίου σε φαινόλες.^{29,64} Κατά τον Gutfinger τα έλαια που προήλθαν από πίεση περιέχουν λιγότερες πολυφαινόλες, σε σχέση με εκείνα που προήλθαν από τη χρήση διαλυτών.⁶⁰ Η χρήση συνεχούς φυγοκεντρικού συστήματος, φαίνεται ότι έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ποσότητας πολυφαινολών σε σχέση με άλλα συστήματα, όπως πίεση και απόσταξη (percolation). Επιπλέον, η παρουσία των φαινολικών ενώσεων στο έλαιο εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες, την ποικιλία και το βαθμό ωριμότητας των ελιών κατά την διάρκεια της συγκομιδής.²⁰ Κατά την ωρίμανση των ελαιοκάρπων ή κατά την επεξεργασία τους, χημικές και ενζυμικές διεργασίες έχουν ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό ελεύθερων φαινολών. Οι συγκεντρώσεις της υδροξυτυροσόλης, της τυροσόλης, και της λουτεολίνης αυξάνονται καθώς αυξάνεται η ωριμότητα των καρπών,⁶⁶ ενώ, αντίθετα, το συνολικό ποσό των φαινολικών ενώσεων και της α-τοκοφερόλης μειώνεται όσο αυξάνεται η ωριμότητα των καρπών.³⁶ Έτσι, κατά τους Cinquanta et al. η πάροδος της ηλικίας των ελαίων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της αναλογίας τυροσόλης προς ολικές πολυφαινολές.⁶⁴



Σχήμα 9: Δομικοί τύποι των κυριότερων πολυφαινόλων: 1: Ομοβανιλική αλκοόλη, 2: Κατεχόλη, 3: Βενζοϊκό οξύ, 4: p-υδροξυβενζοϊκό οξύ, 5: βανιλικό οξύ, 6: 3,4-διυδροξυβενζοϊκό οξύ, 7: Συρινγικό οξύ, 8: Γαλλικό οξύ, 9: Σιναμικό οξύ, 10: p-κουμαρικό οξύ, 11: o-κουμαρικό οξύ, 12: Καφεϊκό οξύ, 13: Φερουλικό οξύ¹⁶.

Οι φαινολικές ουσίες συμβάλλουν στην χαρακτηριστική γεύση του ελαιολάδου^{20,29} που άλλοτε είναι γλυκιά και φρουτώδης κι άλλοτε πικρή.⁶⁷ Η σύνθεση των πολυφαινόλων στον ελαιόκαρπο αναφέρεται ότι οφείλεται στη λευκή ακτινοβολία και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σκουρόχρωμων καρπών, ικανών να προστατευτούν από την εκτεταμένη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία.⁶⁷ Μέχρι τώρα, υπάρχουν μόνο περιορισμένες αναφορές για τη βιοδιαθεσιμότητα αυτών των ουσιών. Ο Visioli και οι συνεργάτες του διαπίστωσαν ότι η απορρόφηση της τυροσόλης και της υδροξυτυροσόλης είναι δόσο-εξαρτώμενες, σε επίπεδο 60 ως 80% του ποσού που χορηγήθηκε.⁶⁸

3.4.2.1. Η σημασία των φαινολικών ενώσεων του ελαιολάδου στην ανθρώπινη υγεία

Η βιολογική δράση των φαινόλων ως φυσικά αντιοξειδωτικά του ελαιολάδου, φαίνεται ότι επεκτείνεται και στον ανθρώπινο οργανισμό, με αποτέλεσμα η κατανάλωση ελαιολάδου να σχετίζεται με μειωμένο κίνδυνο στεφανιαίων

καρδιακών παθήσεων.²⁵⁻²⁷ Τα στοιχεία για την απορρόφηση και διάθεση των πολυφαινολών στον ανθρώπινο οργανισμό είναι ακόμα ελάχιστα. Ωστόσο, ορισμένες ενώσεις φαίνεται ότι απορροφούνται άθικτες από τον οργανισμό, ενώ άλλες υποβαθμίζονται από την εντερική χλωρίδα.^{28,62} Υπολογίζεται ότι σε περιοχές που καταναλώνουν ευρέως ελαιόλαδο, όπως είναι οι μεσογειακές χώρες, η μέση ημερήσια πρόσληψη ολικών πολυφαινολών ανέρχεται σε 10-30 mg.^{28,69,70}

Για την αντιοξειδωτική δράση των πολυφαινολών έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες μελέτες τα τελευταία χρόνια. Οι Owen RW et al αξιολόγησαν την αντιοξειδωτική ικανότητα των διάφορων φαινολικών ενώσεων του ελαιολάδου και διαπίστωσαν ότι ένα ευρύ φάσμα αυτών των συστατικών, παρουσιάζει αντιοξειδωτικές ιδιότητες, όπως η υδροξυτυροσόλη, η τυροσόλη, το καφεϊκό οξύ, το βανιλικό οξύ, η (+)-1-ακετοξυπινореσίνη και η ολευρωπαίνη.⁷¹ Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί, ότι αποσπάγματα του παρθένου ελαιολάδου, αλλά όχι του ραφιναρισμένου, που περιείχαν ένα μίγμα από γνωστές και άγνωστες φαινολικές ουσίες, ήταν αποτελεσματικότερα σε πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις, από τις μεμονωμένες φαινολικές ενώσεις που χορηγήθηκαν η κάθε μία ξεχωριστά. Αυτό το γεγονός αποδεικνύει ότι υπάρχουν συνεργιστικά αποτελέσματα μεταξύ των ουσιών αυτών, που αυξάνουν την αντιοξειδωτική ικανότητα του μίγματος. Επιπλέον, τα αποστάγματα του παρθένου ελαιολάδου περιορίζουν τη δραστηριότητα της οξειδάσης της ξανθίνης. Η οξειδάση της ξανθίνης είναι ένα ένζυμο που εμπλέκεται στην καρκινογένεση, και οι αναστολές της οξειδάσης της ξανθίνης, έχει αποδειχθεί ότι ασκούν χημειοπροστατευτική επίδραση στα καρκινικά κύτταρα.⁷²

Παρόμοιες παρατηρήσεις, έγιναν όσον αφορά την ευαισθησία των χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεϊνών (LDL) στην οξείδωση. Η οξείδωση των LDL in vivo, είναι μια διαδικασία που πιστεύεται ότι αυξάνει την αθηροματογόνο δράση, αυτών των λιποπρωτεϊνών.⁷³ Είναι πιθανό ότι επιτυγχάνεται με το σχηματισμό μεγάλου αριθμού ελευθέρων ριζών στα κύτταρα, όπως τα μακροφάγα ή από άλλη διαδικασία, όπως είναι η απελευθέρωση μετάλλων στην κυκλοφορία του αίματος.²⁸ Και οι δύο ενώσεις που προκύπτουν είναι δραστικοί δεσμευτές των υπεροξειδωμένων ριζών και αναστολές των ουδετερόφιλων αναπνευστικών υπολειμμάτων.⁶²

Η υδροξυτυροσώλη και η ολεωρωπαίνη, αναστέλλουν, *in vitro*, την οξείδωση των LDL που προκαλείται από θειικό χαλκό.^{28,67,74,75} Ο CuSO_4 μειώνει ταχύτητα την αντιοξειδωτική ικανότητα π.χ. της βιταμίνης Ε στις LDL.⁷⁶ Τα λιπαρά οξέα που προσβάλλονται από την επίδραση του θειικού χαλκού είναι κυρίως τα πολυακόρεστα π.χ. το λινολεϊκό, το αραχιδονικό, το εικοσαπενταενοϊκό, που είναι τα περισσότερο ευπαθή στην οξείδωση. Η υδροξυτυροσώλη και η ολεωρωπαίνη, μπορούν να δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες ή να δρουν σαν παράγοντες χηλικοποίησης, διακόπτοντας την αλυσίδα πολλαπλασιασμού των υπεροξειδίων.⁷⁶⁻⁷⁸ Επιπλέον οι δύο αυτές φαινολικές ενώσεις, ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις μπορούν να επιβραδύνουν την υπεροξειδωτική βλάβη των λιπιδίων, με το να προστατεύουν τα ενδογενή αντιοξειδωτικά.²⁸

Η τυροσώλη, όπως και η υδροξυτυροσώλη και ολεωρωπαίνη, έχει αναφερθεί ότι παρεμποδίζει την οξείδωση της LDL *in vitro*.^{28,62,67} Ωστόσο πολύ εντονότερη επίδραση επιτεύχθηκε με ένα μίγμα φαινολικών ενώσεων, από το παρθένο ελαιόλαδο στις συγκρίσιμες συγκεντρώσεις.^{74,79} Επιπλέον, το πρωτοκατεχικό οξύ και η 3,4-υδροξυφαινολεθανόλη (DHPE) αποδείχθηκαν ως ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην προστασία των LDL από οξείδωση *in vitro*.⁸⁰ Σε αυτές τις μελέτες απομονώθηκε η LDL και προστέθηκαν *in vitro* φαινολικές ενώσεις.

Πειραματόζωα που τράφηκαν με ελαιόλαδο πλούσιο σε πολυφαινόλες, είτε άνθρωποι, αύξησαν την αντίσταση των LDL στην οξείδωση. Οι Bonanome et al. χορήγησαν γεύματα πλούσια σε παρθένο ελαιόλαδο σε υγιείς εθελοντές και ανέφεραν ότι αμέσως μετά από το γεύμα οι φαινολικές ενώσεις (σε αυτήν την περίπτωση μετρήθηκαν η τυροσώλη και η υδροξυτυροσώλη) ήταν παρούσες σε όλες τις κατηγορίες των λιποπρωτεϊνών του πλάσματος εκτός από τις πολύ χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνες, οι οποίες αύξησαν την αντιοξειδωτική ικανότητά τους.⁸¹ Επίσης, η DHPE βρέθηκε ότι αντιδρά στην κυτταροτοξική επίδραση των δραστικών μεταβολιτών του οξυγόνου στα κύτταρα, και συνεπώς αποτρέπει την οξειδωτική βλάβη.⁸² Οι Deiana et al. παρατήρησαν ότι η υδροξυτυροσώλη εμποδίζει τη καταστροφή του DNA από τα νιτρικά υπεροξειδία.⁸³

Υπάρχουν στοιχεία από έρευνες σε ανθρώπους και ζώα ότι τα πολυμορφοπύρρηνα λευκοκύτταρα (PMNs), εμπλέκονται σε πολλές παθοφυσιολογικές καταστάσεις που σχετίζονται με τις στεφανιαίες καρδιακές παθήσεις, τη στηθάγχη και άλλες συνέπειες της αθηροσκλήρωσης.⁸⁴⁻⁸⁷ Η συγκέντρωση αυτών των κυττάρων σε φλεγμονώδεις περιοχές και η επακόλουθη ενεργοποίησή τους, ελέγχεται από τοπικούς μεσολαβητές, όπως το προ-φλεγμονώδες εικοσανοειδές: το λευκοτριένιο B₄, (LTB₄),⁸⁸ που παράγεται από το αραχιδονικό οξύ με τη μεσολάβηση της 5-λιποξυγενάσης (5-LO) και είναι υπεύθυνο για την χημειοαταξία, την επίθεση και την συσσώρευση των αιμοπεταλίων.⁸⁹ Αυτό το ένζυμο, η 5-λιποξυγενάση, είναι γνωστό ότι αναστέλλεται από φαινολικές ενώσεις όπως τις κουμαρίνες και τα φλαβονοειδή.⁹⁰⁻⁹² Έτσι τα φαινολικά συστατικά του ελαιολάδου, είναι σε θέση να αναστέλλουν την 5-λιποξυγενάση των λευκοκυττάρων, περιορίζοντας την παραγωγή ενεργών ριζών οξυγόνου από τα άθικτα λευκοκύτταρα^{88,93} και παράλληλα ευνοούν τη γένεση προσταγλανδινών.

Και τα τέσσερα φαινολικά συστατικά αναστέλλουν την λευκοτριένη B₄ με σειρά αποτελεσματικότητας : υδροξυτυροσόλη > ολευρωπαίνη > καφεϊκό οξύ > τυροσόλη.^{70,93}

Εκτός από τα αντιοξειδωτικά τους αποτελέσματα, οι φαινολικές ενώσεις του παρθένου ελαιολάδου ασκούν σημαντική αντιφλεγμονώδη δράση. Η αντιφλεγμονώδης δράση των φαινολών και ιδιαίτερα της υδροξυτυροσόλης και της ολευρωπαίνης αναφέρεται σε πειράματα *in vitro*.⁶⁷ Οι Manna et al. παρουσίασαν τις πρώτες ενδείξεις ότι η υδροξυτυροσόλη σε μικρομοριακές συγκεντρώσεις, μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο κατά των μεταβολικών προϊόντων του ενεργού οξυγόνου (reactive oxygen metabolite) που προέρχονται από οξειδωτική βλάβη.^{69,82} Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ελαιόλαδο, εξαιτίας της υδροξυτυροσόλης, θα μπορούσε να έχει προστατευτική επίδραση κατά εκείνων των εντερικών παθολογιών, που η αιτιολογία τους σχετίζεται με βλάβες των διαμέσων μεταβολικών προϊόντων του ενεργού οξυγόνου. Ιδιαίτερα, εκείνων των ασθενειών που χαρακτηρίζονται από μεταβολές της διαπερατότητας του επιθηλίου, όπως είναι οι φλεγμονώδεις γαστρεντερικές ασθένειες.

Στην έρευνα των Manna C et al. εξηγείται η αυξημένη αντιοξειδωτική δράση της υδροξυτυροσόλης έναντι της τυροσόλης.⁶⁹ Κατά την άποψη των συγγραφέων, επειδή η υδροξυτυροσόλη έχει την ικανότητα να λειτουργεί ως δότης υδρογόνου της υδροξυλικής ομάδας, είναι εφικτή η οξείδωση της από υδροκινόνη σε ορθοκινόνη. Κατά την μετατροπή της, η υδροξυτυροσόλη διέρχεται στο ενδιάμεσο στάδιο της φαινοξυλικής ρίζας, η οποία σταθεροποιείται μετατρεπόμενη σε κινονικές και υδροκινονικές μορφές. Αντίθετα, οι φαινοξυλικές ρίζες της τυροσόλης δεν μπορούν να μεταβούν στις ενδιάμεσες αυτές μορφές και πιθανόν για το λόγο αυτό η τυροσόλη δεν ασκεί προστατευτική δράση.⁶⁹

Οι Petroni et al. ανέφεραν ότι η υδροξυτυροσόλη εμποδίζει το σχηματισμό του λευκοτριένιου B₄ και τη συγκόλληση των αιμοπεταλίων, κατά τρόπο ανάλογο της δόσης χορήγησης.⁷⁰ Οι de la Puerta R et al. διαπίστωσαν ότι όχι μόνο η υδροξυτυροσόλη, αλλά η τυροσόλη, η ολεωρωπαίνη και το καφεϊκό οξύ εμποδίζουν το σχηματισμό του λευκοτριένιου B₄, μέσω της μείωσης της δραστηριότητας του καταλυτικού ενζύμου 5-λιποξυγενάση.⁹³ Αυτό το ένζυμο, αναφέρθηκε, ότι επίσης περιορίζεται από το εκχύλισμα του καρπού της ελιάς, και οι ουσίες που βρέθηκαν ως αρμόδιες για το αποτέλεσμα αυτό, ήταν η DHPE, η ολεωρωπαίνη και το καφεϊκό οξύ.⁹⁴ Μία άλλη ενδιαφέρουσα και ενδεχομένως ευεργετική επίπτωση των φαινολών ελαιολάδου, στην υγεία έχει αναφερθεί από τους Petroni et al.^{70,95} Πιθανώς μέσω της ανασταλτικής επίδρασης του DHPE στην 5-λιποξυγενάση, αλλά και σε μικρότερη έκταση, της ολεωρωπαίνης, της λουτεολίνης, της απιγενίνης και της κουερσιτίνης, εμποδίζεται η συσσώρευση των αιμοπεταλίων, ο σχηματισμός της θρομβοξάνης B₂ (TXB₂) από διεγερμένα αιμοπετάλια και η συσσώρευση της TXB₂ και του 12-υδροξυ-εικοσατετρανοϊκού οξέος (12-HETE) στο πλάσμα.^{70,95}

Οι φαινολικές ενώσεις, ακόμα, φαίνεται ότι δρουν κατά των αναπνευστικών κρίσεων των ουδετερόφιλων και της παραγωγής υποχλωρικών οξέων. Επίσης, η ολεωρωπαίνη αυξάνει την παραγωγή νιτρικών οξειδίων σε ποντίκια, σαν απάντηση των μακροφάγων κυττάρων στις ενδοτοξίνες, κάτι που πιστεύεται ότι είναι ωφέλιμο για την προστασία των κυττάρων και του οργανισμού.^{62,67} Τέλος, το καφεϊκό οξύ δρα συνεργιστικά με την α-τοκοφερόλη, ενισχύοντας την αντιοξειδωτική ικανότητα των LDL. Η ενδογενής α-τοκοφερόλη των LDL, όταν εκτεθεί στην επίδραση φερυλμυογλοβίνης, μειώνεται, γεγονός που αποδεικνύει την οξειδωτική

δράση της φερυλμυογλοβίνης. Μετά την εξάντληση των αποθεμάτων της α-τοκοφερόλης, η επακόλουθη υπεροξειδωση των λιπιδίων, μπορεί πράγματι να ανασταλεί από το καφεϊκό οξύ.⁹⁶

3.4.2.2. Επιδράσεις των φαινολικών ενώσεων σε ξενοβιοτικούς και ενδοβιοτικούς παράγοντες.

Τα ηπατικά μικροσωματικά ένζυμα, και ιδιαίτερα τα κυτοχρώματα P₄₅₀ (CYP), είναι σημαντικά στο μεταβολισμό των ξενοβιοτικών και ενδογενών υποστρωμάτων. Πολλά ξενοβιοτικά, όπως τα φάρμακα, μεταβολίζονται και γενικά ανενεργοποιούνται μέσω οδών στις οποίες εμπλέκονται διαφορετικά κυτοχρώματα (CYP). Οποσδήποτε, εάν μόνο ένα CYP εμπλέκεται στην κάθαρση ενός φαρμάκου, τότε η αναστολή του, θα έχει μια μέγιστη επίδραση στα θεραπευτικά αποτελέσματα του φαρμάκου.⁹⁷ Έχει καταγραφεί αναστολή των CYP από μη διατροφικά στοιχεία⁹⁸ που διαφοροποιεί τα θεραπευτικά αποτελέσματα.⁹⁹ Τα στοιχεία δείχνουν ότι υπάρχουν τρεις CYP3A συγγενικές πρωτεΐνες στους ανθρώπους. Η ανδροστενεδιόνη 6β-υδροξυλάση, θεωρείται ότι εμπλέκεται στις CYP3A πρωτεΐνες.¹⁰⁰ Η ολευρωπαΐνη και η υδροξυτυροσόλη αναστέλλουν τη δράση της ανδροστενεδιόνης 6β-υδροξυλάσης. Επίσης, η ολευρωπαΐνη και η υδροξυτυροσόλη μειώνουν τη δράση της 17β-υδροξυστεροειδούς αφυδρογονάσης (17β-HSD), η οποία ελέγχει τα τελικά βήματα στη βιοσύνθεση των ανδρογόνων και των οιστρογόνων. Επομένως, αναστολή από τις φαινόλες του ελαιολάδου, της ανδροστενεδιόνης 6β-υδροξυλάσης ή μείωση της δράσης της 17β-υδροξυστεροειδούς αφυδρογονάσης, θα μπορούσε πιθανόν να αλλάξει το μεταβολισμό των ξενοβιοτικών ή ενδοβιοτικών υποστρωμάτων.¹⁰¹

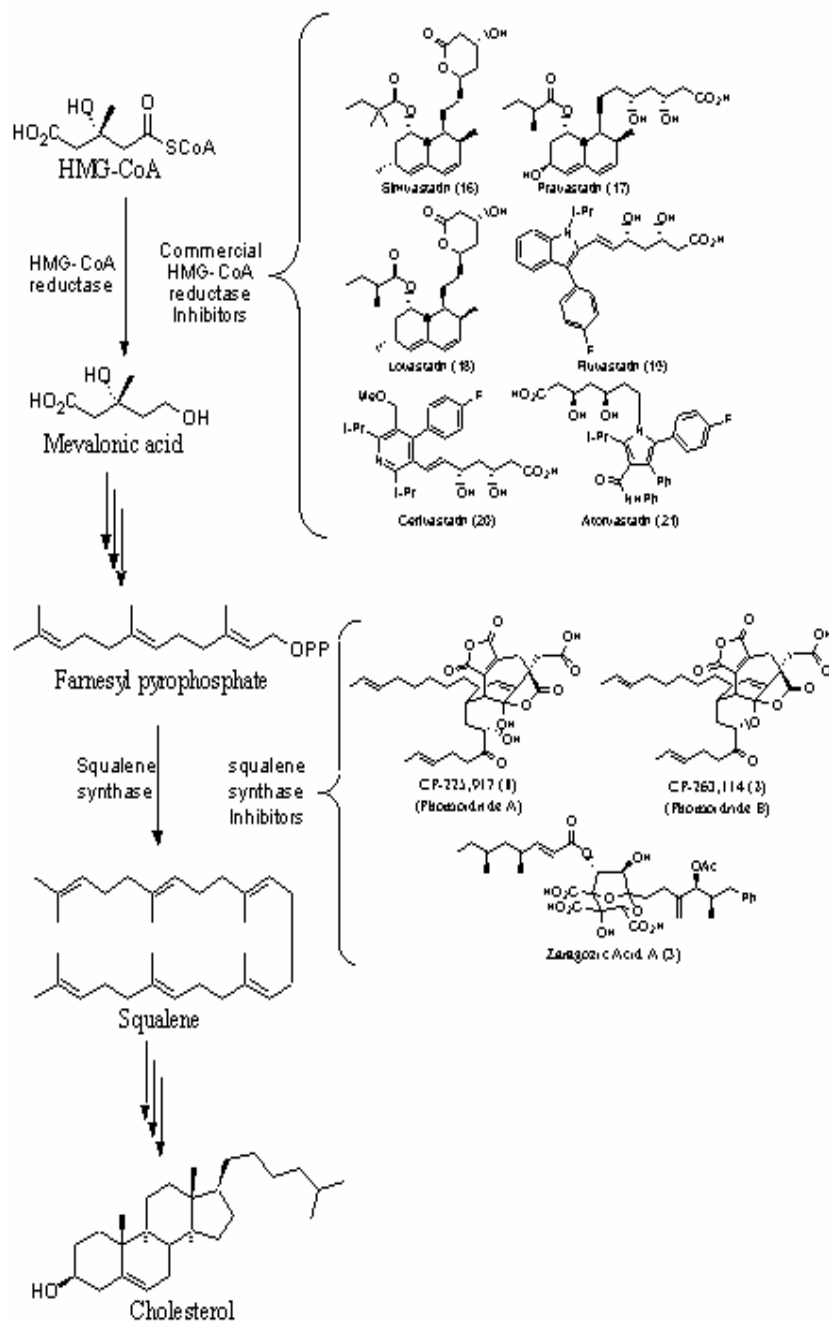
Ο πολλαπλός τρόπος αντιοξειδωτικής δράσης των φαινολικών ουσιών και ιδιαίτερα της υδροξυτυροσόλης και της ολευρωπαΐνης, πιθανόν να εξηγεί εν μέρει το γεγονός ότι στις μεσογειακές χώρες παρατηρείται χαμηλό ποσοστό στεφανιαίων ασθενειών και καρκίνου.^{62,67} Όλες οι έρευνες που έχουν διεξαχθεί τα τελευταία χρόνια για τις φαινολικές ουσίες, τείνουν να εδραιώσουν την άποψη ότι οι ευεργετικές επιδράσεις της μεσογειακής διαίτας, της οποίας βασικό συστατικό είναι το ελαιόλαδο, οφείλονται στην ύπαρξη μικροσυστατικών, όπως είναι οι ορθοδιφαινόλες.

3.4.3. Υδρογονάνθρακες - Σκουαλένιο

Ο κύριος υδρογονάνθρακας στο ελαιόλαδο είναι το σκουαλένιο, ένα τριτερπένιο και ενδιάμεσο της βιοσυνθετικής οδού της χοληστερόλης. Έλαβε το όνομά του λόγω της παρουσίας του στο έλαιο από συκώτι καρχαρία (*squalus* SSP), στο οποίο περιέχεται σε μεγάλες ποσότητες και θεωρείται πολύ πλούσια πηγή σκουαλένιου. Πολλές άλλες πολυπρενυλικές ενώσεις που υπάρχουν στη φύση, είναι παρόμοιες δομικά με το σκουαλένιο και εκτελούν κρίσιμες βιολογικές λειτουργίες. Για παράδειγμα, τα ζώα χρησιμοποιούν τις πρενυλικές ομάδες για να διαμορφώσουν την πλευρική αλυσίδα της ουβικινόνης. Η πιο κοινή μορφή ουβικινόνης στο ανθρώπινο σώμα είναι συνένζυμο Q10 (CoQ10). Ο προσδιορισμός του Q10 δείχνει στο μόριο του 10 πρενυλικές ομάδες στην πλευρική αλυσίδα του. Άλλες γνωστές ουσίες που απαιτούν πρενυλικές ομάδες για τη σύνθεσή τους, και επομένως που έχουν δομική ομοιότητα με το σκουαλένιο, είναι οι καροτίνες, η βιταμίνη A, η βιταμίνη K, η βιταμίνη D, η βιταμίνη E και άλλες τοκοφερόλες, τοκοτριενόλες, κυκλικές τερπενοειδικές ενώσεις (όπως η καμφορά, το πινένιο και το λεμονένιο), και η διλικόλη.¹⁰²

Το σκουαλένιο, δομικά, είναι μια συμμετρική ένωση με 30 άνθρακες που περιέχει έξι πρενυλικές ομάδες (επίσης είναι γνωστό ως ισοπρενοειδές ή ισοπρένιο). Η ενδογενής σύνθεση του σκουαλένιου (σχήμα 10) ξεκινά με την παραγωγή του 3-υδροξυ-3-μεθυλγλουταρυλο-συνένζυμου (HMG CoA). Η αρχική μείωση του HMG CoA (αντίδραση εξαρτώμενη από τη νιασίνη) οδηγεί στο σχηματισμό του μεβαλονικού, το οποίο στη συνέχεια φωσφορυλιώνεται σε τρία στάδια (μέσω ενζύμων εξαρτώμενων από το μαγνήσιο) και μετά από μία σειρά αλυσιδωτών αντιδράσεων καταλήγει στο σχηματισμό σκουαλένιου. Μετά από τη βιοσύνθεσή του, το σκουαλένιο, μπορεί να μεταφερθεί σε άλλες περιοχές του σώματος για ενσωμάτωση στους ιστούς, ή μπορεί να μεταβολιστεί περαιτέρω, με συνέπεια τον ενδεχόμενο σχηματισμό χοληστερόλης και στεροειδών μεταβολιτών του.^{103,104}

Το παρθένο ελαιόλαδο περιέχει σκουαλένιο σε ποσότητα περίπου 400-450 mg/100g, ενώ το ραφιναρισμένο ελαιόλαδο περιέχει, περίπου, κατά 25% λιγότερο.⁷¹ Μερικές δημοσιεύσεις αναφέρουν επίπεδα σκουαλένιου 200-700 mg/100gr στο παρθένο ελαιόλαδο.¹⁰⁵



Σχήμα 10: Πορεία βιοσύνθεσης σκουαλενίου και χοληστερόλης (Kelly GS. 1999).¹⁰²

Σύμφωνα με την TJ Smith, στις ΗΠΑ η μέση λήψη σκουαλενίου από τη διατροφή είναι 30 mg ημερησίως. Ωστόσο, με υψηλή κατανάλωση παρθένου ελαιόλαδου, η λήψη μπορεί να φθάσει 200-400 mg ημερησίως, όπως ακριβώς παρατηρείται στις

Μεσογειακές χώρες.¹⁰⁵ Ορισμένα άτομα ενδεχομένως καταναλώνουν έως και 1 mg σκουαλενίου, ημερησίως, μέσω της διατροφής τους.¹⁰⁶

Εκτός από το σκουαλένιο, στο ελαιόλαδο, υπάρχουν και άλλοι υδρογονάνθρακες, όπως π.χ. η προβιταμίνη της Α, το β-καροτένιο, σε πολύ μικρές, όμως, ποσότητες (β-καροτένιο: 0,03-0,36 mg/100g).³⁵

3.4.3.1 Η σημασία των υδρογονανθράκων (σκουαλένιο) του ελαιολάδου στην ανθρώπινη υγεία

Α) Σκουαλένιο και συγκεντρώσεις χοληστερόλης στο αίμα

Η βιβλιογραφία προτείνει ότι το 60 έως 80% του σκουαλενίου, προσλαμβάνεται μέσω της διατροφής.^{102,105} Όπως αναφέρθηκε, το σκουαλένιο είναι ένας μεταβολίτης που επάγει τη σύνθεση της χοληστερόλης. Επομένως, θεωρητικά, το σκουαλένιο που λαμβάνεται από τη διατροφή μπορεί να μετατραπεί σε χοληστερόλη και, ως εκ τούτου, να αυξήσει τα επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα. Η πρώτη προϋπόθεση για το παραπάνω φαινόμενο, είναι η πρόσληψη σημαντικών ποσοτήτων σκουαλενίου. Υπάρχουν τεκμήρια που καταδεικνύουν ότι μια ποσότητα σκουαλενίου που προσλαμβάνεται με τη διατροφή του ανθρώπου μετατρέπεται, όντως, σε χοληστερόλη. Όμως, αυτή η αύξηση στη σύνθεση της χοληστερόλης, δεν συνοδεύεται από αντίστοιχη αύξηση των επιπέδων της στο αίμα, ίσως ως αποτέλεσμα της αυξημένης αποβολής με τα κόπρανα.¹⁰⁷ Την ίδια ώρα, φαίνεται ότι μόνο το 10% του σκουαλενίου χρησιμοποιείται στη σύνθεση χοληστερόλης.¹⁰⁸ Οι Miettinen TA et al παρατήρησαν αύξηση στη συνολική συγκέντρωση χοληστερόλης και στη συγκέντρωση λιποπρωτεϊνών πολύ χαμηλής, χαμηλής και ενδιάμεσης πυκνότητας στο αίμα, μετά από ενίσχυση της διατροφής με πολύ υψηλή καθημερινή δόση σκουαλενίου (1g).¹⁰⁹ Ωστόσο, οι τιμές αυτές επέστρεψαν σε φυσιολογικά επίπεδα όταν, αργότερα, η δόση του σκουαλενίου μειώθηκε (0,5g ημερησίως).¹⁰⁹ Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει μια μελέτη που δείχνει ότι το σκουαλένιο που προστέθηκε σε ένα πρωτόκολλο με χαμηλή δόση πραβαστατίνης, ενίσχυσε περαιτέρω την αποτελεσματικότητα του φαρμακευτικού αυτού παράγοντα, στη μείωση της χοληστερόλης στο αίμα.¹¹⁰

Συμπερασματικά, ο προβληματισμός ότι οι μέτριες δόσεις σκουαλενίου επιδεινώνουν τα επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα, φαίνεται να είναι άτοπος. Σε λογική διαιτητική

ποσότητα που δεν υπερβαίνει τα 0,5g ημερησίως, το σκουαλένιο φαίνεται να μην έχει καμιά ανεπιθύμητη επίδραση στις συγκεντρώσεις χοληστερόλης.

B) Σκουαλένιο και καρκίνος

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση του σκουαλένιου αποτελεί εναλλακτική θεραπεία ενάντια σε διάφορες μορφές καρκίνου. Επιδημιολογικά και πειραματικά στοιχεία σημειώνουν αντικαρκινικές ιδιότητες, και υπογραμμίζουν το ρόλο που μπορεί να διαδραματίζει αυτή η θρεπτική ουσία στην θεραπευτική αγωγή κατά του καρκίνου.

Επιδημιολογικές μελέτες, αναφέρουν ότι το ελαιόλαδο, ως μέρος της διατροφής, διαδραματίζει προστατευτικό ρόλο εναντία στον καρκίνο. Στην Ελλάδα, οι γυναίκες που λαμβάνουν υψηλή ποσότητα λιπαρών κυρίως σε μορφή ελαιόλαδου, παρουσιάζουν καρκίνο του μαστού σε συχνότητα που είναι μόλις το 1/3 της αντίστοιχης συχνότητας των γυναικών στις ΗΠΑ.¹¹¹ Δύο μελέτες ελέγχου περιστατικών στην Ισπανία, έδειξαν ότι οι γυναίκες που καταναλώνουν μεγάλη ποσότητα ελαιόλαδου διατρέχουν μειωμένο κίνδυνο καρκίνου του μαστού.^{112,113} Σε μια άλλη μεγάλη μελέτη, στην Ελλάδα, ο κίνδυνος καρκίνου του μαστού εμφανίστηκε κατά 25% μειωμένος, σε γυναίκες που καταναλώνουν ελαιόλαδο περισσότερο από μια φορά την ημέρα.¹¹⁴ Επίσης, σε αντίστοιχη μελέτη στην Ιταλία αναφέρονται εξαιρετικά χαμηλά ποσοστά καρκίνου του μαστού. Είναι γνωστό ότι στην Ιταλία, το 80% περίπου του εδωδιμου ελαίου, είναι ελαιόλαδο, γεγονός που υπονοεί ότι η κατανάλωση ελαιόλαδου έχει προστατευτικό ρόλο εναντίον του καρκίνου του μαστού.¹¹⁵ Στην Ιταλία πάλι, μια ακόμη μελέτη, ανέφερε ότι υπάρχει σημαντικά αντίστροφη σχέση, ανάμεσα στην πρόσληψη εδωδιμων ελαίων (κυρίως ελαιόλαδου) και στον κίνδυνο καρκίνου του παγκρέατος.¹¹⁶ Δύο εξέχοντες επιστήμονες, οι Teresa J. Smith και Harold L. Newmark, δηλώνουν ότι αφού το σκουαλένιο περιέχεται σε μεγάλη ποσότητα στο ελαιόλαδο, πιθανόν αποτελεί τον κρίσιμο παράγοντα που συμβάλλει, όπως αναφέρουν επιδημιολογικές παρατηρήσεις, στο μειωμένο κίνδυνο για διάφορες μορφές καρκίνου που συνδέονται με την πρόσληψη ελαιόλαδου.^{105,111}

Ο Rao και οι συνεργάτες του συμπληρώνουν την παραπάνω άποψη, προτείνοντας επίσης ότι το σκουαλένιο, ως συστατικό που βρίσκεται σε μεγάλη ποσότητα στο ελαιόλαδο, είναι κυρίως υπεύθυνο για τη χημειοπροστατευτική επίδραση του παρθένου ελαιόλαδου.¹¹⁷ Η υπόθεση αυτή υποστηρίζεται και από έναν αρκετά υψηλό

αριθμό μελετών σε πειραματόζωα. Η πλειοψηφία των μελετών αυτών ερευνά την επίδραση που παρουσιάζει το σκουαλένιο, όταν χορηγηθεί συστηματικά σε μορφές καρκίνου, όπως του δέρματος, του εντέρου και του πνεύμονα, που προκαλούνται σε ποντίκια με χημικό τρόπο. Στο σύνολο τους, τα παραπάνω αποτελέσματα αποδεικνύουν με σαφήνεια ότι το σκουαλένιο που λαμβάνεται με τη διατροφή έχει αντικαρκινογόνα αποτελέσματα.¹¹⁷⁻¹²¹

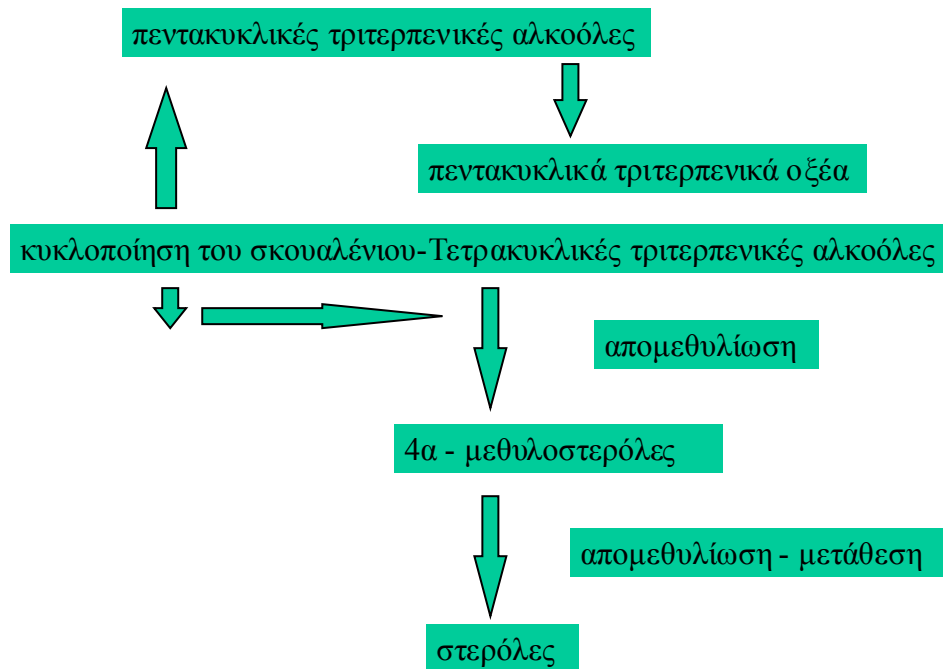
3.4.3.2. Άλλες επιδράσεις του σκουαλενίου της διατροφής

Προκαταρκτικές μελέτες δείχνουν ότι η λήψη σκουαλενίου, από τη διατροφή, ενδεχομένως να έχει κι άλλα οφέλη εκτός από αντικαρκινογόνα αποτελέσματα. Ο Kohno και οι συνεργάτες του παρατήρησαν ότι το σκουαλένιο είναι ένα ισχυρό κατασταλτικό για το δραστικό οξυγόνο, προστατεύοντας την επιφάνεια του ανθρωπίνου δέρματος από την υπεροξειδωση των λιπιδίων, που προκαλείται λόγω της έκθεσης στο υπεριώδες φως και σε άλλες εστίες οξειδωτικών βλαβών.¹²² Τα πειραματικά στοιχεία in vitro δείχνουν ότι το σκουαλένιο είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό για τον περιορισμό της δραστηριότητας των δραστικών μορφών οξυγόνου.¹²³ Σύμφωνα με μελέτες που έγιναν σε πειραματόζωα, το σκουαλένιο φαίνεται επίσης, ότι παίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία του ματιού, και ειδικά στα φωτοευαίσθητα ραβδία του αμφιβληστροειδούς.¹²⁴ Επιπλέον, αρκετές ομάδες ερευνητών έχουν αναφέρει ότι τα ζώα που τρέφονται με σκουαλένιο, δείχνουν μια αυξημένη ικανότητα να αποβάλλουν τοξίνες, όπως το εξαχλωροβενζόλιο ή τη στρυχνίνη,¹²⁵⁻¹²⁸ παρά το γεγονός ότι απαιτούνται πολύ υψηλές δόσεις σκουαλενίου.

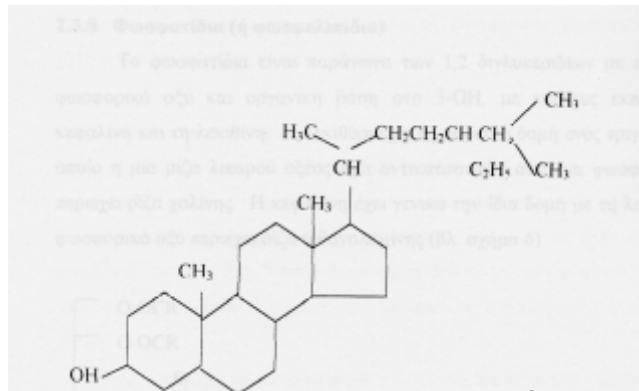
3.4.4. Στερόλες

Οι στερόλες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον από πλευράς βιογένεσως. Είναι απαραίτητο συστατικό των κυτταρικών μεμβρανών και παράγονται τόσο από τα ζώα όσο και από τα φυτά. Ο στερολικός δακτύλιος είναι κοινό χαρακτηριστικό σε όλες τις στερόλες, ενώ οι διαφοροποιήσεις συναντώνται στην πλευρική αλυσίδα. Στα φυτικά έλαια σχηματίζονται από το σκουαλένιο, μέσω των τριτερπενικών αλκοολών με τον τρόπο που παρουσιάζεται στο σχήμα 11.

Οι στερόλες διακρίνονται στις ζωικές στερόλες με κύριο εκπρόσωπο τη χοληστερόλη (απαντάται αποκλειστικά στα ζώα) και στις φυτοστερόλες, οι οποίες συναντώνται στα φυτά. Μέχρι στιγμής, έχουν αναγνωριστεί περισσότερες από 40 στερόλες, ενώ η συνολική ποσότητα τους στο ελαιόλαδο, όπως αναφέρουν διάφορες ερευνητικές ομάδες, κυμαίνεται μεταξύ 113-265 mg/100g ελαιολάδου.^{35,36} Δύο παράγοντες που επηρεάζουν την περιεκτικότητα αυτή, είναι η καλλιεργούμενη ποικιλία και ο βαθμός ωριμότητας των καρπών της ελιάς.³⁶ Η κύρια στερόλη που απαντάται στο ελαιόλαδο είναι η β-σιτοστερόλη, της οποίας ο συντακτικός τύπος δεν έχει πλήρως διευκρινιστεί, θεωρείται δε ισομερής ένωση της γ-σιτοστερόλης (σχήμα 12) και αποτελεί έως και το 90-95% των συνολικών στερολών,^{35,36} ενώ η καμπεστερόλη και η στιγμαστερόλη αποτελούν περίπου το 3% και 1%, αντιστοίχως.^{35,36} Οι στανόλες είναι κορεσμένες στερόλες, οι οποίες σχεδόν απουσιάζουν από τις τυπικές διατροφές.¹²⁹



Σχήμα 11: Σχηματισμός στερολών



Σχήμα 12: Δομή γ-σιτοστερόλης

Η συνολική περιεκτικότητα των ελαίων σε στερόλες συνδέεται με την οξύτητα τους, καθώς υψηλή οξύτητα σημαίνει συνήθως και υψηλές τιμές στερολών. Για το λόγο αυτό οι στερόλες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ποιότητας των ελαίων.^{29,130} Σύμφωνα με τον κώδικα κριτηρίων (Codex Standard 1987) το εξευγενισμένο και το παρθένο ελαιόλαδο, πρέπει να περιέχουν τουλάχιστον 93% σιτοστερόλη, το πολύ 4.0% καμπεστερόλη και 0.5% χοληστερόλη, εκφρασμένα επί τοις εκατό του συνόλου της σιτοστερόλης, της καμπεστερόλης και της στιγμαστερόλης που βρίσκονται στα έλαια.³⁰ Σημαντικές διαφορές αναφέρονται σχετικά με την ποσότητα και το είδος των στερολών που περιέχονται στα έλαια, επειδή η τεχνική προσδιορισμού τους είναι ιδιαίτερα λεπτή.²⁰

Οι στερόλες ανήκουν στα μη-σαπωνοποιήσιμα συστατικά των ελαίων, δηλαδή στα συστατικά τα οποία κατά την επίδραση διαλυμάτων αλκαλίων δε διασπώνται. Εκτός από τις στερόλες στα μη-σαπωνοποιήσιμα συστατικά ανήκουν τα σκουαλένια (μεγαλομοριακοί υδρογονάνθρακες), τα καροτενοειδή, κ.ά. Αντίθετα, τα μονό-, δι- και τριγλυκερίδια, οι εστέρες στερολών και γενικά οι εστέρες οργανικών οξέων με τις αλκοόλες ανήκουν στα σαπωνοποιήσιμα συστατικά, τα οποία κατά την επίδραση διαλυμάτων αλκαλίων διασπώνται σε σάπωνες και σε ένα ασαπωνοποίητο συστατικό (π.χ. γλυκερόλη των τριγλυκεριδίων).^{21,22}

3.4.4.1. Η σημασία των στερόλων (β-σιτοστερόλη) του ελαιολάδου στην ανθρώπινη υγεία

A) Επίδραση στις συγκεντρώσεις χοληστερόλης στο αίμα.

Τόσο η στοματική όσο και η παρεντερική λήψη φυτικών στερολών και στανολών προκαλεί μειωμένες συγκεντρώσεις ολικής χοληστερόλης και λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας στο αίμα.^{129,131} Είναι πιθανόν, το μεγαλύτερο μέρος αυτής της μείωσης να προέρχεται από την αναστολή της εντερικής απορρόφησης της χοληστερόλης. Επιπλέον, μπορεί να επηρεάζεται ο μεταβολισμός της χοληστερόλης στο ήπαρ και στο έντερο. Αξίζει να σημειωθεί ωστόσο, ότι σημαντική μείωση των επιπέδων της χοληστερόλης στο αίμα, έχει επιτευχθεί μόνον σε μελέτες όπου χρησιμοποιήθηκαν υψηλές δόσεις φυτοστερόλης. Οι δόσεις που χορηγήθηκαν κυμαίνονταν στα 1-3 g ημερησίως, ποσότητα η οποία δεν μπορεί να επιτευχθεί μόνον με φυσική διατροφή. Οι περισσότερες από τις μελέτες, χρησιμοποίησαν μαργαρίνες ενισχυμένες με στερόλες ή στανόλες. Γενικά, η μείωση στη συνολική χοληστερόλη και στις λιποπρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας, παρατηρήθηκε όταν χορηγήθηκαν υψηλές ποσότητες στερολών έως και 2 g ημερησίως, ενώ πάνω από την τιμή αυτή δεν επισημάνθηκε καμία περαιτέρω δράση.¹³² Μια πρόσφατη μετα-ανάλυση όλων των τυχαιοποιημένων διπλών τυφλών μελετών, συμπέρανε ότι η ημερήσια λήψη 2 g φυτικών στερολών ή στανολών, προκαλεί μείωση κατά 9-14% στη συγκέντρωση της χοληστερόλης των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας, χωρίς επιπτώσεις στη χοληστερόλη των λιποπρωτεϊνών υψηλής πυκνότητας ή στα τριγλυκερίδα. Επιπλέον, η μείωση στη συγκέντρωση χοληστερόλης είναι πιο έντονη σε ασθενείς που παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα και σε άτομα με διατροφή πλούσια σε χοληστερόλη.^{129,131} Έχει επίσης παρατηρηθεί σημαντική μείωση των λιπιδίων, με μια σχετικά χαμηλή ημερήσια ποσότητα φυτοστερολών (740 mg), σε άτομα που λαμβάνουν διατροφή πλούσια σε χοληστερόλη.¹³³ Επομένως, δεν αποκλείεται η ποσότητα των φυτοστερολών που λαμβάνεται με διατροφή πλούσια σε παρθένο ελαιόλαδο, να προσφέρει πλεονεκτήματα όσον αφορά τη συγκέντρωση χοληστερόλης στο αίμα και ειδικότερα σε υπερλιπιδαιμικούς ασθενείς ή σε ανθρώπους που πραγματοποιούν διατροφή πλούσια σε χοληστερόλη.

B) Φυτοστερόλες και καρκίνος

Υπάρχουν αρκετές αναφορές για τις αντι-ογκογονικές επιδράσεις των φυτοστερολών και, ειδικότερα, της β-σιτοστερόλης. Ο Von Holtz και οι συνεργάτες του μελέτησαν τη σχέση β-σιτοστερόλης και ανθρώπινων καρκινικών κυττάρων του προστάτη. Παρατηρήθηκε ότι η αύξηση καρκινικών κυττάρων του προστάτη στα οποία χορηγήθηκε β-σιτοστερόλη, μειώθηκε κατά 24% και η αύξηση της απόπτωσης τετραπλασιάστηκε.¹³⁴ Η απόπτωση, γνωστή επίσης και ως προγραμματισμένος κυτταρικός θάνατος, είναι ένας προληπτικός μηχανισμός, με τον οποίο τα κύτταρα «αυτοκτονούν», όπως για παράδειγμα όταν έχουν μετατραπεί σε καρκινικά κύτταρα, προκειμένου να αποτραπεί η βλάβη στο σώμα. Επίσης, η β-σιτοστερόλη φαίνεται να είναι αποτελεσματική στην αγωγή της καλοήθους υπερπλασίας του προστάτη.^{135,136} Εκτός από τα ευρήματα αυτά για τον καρκίνο ή την υπερπλασία του προστάτη, υπάρχουν βιβλιογραφικές αναφορές για τα ωφέλιμα αποτελέσματα της β-σιτοστερόλης στα καρκινικά κύτταρα του εντέρου και στα κύτταρα του καρκίνου του μαστού, σε εργαστηριακά πειράματα.¹³⁷⁻¹³⁷ Επιπλέον, η β-σιτοστερόλη απεδείχθη ότι απαλείφει τις επιδράσεις ορισμένης καρκινογόνου ουσίας, στο έντερο των αρουραίων.¹⁴⁰ Οι μελέτες που ερευνούν τη σχέση μεταξύ των φυτικών στερολών και του καρκίνου στους ανθρώπους, είναι σχετικά περιορισμένες. Σε μια από αυτές που διεξήχθη στην Ουρουγουάη, ο De Stefani και οι συνεργάτες του βρήκαν μια αντίστροφη σχέση μεταξύ της συνολικής λήψης φυτοστερολών και του καρκίνου του στομάχου.¹⁴¹ Σε μια μελέτη που περιελάμβανε μόνον παρατηρήσεις, ερευνητική ομάδα από την Καλιφόρνια των ΗΠΑ συνέκρινε τις στερόλες που ελάμβανε η θρησκευτική ομάδα των Χιλιοστών της Έβδομης Μέρας, μια ομάδα γνωστή για την πολύ χαμηλή νοσηρότητα και θνησιμότητα από καρκίνο, με αυτές του γενικού πληθυσμού. Απεδείχθη ότι η ομάδα των Χιλιαστών της Έβδομης Μέρας, όχι μόνο κατανάλωνε λιγότερη χοληστερόλη, αλλά και πολύ περισσότερες φυτοστερόλες. Κατόπιν των αποτελεσμάτων αυτών, οι ερευνητές πρότειναν ότι, είτε η υψηλή λήψη φυτοστερολών, είτε η υψηλή αναλογία των φυτοστερολών προς τη χοληστερόλη, συνέβαλαν στη μειωμένη πιθανότητα καρκίνου.¹⁴²

Η πλειονότητα των ερευνών που αναφέρθηκαν παραπάνω, διεξήχθησαν είτε σε αυστηρά εργαστηριακές συνθήκες, χρησιμοποιώντας κυτταροκαλιέργειες ειδικών

καρκινικών κυττάρων, είτε σε πειραματόζωα. Επομένως, τα αποτελέσματα για το συγκεκριμένο θέμα, θα πρέπει να θεωρούνται ως ενδεικτικά, μέχρι να υπάρξουν περισσότερα διαθέσιμα δεδομένα από μελέτες σε ανθρώπους. Ωστόσο, τα ευρήματα είναι πολύ υποσχόμενα για τις φυτοστερόλες, και ειδικότερα για τη β-σιτοστερόλη, εφόσον ενδέχεται να έχουν σημαντική αντικαρκινογόνο δράση σε μορφές καρκίνου, όπως του προστάτη, του εντέρου, του μαστού και του στομάχου.

3.4.5. Αρωματικές ενώσεις.

Περισσότερες από 70 ενώσεις θεωρείται ότι συμβάλουν στο μοναδικό άρωμα και τη γεύση των ελιών και του ελαιολάδου. Μεταξύ αυτών, περιλαμβάνονται προϊόντα της οξειδωτικής υποβάθμισης των ακόρεστων λιπαρών οξέων όπως οι αλδεϋδες, π.χ. η εξανάλη (hexanal), η νοναλάνη (nonanal), η 1-εξανόλη, και η 2,4-δεκαδιενόλη. Επιπλέον, οι αλειφατικοί και αρωματικοί υδρογονάνθρακες, οι αλκοόλες, οι κετόνες, οι αιθέρες, οι εστέρες καθώς επίσης και το φουράνιο και θειοτερπενικά παράγωγα συμβάλουν σημαντικά στην οσμή και την ωραία γεύση του ελαιολάδου.³⁵

3.4.5.1. Η σημασία των αρωματικών ενώσεων του ελαιολάδου στην ανθρώπινη υγεία

Το φύλλο και ο καρπός της ελιάς είναι γνωστά για τη φυσική τους ανθεκτικότητα, στην προσβολή από μικρόβια και έντομα. Ένας λόγος για το φαινόμενο αυτό, έχει διατυπωθεί από τους Kubo et al. οι οποίοι παρατήρησαν την αντιμικροβιακή δραστηριότητα των μορίων που ανήκουν στη μεγάλη ομάδα των αρωματικών ενώσεων.¹⁴³ Μεταξύ αυτών είναι οι ακυκλικές ενώσεις όπως η εξανάλη (hexanal), η νοναλάνη, η 1-εξανόλη, η 3-εξανόλη, η 2-επτανάλη, η 2- νονενόλη και μονοκυκλικοί και σεσκουιτερπενικοί (sesquiterpene) υδρογονάνθρακες όπως 3-καρένη ή β-φαρνεσένη. Οι περισσότερες από αυτές τις ενώσεις ασκούν αντιμικροβιακή δραστηριότητα ενάντια σε μια σειρά διαφορετικών μικροοργανισμών, μεταξύ αυτών ο σταφυλόκοκκος aureus, ο στρεπτόκοκκος mutans, Escherichia coli, Candida utilis, και Aspergillus niger.¹⁴³ Οι επιπτώσεις αυτού του ευρήματος δεν είναι σήμερα σαφείς, αλλά με δεδομένο ότι μερικά από αυτά τα βακτηρίδια, μύκητες ή τοξίνες που παράγονται από αυτούς, είναι επιβλαβή στους ανθρώπους, η αντιμικροβιακή και προστατευτική επίδραση των αρωματικών

ενώσεων, είναι μια πτυχή που συμβάλει περαιτέρω στις ευεργετικές επιπτώσεις του ελαιολάδου στην ανθρώπινη υγεία.

3.5. Η σημασία των μικροσυστατικών στη σταθερότητα του ελαιολάδου

3.5.1. Φαινόλες και αυτό-οξείδωση

Τα μικροσυστατικά του ελαιολάδου που αναφέρονται παραπάνω, όχι μόνο έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία, αλλά επίσης είναι σημαντικά για το χρόνο ζωής και τη σταθερότητα του ελαιολάδου. Οι φαινολικές ενώσεις έχουν επανειλημμένα χαρακτηριστεί ως ισχυρά αντιοξειδωτικά. Διάφορες ερευνητικές ομάδες αναφέρουν ότι το ποσό των φαινολικών ενώσεων στο παρθένο ελαιόλαδο συσχετίζεται ιδιαίτερα με τη σταθερότητά του.^{36,144,145} Έτσι οι πολυφαινόλες συμμετέχουν ενεργά στην προστασία του ελαιολάδου από την οξείδωση (τάγγισμα)^{20,29} και τα παρθένα ελαιόλαδα με υψηλή περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, είναι πιο ανθεκτικά στην αυτό-οξείδωση.²⁹

Ο Gutfinger T. διαπίστωσε ότι υπάρχει γραμμική συσχέτιση ανάμεσα στο περιεχόμενο των παρθένων ελαιολάδων σε πολυφαινόλες και στη σταθερότητα τους έναντι της οξείδωσης, κατά την αποθήκευση τους σε θερμοκρασία 60°C.⁶⁰ Όταν, πειραματικά, απομακρύνονταν οι πολυφαινόλες από τα έλαια, παρατηρούταν αύξηση της τάσης τους για οξείδωση, που διέφερε από δείγμα σε δείγμα λόγω των διαφορετικών συγκεντρώσεων τους σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Σε ανάλογη έρευνα των Tsimidou et al. διαπιστώθηκε ότι, ενώ η ανθεκτικότητα των ελαιολάδων κατά της αυτό-οξείδωσης, συσχετίζεται με την ολική περιεκτικότητα τους σε πολυφαινόλες και με την αναλογία υδροξυτυροσόλης : τυροσόλης.¹⁴⁶ Η τυροσόλη από μόνη της δεν συμβάλλει στην σταθερότητα του ελαιολάδου. Η παραπάνω διαπίστωση επιβεβαίωσε προηγούμενη έρευνα, κατά την οποία παρατηρήθηκε ότι η τυροσόλη δεν είχε ουσιαστικά καμία αντιοξειδωτική επίδραση στα εξευγενισμένα έλαια, σε αντίθεση με την υδροξυτυροσόλη, η οποία είχε κάποια επίδραση.¹⁴⁷

3.5.2. Η σημασία των Τοκοφερολών στη σταθερότητα του ελαιολάδου

Αντίθετα από την καθολική συμφωνία για το ρόλο των φαινολών στη σταθερότητα του ελαιολάδου, υπάρχει μικρότερη ταύτιση των απόψεων, για το εάν οι τοκοφερόλες

συμβάλλουν επίσης στη σταθερότητα του ελαιολάδου. Ενώ, οι Baldioli et al δεν παρατήρησαν οποιοδήποτε συσχετισμό μεταξύ της οξειδωτικής σταθερότητας του ελαιολάδου και της περιεκτικότητας του σε α-τοκοφερόλη,¹⁴⁴ άλλοι βρήκαν μια μικρή συμμετοχή της α-τοκοφερόλης.¹⁴⁵ Αντίθετα, μια ισπανική ερευνητική ομάδα βρήκε ακόμη και έναν ισχυρό συσχετισμό μεταξύ της οξειδωτικής σταθερότητας του ελαιολάδου και της περιεκτικότητας του σε α-τοκοφερόλη.³⁶

3.6. Συμπεράσματα

Το ελαιόλαδο, ειδικά το παρθένο, περιέχει έναν μεγάλο αριθμό δομικών ετερογενών συστατικών σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Μεταξύ αυτών και τα αποκαλούμενα ως μικροσυστατικά του ελαιολάδου: βιταμίνες όπως οι τοκοφερόλες (βιταμίνη Ε), φαινόλες, υδρογονάνθρακες, στερόλες, αρωματικές ενώσεις, υδρογονάνθρακες (σκουαλένιο), και φυτοστερόλες. Μεγάλος αριθμός μελετών έχει δείξει τα ωφέλιμα αποτελέσματα των συστατικών αυτών, μεταξύ των οποίων η αντικαρκινογόνος δράση που αποδίδεται τόσο στο σκουαλένιο, όσο και στη σιτοστερόλη. Επομένως, η σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε σκουαλένιο και φυτοστερόλες είναι ένα ακόμη πολύτιμο χαρακτηριστικό, που μεγεθύνει τα ωφέλιμα αποτελέσματα του ελαιόλαδου επάνω στην ανθρώπινη υγεία. Δεδομένου ότι υπάρχει πιθανότητα για πρόσθετες συνέργιες μεταξύ υδρογονανθράκων, φυτοστερολών, φαινολών, τοκοφερολών, αρωματικών ενώσεων και της ευνοϊκής σύστασης των λιπαρών οξέων, τα συνολικά οφέλη που προσφέρει το ελαιόλαδο στην υγεία, ενδέχεται να είναι ακόμη υψηλότερα από το άθροισμα των επί μέρους πλεονεκτημάτων.

Οι παραπάνω ουσίες είναι υπεύθυνες για τη μοναδική οσμή και τη γεύση του ελαιολάδου, αυξάνουν τη σταθερότητά του και βεβαίως και παρεμποδίζουν επιβλαβείς διαδικασίες όπως είναι η υπεροξειδωση των λιπιδίων. Επομένως, η παρουσία όλων αυτών των ενώσεων, αποτελεί επιπλέον λόγο για τον οποίο θα πρέπει να συστήνεται το ελαιόλαδο, ως κύρια πηγή λίπους στην καθημερινή διατροφή μας.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ
ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΩΝ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΠΟΥ
ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ

4.1. Η Πατάτα στην ανθρώπινη διατροφή

Αν και ονομάζεται Γαλλική, η πατάτα (εικόνα 2) είναι ιθαγενής των ορεινών περιοχών της τροπικής Αμερικής. Στην Ευρώπη την έφεραν οι Ισπανοί στις αρχές του 16ου αιώνα. Η πατάτα είναι από τα λαχανικά που βρίσκονται σε αφθονία ολόκληρο το χρόνο και υπάρχουν πολλές ποικιλίες της. Χάρη στην υψηλή περιεκτικότητα της σε βιταμίνη C, η πατάτα έχει χαρακτηριστεί ως πολύ θρεπτικό λαχανικό. Με τη γενίκευση της χρήσης της πατάτας το σκορβούτο, που εκδηλώνεται από έλλειψη βιταμίνης C, άρχισε να περιορίζεται. Ως αποτέλεσμα, η πάθηση αυτή γρήγορα εξαφανίστηκε σχεδόν εντελώς στις χώρες, όπου γινόταν κατανάλωση αυτού του λαχανικού.¹⁴⁸



Εικόνα 2: Η πατάτα

Κάποιοι συγγραφείς αναφέρουν πως αν ο άνθρωπος ήταν αναγκασμένος να διαλέξει μία και μόνο τροφή για τη συντήρησή του, αυτή θα μπορούσε να είναι η πατάτα.¹⁴⁸ Λέγεται, πως κάποιος, σε περίοδο πολέμου, απέδειξε ότι ο άνθρωπος είναι σε θέση να ζήσει μόνο με πατάτες για μεγάλο διάστημα, χωρίς να μειωθεί η ζωτικότητα του. Έζησε, ο ίδιος και ο βοηθός του τρία ολόκληρα χρόνια αποκλειστικά και μόνο με

πατάτες — ωμές και βρασμένες. Με τον τρόπο αυτό απέδειξε ότι το λαχανικό αυτό αποτελεί μία πλήρη και χαμηλή σε κόστος τροφή.

Όταν άρχισε στην Αμερική, η υστερία με τη διαίτα στο τέλος της δεκαετίας του '60, οι πατάτες έπεσαν σε δυσμένεια, διότι θεωρήθηκαν, λανθασμένα, «θερμιδογόνες και παχυντικές». Η πατάτα είναι θαυμάσια τροφή για κάποιον που κάνει διαίτα. Με 220 θερμίδες και στην ουσία μηδέν λιπαρά, η πατάτα είναι ένα χορταστικό και ικανοποιητικό γεύμα. Περιέχει ωφέλιμα στοιχεία, όπως 26 mg βιταμίνης C, σχεδόν το μισό της σύστασης DRI για τους μη καπνιστές. Όσο πιο ωμές είναι οι πατάτες, τόσο μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε βιταμίνη C έχουν, και θα πρέπει να τρώγονται γρήγορα, γιατί οξειδώνονται πολύ εύκολα. Έχει επίσης μία εντυπωσιακή περιεκτικότητα σε κάλιο, 844 mg. Οι πατάτες είναι επίσης μία καλή πηγή βιταμίνης B₆ και, σε μικρότερο βαθμό των άλλων βιταμινών της ομάδας B, καθώς και μία εξαιρετική πηγή διαιτητικών ινών (4,1 γραμμάρια). Η φλούδα της πατάτας είναι πλούσια σε μέταλλα και κυρίως σε σίδηρο, κάλιο και διαιτητικές ίνες. Τουλάχιστον το 60% του σιδήρου που περιέχει η πατάτα βρίσκεται στη φλούδα της.¹⁴⁹

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για τη μαγειρική παρασκευή της πατάτας. Είναι προτιμότερο να μαγειρεύεται σε χαμηλή φωτιά, σε σκεύος όπου κλείνει ερμητικά, για να διατηρούνται τα θρεπτικά της στοιχεία. Το μαγείρεμα, μπορεί να αξιοποιήσει ή να καταστρέψει τη θρεπτική αξία μια τροφής και φυσικά της πατάτας. Σύμφωνα με το Γραφείο Οικιακής Οικονομίας του Αμερικανικού Υπουργείου Γεωργίας, με τις συνηθισμένες μεθόδους μαγειρέματος μπορεί να καταστραφεί 1 - 76% των θρεπτικών στοιχείων, μετάλλων και βιταμινών, λόγω της οξείδωσης ή της υψηλής θερμότητας ή της διάλυσης τους στο νερό. Αντίθετα, όταν χρησιμοποιούνται σκεύη που σφραγίζονται το πρόβλημα της οξείδωσης περιορίζεται, ενώ ταυτόχρονα απαιτείται λιγότερη θερμότητα και μικρότερη ποσότητα νερού. Έτσι μπορούν οι βιταμίνες και τα μεταλλικά στοιχεία να διατηρούνται καλύτερα. Στο τηγάνισμα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μαζί με ελαιόλαδο.¹⁴⁸

4.1.1. Η Διατροφική αξία της πατάτας

Οι πατάτες μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τη θεραπεία της οξέωσης. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν και για καταρροϊκά προβλήματα. Ακόμα ωφελούν σε παθήσεις

ουρικού οξέως, των νεφρών και του στομάχου, καθώς και για την αναπλήρωση των μεταλλικών στοιχείων του οργανισμού.¹⁴⁸

Η βιταμίνη C, που περιέχει η πατάτα, προστατεύει από τον καρκίνο, τις καρδιοπάθειες και ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα. Το κάλιο είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της φυσιολογικής ισορροπίας υγρών και ηλεκτρολυτών στα κύτταρα, καθώς και για την ομαλή καρδιακή λειτουργία και την πίεση στις αρτηρίες. Έτσι οι πατάτες που είναι πλούσιες σε κάλιο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πολύ καλά αποτελέσματα σε όλες τις καρδιακές παθήσεις. Η βιταμίνη B₆ ενισχύει επίσης το ανοσοποιητικό σύστημα. Οι διαιτητικές ίνες βοηθούν στην κανονική λειτουργία του εντέρου και προστατεύουν από τον καρκίνο του παχέος εντέρου και του ορθού. Ο χυμός της πατάτας, σε μερικές χώρες, είναι ένα πολύ διαδεδομένος κατά της δυσπεψίας, αλλά και σε περιπτώσεις εντερικών δυσλειτουργιών.¹⁴⁹ Επιπλέον λέγεται, πως θεραπεύει τη ρευματοειδή αρθρίτιδα¹⁵⁰. Η διατροφική αξία της πατάτας ανά 100 γρ. αναλυτικά παρουσιάζεται στο παράρτημα της παρούσας μελέτης.

4.1.2. Νεώτερα δεδομένα που αφορούν την πατάτα

Η πατάτα μπορεί να παρουσιάζει αντικαρκινικές ιδιότητες. Οι λευκές πατάτες, ειδικά οι ωμές, είναι πλούσιες σε αναστολείς πρωτεάσης. Ιδιαίτερα η φλούδα τους, είναι πλούσια σε χλωρογονικό οξύ, μία πολυφαινόλη που εμποδίζει τις κυτταρικές μεταλλάξεις που οδηγούν σε καρκίνο. Πειράματα στις αρχές της δεκαετίας του '60, έδειξαν ότι η φλούδα της πατάτας διαθέτει αντιοξειδωτική δράση, κατά των ελεύθερων ριζών, που συμβάλουν στην καρκινική διαδικασία. Μοναδικό ίσως μειονέκτημα της πατάτας, ο υψηλός γλυκαιμικός δείκτης, με αποτέλεσμα να αυξάνει, παροδικά, τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα¹⁵⁰.

4.2. Τα κολοκύθια στην ανθρώπινη διατροφή

Το κολοκύθι (εικόνα 3) είναι ιθαγενές φυτό του δυτικού ημισφαιρίου, γνωστό στους Ινδιάνους αιώνες πριν από τον ερχομό των λευκών. Μίσχοι, σπόρια, καθώς και άλλα μέρη του φυτού, βρέθηκαν στα ερείπια αρχαίων κατοικιών σε βράχους στις νοτιοδυτικές Ηνωμένες Πολιτείες. Ανήκει στην οικογένεια των κολοκυνθίδων, που περιλαμβάνει τις κολοκύθες, τα νεροκολόκυθα, τα αγγούρια, τα μοσχοπέποντα και τα καρπούζια. Το

κολοκύθι τρώγεται βραστό ή ψητό ή τηγανιτό. Το βράσιμο σε πολύ νερό αλλοιώνει, τα θρεπτικά στοιχεία του, τα οποία χάνονται στο νερό όπου βράζει.¹⁴⁸



Εικόνα 3: Το κολοκύθι

4.2.1. Η διατροφική αξία του κολοκυθιού

Το κολοκύθι, ενδείκνυνται για δίαιτες στις οποίες χρησιμοποιούνται μαλακές τροφές και είναι ωφέλιμο για το ουροποιητικό σύστημα.¹⁴⁸ Είναι πλούσιο σε β-καροτένιο (περισσότερο από 150% των DRI) και μπορεί να αποτελεί μία σωστή επιλογή για τη διατήρηση της καλής όρασης. Δωδεκαετής μελέτη, του Πανεπιστημίου του HARVARD σε νοσοκόμες, έδειξε ότι αυτές που έτρωγαν φρούτα και λαχανικά πλούσια σε β-καροτένιο, διέτρεχαν έναν κατά 39% μειωμένο κίνδυνο να παρουσιάσουν καταρράκτη. Το κολοκύθι (μαζί με το σπανάκι και τις πατάτες) ήταν ανάμεσα στις πλέον προστατευτικές τροφές. Οι γυναίκες δηλαδή που δεν προσβλήθηκαν από καταρράκτη, έτρωγαν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες από αυτά τα λαχανικά, σε σύγκριση με αυτές που παρουσίασαν καταρράκτη. Το κολοκύθι (όπως το σπανάκι και η πατάτα) είναι πολύ πλούσια σε κάλιο. Το κάλιο, όπως αναφέρθηκε, βοηθά στη διατήρηση της φυσιολογικής ισορροπίας υγρών, στη φυσιολογική πίεση και στην ομαλή καρδιακή λειτουργία. Η πρόληψη της υπέρτασης, έχει σημασία και στην ομαλή οφθαλμολογική λειτουργία, αφού αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες κινδύνου νόσησης από καταρράκτη. Πιθανόν, ο συνδυασμός β-καροτένιου και καλίου, να είναι υπεύθυνος για την προστασία από τον καταρράκτη. Το κολοκύθι περιέχει περισσότερο

από το ένα τρίτο των DRI, βιταμίνη C. Η βιταμίνη C, ως αντιοξειδωτική ουσία, προστατεύει και αυτή με τη σειρά της την όραση, από οξειδωτικές βλάβες που μπορεί να προκαλέσουν οφθαλμικές παθήσεις.¹⁴⁹ Η διατροφική αξία των κολοκυθιών ανά 100 γρ. αναλυτικά παρουσιάζεται στο παράρτημα της παρούσας μελέτης.

4.2.2. Νεώτερα δεδομένα που αφορούν το κολοκύθι

Ένας μεγάλος αριθμός μελετών επιβεβαιώνουν ότι τα άτομα που καταναλώνουν τροφές πλούσιες τερπενοειδή, όπως το β-καροτένιο διατρέχουν μικρότερο κίνδυνο να προσβληθούν από κάποια μορφή καρκίνου. Μία διατροφή πλούσια σε β-καροτένιο φαίνεται ότι μειώνει τον κίνδυνο για στεφανιαία νόσο. Η βιταμίνη C προστατεύει από καρκίνο και καρδιοπάθειες, και φαίνεται ότι βοηθά τον οργανισμό στην καταπολέμηση των μολύνσεων.¹⁴⁹

Στο κολοκύθι εντοπίζονται πολλές φαρμακευτικές ιδιότητες, κυρίως όσον αφορά την πρόληψη του καρκίνου. Έχουν εντοπιστεί χημικές ενώσεις, που εμποδίζουν την ενεργοποίηση ιών και καρκινογόνων χημικών στην εντερική περιοχή. Η κατανάλωση κολοκυθιών συσχετίζεται αρνητικά με τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου, όπως των πνευμόνων, του οισοφάγου, του στομάχου, της ουροδόχου κύστης, του λάρυγγα και του προστάτη. Οι ιδιότητες του κολοκυθιού είναι παρεμφερείς με αυτές των καρότων και των πατατών, όπου θεωρούνται προστατευτικά λαχανικά από τον καρκίνο του πνεύμονα, όπως έδειξε μια μελέτη σε χρόνιους καπνιστές. Όσοι έτρωγαν ελάχιστα από αυτά τα λαχανικά είχαν σχεδόν διπλάσιες πιθανότητες εμφάνισης καρκίνου του πνεύμονα. Οι πιθανότητες μειώνονται αισθητά με την κατανάλωση πέντε ισοδυνάμων κολοκυθιών, καρότων ή πατατών την ημέρα. Οι μη καπνιστές που εκτίθενται στο παθητικό κάπνισμα προστατεύονται εξίσου από τον καρκίνο του πνεύμονα τρώγοντας τέτοια λαχανικά. Επιπλέον το κολοκύθι, θεωρείται πως επιβραδύνει τη διαδικασία επέκτασης του καρκίνου, όταν αυτή έχει εκδηλωθεί. Είναι φανερό πως προστατεύει από όλων των ειδών τις βλάβες που προκαλούν διάφορες χρόνιες ασθένειες καθώς και από τη γήρανση.¹⁵⁰

4.3. Η μελιτζάνα στην ανθρώπινη διατροφή

Η μελιτζάνα (εικόνα 4) ανήκει στην οικογένεια των Solanaceae (μαζί με την πιπεριά και τη ντομάτα),¹⁴⁹ ιθαγενής της Ινδίας, όπου καλλιεργείται εδώ και χιλιάδες χρόνια. Είναι λαχανικό σαρκώδες, με χρώμα από άσπρο μέχρι σκούρο βυσσινί. Σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία, τα πρώτα είδη μελιτζάνας ήταν μικρού μεγέθους και σχήματος αβγού. Άλλωστε, αυτό δηλώνει και η αγγλική ονομασία Eggplant, δηλαδή "αβγόφυτο". Η μελιτζάνα βράζεται, ψήνεται ή τηγανίζεται. Η τηγανιτή μελιτζάνα λειτουργεί σα «σφουγγάρι» και απορρόφα μεγάλη ποσότητα ελαίου.¹⁴⁸



Εικόνα 4: Η μελιτζάνα

4.3.1 Η διατροφική αξία της μελιτζάνας

Η μελιτζάνα είναι καρπός φτωχός σε λιπαρά και θερμίδες. Περιέχει πολύ νερό και ενδείκνυται ως εξισορροπητικό τρόφιμο για δίαιτες που είναι πλούσιες σε πρωτεΐνες. Η μελιτζάνα έχει επίσης διουρητικές και καθαρτικές ιδιότητες.¹⁴⁸ Στη Νιγηρία,

θεωρείται αντισυλληπτικό, αντιρευματοειδής παράγοντας και αντισπασμωδικό. Στην παραδοσιακή Κορεατική ιατρική, το αποξηραμένο φυτό καθώς και ο καρπός χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία του λουμπάγκο, του πόνου, της ερυθράς, του καρκίνου του στομάχου και του αλκοολισμού και εξωτερικά για την ανακούφιση των ρευματισμών και των εγκαυμάτων. Η μελιτζάνα τον τελευταίο καιρό μελετάται για την πιθανή αντικαρκινική της δράση. Πρόσφατες μελέτες στην Ιαπωνία ανακάλυψαν ότι ο χυμός της μελιτζάνας καταστέλλει τη βλάβη των κυττάρων σε ζώα (χρωμοσωμικές ανωμαλίες) που έχουν προδιάθεση για καρκίνο.¹⁵⁰ Περιέχει σημαντικές φυτοχημικές ουσίες, οι οποίες έχειδειχθεί ότι σταματούν τη διαδικασία σχηματισμού όγκων. Για παράδειγμα, περιέχει τερπένια, τα οποία φαίνεται ότι αδρανοποιούν τις στεροειδείς ορμόνες που μπορούν να προαγάγουν συγκεκριμένους τύπους όγκων και προλαμβάνει πιθανώς τις οξειδωτικές βλάβες που μπορούν να κάνουν ένα κύτταρο επιρρεπές στην καρκινική ανάπτυξη. Πράγματι, μελέτη έδειξε ότι τα άτομα που καταναλώνουν μελιτζάνες έχουν λιγότερες πιθανότητες να εμφανίσουν καρκίνο του στομάχου. Ρυθμίζοντας την αρτηριακή πίεση και την καρδιακή λειτουργία, βοηθά στην πρόληψη των καρδιακών και εγκεφαλικών επεισοδίων.¹⁴⁹ Η διατροφική αξία της μελιτζάνας ανά 100 γρ. αναλυτικά παρουσιάζεται στο παράρτημα της παρούσας μελέτης.

4.3.2. Νεώτερα δεδομένα που αφορούν τη μελιτζάνα

Μελέτες ανακάλυψαν, ότι ορισμένα συστατικά στη μελιτζάνα εμποδίζουν την αύξηση της χοληστερόλης που προκαλείται από λιπαρές τροφές, όπως το τυρί. Μελέτες σε κουνέλια όπου διατράφηκαν με διατροφή πλούσια σε χοληστερόλη με ταυτόχρονη κατανάλωση μελιτζάνας, έδειξαν μείωση των επιπέδων της χοληστερόλης στο αίμα. Ορισμένα φυτοχημικά της μελιτζάνας, εμποδίζουν την είσοδο της χοληστερόλης στην εντερική περιοχή και την απομακρύνουν, με αποτέλεσμα να μην περνάει στο αίμα. Η παράδοση των Νιγηριανών αναφέρει ότι αυτό το λαχανικό, μετριάξει την εκδήλωση ασθενειών του νευρικού συστήματος, και αυτό φαίνεται να έχει επιστημονική βάση. Σε πειράματα που έγιναν, ποντίκια που είχαν πάρει φάρμακο που προκαλούσε σπασμούς, είχαν λιγότερες πιθανότητες να εμφανίσουν σπασμούς αν ελάμβαναν συγχρόνως και καθαρό εκχύλισμα μελιτζάνας. Έτσι δικαιολογείται η παραδοσιακή χρήση της μελιτζάνας κατά της επιληψίας και άλλων νευρολογικών παθήσεων.¹⁵⁰

4.4. Η Πιπεριά στην ανθρώπινη διατροφή

Οι πιπεριές (εικόνα 5) του Μεξικού και της Νότιας Αμερικής, ανακαλύφθηκαν από τον Κολόμβο και έγιναν γνωστές σε όλο τον κόσμο, και ειδικά στην Ινδία και την Κίνα. Θεωρείται ότι διαθέτουν ισχυρές θεραπευτικές ιδιότητες.¹⁵⁰ Όταν ο Κολόμβος δοκίμασε για πρώτη φορά μία πιπεριά, πίστεψε πως είχε ανακαλύψει ένα ακόμα φυτό από το οποίο έβγαινε το μαύρο πιπέρι, το οποίο τότε ήταν ένα εξαιρετικά πολύτιμο μπαχαρικό. Παρά το κάψιμο που προκαλούν, οι καυτερές πιπεριές δεν έχουν κάποια σχέση με το φυτό, από το οποίο βγαίνει το πιπέρι, το όνομα όμως πιπεριά έμεινε.¹⁴⁹



Εικόνα 5: Η πιπεριά

4.4.1. Η Διατροφική αξία της πιπεριάς.

Οι πιπεριές χαρακτηρίζονται προστατευτική τροφή, επειδή περιέχουν πολλά στοιχεία που ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα του οργανισμού. Περιέχουν βιταμίνη Α, που δημιουργεί πιο ανθεκτικούς ιστούς, και χρησιμοποιείται ιδιαίτερα κατά του κοινού κρυολογήματος και των καταρροϊκών μολύνσεων των αναπνευστικών οργάνων, των ιγμόρειων, των αυτιών, της ουροδόχου κύστεως, του δέρματος και του πεπτικού σωλήνα. Η βιταμίνη Α υποβοηθά στην ανάπτυξη και στην ευεξία. Η βιταμίνες της ομάδας Β, που επίσης υπάρχουν στην πιπεριά, εμπλέκονται στον

μεταβολισμό και εξισορροπούν τον εγκέφαλο και το νευρικό σύστημα. Τέλος, οι πιπεριές είναι πολύ πλούσιες σε βιταμίνη C. Η βιταμίνη C της πιπεριάς είναι συγκρίσιμη μ' εκείνη του πορτοκαλιού και του γκρέιπφρουτ. Όταν βράζονται σε νερό χάνουν μεγάλο μέρος της βιταμίνης C. Το μαγείρεμα σε ατμό ή σε σιγανή φωτιά, διατηρεί αρκετή από τη βιταμίνη αυτή. Η πιπεριά περιέχει μεγάλο ποσοστό πυριτίου, ένα στοιχείο που είναι απαραίτητο για το σχηματισμό των μαλλιών, του δέρματος, των νυχιών και των δοντιών.¹⁴⁸

Από το 1850 στο Δουβλίνο, η πιπεριά, προτείνεται ως αποτελεσματικό μέσο για τον πονόδοντο. Στη Νότια Αμερική οι πιπεριές καταναλώνονταν ως εντερικά παρασιτοκτόνα. Στις Ηνωμένες Πολιτείες σαν παραδοσιακό γιατρικό για τη θεραπεία της γεροντικής άνοιας, στην Ιαπωνία για την αύξηση της γονιμότητας, και στην Αγγλία για την εμφάνιση της εμμηνορρυσίας. Σε όλο τον κόσμο καταναλώνονται ως αφροδισιακή τροφή.¹⁵⁰ Η διατροφική αξία της πιπεριάς ανά 100 γρ. αναλυτικά παρουσιάζεται στο παράρτημα της παρούσας μελέτης.

4.4.2. Νεώτερα δεδομένα που αφορούν την Πιπεριά.

Οι πιπεριές περιέχουν μία ουσία την καψαϊκίνη. Πρόσφατα, ερευνητές ανακάλυψαν ότι η καψαϊκίνη διεγείρει ορισμένα νευρικά κύτταρα για την έκκριση ουσιών, που μπλοκάρουν τους υποδοχείς των νευροδιαβιβαστών που μεταφέρουν τα σήματα του πόνου. Η καψαϊκίνη αφαιρεί παροδικά την ικανότητα των νευροδιαβιβαστών να μεταφέρουν σήματα πόνου. Με την είσοδο της στον οργανισμό, η καψαϊκίνη προκαλεί την απελευθέρωση ενδορφινών στον εγκέφαλο, έχοντας μία παυσίπονη επίδραση, παρόμοια με αυτήν της μορφίνης.¹⁴⁹ Οι συχνή κατανάλωση πιπεριών παράγει μεγαλύτερες ποσότητες ενδορφινών.¹⁵⁰ Αυτός φαίνεται να είναι ο νευρολογικός μηχανισμός, με τον οποίο η καψαϊκίνη των πιπεριών καταστέλλει τον πόνο.¹⁴⁹

Μία πιπεριά περιέχει μία πλήρη ημερήσια δόση β-καροτένιου και σχεδόν το διπλάσιο των DRI για τη βιταμίνη C. Έρευνες σε πειραματόζωα έχουν δείξει ότι οι πιπεριές μειώνουν τη χοληστερόλη. Όταν δόθηκε σε ποντίκια μαζί με δίαιτα χαμηλή σε κεκορεσμένα λίπη, τα ζώα έχασαν βάρος και παρουσίασαν μείωση στις τιμές των τριγλυκεριδίων τους. Μειώθηκε επίσης και η LDL ή κακή χοληστερίνη στα

αρσενικά ποντίκια. Οι πιπεριές είναι πολύ πλούσιες σε αντιοξειδωτικά, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούν να προστατεύει επίσης, από τον καρκίνο και τις καρδιοπάθειες.¹⁴⁹ Επιπλέον, μπορούν να προλάβουν το σχηματισμό θρόμβων του αίματος, προστατεύοντας από την καρδιακή προσβολή και το εγκεφαλικό, επιμηκώνοντας το χρόνο πήξης του αίματος.¹⁵⁰ Η χρήση των πιπεριών συνιστάται για την ανακούφιση από τα συμπτώματα του κοινού κρυολογήματος και για την αποσυμφόρηση της αναπνευστικής οδού. Μπορούν επίσης, να βοηθήσουν στη θεραπεία για την επιπεφυκίτιδα και στην πρόληψη της βρογχίτιδας.¹⁴⁹ Πράγματι, σε πειράματα που έχουν γίνει σε ζώα, η καψαϊκίνη μειώνει τη βρογχοσύσπαση που προκαλείται από τον καπνό του τσιγάρου και άλλους ερεθιστικούς παράγοντες.¹⁵⁰

Οι πιπεριές είναι ιδανικό ινωδολυτικό για το αίμα και Ταϊλανδοί επιστήμονες υποστηρίζουν εδώ και χρόνια, ότι η συχνή κατανάλωση τους είναι ο λόγος που τα θρομβοεμβολικά επεισόδια είναι σπάνια στη χώρα τους, ειδικά σε σύγκριση με τους Αμερικανούς. Σε πειράματα, διαπιστώθηκε αυξημένη θρομβολυτική δραστηριότητα σε 88 Ταϊλανδούς, σε σύγκριση με 55 Αμερικανούς που ζούσαν στην Ταϊλάνδη.¹⁵⁰

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑ
ΩΣ ΜΑΓΕΙΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ
ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑ ΩΣ ΜΑΓΕΙΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

5.1. Το τηγάνισμα ως θρεπτική μαγειρική μέθοδος

Το μέχρι πρότινος περιορισμένης χρήσης στο μεσογειακό χώρο, τηγάνισμα, σήμερα έχει διαδοθεί σε όλα τα μέρη του κόσμου. Όπως σημειώθηκε στην εισαγωγή, αποτελεί μια από τις κυριότερες μεθόδους κατεργασίας τροφίμων, στις μονάδες που δραστηριοποιούνται στον τομέα εστίασης και στις βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων. Είναι μία πρακτική διαδικασία, δεδομένου ότι είναι γρήγορο και απαιτεί μικρή προετοιμασία τροφίμων. Ένας άλλος λόγος για τη μεγάλη δημοτικότητά του, είναι ότι το τηγάνισμα παράγει πολύ εύγευστα τρόφιμα λόγω της περιεκτικότητας σε λίπος, της τραγανής σύστασης και των πλούσιων γεύσεων που χαρίζει.¹⁵¹

Οι ανεπιθύμητες μεταβολές στη σύσταση των τροφίμων, που μπορεί να εμφανιστούν, ταυτόχρονα με τις επιθυμητές παραπάνω γευστικές τροποποιήσεις, είναι η απώλεια θρεπτικών ουσιών και ειδικά βιταμινών κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής. Οι καταναλωτές ευαισθητοποιούνται όλο και περισσότερο για την εφαρμογή μιας υγιεινής διαίτας, και ειδικότερα για τον περιορισμό της κατανάλωσης λίπους και χοληστερόλης, όπως και για την αύξηση του ποσού των βιταμινών και των μετάλλων, που λαμβάνουν μέσω της διατροφής. Κατά συνέπεια, οι απώλειες θρεπτικών του συστατικών, που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των τροφίμων, είναι θέμα μεγάλης ανησυχίας.¹⁵¹

Οι μέθοδοι κατεργασίας των τροφίμων: η θέρμανση, η κονσερβοποίηση, η ψύξη και κατάψυξη των τροφίμων, έχουν γίνει αντικείμενο σοβαρού ενδιαφέροντος, σχετικά με τη διατήρηση των θρεπτικών συστατικών, αλλά λίγοι ερευνητές έχουν εξετάσει τις θρεπτικές ιδιότητες ή τα αρνητικά φαινόμενα, που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας τηγανίσματος.¹⁵¹

Στο παρελθόν, το τηγάνισμα, κατηγορήθηκε από τους διατροφολόγους ως μία μη θρεπτικά σωστή μέθοδος μαγειρικής, ωστόσο σήμερα είναι γνωστό πως αν πραγματοποιείται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες: περιορισμένη θερμοκρασία, χρήση ελαιολάδου, σύντομος χρόνος τηγανίσματος κλπ. μπορεί να αποτελεί ένα κατ' εξοχήν σωστό και υγιεινό τρόπο μαγειρέματος. Ο λόγος για τον οποίο μπορεί να

συμβαίνει αυτό, είναι η παρουσία αντιοξειδωτικών ενώσεων: τοκοφερολών, φαινολικών ενώσεων και σκουαλένιου στο ελαιόλαδο και κατ' επέκταση στην τηγανιτή τροφή που έχει απορροφήσει το έλαιο. Όπως αναφέρθηκε η παρουσία σκουαλένιου στο παρθένο ελαιόλαδο (VOO), κυμαίνεται από 200 έως 700 mg/100g ελαίου¹⁰⁵. Επιπλέον, προηγούμενα κατέστη σαφές ότι το σκουαλένιο είναι το κατ' εξοχήν υπεύθυνο για την αντικαρκινογόνο δράση του ελαιολάδου¹⁰² και ταυτόχρονα η παρουσία φαινολικών ενώσεων και ολεϊκού οξέως είναι αρμόδια για τις αντιφλεγμονώδεις ιδιότητές του.^{71,102,152}

Παρά την κοινή πεποίθηση, η διαδικασία τηγανίσματος θεωρείται ότι έχει την ίδια ή ακόμα και μικρότερη επίδραση στις θρεπτικές απώλειες των τροφίμων, σε σχέση με άλλες μεθόδους μαγειρέματος.¹⁵¹ Επιπλέον, το τηγανισμένο έλαιο και κατά συνέπεια τα περιλαμβανόμενα σε αυτό αντιοξειδωτικά συστατικά, γίνονται μέρος της διατροφής μας. Επομένως, είναι ενδιαφέρον να προσδιοριστούν τα οφέλη και οι απώλειες που υπάρχουν κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος, να συγκριθούν με άλλους τρόπους μαγειρέματος και να υπολογιστεί η πρόσληψη αντιοξειδωτικών συστατικών που παρατηρείται μετά από την κατανάλωση τηγανισμένων φυτικών τροφίμων.

5.2. Μεταβολή της διατροφικής αξίας του τηγανισμένου ελαίου

Το τηγάνισμα, παλαιότερα είχε «κακή φήμη» από διατροφικής πλευράς. Τοξικολογικές ενδείξεις, των τηγανισμένων λιπών και ελαίων που θερμαίνονται σε υψηλές και παρατεταμένες θερμοκρασίες, έχουν υποβληθεί σε εντατικές έρευνες από τη δεκαετία του '50 και τα αποτελέσματα τους συνέβαλλαν σε αυτήν την εικόνα.¹⁵¹ Παρά το γεγονός, ότι τα trans λιπαρά οξέα (κυρίως C18:1, Δ9t) έχουν κατηγορηθεί, από επιδημιολογικές μελέτες,¹⁵³ ότι συμβάλουν στα περιστατικά καρδιαγγειακών παθήσεων στον Ευρωπαϊκό πληθυσμό, καμία αξιοσημείωτη αύξηση των ισομερών τους δεν έχει ανιχνευθεί κατά τη διάρκεια περιορισμένου αριθμού τηγανισμάτων.¹⁷

5.2.1. Τα Ακόρεστα Λιπαρά Οξέα στο τηγανισμένο έλαιο

Οι Tyagi και Vasishta ερεύνησαν τις μεταβολές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ελαίου και την σύσταση των λιπαρών οξέων του φυτικού ελαίου, υπό τις συνθήκες του τηγανίσματος.¹⁵⁴ Οι μεταβολές στο προφίλ των λιπαρών οξέων, κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, αφορούσαν βασικά τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, ενώ τα κορεσμένα

λιπαρά οξέα (μυριστικό, παλμιτικό και στεαρικό) παρέμειναν σταθερά. Το ολεϊκό οξύ (C18:1) παρουσίασε μια συνολική μείωση 21% μετά από 70 ώρες τηγανίσματος. Το λινολεϊκό οξύ (C18:2) υποβαθμίστηκε πολύ πιο γρήγορα: ύστερα από 70 ώρες υπήρχε 52% απώλεια. Οι απώλειες στο λινολενικό οξύ (C18:3) ήταν ακόμα υψηλότερες και ανήλθαν περίπου στο 72%. Κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, παρατηρήθηκε απώλεια ακόρεστων λιπαρών οξέων, που θα μπορούσε να αποδοθεί στην καταστροφή των διπλών δεσμών από την οξείδωση, την υδρόλυση και τον πολυμερισμό.

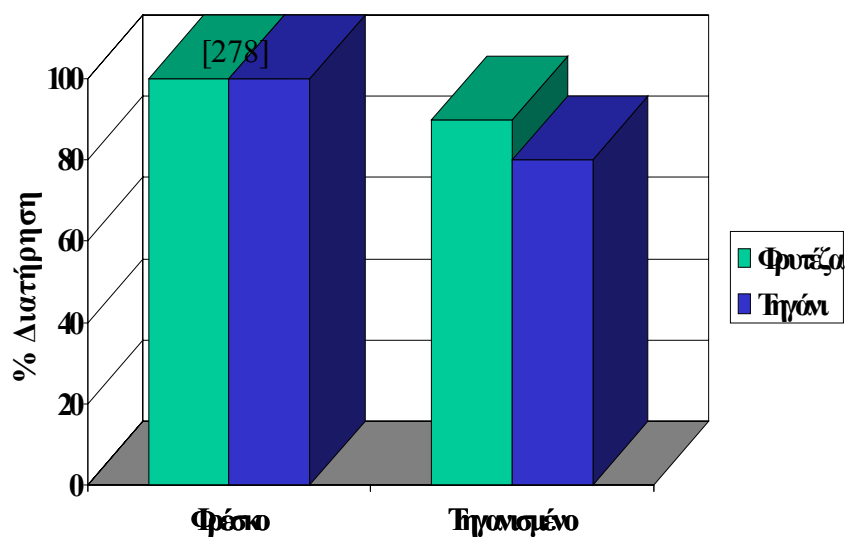
5.2.2. Η Βιταμίνη E στο τηγανισμένο έλαιο.

Τα φυτικά έλαια τηγανίσματος είναι μια άριστη πηγή βιταμίνης E. Οι Carlson και Tabacchi μελέτησαν την υποβάθμιση και την απώλεια της βιταμίνης E από το έλαιο, κατά το τηγάνισμα.¹⁵⁵ Εξέθεσαν, μια σημαντική απώλεια της βιταμίνης E κατά το τηγάνισμα ελαίου, στη διάρκεια 4 ημερών εμπορικού τηγανίσματος. Εντούτοις, δεν υπήρξε αλλαγή στην περιεκτικότητα σε βιταμίνη E των τηγανιτών πατατών, πράγμα που οφειλόταν στην αύξηση πρόσληψης λίπους των τηγανητών, που αντιστάθμιζε τη μείωση της βιταμίνης E του τηγανισμένου ελαίου. Ομοίως, μια σημαντική μείωση της περιεκτικότητας του ελαίου σε βιταμίνη E, βρέθηκε κατά τη διάρκεια 4 ημερών τηγανίσματος.¹⁵¹ Αυτά τα αποτελέσματα επιβεβαιώθηκαν και από τους Gordon και Kourimska, που διαπίστωσαν ότι η α-τοκοφερόλη χάθηκε πολύ γρηγορότερα από τις άλλες τοκοφερόλες στο έλαιο σιναπόσπορων, με μια μείωση 50% μετά από 4-5 διαδικασίες τηγανίσματος.¹⁵⁶

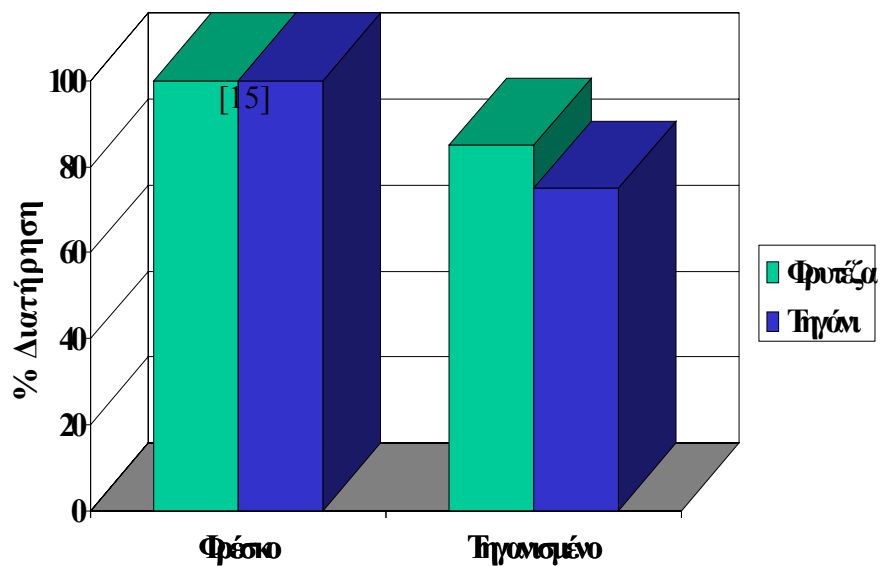
Αντίθετα, όσον αφορά το ελαιόλαδο, μία Ελληνική μελέτη διαπίστωσε πολύ καλή διατηρησιμότητα της βιταμίνης E στο τηγανισμένο ελαιόλαδο τόσο σε φριτέζα, όσο και σε τηγάνι (σχήματα 13 και 14).⁵

5.2.3. Η β-καροτίνη στο τηγανισμένο έλαιο

Οι Gordon και Kourimska έδειξαν ότι τα αντιοξειδωτικά στοιχεία (β-καροτίνη) που προστίθενται στο τηγανισμένο έλαιο, παρέχουν μια καλή προστασία, ενάντια στην οξείδωση άλλων θρεπτικά σημαντικών αντιοξειδωτικών ενώσεων που είναι ήδη παρούσες στο έλαιο των τηγανισμένων τροφίμων.¹⁵⁶



Σχήμα 13: Διατήρηση α-τοκοφερόλης μετά από τηγάνισμα σε τηγάνι και φριτέζα (Andrikopoulos NK et al. 2002).⁵



Σχήμα 14: Διατήρηση γ-τοκοφερόλης μετά από τηγάνισμα σε τηγάνι και φριτέζα (Andrikopoulos NK et al. 2002).⁵

5.3. Θρεπτικά οφέλη και απώλειες στα τηγανισμένα τρόφιμα.

Πολύ λίγες μελέτες θρεπτικής αξίας ή μεταβολής των θρεπτικών συστατικών έχουν εστιάσει στα τηγανισμένα τρόφιμα.¹⁵¹ Ποια είναι τα θρεπτικά πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του τηγανίσματος έναντι άλλων μεθόδων; Είναι όλα τα τηγανισμένα τρόφιμα αμφίβολης ποιότητας, όπως θεωρείται συνήθως; Μπορούν τα μέσα που χρησιμοποιούνται για τηγάνισμα να βελτιώσουν τη θρεπτική αξία των τηγανισμένων τροφίμων; Η παρούσα εργασία έχει ακριβώς αυτό το σκοπό: να προσπαθήσει να απαντήσει στα ζητήματα αυτά.

Το τηγάνισμα, είναι μια εξαιρετικά σύνθετη διαδικασία που περιλαμβάνει πολλές παραμέτρους, μερικές από τις οποίες εξαρτώνται από τη διαδικασία, και άλλες που έχουν σχέση με τα ίδια τα τρόφιμα και τον τύπο λίπους που χρησιμοποιείται. Χαρακτηρίζεται κυρίως ως μια διαδικασία αφυδάτωσης, με τρία διαφορετικά χαρακτηριστικά έναντι άλλων μαγειρικών μεθόδων:

1] Η υψηλή θερμοκρασία του ελαίου (περίπου 180⁰C) επιτρέπει τη γρήγορη μεταφορά θερμότητας και έναν πολύ πιο σύντομο χρόνο μαγειρέματος (μόνο μερικά λεπτά).¹⁵¹

2] Η θερμοκρασία μέσα στο προϊόν δεν υπερβαίνει συνήθως τους 100⁰C.¹⁵⁷

3] Στο τηγάνισμα δεν περιλαμβάνεται νερό, ως εκ τούτου δεν υπάρχει σημαντική απώλεια υδροδιαλυτών ενώσεων, αλλά άντ' αυτού ποσότητα του τηγανισμένου λίπους, απορροφάται σε αντικατάσταση ή σε ανταλλαγή του ύδατος που χάνεται μέσω της εξάτμισης.¹⁵¹

5.3.1. Διατροφικοί υπολογισμοί

Οι ποικίλες μέθοδοι για τον υπολογισμό της διατήρησης των θρεπτικών συστατικών, μπορούν να οδηγήσουν σε διαφορετική ερμηνεία των αποτελεσμάτων.¹⁵⁸ Όταν η διατήρηση των θρεπτικών συστατικών εκφράζεται σε υγρή βάση βάρους (φαινομενική διατήρηση), είναι δύσκολο να ανιχνευθούν οι πραγματικές μεταβολές,

όπως μερικές αλλαγές στη σύσταση των τροφίμων που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας του μαγειρέματος (όπως η απώλεια νερού, η απορρόφηση λίπους). Αυτές οι μεταβολές της σύστασης, λαμβάνονται υπόψη στα στοιχεία που υπολογίζονται στη βάση ελεύθερου λίπους ξηρού βάρους (απόλυτη διατήρηση), υποθέτοντας ότι τα υπόλοιπα συστατικά του τροφίμου δεν μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος (σχήμα 15).¹⁵¹

$$\begin{aligned} \text{Φαινομενική διατήρηση} &= \frac{\text{Περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων ανά γρ μαγειρεμένου φαγητού}}{\text{Περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων ανά γρ ωμού φαγητού}} (\text{υγρό βάρος}) \times 100 \\ \text{Απόλυτη διατήρηση} &= \frac{\text{Περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων ανά γρ μαγειρεμένου φαγητού}}{\text{Περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων ανά γρ ωμού φαγητού}} \left[\begin{array}{l} \text{υγρό βάρος} \\ \text{ελεύθερο λίπους} \end{array} \right] \times 100 \end{aligned}$$

Σχήμα 15: Υπολογισμοί Φαινομενικής και Απόλυτης διατήρησης των θρεπτικών συστατικών.¹⁵¹

5.3.2. Μεταβολές στο βάρος κατά το μαγείρεμα.

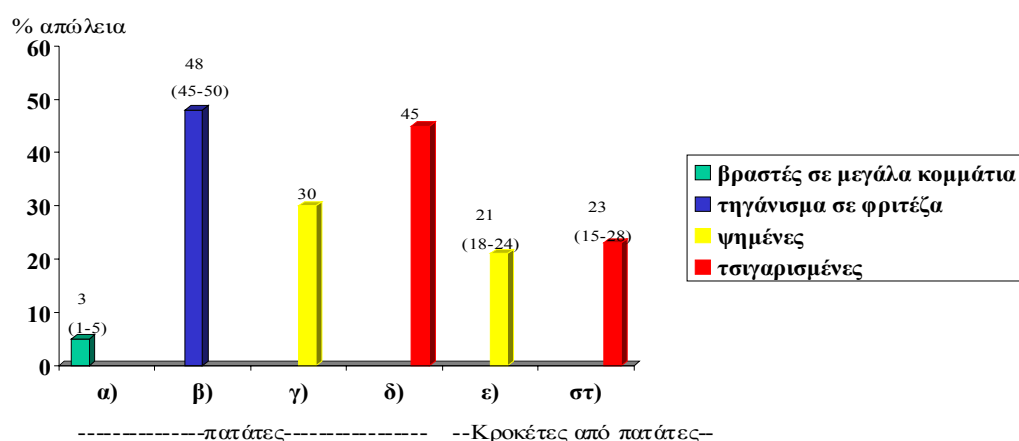
Οι μεταβολές στο βάρος των φυτικών τροφίμων, κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, αφορούν συνήθως τη μεταβολή στην περιεκτικότητα νερού και λίπους (σχήμα 16).¹⁵⁹⁻

¹⁶⁴ Σύμφωνα με πειραματικά αποτελέσματά που προκύπτουν από τη βιβλιογραφία, συμβαίνουν οι ακόλουθες μεταβολές στις πατάτες, κατά το μαγείρεμα γενικά: (α) απώλειες νερού και υδατανθράκων στις πατάτες κατά το βράσιμο (β) απώλειες νερού και απορρόφηση λίπους από τις πατάτες κατά το τηγάνισμα.²

5.3.2.1. Απώλεια και αντικατάσταση υγρασίας στα τηγανισμένα τρόφιμα.

Οι μεταβολές στην κυτταρική δομή¹⁶⁵ των τροφίμων και ο σχηματισμός πόρων λόγω της εξάτμισης του νερού, επιτρέπουν στο έλαιο να διαπεράσει το κενό που

δημιουργείται. Καθώς το νερό μετατρέπεται σε ατμό και «δραπετεύει» από το προϊόν, αφήνει πίσω μία πορώδη ομοιόμορφη μάζα. Το έλαιο εισέρχεται σ' αυτούς τους πόρους, και η μεγαλύτερη ποσότητα απορροφάται, κατά τη διάρκεια των πρώτων 20 sec τηγανίσματος (πίνακας 7).^{166,167}



Σχήμα 16: Επίδραση των κυριότερων μεθόδων μαγειρικής στο βάρος των τροφίμων (Bognar A. 1998).²

Τρόφιμο	Μέθοδος Μαγειρέματος	Βάρος		Νερό		Λίπος	
		Απόδοση G (F)	Αλλαγή g ^a	Περιεκτικότητα g ^b	Αλλαγή g ^r	Περιεκτικότητα g ^b	Αλλαγή g ^a
Καθαρισμένες πατάτες	Ωμό	100		80.0		0.2	
	Βραστό	97	-3	78.2	-1.8	0.2	±0
	Τηγάνισμα σε φριτέζα	52	-48	28.0	-52	4.5	+4.3

α) βάρος ομού τροφίμου – απόδοση
β) αλλαγή σε γρ. = $\frac{\text{περιεκτικότητα ανά 100 γρ. μαγειρεμένου τροφίμου} \times 100}{100}$
γ) περιεκτικότητα ανά 100 γρ. ωμής τροφής – C
- = απώλεια + = απορρόφηση

Πίνακας 7: Επίδραση συγκεκριμένων μεθόδων μαγειρέματος στο βάρος και την περιεκτικότητα νερού και λίπους στις μαγειρεμένες πατάτες (Gall KL et al. 1983).¹⁵⁹

5.3.2.2. Η επίδραση του τύπου ελαίου στο επίπεδο της απορρόφησης από τα τηγανισμένα τρόφιμα.

Ο Varela και οι συνεργάτες του, μελέτησαν την επίδραση του επαναλαμβανόμενου τηγανίσματος στο επίπεδο της απορρόφησης. Όλα τα λίπη που ερεύνησαν (ελαιόλαδο, ηλιέλαιο και ζωικό λίπος) παρουσίασαν πολύ υψηλό επίπεδο απορρόφησης, χωρίς διαφορά μεταξύ των τύπων, ακόμη και μετά από μία σειρά τηγανισμάτων.¹⁶⁸

5.3.2.3. Πρόσληψη λίπους από τα μαγειρεμένα και τηγανισμένα τρόφιμα.

Τα συμπεράσματα από τα στοιχεία της βιβλιογραφίας, για την αλλαγή της περιεκτικότητας σε λίπος στα τρόφιμα, κατά τη διάρκεια των διάφορων τύπων μαγειρέματος παρουσιάζουν, ότι το λίπος μπορεί να χαθεί, να κερδιθεί ή να παραμείνει αμετάβλητο μετά από το μαγείρεμα (πίνακας 8).^{2,169} Καμία σημαντική μεταβολή δεν παρατηρήθηκε στα βρασμένα σε νερό και στον ατμό, πατάτες και λαχανικά². Καμία μεταβολή στην απορρόφηση λίπους, δεν συμβαίνει κατά τη διάρκεια του ψησίματος των πατατών.²

	Πρόσληψη λίπους (γρ. λίπους/100 γρ ξηρού βάρους)	Αύξηση Ενέργειας (kcal/100 γρ φρέσκου βάρους)
Φυτικά τρόφιμα		
Άσπρο ψωμί	+56.3	+297
Μανιτάρι	+74.0	+354
Κρεμμύδι	+34.5	+122
Πατάτα	+18.7	+142
Ζωϊκά τρόφιμα		
Βόια μπριζόλα μπούτι	+7.2	+98
Φτερούγες κοτόπουλου	+9.1	+120
Χοιρινή μπριζόλα (άπαχη)	+6.8	+105
Βόια σάλτσα	-11.6	-1

Πίνακας 8: Αλλαγές στην πρόσληψη λίπους και στην ενεργειακή πυκνότητα φυτικών και ζωικών τροφίμων, τηγανισμένων σε φριτέζα στους 175⁰C (Makinson JH et al. 1987).¹⁶⁹

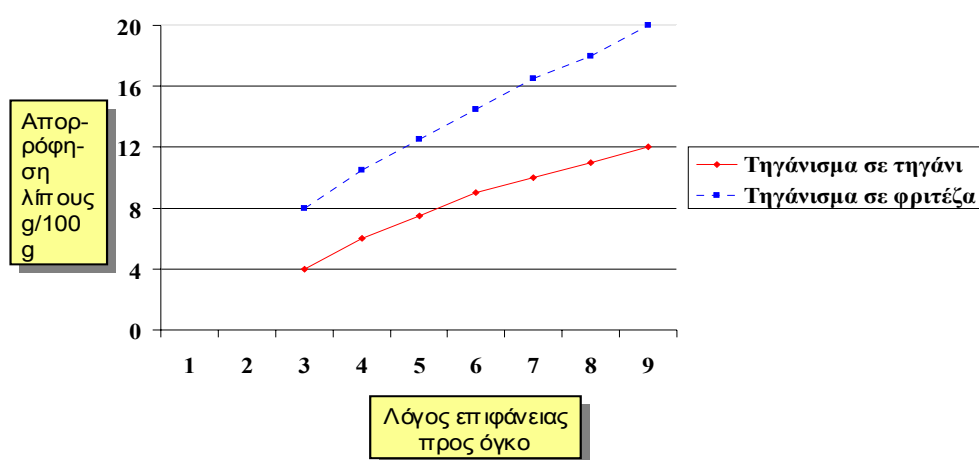
Το ποσό της πρόσληψης λίπους, κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες: τις συνθήκες της διαδικασίας του τηγανίσματος, τον τύπο και την ποιότητα του λίπους που χρησιμοποιείται και τα χαρακτηριστικά του τροφίμου που πρόκειται να τηγανιστεί. Η αρχική σύσταση των τροφίμων (περιεκτικότητα σε νερό και λίπος) έχει μεγάλη επίδραση στην πρόσληψη λίπους κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος. Ο Makinson και οι συνεργάτες του, ανέφεραν ότι φυτικά τρόφιμα, που είχαν αρχικά υψηλή ποσότητα νερού και χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά, απορρόφησαν περισσότερο το τηγανισμένο λίπος από τα ζωικά τρόφιμα.¹⁶⁹ Η ερευνητική ομάδα του Irmiter επιβεβαίωσε, ότι η παρουσία λίπους στο ακατέργαστο κρέας καθυστέρησε την εξάτμιση και απώλεια υγρασίας.¹⁷⁰ Ομοίως το εργαστήριο των Mai et al, έδειξε ότι τα ψάρια με υψηλή αρχική περιεκτικότητα σε λίπος (πέστροφες), εμφάνισαν αντίσταση στην απορρόφηση ελαίου κατά το τηγάνισμα, ενώ υπήρξε μια αύξηση στην περιεκτικότητα σε λιπίδια των ψαριών που είχαν αρχικά χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά (σαφρίδι), κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος σε τηγάνι και φριτέζα.¹⁷¹ Συνεπώς από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι, τα φυτικά τρόφιμα παρουσιάζουν μεγαλύτερη ικανότητα, στην απορρόφηση λίπους, επειδή ακριβώς η αρχική περιεκτικότητα τους σε λίπος είναι πολύ χαμηλή.

Το τηγανισμένο έλαιο που απορροφάται από τα τηγανιτά τρόφιμα, γίνεται μέρος της ανθρώπινης διατροφής. Οι ποσότητα του τηγανισμένου ελαίου που καταναλώνεται, εξαρτάται από τον τύπο τροφίμων που τηγανίζονται, το έλαιο και από τη συχνότητα κατανάλωσης τηγανισμένων τροφίμων, συνήθως πατατών. Το τηγανισμένο έλαιο που απορροφάται από τα τηγανιτά τρόφιμα,^{6,172,173} αποτελεί ποσοστό που ποικίλλει από 5.7-12.8%,⁵ 4,5 – 10%,² ή 6.0-14.0%,⁷ στην περίπτωση των τηγανιτών πατατών (ανά 100 γ. νωπών τροφίμων), και εξαρτάται κυρίως από τη διαδικασία του τηγανίσματος (φριτέζα, τηγάνι).^{5,7}

Το ποσοστό του ελαίου που απορροφάται από τις πατάτες είναι μεταξύ 5.7-6.5% για αυτές που τηγανίστηκαν σε τηγάνι και 10.9-12.8%, για αυτές που τηγανίστηκαν σε φριτέζα, γεγονός που αποδεικνύει την επίδραση του τρόπου τηγανίσματος στην απορρόφηση του ελαίου.⁵ Μικρές διαφορές παρατηρήθηκαν για τους διαφορετικούς τύπους μαγειρικού ελαίου. Οι Goburdhun και Jhurree εξέθεσαν απορρόφηση 11,9% στην περίπτωση του ελαίου σόγιας, από τις πατάτες, κατά τη διάρκεια του

τηγανίσματος σε φριτέζα,⁷ συμπέρασμα που είναι περίπου παρόμοιο με τα μετρήσεις του εργαστηρίου των Andrikopoulos et al.⁵ ανεξάρτητα από το δεδομένο ότι ο λόγος της επιφάνειας προς τον όγκο των πατατών που χρησιμοποίησαν οι Goburdhun & Jhurree⁷ ήταν υψηλότερος σε σχέση με αυτόν των Andrikopoulos et al.⁵

Δεδομένου ότι ένα μεγάλο μέρος του ελαίου που προσλαμβάνεται από τα τηγανισμένα τρόφιμα, βρίσκεται στην επιφάνεια και στην κρούστα τους, το μέγεθος και η γεωμετρία των νωπών τροφίμων που πρόκειται να τηγανιστούν, είναι σημαντικά χαρακτηριστικά, που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εξέταση της απορρόφησης λίπους. Σε μια μελέτη για την απορρόφηση λιπιδίων από τις τηγανιτές πατάτες, από τους Greenfield et al, διαπιστώθηκε ότι όσο μειωνόταν το μέγεθος των τηγανητών πατατών, τόσο περισσότερο αυξανόταν η περιεκτικότητα σε λίπος των τηγανητών πατατών, σε επίπεδο γραμμικής συσχέτισης (σχήμα 17).¹⁷⁴



Σχήμα 17: Επίδραση του μεγέθους των τηγανιτών πατατών στην απορρόφηση λίπους (Greenfield H et al. 1984).¹⁷⁴

Συνολικά, τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, μια σημαντική ποσότητα ελαίου απορροφάται από τα τρόφιμα. Κατά συνέπεια, τα τηγανισμένα τρόφιμα έχουν αυξημένη λιπαρή και ως φυσικό επακόλουθο, ενεργειακή

πυκνότητα και για το λόγο αυτό συμβάλουν στη μεγάλη πρόσληψη θερμίδων, μέσω της διατροφής.¹⁵¹

5.3.2.4. Η προσθήκη αλεύρου ή αλεύρου και νερού (κουρκούτι), κατά το τηγάνισμα.

Για τη χρήση αλεύρου ή αλεύρου και νερού (κουρκούτι) δεν υπάρχουν πληροφορίες, όταν εφαρμόζεται σε φυτικά τρόφιμα, π.χ. μελιτζάνες κολοκύθια, διότι πιθανόν αφορά έναν καθαρά Ελληνικό τρόπο μαγειρικής επεξεργασίας. Ωστόσο, οι παραπάνω πρακτικές μαζί με το πανάρισμα, αποτελούν διαδεδομένες παγκοσμίως τεχνικές, όταν τηγανίζεται ψάρι ή κρέας και για το λόγο αυτό, υπάρχουν περισσότερες πληροφορίες. Οι Makinson et al, μελέτησαν την επίδραση των επιστρωμάτων κουρκουτιού και του παναρίσματος, στην πρόσληψη λίπους από κομμάτια φιλέτων κατεψυγμένων ψαριών. Τα επιστρωμένα με κουρκούτι προϊόντα απορρόφησαν λιγότερο έλαιο, τόσο από αυτά χωρίς επίστρωση κουρκουτιού, όσο και από τα παναρισμένα τεμάχια, ενώ το πανάρισμα δεν άλλαξε σημαντικά τη συνολική πρόσληψη λίπους από τα ψάρια, έναντι των προϊόντων χωρίς επίστρωση. Η παρουσία κουρκουτιού οδήγησε προφανώς στο σχηματισμό μιας σκληρής κρούστας που ήταν αδιαπέραστη στη μετακίνηση του ύδατος και του λίπους. Ως εκ τούτου η απώλεια ύδατος και η απορρόφηση λίπους μειώθηκαν κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος. Οι συγγραφείς πρότειναν ότι η δυνατότητα του κουρκουτιού να δημιουργεί κρούστα, ενισχύεται από το υψηλότερο αρχικό ποσό επιστρώσεων που προσκολλάται στο προϊόν. Αυτό εξήγησε γιατί το πανάρισμα, δεν παρουσίασε τις ίδιες επιθυμητές ιδιότητες από τη στιγμή που η ποσότητα των επιστρώσεων που προσκολλούνται στην τροφή ήταν πιο χαμηλή.¹⁶⁹

5.3.3. Μεταβολές στη σύσταση των λιπαρών οξέων , κατά το τηγάνισμα.

Όπως είναι γνωστό, στα φυτικά τρόφιμα η παρουσία λίπους είναι περιορισμένη, άρα η μεταβολή στην περιεκτικότητα σε λίπος, στην τηγανισμένη τροφή, είναι πολύ έντονη. Σε ζωικά τρόφιμα μπορεί να μην υπάρχει ή να υπάρχει διαφορά στη σύσταση των λιπαρών οξέων,¹⁷¹ ανάλογα με την αρχική τους περιεκτικότητα σε λίπος. Αντίθετα, συνήθως τα φυτικά τρόφιμα, με δεδομένο ότι απορροφούν μέρος του τηγανισμένου ελαίου, έχουν επομένως σύσταση λιπαρών οξέων παρόμοια με το τηγανισμένο έλαιο.¹⁷⁵ Οι Sebedio et al. επίσης, ανέφεραν παρεμφερές προφίλ

λιπαρών οξέων, τόσο για το τηγασμένο έλαιο, όσο και τις τηγανιτές πατάτες (πίνακας 9).¹⁷⁶

	Πρίν το τηγάνισμα		Μετά το πρώτο τηγάνισμα		Μετά το 11ο τηγάνισμα	
Λιπαρά οξέα	Προτηγανισμένες πατάτες	Λάδι Φιστικιού	Τηγανιτές πατάτες	Λάδι Φιστικιού	Τηγανιτές πατάτες	Λάδι Φιστικιού
C16:0	12.8	11.5	11.0	11.3	11.1	11.4
C18:0	20.6	3.5	4.5	3.6	4.0	4.0
C18:1	59.4	48.5	48.7	48.8	49.6	49.4
C18:2	3.3	29.4	28.3	29.1	27.7	27.4
C18:3	0.8	trace	0.2	ND	ND	ND
C20:0	0.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6
C20:1	-	1	1	1	1	1
C22:0	0.3	2.8	2.7	2.8	2.9	2.8
ND = δεν ανιχνεύθηκε						

Πίνακας 9: Σύσταση λιπαρών οξέων σε προτηγανισμένες πατάτες πριν και μετά το τέλος του τηγανίσματος (Sebedio JL et al. 1990).¹⁷⁶

Συμπερασματικά, στα τρόφιμα με μια υψηλή αρχική περιεκτικότητα σε λίπος, καμία αλλαγή στη σύσταση των λιπαρών οξέων δεν εμφανίζεται, επειδή η πρόσληψη λίπους είναι πολύ περιορισμένη ή μη υπάρχουσα. Ωστόσο, όταν η πρόσληψη λίπους από τα τρόφιμα (με χαμηλή αρχική περιεκτικότητα σε λίπος) είναι σημαντική, η σύσταση των λιπαρών οξέων του απορροφημένου ελαίου, αντανακλά αυτή του τηγανισμένου (πίνακας 10). Συνεπώς, από θρεπτική άποψη, μεγάλη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στη σύσταση των λιπαρών οξέων, όπως αυτή παρουσιάζεται στο τηγανισμένο έλαιο. Έλαια πλούσια σε μονο- και πολυακόρεστα, θα αποδώσουν τρόφιμα πλούσια σε αντίστοιχα λιπαρά οξέα, ενώ τα τρόφιμα που τηγανίζονται στα ζωικά λίπη θα εμπλουτιστούν με κορεσμένα λιπαρά οξέα.¹⁵¹

5.3.4. Η Χοληστερόλη στα τηγανισμένα τρόφιμα.

Το τηγάνισμα σε τηγάνι και σε φριτέζα οδηγεί σε απώλεια χοληστερόλης τα ζωικά τρόφιμα,¹⁷¹ πράγμα που πιθανώς να οφείλεται στην εμβύθυση στο τηγανισμένο

έλαιο. Στην περίπτωση των φυτικών τροφίμων που τηγανίζονται σε φυτικά έλαια, δεν παρατηρείται κάποια μεταβολή στη σύσταση τους σε χοληστερόλη, αφού ως γνωστόν η περιεκτικότητα των φυτικών ελαίων σε χοληστερόλη είναι σχεδόν μηδενική. Αντίθετα όταν τα φυτικά τρόφιμα τηγανίζονται σε ζωικό λίπος, η χοληστερόλη προσλαμβάνεται από το τηγανισμένο προϊόν.

	Πατάτες	
	Ωμές	Τηγανισμένες
Συνολικό λίπος	0.16	16.5 ^a
SFA	23.1	13.2 ^a
MUFA	3.1	78.2 ^a
PUFA (συνολικό]	73.1	8.4 ^a
α] σημαντικό όταν συγκρίνεται με το ωμό (p<0.5]		

Πίνακας 10: Περιεκτικότητα νωπών και προτηγανισμένων πατατών τηγανισμένων σε ελαιόλαδο: SFA: κορεσμένα, MUFA: μονοακόρεστα και PUFA: πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Varela G and Ruiz-Roso B. 1992).¹⁶⁸

Οι Hubbard et al, όταν ανέλυσαν τη σύσταση και περιεκτικότητα σε στερόλες των τηγανισμένων πατατών από δέκα εστιατόρια, ανίχνευσαν τιμές χοληστερόλης που είχαν προέλθει από το χρησιμοποιούμενο ζωικό λίπος (πίνακας 11).¹⁷⁷

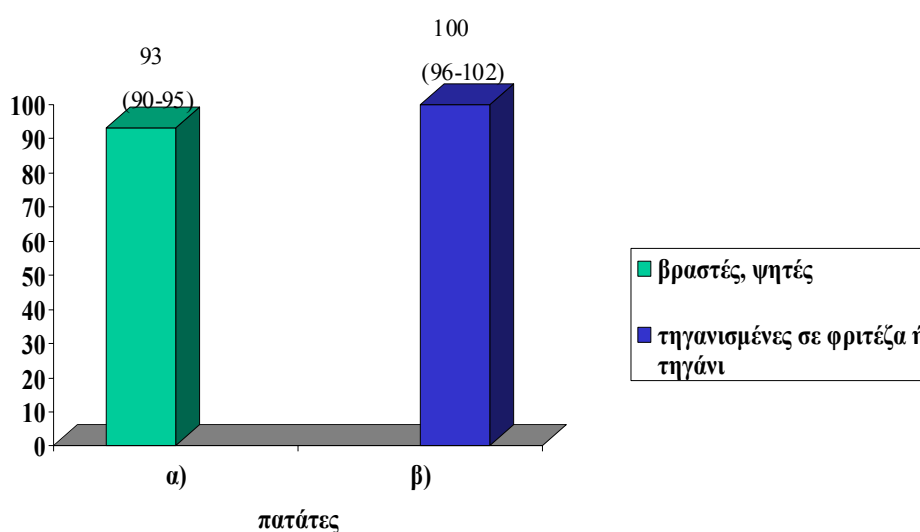
5.3.5. Μεταβολές στην πρωτεϊνική περιεκτικότητα στα τηγανισμένα τρόφιμα.

Όπως είναι γνωστό, η περιεκτικότητα των φυτικών τροφίμων σε πρωτεΐνες είναι περιορισμένη. Παρόλα αυτά, διάφοροι συγγραφείς έδειξαν ότι η διατήρηση των πρωτεϊνών στις τηγανιτές πατάτες ήταν υψηλότερη, σε ποσοστό 96- 100% (σχήμα 18).² Ωστόσο, η βιοδιαθεσιμότητα των πρωτεϊνών φαίνεται να επηρεάζεται από το

τηγάνισμα. Το ποσό βιοδιαθέσιμης λυσίνης σε ζωικά προϊόντα (ψάρια), φαίνεται να ελαττώνεται κατά 20-30% μετά από τηγάνισμα σε φριτέζα.¹⁷⁸

	Λίπος (γρ/100γρ)	Χοληστερόλη (μγρ/100γρ)	Σιτοστερόλη (μγρ/100γρ)
Εστιατόρια			
A	16.0	16.5	ND
B	15.5	ND	18.3
Γ	16.4	18.2	ND
Δ	28.4	ND	28.7
E	17.0	13.1	ND
Z	16.1	13.7	7.7
H	16.0	12.1	6.6
Θ	14.0	4.2	18.1
I	16.0	19.0	ND
K	16.5	17.8	ND
1Μέση τομή από έξι αναλυμένα και διπλότυπα δείγματα ND = δεν ανχνεύθηκε			

Πίνακας 11: Περιεκτικότητα χοληστερόλης και σιτοστερόλης σε τηγανισμένες πατάτες από δέκα εστιατόρια (Hubbard WD et al. 1977).¹⁷⁷



Σχήμα 18: Επίδραση των κυριότερων μεθόδων μαγειρικής στην πρωτεϊνική περιεκτικότητα των τροφίμων (Bognar A. 1998).²

Αυτή η μείωση είναι ακόμα μεγαλύτερη, κατά το τηγάνισμα χρησιμοποιημένου ελαίου σε υψηλή θερμοκρασία, ενώ τα τηγανισμένα σε κουρκούτι ψάρια παρουσιάζουν μικρότερες απώλειες λυσίνης. Η πιθανή αιτία ήταν ότι οι απώλειες προκλήθηκαν από το σχηματισμό δεσμών μεταξύ των αμινομάδων των πρωτεϊνών και προϊόντων που προήλθαν από την οξείδωση του λίπους.¹⁷⁹

5.3.6. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες στα τηγανισμένα τρόφιμα.

Η μεταβολή της περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες, όταν ερευνήθηκε στις πατάτες και άλλα λαχανικά, έδειξε ότι η διατήρησή τους, είναι υψηλότερη και ποικίλει από 95% έως 100%, ανάλογα με το είδος τροφίμων. Καμία διαφορά δεν παρατηρήθηκε, σε σχέση με τις μεθόδους τηγανίσματος, ή με τον τύπο του φυτικού ελαίου.² Οι Varo et al έδειξαν, ότι η περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες της πατάτας, αυξάνεται κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος.¹⁸⁰ Αυτό πιθανώς να οφείλεται σε ισχυροποίηση του αμύλου, με το σχηματισμό σύμπλοκου αμύλου – λιπιδίων,¹⁸¹ κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος. Αυτό το σύμπλοκο, κατά την επεξεργασία του στο γαστρεντερικό σωλήνα, «δραπετεύει» έπειτα από την πέψη, στο λεπτό έντερο και ύστερα στο παχύ από όπου και αποβάλλεται (ανθεκτικό - μη πεπτόμενο άμυλο). Οι Thed και Phillips έδειξαν ότι σε σύγκριση με τα ωμά δείγματα, το ψήσιμο πατατών δεν είχε καμία επίδραση στη δημιουργία ανθεκτικού αμύλου, ενώ το τηγάνισμα σε τηγάνι και φριτέζα, αύξησε σημαντικά την ποσότητα του ανθεκτικού αμύλου, σε βάση ξηρού βάρους (πίνακας 12).¹⁸²

Έτσι, αν και το τηγάνισμα μειώνει το ποσό του πεπτόμενου αμύλου στις πατάτες, ταυτόχρονα αυξάνει την περιεκτικότητά τους σε διαιτητικές ίνες. Όμως, οι διαιτητικές ίνες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόληψη ασθενειών, όπως ο καρκίνος του παχέως εντέρου, οι καρδιαγγειακές παθήσεις και ο σακχαρώδης διαβήτης. Αυτό σημαίνει πως ίσως είναι ευεργετικό να καταναλώνονται περισσότερο οι τηγανιτές πατάτες.¹⁵¹

5.4. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε βιταμίνες στα τηγανισμένα τρόφιμα.

5.4.1. Καταστροφή των βιταμινών κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος.

Η έκταση της καταστροφής των βιταμινών, εξαρτάται από το ύψος της θερμοκρασίας και το χρόνο της διαδικασίας του μαγειρέματος. Το τηγάνισμα, σε τηγάνι και φριτέζα, έχει τα τρία κύρια πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες μεθόδους μαγειρικής:

- η θερμοκρασία μέσα στα τρόφιμα (εκτός από την περιοχή της κρούστας) είναι κάτω από 100 °C,¹⁵¹
- ο χρόνος τηγανίσματος είναι συνήθως πολύ σύντομος,¹⁵¹
- μεγαλύτερη διατήρηση των υδροδιαλυτών βιταμινών, αφού δεν διαλύονται στο έλαιο.¹⁸³

	Χρήση	% RS
Στιγμαίος πουρές πατάτας	Έλεγχος	3.5
	Βρασμός	2.9
	Μαγείρεμα σε φούρνο μικροκυμάτων	7.3*
Κατεψυγμένες τηγανιτές πατάτες	Έλεγχος	6.2
	Ψήσιμο	6.2
	Τηγάνισμα σε φριτέζα	9.1*
RS = ανθεκτικό άμυλο		
Τα αποτελέσματα δίνονται σε υγρή βάση βάρους		
* Σημαντικά διαφορετικό		

Πίνακας 12: Επίδραση του σπιτικού τρόπου μαγειρέματος προϊόντων πατατών στην δημιουργία ανθεκτικού αμύλου (Thed ST and Phillips RD. 1995).¹⁸²

Επομένως, μερικές βιταμίνες ευαίσθητες στη θερμοκρασία (όπως η βιταμίνη C και η θειαμίνη) αναμένεται να είναι σταθερότερες και να υπάρχει μικρότερη επιδείνωση τους, κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, από ότι στο μαγείρεμα με νερό με ατμό ή με το ψήσιμο.¹⁶¹ Επιπλέον, ένα άλλο πλεονέκτημα είναι η απουσία διάχυσης των

υδροδιαλυτών βιταμινών στο νερό, αφού αυτό δεν χρησιμοποιείται κατά το τηγάνισμα.

5.4.2. Υδατοδιαλυτές βιταμίνες στις πατάτες και σε άλλα τηγανιτά λαχανικά

5.4.2.1. Η βιταμίνη C στις τηγανιτές πατάτες

Οι περισσότερες έρευνες, για την επίδραση του τηγανίσματος στην απώλεια της βιταμίνης C έχουν γίνει για τις πατάτες, δεδομένου ότι για περισσότερο από πενήντα χρόνια, οι τηγανισμένες πατάτες ή τα πατατάκια, είναι κοινό μαγειρικό προϊόν, στις περισσότερες χώρες στο δυτικό κόσμο.¹⁸⁴ Το μαγείρεμα των πατατών υπό διαφορετικές συνθήκες, παρουσιάζει μικρότερη απώλεια, αλλά με μεγάλη διακύμανση, της βιταμίνης C κατά το τηγάνισμα (5-35%), για το βράσιμο αναφέρονται απώλειες 30%, ενώ για το μαγείρεμα σε κατσαρόλα 76 % (πίνακας 13).² Η υψηλή διακύμανση του ποσοστού απώλειας της βιταμίνης C, κατά το τηγάνισμα πατατών, θα μπορούσε αναλυτικά να αποδοθεί στη χρησιμοποιημένη μέθοδο. Οι διάφορες έρευνες για τις πατάτες, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η καταστροφή του ασκορβικού οξέος εξαρτάται από τη δραστηριότητα του ενζύμου της υπεροξειδάσης στο νωπό προϊόν.

	Διατήρηση βιταμίνης C (%)				Διατήρηση θειαμίνης (%)	
	Μεγάλες τηγανιτές πατάτες		Μικρές τηγανιτές πατάτες		Μεγάλες τηγανιτές πατάτες	Μικρές τηγανιτές πατάτες
Επεξεργασία χρήσης	Απόλυτη διατήρηση	Φαινομενική διατήρηση	Απόλυτη διατήρηση	Φαινομενική διατήρηση	Απόλυτη διατήρηση	Απόλυτη διατήρηση
Βράσιμο ¹	75	75	69	69	80	88
Βράσιμο ²	70	70	68	68	93	95
Τηγάνισμα σε τηγάνι ²	96	127	82	138	87	99
Τέλος τηγανίσματος σε φριτέζα ³	83	123	65	106	87	91
Τέλος τηγανίσματος σε τηγάνι ³	85	111	70	98	60	59
Ψήσιμο στο φούρνο ³	71	140	57	102	74	98
¹ Augustin et al. 1979						
² Keller et al. 1989						
³ Augustin et al. 1981						

Πίνακας 13: Διατήρηση βιταμίνης C και θειαμίνης κατά τη μαγειρική επεξεργασία πατατών (Bognar A. 1998).²

Η διατήρηση της βιταμίνης C σε πατάτες, που παρασκευάστηκαν από κατεψυγμένα και νωπά προϊόντα ήταν σχεδόν 100%, όταν τα προϊόντα αυτά δεν περιείχαν την υπεροξειδάση.²

Οι Augustin et al, παρατήρησαν ότι οι απώλειες βιταμινών, κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος πατατών με φριτέζα στο σπίτι, ήταν χαμηλές. Τα μικρά τεμάχια τηγανισμένων πατατών παρουσίασαν μεγαλύτερη απώλεια βιταμίνης C, από ότι τα μεγάλα τεμάχια, δείχνοντας ότι η καταστροφή της βιταμίνης εμφανίστηκε κυρίως στην επιφάνεια των τηγανιτών προϊόντων. Το ψήσιμο σε φούρνο, σε σύγκριση με το τηγάνισμα, οδήγησε σε μικρότερη διατήρηση της βιταμίνης C.¹⁸⁵

Ο Keller et al, παρατήρησαν ότι για κάθε βήμα επεξεργασίας των προτηγανισμένων κατεψυγμένων τηγανιτών πατατών, υπήρχε απώλεια ασκορβικού οξέος περίπου 20% (καθάρισμα, τηγάνισμα σε τηγάνι, κατάψυξη, αποθήκευση και τελικό τηγάνισμα), με μια γενική απώλεια περίπου 55%. Διαπιστώθηκε πως η διατήρηση της βιταμίνης C μειωνόταν καθώς μίκραινε η διατομή των κομματιών.¹⁸⁶ Ομοίως, οι Boushell και Petter όταν μελέτησαν τα αποτελέσματα της επεξεργασίας προτηγανισμένων κατεψυγμένων τηγανιτών πατατών, στην απώλεια της βιταμίνης C, διαπίστωσαν ότι η ενώ η θέρμανση ήταν μια σημαντική αιτία απώλειας βιταμίνης C, το τηγάνισμα σε τηγάνι κατά το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας είχε μικρή επίδραση (Boushell R and Petter NN. 1980).¹⁸⁷ Ωστόσο, το τελικό σπιτικό τηγάνισμα, συνέβαλλε ουσιαστικά στη συνολική απώλεια της βιταμίνης C, στις προτηγανισμένες πατάτες και ήταν περισσότερο υπεύθυνο για μεγαλύτερη καταστροφή της βιταμίνης.

5.4.2.2. Η βιταμίνη C σε άλλα τηγανιτά λαχανικά.

Οι Ehean και Gott μελέτησαν τις απώλειες ασκορβικού οξέος στα πράσινα λαχανικά λόγω των διάφορων μεθόδων μαγειρέματος, όπως ο βρασμός, το μαγείρεμα σε φούρνο μικροκυμάτων και το τηγάνισμα (πινάκας 14). Ανέφεραν ότι η διατήρηση του ασκορβικού οξέος για το μπρόκολο, ήταν υψηλότερη μετά από το τηγάνισμα, όπως και μετά από το μαγείρεμα σε μικρή ποσότητα νερού. Εντούτοις, σε ότι αφορά τα πράσινα φασολάκια, μόνο το μαγείρεμα σε μικρή ποσότητα νερού οδήγησε σε υψηλή διατήρηση της βιταμίνης C, ενώ το τηγάνισμα, το μαγείρεμα σε φούρνο μικροκυμάτων και μαγείρεμα σε μεγάλη ποσότητα νερού έδωσε πολύ χαμηλή διατήρηση. Και στις δύο περιπτώσεις, το τηγάνισμα οδήγησε σε παρόμοια ή

καλύτερη διατήρηση της βιταμίνης C από ότι το μαγείρεμα με μεγάλη ποσότητα νερού ή σε φούρνο μικροκυμάτων.¹⁸⁸

Μέθοδος μαγειρέματος	Βιταμίνη C (% διατήρησης)	
	Μπρόκολο	Πράσινα φασόλια
Τηγάνισμα	76.6	57.5
Φούρνος μικροκυμάτων	56.8	58.9
Πολύ νερό	44.8	59.6
Λίγο νερό	74.2	76.0

Πίνακας 14. Διατήρηση βιταμίνης C στο μπρόκολο και τα πράσινα φασολάκια μαγειρεμένα με τέσσερις μεθόδους (Eheart MS and Gott C. 1965).¹⁸⁸

Το μαγείρεμα των πράσινων πιπεριών υπό διαφορετικές συνθήκες, όπως και στις πατάτες, παρουσιάζει μικρότερη απώλεια βιταμίνης C κατά το τηγάνισμα (5-20%), για το τηγάνισμα με ψήσιμο που ακολουθεί το βράσιμο αναφέρονται απώλειες (30 %), ενώ για το μαγείρεμα σε κατσαρόλα (76 %).¹⁸⁹ Τα πειραματικά στοιχεία σχετικά με τη διατηρησιμότητα της βιταμίνης C, στις πατάτες και την πιπεριά, κατά το μαγείρεμα με διαφορετικές μεθόδους, έχουν αναφερθεί από διάφορους συγγραφείς και αναφέρονται στον πίνακα 15.¹⁸³

Διαδικασία επεξεργασίας	% Διατήρηση βιταμίνης C	Παραπομπή
Ζέσταμα (μεγάλες / μικρές πατάτες)	70/68	Fillion & Henry (1998]
Τηγάνισμα σε τηγάνι (μεγάλες / μικρές πατάτες)	96/82	Fillion & Henry (1998]
Τηγάνισμα σε φρυτέζα (μεγάλες / μικρές πατάτες)	83/75	Fillion & Henry (1998]
Ψήσιμο σε φούρνο (μεγάλες / μικρές πατάτες)	71/57	Fillion & Henry (1998]
Ψητές πατάτες	80-85	Ruiz-Roso (1998]
Βραστές πατάτες	60-80	Ruiz-Roso (1998]
Τηγανιτές πατάτες	25-80	Ruiz-Roso (1998]
Τηγανιτά μπρόκολα / φασολάκια	77/58	Eheart & Gott (1965]
Φούρνος μικροκυμάτων: μπρόκολα / φασολάκια	57/59	Eheart & Gott (1965]
Βραστά μπρόκολα / φασολάκια	45/60	Eheart & Gott (1965]

Πίνακας 15: Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για την επίδραση των διάφορων μεθόδων μαγειρικής στη διατήρηση της βιταμίνης C (Saguy D. 2003).¹⁸³

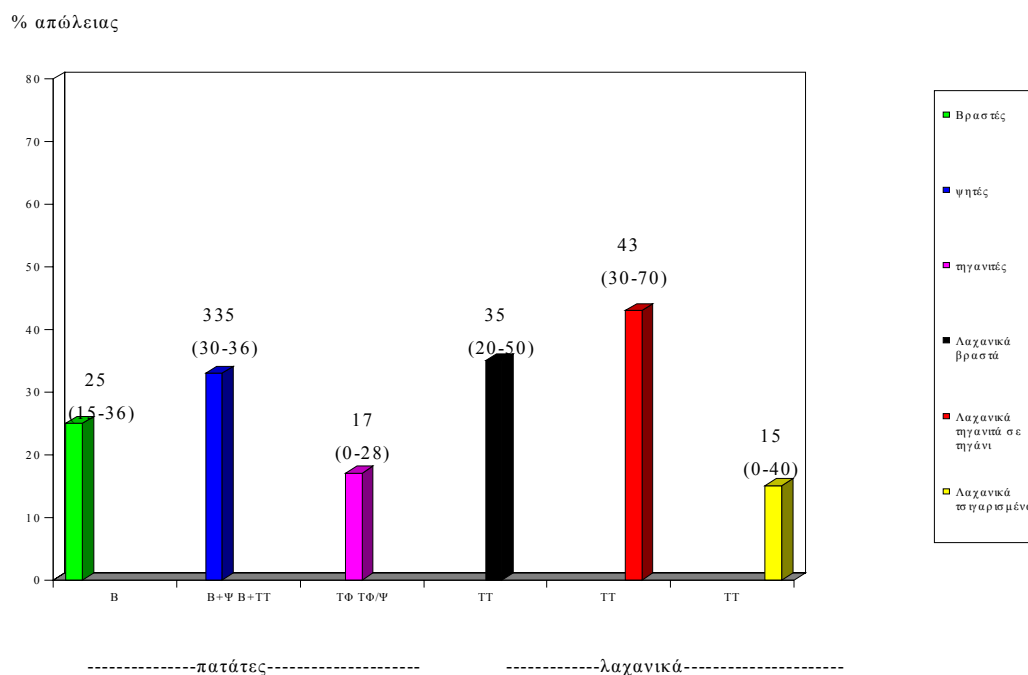
Η πατάτα και τα άλλα λαχανικά, είναι μια πολύ σημαντική πηγή της βιταμίνης C στη διατροφή, και οι απώλειες κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας και της επεξεργασίας είναι ανησυχητικές. Αν και υπάρχει μια σημαντική απώλεια βιταμίνης C κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, όταν εξετάζεται η σχετική διατήρηση της βιταμίνης C, φαίνεται ότι οι συγκεντρώσεις της στα διάφορα φυτικά τρόφιμα, είναι αρκετά υψηλές σε σχέση με άλλες μεθόδους μαγειρικής.¹⁵¹

5.4.2.3. Οι βιταμίνες του συμπλέγματος B στις τηγανιτές πατάτες και σε άλλα λαχανικά.

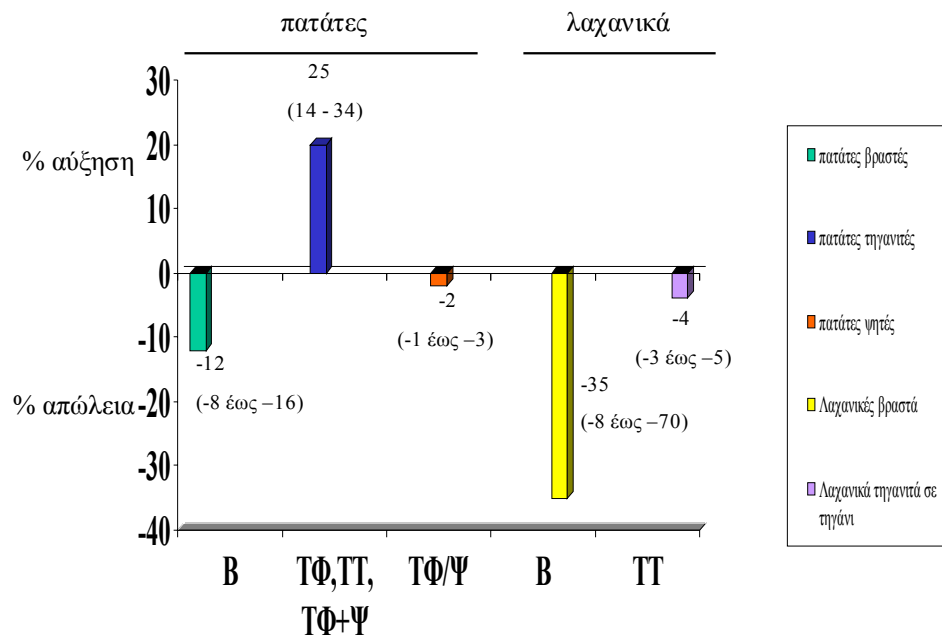
Οι απώλειες της βιταμίνης B1 κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος των φυτικών τροφίμων, κυμαίνονται από 0% ως 10% για τις πατάτες και τα διάφορα άλλα λαχανικά (σχήμα 19).¹⁹⁰ Πρέπει να σημειωθεί ότι η επίδραση του τρόπου τηγανίσματος (φρυτέζα, τηγάνι) και του μεγέθους των κομματιών των τροφίμων, στη διατήρηση της θειαμίνης είναι ακριβώς αντίθετη, από την περίπτωση της βιταμίνης C. Δηλαδή, τα μικρά τεμάχια τηγανισμένων πατατών παρουσιάζουν μεγαλύτερη απώλεια της βιταμίνης B1, από ότι τα μεγαλύτερα τεμάχια,¹⁸⁶ όπως και η διατήρηση

της βιταμίνης B1, όταν το τρόφιμο τηγανίζεται στο τηγάνι είναι καλύτερη, απ' ότι στη φριτέζα.¹⁸⁵

Οι απώλειες στη βιταμίνη B2, κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος των τροφίμων, κυμαίνονται από 12% για τις πατάτες έως και 70% (μέσος όρος 35%) για τα διάφορα λαχανικά (σχήμα 20).¹⁹⁰ Οι απώλειες της B2 κατά τη διάρκεια του βρασμού των πατατών και των λαχανικών, οφείλονται κυρίως στη διάλυση τους στο νερό.¹⁹⁰ Αντίθετα, έχουν αναφερθεί σημαντικές αυξήσεις στην περιεκτικότητα σε ριβοφλαβίνη των πατατών κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, σε τηγάνι και σε φριτέζα. Το κέρδος στη ριβοφλαβίνη προκαλείται πιθανώς από την παραγωγή της ριβοφλαβίνης από διάφορους προδρόμους της, κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος. Το είδος και η μορφή των προδρόμων δεν είναι ακόμα γνωστό και πρέπει να διευκρινιστεί περαιτέρω στην έρευνα.¹⁹⁰



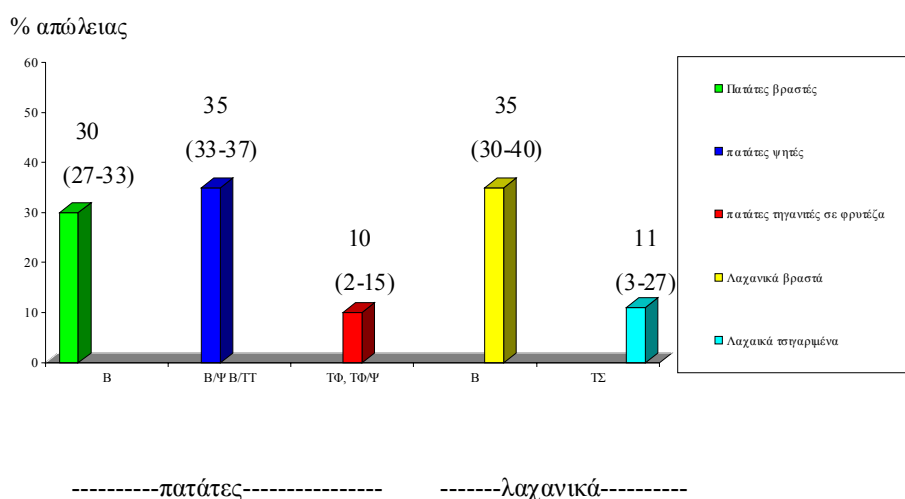
Σχήμα 19: Επίδραση των κυριότερων μεθόδων μαγειρικής στην περιεκτικότητα των τροφίμων σε B1 (Bognar A. 1998).¹⁹⁰



Σχήμα 20: Μεταβολές στην περιεκτικότητα των τροφίμων σε B2 κατά την επίδραση των κυριότερων μεθόδων μαγειρικής (Bognar A. 1998).¹⁹⁰

Στα φυσιικά τρόφιμα η βιταμίνη B6 είναι παρούσα ως πυριδοξαμίνη (PM), ως πυριδοξάλη (PL) και ως πυριδοξίνη (PN), είτε ελεύθερη, είτε δεσμευμένη με φωσφόρο, με πρωτεΐνες και με αμινοξέα.¹⁹⁰ Τα στοιχεία για την επίδραση του μαγειρέματος στην βιταμίνη B6 είναι σπάνια. Ο Bognar μελέτησε την επίδραση των διαφορετικών μεθόδων μαγειρέματος στα παράγωγα της βιταμίνης B6 και στη συνολική βιταμίνη B6, με τη χρησιμοποίηση της αναλυτικής μεθόδου HPLC.¹⁹⁰ Το συνολικό περιεχόμενο της βιταμίνης B6 ήταν κατά μέσον όρο 350 μg στις πατάτες, 306 μg στην πιπεριά, 67 μg στις μελιτζάνες και 119 μg στα κολοκύθια.¹⁹⁰ Οι πατάτες και τα λαχανικά περιλαμβάνουν εκτός από την PM και την PL, επίσης μία υψηλή ποσότητα PN. Το μαγείρεμα των πατατών και των λαχανικών υπό διαφορετικές συνθήκες, έχει παρουσιάσει μικρότερη απώλεια βιταμίνης B6, με το τηγάνισμα σε φριτέζα, απ' ό,τι το μαγείρεμα σε κατσαρόλα (σχήμα 21). Τα συμπεράσματα του Bognar επιβεβαιώνουν αυτά της βιβλιογραφίας,¹⁹¹ σύμφωνα με τα οποία η διάλυση και η απώλεια της βιταμίνης B6, κατά το βράσιμο είναι υψηλή, λόγω μεγάλης διαλυτότητας της στο νερό. Εξ αιτίας της υποβάθμισης, όπως επίσης και της

μετατροπής της σε πυριδοξαμίνη, η πυριδοξάλη έχει βρεθεί ότι είναι η λιγότερο σταθερή μορφή της βιταμίνης B6 στα φυτικά τρόφιμα.¹⁹⁰



Σχήμα 21: Επίδραση των κυριότερων μεθόδων μαγειρικής στην περιεκτικότητα των τροφίμων σε B6 (Bognar A. 1998).¹⁹⁰

Μέρος της πυριδοξάλης που υποβιβάστηκε σχεδόν εντελώς κάτω από την επίδραση θερμότητας, μετατράπηκε σε πυριδοξαμίνη. Αντίθετα από την πυριδοξίνη σχεδόν το 100% διατηρήθηκε. Φαίνεται ότι υπάρχει μια σχέση μεταξύ της έκτασης της απώλειας της βιταμίνης B6 και της περιεκτικότητας σε πυριδοξάλη των νωπών τροφίμων: όσο υψηλότερη η περιεκτικότητα σε PL, τόσο μεγαλύτερη είναι η απώλεια της κατά τη θερμική κατεργασία.¹⁹⁰

5.4.3. Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες.

5.4.3.1. Τα καροτενοειδή και η βιταμίνη Α στα διάφορα τηγανιτά φυτικά τρόφιμα.

Η μελέτη της διατήρησης των λιποδιαλυτών βιταμινών είναι πιο σύνθετη. Σύμφωνα με τις αναφορές της βιβλιογραφίας, η διατήρηση της βιταμίνης Α στα βρασμένα λαχανικά είναι υψηλότερη, απ' ό,τι όταν συγκρίνεται με το τηγάνισμα, 86% και 76%, αντίστοιχα.¹⁵¹ Οι Speek et al, μελέτησαν την επίδραση της μαγειρικής επεξεργασίας

στην περιεκτικότητα σε καρωτενοειδή, των ταϊλανδικών λαχανικών και έδειξαν ότι οι μέσες απώλειες βιταμίνης A ήταν 14% για το βράσιμο, 24% για το τηγάνισμα, 29% για το φούρνο, 44% για το ψήσιμο σε φωτιά και 60% για το ψήσιμο σε φωτιά που ακολούθησε μετά από βράσιμο. Κάποια ποσότητα καρωτενοειδών χάθηκε στο μαγειρευμένο νερό, αλλά οι απώλειες κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος ήταν μεγαλύτερες και οφείλονταν στην εμβύθιση στο τηγανισμένο έλαιο.¹⁹² Οι Padmanavi et al, σημείωσαν ότι οι απώλειες β-καροτένιων ήταν χαμηλότερες όταν η θερμοκρασία μαγειρέματος διατηρήθηκε σε μικρό βαθμό. Επίσης, ανέφεραν ότι το τηγάνισμα με φριτέζα, οδήγησε σε διπλάσιο ποσό απώλειας, από αυτό που εμφανίστηκε κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος σε τηγάνι.¹⁹³

5.4.3.2. Οι τοκοφερόλες στα διάφορα τηγανιτά φυτικά τρόφιμα.

Όπως σημειώθηκε όλα τα φυτικά έλαια που χρησιμοποιούνται για το τηγάνισμα περιέχουν βιταμίνη E, σε μια συγκέντρωση 15-49 mg α-τοκοφερόλης /100 g ελαίου.¹⁹⁴ Συνεπώς, τα τρόφιμα που τηγανίζονται σε φυτικά έλαια, εμπλουτίζονται με μία σημαντική ποσότητα βιταμίνης E (πίνακας 16).¹⁹⁵ Αυτό, αντιπροσωπεύει μια σημαντική ποσότητα θρεπτικής πρόσληψης, έχοντας υπόψη ότι η αναθεωρημένη συνιστώμενη ημερήσια διατροφική πρόσληψη (DRI) είναι 15 mg α-τοκοφερόλης/ημέρα.³⁴ Για παράδειγμα, μια μερίδα 100 g σπιτικών τηγανητών πατατών, μπορεί να αποφέρει μέχρι και 50% της βιταμίνης E που προτείνεται από τις DRI (πίνακας 17).¹⁹⁵ Συνεπώς τα τηγανισμένα τρόφιμα είναι μια καλή διατροφική πηγή βιταμίνης E, την οποία απορροφούν από τα φυτικά έλαια που χρησιμοποιούνται για το τηγάνισμα. Ωστόσο, μια σημαντική μεταβολή της παρεχόμενης βιταμίνης E, μπορεί να παρατηρηθεί σε σχέση με την ποιότητα του ελαίου και τον αριθμό των επαναλαμβανόμενων τηγανισμάτων, στο οποία έχει υποβληθεί το έλαιο.¹⁵¹

Προϊόντα πατάτας	Βιταμίνη E (mg α-TE / 100 g)
Ωμή πατάτα	0.06
Πατατάκια εμπορίου, τηγανισμένα σε φυτικό λάδι	0.39
Τηγανιτές πατάτες εμπορίου	1.00
Προτηγανισμένες Τηγανιτές πατάτες, ίσια κομμένες, τηγανισμένες σε καλαμποκέλαιο	3.27
Σπιτικές τηγανητές πατάτες, σε καλαμποκέλαιο	4.90
Πατατάκια	3.10
α-TE = ισοδύναμο άλφα-τοκοφερόλη	

Πίνακας 16: Πρόσληψη βιταμίνης E από προϊόντα τηγανητής πατάτας (Holland B et al. 1991).¹⁹⁵

Προϊόντα Πατάτας	Βιταμίνη E (% του DRI)
Ωμές πατάτες	0.6
Τηγανητές πατάτες εμπορίου (φυτικό λάδι]	3.9
Τηγανητές πατάτες, κατεψυγμένες (καλαμποκέλαιο]	32.7
Σπιτικές τηγανητές πατάτες (καλαμποκέλαιο]	49.0

Πίνακας 17: Απόδοση διάφορων τύπων εδώδιμων πατατών σε βιταμίνη E (%DRI) (Holland B et al. 1991).¹⁹⁵

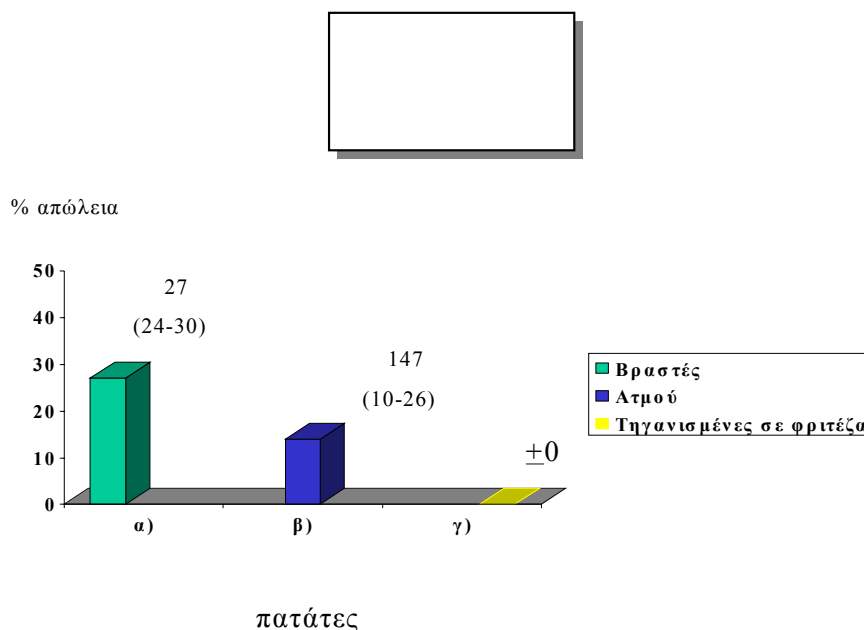
5.5. Τα μέταλλα στα διάφορα τηγανιτά τρόφιμα.

Μια πτυχή που δεν εξετάζεται συχνά, είναι η μείωση στο μεταλλικό περιεχόμενο της τροφής, κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος. Οι Finglas et al, συνέκριναν τις

απώλειες των μεταλλικών στοιχείων στις πατάτες μετά από βράσιμο, ψήσιμο και τηγάνισμα.¹⁹⁶ Σημαντικές απώλειες εμφανίστηκαν μόνο κατά τη διάρκεια του βρασμού και έγινε η υπόθεση ότι η αλλοίωση του μεταλλικού περιεχόμενου της τροφής κατά το βράσιμο είναι το αποτέλεσμα της διάλυσης των μετάλλων στο νερό (πίνακας 18).^{159,196} Κάποια από τα μέταλλα είναι ιδιαίτερα υδροδιαλυτά και ειδικά το κάλιο που χάνεται εύκολα στο νερό κατά το βράσιμο της πατάτας.² Αντίθετα, οι τηγανισμένες πατάτες παρουσιάζουν μόνο αμελητέες απώλειες στα μέταλλα (μόνο 1%), σε σύγκριση με τις μεγαλύτερες απώλειες που παρουσιάζουν οι βραστές ή οι ψητές.¹⁵¹ Επιπλέον, η μεταβλητότητα στην περιεκτικότητα των φυτικών τροφίμων, σε μεταλλικά στοιχεία, επηρεάζεται ελάχιστα από τον τύπο τηγανίσματος, δηλαδή από το εάν οι πατάτες τηγανίζονται σε τηγάνι ή φριτέζα. Τα αποτελέσματα των ερευνών για τις μεταβολές στην περιεκτικότητα σε μέταλλα (τέφρα) στις πατάτες κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος αναφέρονται στο σχήμα 22.

Μέταλλα	Πατάτες ¹			Σαφρίδι		Κοκκινόψαρο	
	Βρασμός	Ψήσιμο	Τηγάνισμα	Ψήσιμο	Τηγάνισμα φρυτέζας	Ψήσιμο	Τηγάνισμα φρυτέζας
Na	111	103	95	85	95	80	93
K	84	105	103	86	81	84	93
P	82	105	87	90	109	90	107
Mg	94	104	96	85	90	88	95
Ca	98	132	126	-	-	-	-
Cl	77	111	99	-	-	-	-
Fe	88	107	106	-	-	-	-
Cu	81	106	93	-	-	-	-
Zn	100	112	125	-	-	-	-
Μέσος	91	109	103	87	94	86	97
Τα ποσοστά διατήρησης υπολογίζονται σε βάση ελεύθερου λίπους ξηρού βάρους ¹ Finglas and Faulks. 1984 ² Gall et al. 1983							

Πίνακας 18: Διατήρηση μετάλλων (%) στις πατάτες και τα φιλέτα ψαριού με χαμηλά λιπαρά (Gall KL et al. 1983, Finglas PM et al. 1984).^{159,196}



Σχήμα 22: Επίδραση των κυριότερων μεθόδων μαγειρικής στην περιεκτικότητα των πατατών σε μέταλλα (Bognar A. 1998).²

5.6. Το τηγάνισμα ως μέσο πρόσληψης αντιοξειδωτικών ουσιών

Στην Ελλάδα, η συνηθισμένη οικιακή πρακτική, ειδικά στις ελαιοπαραγωγές περιοχές, είναι το τηγάνισμα των πατατών με ελαιόλαδο για λιγότερο από τρία διαδοχικά τηγανίσματα με το ίδιο έλαιο. Επιπλέον, για μέχρι και οχτώ τηγανίσματα διατηρείται άνω του 50% των τοκοφερολών και πολυφαινολών που περιέχει το ωμό έλαιο.¹⁹⁷ Αυτό σημαίνει πως αυτή η πρακτική, συμβάλλει σε μια πρόσληψη τουλάχιστον 50% των φυσικών φαινολικών αντιοξειδωτικών που περιλαμβάνονται στα έλαια. Η κατανάλωση τηγανιτών πατατών για δύο φορές την εβδομάδα (περίπου 150g κάθε φορά), συντελεί στην καθημερινή πρόσληψη τηγανισμένου ελαίου περίπου 4g (20% της καθημερινής πρόσληψης φρέσκου VOO), όπου αντιστοιχεί σε περίπου 2mg φυσικών αντιοξειδωτικών ουσιών για το πρώτο (ή μηδέν) τηγάνισμα ή σε 1 mg ή λιγότερο μετά από το τρίτο τηγάνισμα.⁵

5.6.1. Το τηγάνισμα ως μέσο πρόσληψης σκουαλένιου.

Σε μελέτη τηγανίσματος των Kalogeropoulos και Andrikopoulos η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο του φρέσκου παρθένου ελαιόλαδου που χρησιμοποιήθηκε για οικιακό

τηγάνισμα πατατών ήταν 454 mg/100 g VOO.¹⁹⁸ Μετά από το πρώτο τηγάνισμα η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο του VOO μειώθηκε, αλλά ελαφρώς (428 mg/100 g VOO). Επιπλέον, όπως φάνηκε, κατά τη διάρκεια οκτώ συνόδων οικιακού τηγανίσματος, το VOO παρουσίασε υψηλό επίπεδο διατήρησης του σκουαλενίου (75-96%). Η μέση περιεκτικότητα σκουαλενίου στα δείγματα όλων των τηγανισμένων VOO, σε φριτέζα ήταν 409+6,4 mg/100 g., ενώ η αντίστοιχη αξία για τα δείγματα του τηγανισμένου VOO, σε τηγάνι, ήταν 387+5,7 mg/100 g.¹⁹⁸

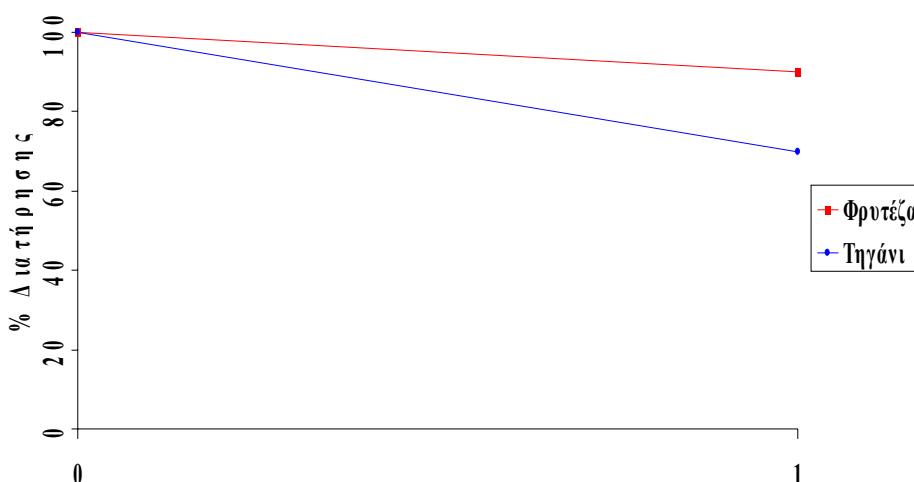
Η αξιοσημείωτη σταθερότητα του σκουαλενίου, που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια του οικιακού τσιγαρίσματος πατατών σε VOO, ενάντια στην αυτό-οξειδωση και στην φωτοοξειδωση, έχουν αναφερθεί πρόσφατα.¹⁴⁶ Το ερώτημα είναι πόση ποσότητα σκουαλενίου περνάει στο τρόφιμο που τηγανίζεται σε VOO.

Στις ΗΠΑ, η μέση πρόσληψη σκουαλενίου είναι περίπου 30 mg/ ημέρα, ενώ στις μεσογειακές χώρες, όπου η κατανάλωση ελαιολάδου υπολογίζεται κατά μέσο όρο σε 12 Kg/άτομο, ετησίως, η αντίστοιχη καθημερινή πρόσληψη σκουαλενίου υπολογίζεται σε 200-400 mg σκουαλενίου την ημέρα.¹⁰⁵ Δεδομένου ότι περίπου το 10% του τηγανισμένου ελαίου απορροφάται από τις τηγανισμένες πατάτες,^{7,198} μπορεί να υπολογιστεί η πρόσληψη σκουαλενίου μέσω της καθημερινής διατροφής. Έτσι, το σκουαλένιο που προσλαμβάνεται από την κατανάλωση 100 g τηγανισμένων σπιτικών πατατών, θα μπορούσε να αντιστοιχεί στο 10-20% της μεσογειακής καθημερινής πρόσληψης και στο 130-136% της μέσης Αμερικάνικης.¹⁹⁸

Όπως σημειώθηκε, η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο του τηγανισμένου ελαίου είναι ελαφρώς χαμηλότερη από την αντίστοιχη περιεκτικότητα σε σκουαλένιο του φρέσκου. Η διατήρηση του σκουαλενίου στα δείγματα ελαιόλαδου φαίνεται να εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό των τηγανισμάτων τηγανίσματος, το χρόνο τηγανίσματος και την περιεκτικότητα του ελαίου σε σκουαλένιο. Ωστόσο, αξιοπρόσεκτη είναι η διατήρηση του σκουαλενίου, σε ποσοστό υψηλότερο από 50% (φτάνει έως και το 90%) ακόμη και σε έλαιο που έχει χρησιμοποιηθεί για τηγάνισμα πάνω από 30 ώρες, ανεξάρτητα από την πρακτική τηγανίσματος. Έτσι όσον αφορά τη βιολογική αξία των τηγανιτών πατατών, αυτονόητο είναι ότι αυξάνεται, αφού μαζί τους προσλαμβάνεται σκουαλένιο, που προέρχεται από τα φυτικά έλαια και ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται VOO.¹⁹⁷

5.6.2. Το τηγάνισμα ως μέσο πρόσληψης φαινολικών ουσιών.

Από τα αποτελέσματα της βιβλιογραφίας, είναι εμφανές ότι τα οικιακά τηγανισμένα τρόφιμα, συμβάλλουν σε μια πρόσληψη μέχρι 10% των φαινολικών ενώσεων του ελαιολάδου. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό επειδή οι πολυφαινόλες είναι παρούσες μόνο στο VOO, και ιδιαίτερα οι πιο σημαντικές αντιοξειδωτικές ενώσεις όπως η Tan, Oleu και η HTyr-EDA. Κατά την εξέταση του πρώτου τηγανίσματος σε τηγάνι των πατατών, η απορρόφηση ελαίου αυξάνεται, φθάνοντας περίπου το 13%, και έτσι κατά συνέπεια αυξάνεται η καθημερινή πρόσληψη πολυφαινολών (σχήμα 23) μέσω των τηγανιτών πατατών.⁵ Αυτό το γεγονός θα μπορούσε να ερμηνεύσει τη χαμηλή επίπτωση των καρδιαγγειακών καρδιακών παθήσεων στην Κρήτη, όπου καταναλώνεται αδρά το ελαιόλαδο, εκτός από τη μεγάλη κατανάλωση MUFA μέσω του φρέσκου VOO.¹⁹⁹



Σχήμα 23: Διατήρηση ολικών πολυφαινολών μετά από τηγάνισμα σε τηγάνι και φρυτέζα (Andrikopoulos NK et al. 2002).⁵

Οι πατάτες, οι πιπεριές, τα κολοκύθια και οι μελιτζάνες, αποτελούν φυτικά τρόφιμα, που επίσης κατέχουν κύριο μέρος στη μεσογειακή διατροφή και έχει αποδειχθεί πρόσφατα ότι παρουσιάζουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες, κατά τη θέρμανση τους²⁰⁰ ή το μαγείρεμα,²⁰¹ αλλά ο συσχετισμός αυτών των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων με τις

πολυφαινόλες του ελαιολάδου, αποτελεί «ερευνητικό κενό» για μελλοντικές μελέτες. Ωστόσο, η συμβολή των πολυφαινολών που προσλαμβάνονται από τα τηγανισμένα τρόφιμα σε VOO, στη γενική καθημερινή πρόσληψη πολυφαινολών πρέπει μεν να είναι σημαντική, αλλά σχετικά περιορισμένη λόγω υψηλής ενεργειακής απόδοσης, σε σχέση με την κατανάλωση λαχανικών, που πρέπει να αποτελούν το σημαντικότερο μέρος της διατροφής.⁵

***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ
ΜΕΡΟΣ***

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

6.1 Εισαγωγή.

Στο πειραματικό μέρος της έρευνας παρουσιάζονται η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα του προσδιορισμού, της κατανομής των φυσικών αντιοξειδωτικών του ελαιολάδου δηλ. σκουαλένιου, πολυφαινόλων (ολικών και επί μέρους) και τοκοφερολών, σε τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα: πατάτα, μελιτζάνα, πιπεριά και κολοκύθι και στο τηγανισμένο παρθένο ελαιόλαδο, πριν και μετά από το τηγάνισμα. Επιπρόσθετα, μελετήθηκε η ύπαρξη τυχόν εκλεκτικότητας, ανάλογα με το είδος του τροφίμου, στην προσρόφηση των παραπάνω αντιοξειδωτικών. Πέρα από τον προσδιορισμό των παραπάνω μικροθρεπτικών συστατικών στα φυτικά τρόφιμα, μετρήθηκαν και τα κυριότερα μακροθρεπτικά συστατικά (υγρασία, λίπος). Προκείμενου να υπάρξουν συγκριτικά αποτελέσματα, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις και στα νωπά τρόφιμα και στο ωμό παρθένο ελαιόλαδο.

Τηγανίσθηκαν, με ελεγχόμενες συνθήκες, φυτικά τρόφιμα (πατάτες, κολοκυθάκια, μελιτζάνες και πιπεριές) σε τηγάνι με παρθένο ελαιόλαδο. Για να καλυφθούν όλες οι περιπτώσεις οικιακού τηγανίσματος, μερικά από τα τρόφιμα (κολοκυθάκια, μελιτζάνες) τηγανίσθηκαν και μετά από αλεύρωμα ή εμβάπτιση σε κουρκούτι, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Τρόφιμο	Τηγάνισμα σε τηγάνι Σκέτο Αλεύρι* Κουρκούτι*		
Πατάτες	+		
Κολοκυθάκια	+	+	+
Μελιτζάνες	+	+	+
Πιπεριές	+		

*: συμπεριλαμβάνονται για σύγκριση

Επιπλέον, μελετήθηκε σε δύο τρόφιμα (κολοκύθι, μελιτζάνα) η επίδραση της μορφής του τηγανίσματος (σκέτο, με αλεύρωμα ή κουρκούτι) στην ποσότητα των αρχικών αντιοξειδωτικών του ελαιολάδου που ενσωματώνονται στα τηγανισμένα τρόφιμα.

6.2. Εργαστηριακό μέρος.

6.2.1. Τεχνολογία τηγανίσματος.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ ΓΙΑ ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ.

Για το τηγάνισμα των φυτικών τροφίμων χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα:

Παρθένο ελαιόλαδο. Αγοράσθηκαν 10L παρθένο ελαιόλαδο, γνωστής φίρμας, από κατάστημα τροφίμων περιοχής Καλλιθέας και αναμίχθηκαν σε ένα δοχείο, ώστε να υπάρχει ο ίδιος τύπος ελαίου σε όλα τα πειράματα. Χρησιμοποιήθηκε παρθένο ελαιόλαδο, λόγω των ευεργετικών αντιοξειδωτικών συστατικών που περιέχει. Το παρθένο ελαιόλαδο τοποθετήθηκε σε αδιαφανή δοχεία, σε δροσερό και σκιερό μέρος, ώστε να αποφευχθεί η απώλεια αντιοξειδωτικών συστατικών. Η ποσότητα του ελαιολάδου που χρησιμοποιήθηκε για κάθε τηγάνισμα και στις οχτώ περιπτώσεις τηγανίσματος, όπως ζυγιζόταν ακριβώς πριν και από κάθε περίπτωση ήταν 250 ± 2 ml.

Αλεύρι και φυτικά τρόφιμα: Τα αλεύρι «για όλες τις χρήσεις» αγοράστηκε από εμπορικό κατάστημα περιοχής Καλλιθέας σε συσκευασία του 1 κιλού. Τα φυτικά τρόφιμα που χρησιμοποιήθηκαν για το τηγάνισμα ήταν ωμά, φρέσκα και αγοράστηκαν την ίδια ημέρα του πειράματος, από μανάβικο της περιοχής Καλλιθέας. Συγκεκριμένα αγοράσθηκαν 1kg πατάτες και πιπεριές και 2kg κολοκυθάκια, μελιτζάνες. Τα τρόφιμα αυτά χρησιμοποιούνται κατά βάση στην μεσογειακή κουζίνα για τηγάνισμα, είναι χαμηλής περιεκτικότητας σε λίπος, ενέργεια και χαμηλής εμπορικής αξίας. Οι ποσότητες των υλικών προσδιορίζονταν με τη χρήση ζυγαριάς του οίκου OHAUS τύπου TS4KD, δύο δεκαδικών ψηφίων και με δυνατότητα ζύγισης έως 4000g.

Το τηγάνι στο οποίο γινόταν το τηγάνισμα των φυτικών τροφίμων ήταν οικιακής χρήσης συγκεκριμένου σχήματος, κυκλικό με διάμετρο 22 cm και ύψος 11.5 cm. Στην κουζίνα υπήρχε η δυνατότητα ρύθμισης της θερμοκρασίας (έως 210°C) ενώ τηρήθηκε ο χρόνος τηγανίσματος, στραγγίστηκε η περίσσεια του ελαίου και

ζυγίστηκε, όπως και το τρόφιμο μετά το τηγάνισμα. Επιπλέον, παρακολουθήθηκε και καταγράφηκε η θερμοκρασία του ελαιολάδου, κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος.

6.2.1.1. Τυποποιημένες διαδικασίες και μέτρηση μήκους και βάρους των κομματιών των φυτικών τροφίμων, πριν από το τηγάνισμα.

Πριν το τηγάνισμα, τηρήθηκε τυποποιημένη διαδικασία που περιλάμβανε πλύσιμο, καθάρισμα (πατάτες), κόψιμο, σκούπισμα, επικάλυψη με αλεύρι (αλεύρωμα) ή εμβάπτιση σε κουρκούτι του τροφίμου (κολοκύθι, μελιτζάνα), ζύγιση καθορισμένης ποσότητας ελαίου και τροφίμου. Οι πατάτες, αποφλοιώνονταν, τεμαχίζονταν σε παραλληλεπίπεδα και τοποθετούνταν σε συρμάτινο δικτυωτό και κατόπιν σε απορροφητικό χαρτί, για την καλύτερη δυνατή απομάκρυνση του νερού της πλύσης πριν τη ζύγισή τους. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε (πλην του ξεφλουδίσματος) για τις πιπεριές, τα κολοκύθια και τις μελιτζάνες, στα οποία όμως απομακρύνθηκαν το κοτσάνι, τα σπόρια και το υπόλειμμα τους. Μετρήθηκε το μήκος και το βάρος των κομματιών των φυτικών τροφίμων με ζυγό και υποδεκάμετρο, αντίστοιχα, για να διαπιστωθεί αν υπάρχει σχέση μεταξύ του μεγέθους του κομματιού του τροφίμου και της απορρόφησης λίπους (συγκεκριμένα ελαιολάδου), κατά το τηγάνισμα.

Αναλυτικά, από τις μελιτζάνες για τις ανάγκες του τηγανίσματος χωρίς επιπλέον προσθήκη, χρησιμοποιήθηκαν έξι από αυτές που αγοράστηκαν που είχαν μέσο βάρος 243 ± 7 g και μήκος 21 ± 2 cm. Κόπηκαν σε ομοιόμορφα τεμάχια τα οποία το κάθε ένα ήταν πάχους 1 cm και διαμέτρου 6-7 cm. Στα τρία διαφορετικά τηγανίσματα χρησιμοποιήθηκαν τεμάχια και από τις έξι μελιτζάνες, έτσι ώστε να αποφευχθεί τυχόν άνιση κατανομή θρεπτικών συστατικών μεταξύ των επιμέρους καρπών. Το βάρος του νωπού προϊόντος ήταν 150.8 g. Στις μελιτζάνες με αλεύρι, τα τεμάχια ήταν ιδίου πάχους και διαμέτρου, όπως ανωτέρω και χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον 45 g αλεύρι, ενώ το βάρος του νωπού προϊόντος ήταν 136.5 g και του συνολικού 143.0g. Στις μελιτζάνες με «κουρκούτι» τα τεμάχια ήταν, ομοίως, ίδιας διαμέτρου και πάχους, ενώ προστέθηκε μίγμα το οποίο περιείχε 45 g αλεύρι, 65 g νερό και 1 g αλάτι. Το βάρος του νωπού προϊόντος ήταν 119 g και του συνολικού 176.0 g (Πίνακας 19).

Οι πατάτες, μετά την διαδικασία προετοιμασίας που περιγράφηκε παραπάνω, κόπηκαν σε μακρόστενα κομμάτια με μέσο μήκος 6-7 cm και πάχος 6-7 cm. Στο τηγάνισμα χρησιμοποιήθηκαν τεμάχια από τέσσερις πατάτες, έτσι ώστε να

αποφευχθεί τυχόν άνιση κατανομή θρεπτικών συστατικών μεταξύ των επιμέρους καρπών. Η ποσότητα του νωπού προϊόντος ήταν 381.6 g (Πίνακας 19).

Οι πιπεριές, μετά την διαδικασία προετοιμασίας που περιγράφηκε παραπάνω, κόπηκαν σε μακρόστενα κομμάτια με μέσο μήκος 6-7 cm και πάχος 6-7 cm. Χρησιμοποιήθηκαν έξι από αυτές που αγοράστηκαν, που είχαν μέσο βάρος 57.7 ± 4 g και μήκος 15.5 ± 2 cm. Στο τηγάνισμα χρησιμοποιήθηκαν τεμάχια και από τις έξι πιπεριές, έτσι ώστε να αποφευχθεί τυχόν άνιση κατανομή θρεπτικών συστατικών μεταξύ των επιμέρους καρπών. Η ποσότητα του νωπού προϊόντος ήταν 281.9 g (Πίνακας 19).

Για τα κολοκύθια τέλος, για τις ανάγκες του τηγανίσματος χωρίς επιπλέον προσθήκη, χρησιμοποιήθηκαν πέντε από αυτά που αγοράστηκαν που είχαν μέσο βάρος 160.81 ± 5 g και μήκος 13 ± 1 cm. Κόπηκαν σε ομοιόμορφα τεμάχια, τα οποία το κάθε ένα ήταν πολύ μικρού πάχους 0,3 cm και διαμέτρου 6-8 cm. Στα τρία διαφορετικά τηγανίσματα χρησιμοποιήθηκαν τεμάχια και από τα πέντε κολοκύθια, έτσι ώστε να αποφευχθεί τυχόν άνιση κατανομή θρεπτικών συστατικών μεταξύ των επιμέρους καρπών. Στα «σκέτα» κολοκύθια, το βάρος του νωπού προϊόντος ήταν 210.7 g. Στα κολοκύθια με αλεύρι, τα τεμάχια ήταν ιδίου πάχους και διαμέτρου, όπως ανωτέρω και χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον 25 g αλεύρι, ενώ το βάρος του νωπού προϊόντος ήταν 170.8 g και του συνολικού 186.1 g. Στα κολοκύθια με «κουρκούτι» τα τεμάχια ήταν ομοίως ίδιας διαμέτρου και πάχους, ενώ προστέθηκε μίγμα το οποίο περιείχε 45 g αλεύρι, 81 g νερό και 1 g αλάτι. Το βάρος του νωπού προϊόντος ήταν 128.6 g και του συνολικού 184.8 g (Πίνακας 19).

6.2.1.2. Μέθοδος τηγανίσματος φυτικών τροφίμων και συλλογή δειγμάτων ελαίου.

Οι συνθήκες και οι διαδικασίες του τηγανίσματος, επιδιώχθηκε να είναι ελεγχόμενες και παράλληλα ταυτόσημες με τις συνήθως παρατηρούμενες στα ελληνικά νοικοκυριά, κατά την εφαρμογή της διαδικασίας του τηγανίσματος, σε φυτικά τρόφιμα. Έτσι η επίδραση του οξυγόνου, κατά τη θερμική επεξεργασία του ελαίου δεν ήταν ιδιαίτερα περιορισμένη, επειδή το τηγάνι ήταν χωρίς ειδικό ενσωματωμένο κάλυμμα και τα φυτικά τρόφιμα δεν καλύπτονταν πλήρως από το έλαιο. Τα τηγανίσματα για κάθε είδος τροφίμου (σκέτο, μετά από αλεύρωμα και μετά από

πανάρισμα), έγιναν σε σύντομο χρονικό διάστημα για να μην αλλοιωθεί η πρώτη ύλη. Ημερησίως πραγματοποιούνταν ο αναγκαίος αριθμός τηγανισμάτων για κάθε σειρά προϊόντων (δύο έως και τέσσερα).

Αναλυτικά, για τις «σκέτες» μελιτζάνες η αρχική θερμοκρασία ελαίου ήταν 166°C, 1 min αργότερα: 145°C, 3 min μετά 160°C και τελική θερμοκρασία 165°C (μέση θερμοκρασία τηγανίσματος 160°C), ενώ ο συνολικός χρόνος τηγανίσματος ήταν 5 min. Για τις μελιτζάνες με αλεύρι η αρχική θερμοκρασία ελαίου ήταν 166°C, 1 min αργότερα: 158°C, 3 min μετά 172°C και τελική θερμοκρασία 154°C (μέση θερμοκρασία τηγανίσματος 162°C), ενώ ο συνολικός χρόνος τηγανίσματος ήταν 6 min. Για τις μελιτζάνες με «κουρκούτι» η αρχική θερμοκρασία ελαίου ήταν 162°C, 1 min αργότερα: 158°C, 3 min μετά 172°C και τελική θερμοκρασία 154°C (μέση θερμοκρασία τηγανίσματος 163°C), ενώ ο συνολικός χρόνος τηγανίσματος ήταν 7 min. Για τις πατάτες η αρχική θερμοκρασία ελαίου ήταν 170°C, 3 min μετά 160°C και τελική θερμοκρασία 169°C (μέση θερμοκρασία τηγανίσματος 166°C), ενώ ο συνολικός χρόνος τηγανίσματος ήταν 10 min. Για τις πιπεριές η αρχική θερμοκρασία ελαίου ήταν 160°C, 1 min αργότερα: 145°C, και τελική θερμοκρασία 132°C (μέση θερμοκρασία τηγανίσματος 146°C), ενώ ο συνολικός χρόνος τηγανίσματος ήταν 6 min. Για να προκύψουν αξιόπιστα αποτελέσματα, και επειδή κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος της πιπεριάς πετάγονταν έλαιο έξω από το τηγάνι, τοποθετήθηκε χαρτί κουζίνας στο συρμάτινο πλέγμα. Αυτό το έλαιο ζυγίστηκε και προστέθηκε στο βάρος του ελαίου τηγανίσματος. Επίσης, μετά το τηγάνισμα αφαιρέθηκαν τα σπόρια της πιπεριάς που είχαν απομείνει. Για τα κολοκύθια τέλος, στα «σκέτα», η αρχική θερμοκρασία ελαίου ήταν 172°C, 1 min αργότερα: 165°C, και τελική θερμοκρασία 160°C (μέση θερμοκρασία τηγανίσματος 165°C), ενώ ο συνολικός χρόνος τηγανίσματος ήταν 5 min. Για το κολοκύθια με αλεύρι η αρχική θερμοκρασία ελαίου ήταν 174°C, 1 min αργότερα: 158°C και τελική θερμοκρασία 165°C (μέση θερμοκρασία τηγανίσματος 166°C), ενώ ο συνολικός χρόνος τηγανίσματος ήταν 6 min. Για τα κολοκύθια με «κουρκούτι», η αρχική θερμοκρασία ελαίου ήταν 174°C, 1 min αργότερα: 152°C και τελική θερμοκρασία 180°C (μέση θερμοκρασία τηγανίσματος 169°C), ενώ ο συνολικός χρόνος τηγανίσματος ήταν 7 min (Πίνακας 19).

6.2.2. Απομάκρυνση της υγρασίας από νωπά και τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα (Λυοφιλίωση).

Μετά από κάθε τηγάνισμα γινόταν συλλογή των τηγανισμένων τροφίμων. Περί τα 80g των νωπών και τηγανισμένων λαχανικών τεμαχίσθηκαν, ομογενοποιήθηκαν σε μπλέντερ, συλλέχθηκαν σε σωλήνες της λυοφιλίωσης και στη συνέχεια λυοφιλιώθηκαν, με σκοπό την ξήρανση (με την λυοφυλίωση προσδιορίζεται και η υγρασία του δείγματος), αντιπροσωπεύοντας το δείγμα προς εξέταση. Για την εκτίμηση της αποδοτικότητας της λυοφιλίωσης έγινε προκαταρκτικό πείραμα, στο οποίο προζυγισμένη ποσότητα λυοφιλιωμένων φυτικών τροφίμων τοποθετήθηκε σε πυριαντήριο στους 105°C όπου και παρέμεινε επί 24 ώρες. Ακολούθως έγινε ζύγιση των δειγμάτων και βρέθηκε ότι η απώλεια του βάρους των λυοφιλιωμένων δειγμάτων, μετά από ξήρανση σε πυριαντήριο ήταν αμελητέα. Κατά συνέπεια, η λυοφιλίωση αποτελεί την μέθοδο εκλογής για την απομάκρυνση της υγρασίας, από τα δείγματα φυτικών τροφίμων.

ΟΡΓΑΝΑ

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν στο στάδιο αυτό είναι:

A) Ζυγός ακριβείας: ANALYTICAL Standard, Model AS1120 (Serial No 19750) της εταιρείας OHAUS

B) Λυοφιλοποιητής: CRYODOS της εταιρείας TELESTAR

ΜΕΘΟΔΟΣ

Το εδώδιμο μέρος των φυτικών τροφίμων (τηγανισμένων και νωπών) υποβάλλεται, πριν την εκτέλεση των αναλύσεων, σε λυοφιλίωση, διαδικασία που επιτρέπει την αφυδάτωση των τροφίμων σε ήπιες συνθήκες (χωρίς θέρμανση). Έτσι ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος καταστροφής των, ευαίσθητων στις υψηλές θερμοκρασίες, συστατικών των δειγμάτων.

Τα τρόφιμα είτε νωπά είτε μετά από τηγάνισμα ομογενοποιούνται σε μπλέντερ και ζυγίζονται περίπου 80 g από το καθένα. Στη συνέχεια, τα τρόφιμα τοποθετούνται στα ειδικά προζυγισμένα δοχεία του λυοφιλιωτή και ξαναζυγίζονται για υπολογισμό του ακριβούς βάρους τους πριν τη λυοφιλίωση. Τα δοχεία που περιέχουν τα τρόφιμα τοποθετούνται στον λυοφιλιωτή σε πίεση 1 mbar, σε θερμοκρασία -40°C, για 24 ώρες. Μετά από την πάροδο 24 ωρών, τα δοχεία με το περιεχόμενο τους ξαναζυγίζονται. Η

διαφορά του βάρους τους πριν και μετά από την λυοφιλίωση, αντιστοιχεί στην υγρασία που έχει απομακρυνθεί από τα φυτικά τρόφιμα, κατά την λυοφιλίωση. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στο ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας σε κάθε φυτικό τρόφιμο. Τα αποτελέσματα φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα 22.

6.2.3. Συντήρηση των δειγμάτων.

Τα λυοφιλωμένα δείγματα των φυτικών τροφίμων, φυλάχθηκαν σε σακούλες τροφίμων που κλείνουν αεροστεγώς. Ποσότητα νωπού και τηγανισμένου ελαίου (10g) τοποθετούνταν σε δοκιμαστικούς σωλήνες που πωματίζονταν, με βιδωτό πώμα. Όλα τα δείγματα φυλάχθηκαν σε βαθιά κατάψυξη (-20°C) μέχρι τις αναλύσεις τους. Τα δείγματα, που φυλάσσονταν σε δοκιμαστικούς σωλήνες στον καταψύκτη, αποψύχονταν και αναδεύονταν προτού χρησιμοποιηθούν για ανάλυση.

6.3. Προσδιορισμός ολικών πολυφαινολών (μέθοδος Folin-Ciocalteu).

ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ-ΟΡΓΑΝΑ

Folin-Ciocalteu's Phenol reagent (FC, 2N)

Κορεσμένο διάλυμα ανθρακικού νατρίου (Na₂CO₃, 35% w/v)

Τυροσόλη

Μεθανόλη αναλυτικής καθαρότητας

Διάλυμα τυροσόλης μητρικό: Ζυγίζονται 1mg και διαλύονται σε 1mL μεθανόλης

Φασματοφωτόμετρο διπλής δέσμης UV-VIS της εταιρείας UVICON

Ογκομετρικές φιάλες όγκου 10mL

Αναλυτικός ζυγός ακρίβειας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων.

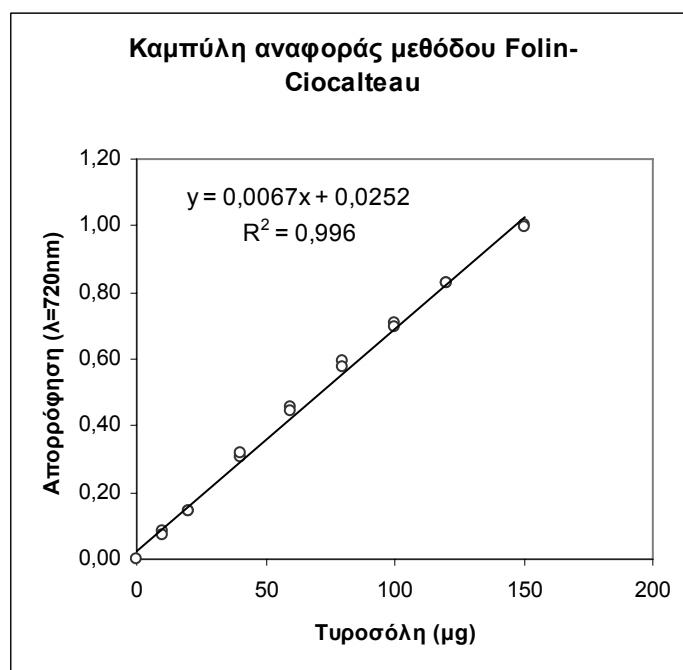
Μικροπιπέτες EPPENDORF

ΜΕΘΟΔΟΣ

Μέσω χρωματομετρικής οξειδοαναγωγικής αντίδρασης, πραγματοποιείται προσδιορισμός του συνολικού φαινολικού περιεχομένου χωρίς διαχωρισμό μεταξύ μονομερών, διμερών και μεγαλύτερων φαινολικών συστατικών.²² Το FC είναι διάλυμα σύνθετων πολυμερών ιόντων που σχηματίζονται από φωσφομολυβδαινικά και φωσφοβολφραμικά ετεροπολυμερή οξέα. Οξειδώνει τα φαινολικά ιόντα με ταυτόχρονη αναγωγή των ετεροπολυμερών οξέων ($P_2W_{18}O_{62}^{-7} \rightarrow H_4P_2W_{18}O_{62}^{-8}$,

$\text{H}_2\text{P}_2\text{Mo}_{18}\text{O}_{62}^{-6} \rightarrow \text{H}_6\text{P}_2\text{Mo}_{18}\text{O}_{62}^{-7}$). Το προϊόν είναι σύμπλεγμα μολυβδαινίου-βολφραμίου (Mo-W) χαρακτηριστικής μπλε χρώσης που απορροφά στο ορατό (725nm). Η ρύθμιση της αλκαλικότητας γίνεται με κορεσμένο διάλυμα Na_2CO_3 (35%, w/v) που δεν διαταράσσει τη σταθερότητα του FC και του προϊόντος της αντίδρασης αφενός, αφετέρου αποτελεί προϋπόθεση παρουσίας των φαινολικών ιόντων.^{21,22,}

Συγκεκριμένα, σε ογκομετρική φιάλη των 10mL προστίθεται απιονισμένο νερό όγκου 5mL κι έπειτα 100μL διαλύματος πολυφαινολών (g/mL) που έχουν παραληφθεί προηγούμενα. 500μL, από το αντιδραστήριο FC προστίθενται στο μίγμα. Μετά από την πάροδο 3min, προστίθεται 1mL κορεσμένου διαλύματος Na_2CO_3 . Το μίγμα ανακινείται. Ακολουθεί αραιώση με απιονισμένο νερό μέχρι όγκου 10mL. Το μίγμα ανακινείται ξανά και φυλάσσεται σε μέρος με χαμηλό φωτισμό, για 1h. Το προϊόν της αντίδρασης φωτομετρείται στα 725 nm, με φασματοφωτόμετρο διπλής δέσμης, ως προς τυφλό δείγμα. Στο συγκεκριμένο όργανο υπάρχουν δύο δέσμες φωτός, η δέσμη δείγματος που διέρχεται από την κυψελίδα με το δείγμα και η δέσμη αναφοράς που φωτίζει το "τυφλό" δείγμα. Η απορρόφηση του δείγματος αναφοράς αφαιρείται αυτόματα και στην οθόνη του οργάνου εμφανίζεται μόνο η ένδειξη απορρόφησης της ουσίας που περιέχεται στο διάλυμα του δείγματος, ενώ κατασκευάζεται και πρότυπη καμπύλη αναφοράς (σχήμα 24).



Σχήμα 24: Πρότυπη καμπύλη αναφοράς τυροσόλης

6.3.1. Κατασκευή πρότυπης καμπύλης αναφοράς.

Από μητρικό διάλυμα τυροσόλης (1mg/mL) με αραιώση παρασκευάζεται διάλυμα εργασίας 100μg/mL. Από το τελευταίο, όγκοι 200, 400, 600, 800 και 1000μL, που περιέχουν αντίστοιχα 20, 40, 60, 80 κι 100μg τυροσόλης, μεταφέρονται σε ογκομετρικές φιάλες των 10mL. Ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω. Οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό διαγράμματος $y=f(x)$, όπου x η ποσότητα τυροσόλης σε μg και y η απορρόφηση στα 725nm.

6.4. Προσδιορισμός τοκοφερολών, σκουαλένιου και επιμέρους πολυφαινολών. (Μέθοδος Bligh-Dyer, αέρια χρωματογραφία).

6.4.1. Εκχύλιση και απομόνωση των αντιοξειδωτικών.

Με προκαταρκτικό πείραμα ανάκτησης που έγινε, μελετήθηκε η κατανομή των πολυφαινολών ενός τροφίμου στην χλωροφορμική (λιποδιαλυτή) και την μεθανολική (υδατοδιαλυτή). Το πείραμα οργανώθηκε ως εξής: Σε έλαιο που είχε απογυμνωθεί από όλες τις πολυφαινόλες, προστέθηκε γνωστή ποσότητα πολυφαινολών. Στην συνέχεια το έλαιο εκχειρίστηκε με τη μέθοδο Bligh-Dyer,²⁰² παραλήφθηκαν το μεθανολικό και το χλωροφορμικό κλάσμα και αναλύθηκαν για τον προσδιορισμό του πολυφαινολικού τους περιεχομένου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι πολυφαινόλες σε μεγάλο ποσοστό βρίσκονταν στο μεθανολικό κλάσμα, επομένως η μέθοδος Bligh Dyer μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αρχική εκχύλιση των δειγμάτων φυτικών τροφίμων και των λαδιών.

ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ-ΟΡΓΑΝΑ

Χλωροφόρμιο και μεθανόλη αναλυτικής καθαρότητας

Περιστρεφόμενη συσκευή εξάτμισης (rotary evaporator)

Επιτραπέζια φυγόκεντρος

Μικροπιπέτες EPPENDORF

ΜΕΘΟΔΟΣ

Στα έτοιμα προς ανάλυση δείγματα τα προς μελέτη συστατικά, δεν είναι διαχωρισμένα και συχνά είναι ενωμένα και με άλλες ενώσεις. Συνεπώς είναι

απαραίτητο να παρεμβληθεί μια διαδικασία διαχωρισμού τους. Όπως παρουσιάστηκε στο θεωρητικό μέρος της εργασίας το σκουαλένιο και οι τοκοφερόλες είναι λιποδιαλυτά συστατικά, σε αντίθεση με τις πολυφαινόλες που αποτελούν κυρίως υδατοδιαλυτά συστατικά. Με βάση αυτή τους τη διαφοροποίηση κρίθηκε ότι η μέθοδος Bligh-Dyer, είναι η κατάλληλη μέθοδος εκχύλισης, η οποία επιτρέπει τον διαχωρισμό των λιποδιαλυτών από τα υδατοδιαλυτά συστατικά ενός τροφίμου.

Με την μέθοδο αυτή εκχειλίζεται και παραλαμβάνεται το σύνολο των λιποειδών, ουδετέρων και πολικών, από όλα τα είδη των φυσικών προϊόντων σε αναλογία 1 μέρους φυσικού προϊόντος προς 60-100 ml τελικού μίγματος διαλυτών. Το σύστημα διαλυτών που χρησιμοποιείται είναι το μίγμα χλωροφορμίου-μεθανόλης-νερού ($\text{CHCl}_3\text{-CH}_3\text{OH-H}_2\text{O}$) σε αναλογία 1:2:0.8 (V:V:V), το οποίο συνιστά μονοφασικό σύστημα. Για την εκχύλιση των δειγμάτων, πραγματοποιήθηκε έντονη ανάμειξη του δείγματος με τους διαλύτες και στην συνέχεια φυγοκέντρωση, για τον διαχωρισμό του εκχυλίσματος από τα στερεά συστατικά. Το χλωροφόρμιο και η μεθανόλη διαλύουν το σύνολο των λιποειδών και επί πλέον η μεθανόλη ως πολικός διαλύτης αποδεσμεύει τα λιποειδή από τις λιποπρωτεΐνες στις οποίες είναι δεσμευμένες με δυνάμεις Wap der Waals ή με δεσμούς υδρογόνου και με ηλεκτροστατικές δυνάμεις. Το περιεχόμενο νερό στο σύστημα εκχύλισης, διαλύει τα υδατοδιαλυτά συστατικά του φυσικού προϊόντος και έτσι στο μονοφασικό σύστημα περιέχονται και τα λιποειδή και τα υδατοδιαλυτά συστατικά μαζί. Στην συνέχεια στο μίγμα (1:2:0.8) με τα εκχειλισμένα λιποειδή προστίθενται οι κατάλληλες ποσότητες χλωροφόρμιου και νερού (1:1, V:V) μετατρέποντας την αναλογία σε (1:1:0.9), στην οποία το σύστημα των διαλυτών μετατρέπεται σε διφασικό.²⁰³ Το διφασικό αυτό σύστημα περιλαμβάνει την επάνω φάση, η οποία αποτελείται από μεθανόλη-νερό και την κάτω φάση η οποία αποτελείται από χλωροφόρμιο. Η επάνω φάση περιέχει τα υδατοδιαλυτά συστατικά (και τις πολυφαινόλες) και η κάτω φάση τα λιποδιαλυτά συστατικά (μαζί με τις τοκοφερόλες και το σκουαλένιο), τα οποία κατ' αυτό τον τρόπο διαχωρίζονται μεταξύ τους. Στην συνέχεια γίνεται διαχωρισμός των δύο φάσεων και εξάτμιση των διαλυτών.

Από τα ελαιόλαδα νωπά και τηγανισμένα με τα διάφορα είδη φυτικών τροφίμων, χρησιμοποιείται κάθε φορά ποσότητα 0.5 g στην οποία προστίθενται 16 ml διαλύτη Bligh-Dyer, σε σωλήνα φυγοκέντρου. Ακολουθεί έντονη ανάδευση με αναδευτήρα

για ένα περίπου λεπτό. Στην συνέχεια το μίγμα φυγοκεντρείται στις 3500 στροφές για 10 λεπτά. Το περιεχόμενο του σωλήνα της φυγοκέντρου μεταφέρεται σε δοκιμαστικό σωλήνα με εσφυρισμένο πώμα. Προκειμένου το μονοφασικό σύστημα να μετατραπεί σε διφασικό, διαταράσσεται η ισορροπία με προσθήκη 4 ml CHCl_3 και 4 ml H_2O . Οι σωλήνες τοποθετούνται στην ψύξη όπου και παραμένουν για να διαχωριστούν οι 2 φάσεις, για 24 h. Οι δύο στιβάδες χλωροφορμική-μεθανολική διαχωρίζονται και κατευθύνεται για εξάτμιση υπό ελαττωμένη πίεση σε περιστρεφόμενο εξατμιστήρα. Μετά από την πλήρη εξάτμιση των διαλυτών χρησιμοποιούνται 6 ml (3 φορές χ 2 ml διαλύτη), για το ξέπλυμα της χοάνης και την παραλαβή και μεταφορά των μη εξατμισθέντων συστατικών σε δοκιμαστικούς σωλήνες των 10 ml, με πώμα.

Στην περίπτωση των στερεών δειγμάτων των φυτικών τροφίμων, χρησιμοποιούνται 2 g τροφίμου και αντίστοιχα, διαφοροποιούνται οι ποσότητες των διαλυτών που προστίθενται, συγκεκριμένα προστίθενται 32 ml διαλύτη Bligh-Dyer, ενώ η ισορροπία διαταράσσεται με 8 ml CHCl_3 και 8 ml H_2O . Η φυγοκέντρωση γίνεται στις 3500 στροφές για 15 λεπτά και η συνέχεια των χειρισμών αφορά την υπερκείμενη υγρή φάση που παραμένει μετά από διήθηση του μίγματος διαλυτών-στερεών φυτικών τροφίμων.

Μετά την εξάτμιση των διαλυτών: α) στο χλωροφορμικό κλάσμα έγινε σαπωνοποίηση με καυστικό κάλιο σε μεθανόλη και εξάνιο, και στη συνέχεια στο κλάσμα των ασαπωνοποιητών συστατικών έγινε ο προσδιορισμός σκουαλενίου και τοκοφερόλης με αέρια χρωματογραφία, ενώ β) στο μεθανολικό κλάσμα προσδιορίστηκαν με αέρια χρωματογραφία οι επί μέρους πολυφαινόλες, μετά από μετατροπή τους σε σιλυλιωμένα παράγωγα.

Η διαδικασία της σαπωνοποίησης πραγματοποιήθηκε στα χλωροφορμικά κλάσματα των δειγμάτων. Συγκεκριμένα από τα χλωροφορμικά κλάσματα παραλαμβάνονται 150-200 μl με μικροπιπέτες EPPENDORF, τα οποία μεταφέρονται σε καθαρούς δοκιμαστικούς σωλήνες των 10 ml. Στην συνέχεια προστίθενται 2 ml καυστικό κάλιο σε μεθανόλη 2 M. Οι δοκιμαστικοί σωλήνες μεταφέρονται στο υδατόλουτρο όπου και παραμένουν στους 40°C για 40 min. Όταν βγουν από το υδατόλουτρο, τους προστίθενται 2 ml H_2O και 4 ml C_6H_6 . Στην συνέχεια οι δοκιμαστικοί σωλήνες των 10 ml μεταφέρονται στο Vortex και αφήνονται σε ηρεμία. Από τις δύο προκύπτουσες

στοιβάδες, η υπερκείμενη (εξανική) έχει παραλάβει τα ασαπωνοποιητά συστατικά (π.χ σκουαλένιο), ενώ η υποκείμενη (υδατική-μεθανολική) περιέχει τους σάπωνες (π.χ τριγλυκερίδια). Η εξανική στοιβάδα μεταφέρεται σε νέους δοκιμαστικούς σωλήνες, ενώ στην υδατική προστίθενται 4 ml C₆H₆, γίνεται εκ νέου ανάδευση στο Vortex, με σκοπό να παραληφθούν τυχόν ασαπωνοποιητά συστατικά. Από τις δυο στοιβάδες που δημιουργούνται, η νέα εξανική μεταφέρεται με πιπέτα Pasteur στο δοκιμαστικό σωλήνα που περιέχει την προηγούμενη εξανική στοιβάδα. Για την απομάκρυνση σαπώνων που τυχόν έχουν μεταφερθεί στην εξανική στοιβάδα προσθέτονται 2 ml H₂O αναδεύονται σε Vortex, από τις δυο στοιβάδες που σχηματίζονται παραλαμβάνεται με πιπέτα Pasteur και αποχύνεται η υπερκείμενη υδατική στοιβάδα.

6.4.2. Αεριοχρωματογραφικός προσδιορισμός των αντιοξειδωτικών (GC-MS)

ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ - ΟΡΓΑΝΑ

Οργανικοί διαλύτες χρωματογραφικής καθαρότητας

TMCS της εταιρείας Merck

BSTFA της εταιρείας Aldrich

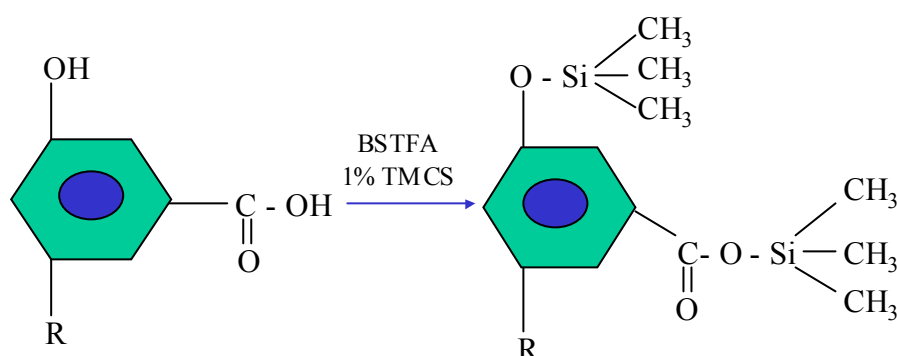
Πρότυπες ουσίες

Αέριος χρωματογράφος: HP 6890 με αυτόματο δειγματολήπτη.

Η αεριοχρωματογραφική ανάλυση έγινε με σύστημα αέριο χρωματογράφου-φασματογράφου μάζας (Gc-MSD) της Agilent, HP 6890-MSD 5972.²⁰³ Το φασματόμετρο μαζών, που χρησιμοποιήθηκε ως ανιχνευτής ήταν ηλεκτρονικού ιονισμού (Electron Impact), στα 70 eV. Η αναλυτική στήλη που χρησιμοποιήθηκε ήταν τριχοειδής DB-SMS 30 m × 250 μ × 0.25 μ, με υλικό πλήρωσης 95% μεθύλιο, 5% φαίνυλο πολυσιλοξάνιο. Οι εγχύσεις έγιναν με αυτόματο δειγματολήπτη της Agilent και μικροσύριγγα των 10 μL. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με το λογισμικό της Agilent HP Chemstation 61701 BA. Ως φέρον αέριο χρησιμοποιήθηκε το He με ροή 0.6 ml/min.

ΜΕΘΟΔΟΣ

Πτητικά συστατικά διέρχονται της στήλης στην αέρια φάση σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία και διαχωρίζονται. Για την αύξηση της πτητικότητας και σταθερότητας στην επίδραση υψηλής θερμοκρασίας, γίνεται παραγωγοποίηση των κλασμάτων. Τα κλάσματα που έχουν διαχωριστεί –μεθανολικό, χλωροφορμικό- αρχικά εξατμίζονται σε ρεύμα αζώτου μέχρι ξηρού. Στην συνέχεια υπόκεινται παραγωγοποίηση με 250 μ l BSTFA, το οποίο περιέχει 1% TMCS για να αυξηθεί η πτητικότητα τους. Οι αντιδράσεις παραγωγοποίησης φαίνονται στο σχήμα 25.



Σχήμα 25: Αντιδράσεις παραγωγοποίησης με 250 μ l BSTFA, το οποίο περιέχει 1% TMCS.

Συνθήκες αεριοχρωματογραφικής ανάλυσης

Το θερμοκρασιακό πρόγραμμα του φούρνου ήταν το ακόλουθο:

Αρχική θερμοκρασία: 70°C για 5 min

Πρώτη άνοδος της θερμοκρασίας: 15%/min μέχρι τους 130°C

Δεύτερη άνοδος θερμοκρασίας: 4%/min μέχρι τους 160°C για 15 min

Τρίτη άνοδος θερμοκρασίας: 10%/min μέχρι τους 300°C για 15 min

Ο εισαγωγέας διατηρήθηκε στους 280°C και η γραμμή μεταφοράς δείγματος στο φασματογράφο Μάζας στους 300°C, σε όλη την διάρκεια της ανάλυσης.

Η ανάλυση των πολυφαινολών έγινε με την τεχνική της εκλεκτικής παρακολούθησης ιόντων (Selective Ion Monitoring). Η ταυτοποίηση των πολυφαινολών έγινε με βάση τον χρόνο κατακράτησης της κάθε πολυφαινόλης και τα 2-3 χαρακτηριστικά ιόντα που παρακολουθούνται για την κάθε μια. Ο ποσοτικός προσδιορισμός βασίστηκε σε πρότυπα διαλύματα πολυφαινολών. Ένα χαρακτηριστικό χρωματογράφημα προτύπων των πολυφαινολών φαίνεται στο παράρτημα.

Ο προσδιορισμός του σκουαλενίου πραγματοποιήθηκε από το ασαπωνοποίητο χλωροφορνικό κλάσμα, το οποίο εξατμίστηκε μέχρι ξηρού σε άζωτο και στη συνέχεια σιλιλιώθηκε (μετατροπή σε πτητικότερα παράγωγα, ώστε να είναι εφικτή η προσμέτρηση) με 250 μ ml BSTFA που περιείχαν 1% TMCS με 250 μ l BSTFA, το οποίο περιέχει 1% TMCS για να αυξηθεί η πτητικότητα και εκχύθηκαν 3 μ ml δείγματος.^{198,203} Η ανάλυση του σκουαλενίου, έγινε με παρακολούθηση όλων των θραυσμάτων που προκύπτουν από το σκουαλένιο (Scan Mode). Η ταυτοποίηση, όπως και στην περίπτωση των πολυφαινολών, έγινε με βάση τον χρόνο κατακράτησης. Ο ποσοτικός προσδιορισμός έγινε με χρήση καμπύλης αναφοράς, με βάση τα πρότυπα γνωστών περιεκτικοτήτων, των συστατικών που μελετήθηκαν.

6.5. Προσδιορισμός λίπους τηγανισμένων φυτικών τροφίμων (Μέθοδος συνεχούς εκχύλισης Soxhlet)

ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ - ΟΡΓΑΝΑ

A) Πετρελαϊκός αιθέρας, Purex pro analysis 0450528 της εταιρείας Merck

B) Συσκευή Soxhlet.

B) Ζυγός ακριβείας.

Γ) Περιστρεφόμενος εξατμιστήρας (Rotary Evaporator)

ΜΕΘΟΔΟΣ

Η μέθοδος της επαναλαμβανόμενης εκχύλισης γίνεται με τη συσκευή Soxhlet και χρησιμοποιείται και για την παραλαβή ενός στερεού συστατικού, από ένα μίγμα στερεών ουσιών. Η εκχύλιση γίνεται με τον οργανικό διαλύτη. Η συσκευή Soxhlet αποτελείται από μια γυάλινη κυλινδρική φιάλη μέσα στην οποία τοποθετείται το προς εκχύλιση τρόφιμο μέσα σε ειδικό κυλινδρικό φίλτρο. Η κυλινδρική φιάλη είναι κλειστή στο κάτω μέρος της και επικοινωνεί με πλευρικό άνω σωλήνα με σφαιρική

φιάλη ζέσεως, που βρίσκεται στο κάτω μέρος της συσκευής. Η κυλινδρική φιάλη επικοινωνεί στο άνω μέρος της με κάθετο ψυκτήρα.²⁰³

Στην κάτω σφαιρική φιάλη τοποθετείται ο διαλύτης (350ml) που θα χρησιμοποιηθεί για την εκχύλιση και η φιάλη θερμαίνεται με θερμομανδύα (όχι με γυμνή φλόγα), μέχρι βρασμού του διαλύτη. Οι ατμοί του διαλύτη μέσω του πλευρικού σωλήνα, αφού υγροποιηθούν στον ψυκτήρα, γεμίζουν σαν υγρό τον κυλινδρικό σωλήνα με φίλτρο και το δείγμα (~10 g) και έτσι γίνεται η 1η εκχύλιση του δείγματος. Όταν ο υγρός διαλύτης, ξεπεράσει το ύψος του φίλτρου επανέρχεται αυτόματα στην υποκείμενη σφαιρική φιάλη ζέσεως, μέσω δεύτερου πλευρικού σωλήνα σιφωνισμού. Με τον τρόπο αυτό το εκχύλισμα από το δείγμα μεταφέρεται στην υποκείμενη σφαιρική φιάλη.

Η 2η εκχύλιση του δείγματος γίνεται αυτόματα, εάν δεν διακοπεί η λειτουργία της συσκευής, διότι ο διαλύτης επαναθερμαίνεται μέχρι βρασμού και οι ατμοί του ανέρχονται μέσω του πρώτου πλευρικού σωλήνα στον ψυκτήρα και αφού ψυχθούν, ξαναγεμίζουν την κυλινδρική φιάλη και έτσι γίνεται η 2η εκχύλιση. Με τον τρόπο αυτό γίνονται επαναλαμβανόμενες εκχυλίσεις (20 - 30) επί 2 - 4 ώρες μέχρι πλήρους παραλαβής του συστατικού του τροφίμου από το τρόφιμο.

Μετά το τέλος της εκχύλισης, αφήνεται η συσκευή για λίγη ώρα μέχρι να φτάσει σε θερμοκρασία δωματίου και στη συνέχεια ζυγίζονται οι φύσιγγες, στις οποίες η διαφορά βάρους αντιστοιχεί στην ποσότητα λίπους ή άλλων υγρών, που απομακρύνθηκαν από το φυτικό τρόφιμο, με την εκχύλιση και διαλύθηκαν στον πετρελαϊκό αιθέρα. Για την εύρεση της ακριβούς ποσότητας λίπους που είχε το κάθε φυτικό τρόφιμο, εξατμίστηκε ο πετρελαϊκός αιθέρας της κάθε φιάλης σε Rotary Evaporator και ακολούθως **ζυγίστηκαν**. Η διαφορά βάρους αντιστοιχεί στην ποσότητα λίπους που περιέχει το κάθε είδος φυτικού τροφίμου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.1. Τεχνολογία τηγανίσματος

Τηγανίσθηκαν, με ελεγχόμενες συνθήκες (περιορισμένη θερμοκρασία: 170°C, χρόνος τηγανίσματος 10 min), φυτικά τρόφιμα (πατάτες, κολοκυθάκια, μελιτζάνες και πιπεριές) σε οικιακό τηγάνι, με παρθένο ελαιόλαδο. Πραγματοποιήθηκαν οχτώ τηγανίσματα για να καλυφθούν όλες οι περιπτώσεις οικιακού τηγανίσματος. Κατά το τηγάνισμα, των φυτικών τροφίμων (πατάτες, κολοκυθάκια, μελιτζάνες και πιπεριές) σε τηγάνι με παρθένο ελαιόλαδο, ενδιαφέρον παρουσίασε η προσθήκη αλεύρου ή κουρκουτιού σε σχέση με την καταγραφή της μέσης θερμοκρασίας και του χρόνου τηγανίσματος. Επιπλέον, αξιοπρόσεκτο στοιχείο ήταν το βάρος που παρουσίαζε το τρόφιμο, πριν και μετά από το τηγάνισμα. Στον Πίνακα 19 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του τηγανίσματος (τεχνολογία τηγανίσματος) και των φυτικών τροφίμων, πριν και μετά το τηγάνισμα. Κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος, μέρος του ελαίου απορροφήθηκε από το τρόφιμο, όπως μας πληροφορεί η ζύγιση του ελαίου πριν και μετά από το τηγάνισμα. Στον πίνακα 20 παρουσιάζονται τα βάρη των ελαίων πριν και μετά από το τηγάνισμα, η διαφορά τους, καθώς και ο λόγος των βαρών τρόφιμο προς έλαιο.

Από τη μέτρηση των βαρών ελαίων και τροφίμων, πριν και μετά από το τηγάνισμα υπολογίστηκε η απορρόφηση ελαίου καθώς και η απώλεια υγρασίας ως ακολούθως:

$$\% \text{ απορρόφηση ελαίου σε σχέση με το νωπό τρόφιμο} = \frac{\text{Διαφορά βαρών ελαίου} \times 100}{\text{Βάρος νωπού τροφίμου}}$$
$$\% \text{ απορρόφηση ελαίου σε σχέση με το τηγανισμένο} = \frac{\text{Διαφορά βαρών ελαίων} \times 100}{\text{βάρος τηγανισμένου}}$$
$$\% \text{ απώλειας υγρασίας} = \frac{(\text{Βάρος τηγανισμένου} + \text{διαφορά βαρών ελαίου}) \times 100}{\text{βάρος νωπού}}$$

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 21.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον υπολογισμό της υγρασίας των νωπών και τηγανισμένων τροφίμων μέσω λυοφιλίωσης, παρουσιάζονται στον πίνακα 22. Μέρος των δειγμάτων, μετά από τη λυοφυλίωση τους τοποθετήθηκε σε πυριαντήριο στους 105°C όπου και παρέμεινε επί 24 ώρες. Ακολούθως έγινε ζύγιση των δειγμάτων και υπολογίστηκε η απώλεια του βάρους των λυοφιλιωμένων δειγμάτων, μετά από

ξήρανση σε πυριαντήριο. Στην συνέχεια έγινε αναγωγή και διορθώθηκε το ποσοστό της υγρασίας. Ακολούθως, υπολογίστηκε η απώλεια υγρασίας των τηγανισμένων σε σχέση με τα νωπά τρόφιμα.

Τηγανισμένο τρόφιμο	Μέση θερμο- κρασία τηγανί- σματος (°C)	Συνο- λικός χρό- νος τηγα- νίσμα- τος (min)	Μέσο πάχος τεμα- χίων (cm)	Μέσο μήκος ή διάμε- τρος τεμα- χίων (cm)	Βάρος τροφί- μου πριν το τηγάνι- σμα (g)	Βάρος αλεύ- ριου ή κου- ρκου- τιού (g)	Βά- ρος τροφί- μου μετά το τηγά- νισμα (g)	Διαφο- ρά βαρών πριν και μετά το τηγάνι- σμα (g)	% Από- λεια βάρους μετά το τηγάνι- σμα
ΠΑΤΑΤΑ	166	10	1	6,5	318,6	-	185,4	-133,2	41,80
ΠΗΠΕΡΙΑ	146	6	1,5	6,5	281,9	-	182,4	-99,5	35,29
ΚΟΛΟΚΥΘΙ	165	5	0,55	3,5	210,7	-	105,7	-105	49,83
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΜΕ ΑΛΕΥΡΙ	166	6	0,55	3,5	186,1	15,3	106,3	-79,8	42,88
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΜΕ ΚΟΥΡΚΟΥΤΙ	169	7	0,55	3,5	184,8	56,2 (35,4%) αλεύρι	119,1	-65,5	35,44
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ	160	5	1	6,5	156,9		124	-32,9	20,96
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΜΕ ΑΛΕΥΡΙ	162	6	1	6,5	159,9	14,2	139	-20,9	13,07
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΜΕ ΚΟΥΡΚΟΥΤΙ	163	7	1	6,5	198,3	63,4 (40,5%) αλεύρι	141	-57,3	28,89

Πίνακας 19: Χαρακτηριστικά τηγανίσματος και τροφίμων πριν και μετά το τηγάνισμα

Έλαιο από τηγανισμέν ο τρόφιμο	Βάρος ελαίου πριν το τηγάνι- σμα (g)	Βάρος ελαίου μετά το τηγάνι- σμα (g)	Διαφορά βαρών ελαίων πριν και μετά το τηγάνισμα (g)	Λόγος βαρών τροφίμου προς έλαιο
ΠΑΤΑΤΑ	249,6	222,6	27	1,5
ΠΗΠΕΡΙΑ	250,2	239,5	10,7	1,1
ΚΟΛΟΚΥΘΙ	253,2	244,7	8,5	0,8
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΜΕ ΑΛΕΥΡΙ	249,3	237,7	11,6	0,7
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΜΕ ΚΟΥΡΚΟΥΤΙ	250,3	228,6	21,7	0,7
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ	248,1	198,5	49,6	0,6
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΜΕ ΑΛΕΥΡΙ	250,2	200,3	49,9	0,6
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΜΕ ΚΟΥΡΚΟΥΤΙ	250,1	227,8	22,3	0,7

Πίνακας 20: Βάρος ελαίων πριν και μετά από το τηγάνισμα, ποσοστό συμμετοχής

ελαίου στο τηγανισμένο τρόφιμο και λόγος βαρών τρόφιμο προς έλαιο.

Τηγανισμένο τρόφιμο	Απορρόφηση ελαίου (%) υπολογισμένη σε σχέση με το νωπό τρόφιμο	Απορρόφηση ελαίου (%) σε σχέση με το τηγανισμέ- νο	Απώλεια υγρασίας (%) μέσω υπολογισ- μών
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ	29,5	36,2	48,0
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΜΕ ΑΛΕΥΡΙ	34,8	41,0	49,9
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΜΕ ΚΟΥΡΚΟΥΤΙ	11,0	16,2	43,3
ΠΑΤΑΤΑ	7,0	14,5	58,5
ΠΙΠΕΡΙΑ	3,6	5,6	38,9
ΚΟΛΟΚΥΘΙ	3,8	5,7	33,7
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΜΕ ΑΛΕΥΡΙ	6,1	11,3	49,0
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΜΕ ΚΟΥΡΚΟΥΤΙ	10,1	15,7	45,7

Πίνακας 21: Αποτελέσματα υπολογισμών της απορρόφησης ελαίου σε σχέση με το νωπό και τηγανισμένο τρόφιμο και της απώλειας υγρασίας.

Τρόφιμο	% ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΠΟ ΛΥΟΦΙΛΥ- ΩΣΗ	% ΥΓΡΑΣΙΑ ΔΙΟΡΘΩΜ- ΕΝΗ ΑΠΟ ΛΥΟΦΙΛΥ- ΩΣΗ	% Απώλειας υγρασίας υπολογισμένη από τη διόρθωση της Λυοφιλίωσης
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΝΩΠΗ	93,81	94,62	
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΤΗΓΑΝΗΤΗ	47,12	50,86	-43,76
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΜΕ ΑΛΕΥΡΙ	42,98	43,48	-51,14
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΜΕ ΚΟΥΡΚΟΥΤΙ	57,91	58,27	-36,35
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΝΩΠΟ	93,95	94,69	
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΤΗΓΑΝΗΤΟ	82,26	83,50	-11,19
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΜΕ ΑΛΕΥΡΙ	72,87	73,70	-20,99
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΜΕ ΚΟΥΡΚΟΥΤΙ	55,92	56,47	-38,22
ΠΑΤΑΤΑ ΝΩΠΗ	83,09	83,56	
ΠΑΤΑΤΑ ΤΗΓΑΝΗΤΗ	49,8	50,31	-33,25
ΠΙΠΕΡΙΑ ΝΩΠΗ	93,17	94,56	
ΠΙΠΕΡΙΑ ΤΗΓΑΝΗΤΗ	84,96	86,59	-7,97

Πίνακας 22: % υγρασία λυοφιλωμένων φυτικών τροφίμων, % διορθωμένης υγρασίας λυοφιλωμένων φυτικών τροφίμων και % απώλειας υγρασίας

υπολογισμένο μέσω της λυοφιλίωσης.

Στα δείγματα των τροφίμων, μετά τη λυοφιλίωση τους υπολογίστηκε το % της απορρόφησης ελαίου από τα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα σύμφωνα με τη μέθοδο soxhlet. Τα αποτελέσματα σε %, βάση απόλυτου (fw) ή ξηρού βάρους (dw), παρουσιάζονται στον πίνακα 23.

Με δεδομένο ότι είχαν υπολογιστεί η απορρόφηση ελαίου, μέσω υπολογισμών και σύμφωνα με τη μέθοδο soxhlet, όπως και η απώλεια υγρασίας, μέσω υπολογισμών και σύμφωνα με τη μέθοδο της λυοφιλίωσης, υπήρξε η δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 24. Επιπλέον, κατέστη εφικτό να υπολογιστεί η ενεργειακή αύξηση (Kcal) των τηγανισμένων τροφίμων λόγω της ενσωμάτωσης ελαίου (υπολογισμένο με τη μέθοδο soxhlet) και αλευριού (kcal/100g fw). Υποτέθηκε ότι η μεταβολή που υπέστησαν τα τρόφιμα κατά το τηγάνισμα αφορούσε καθαρά την πρόσληψη λίπους και ενίοτε αλευριού, με βάση την παραδοχή ότι 100 g αλεύρι αποδίδουν 357 kcal. Στα τρόφιμα που απλά τηγανίστηκαν, πολλαπλασιάστηκε το ποσό λίπους που περιείχαν επί 9 kcal, όσες δηλαδή αποδίδει 1 g λίπους. Στα τηγανισμένα με προσθήκη τρόφιμα εκτός από την παραπάνω πράξη, πολλαπλασιάστηκαν τα γραμμάρια αλευριού που περιείχε το τηγανισμένο τρόφιμο με τις 3,57 kcal, όσες θερμίδες δηλαδή αποδίδει 1 g αλευριού. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 25 και στο σχήμα 26.

ΤΡΟΦΙΜΟ	% Λίπος dw (soxhlet)	% Λίπος fw (soxhlet)
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΤΗΓΑΝΗΤΗ	73,07	35,91
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΜΕ ΑΛΕΥΡΙ	61,66	34,85
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΜΕ ΚΟΥΡΚΟΥΤΙ	39,44	16,46
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΤΗΓΑΝΗΤΟ	31,16	5,14
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΜΕ ΑΛΕΥΡΙ	45,87	12,06
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΜΕ ΚΟΥΡΚΟΥΤΙ	37,04	16,12
ΠΑΤΑΤΑ ΤΗΓΑΝΗΤΗ	21,93	10,90
ΠΙΠΕΡΙΑ ΤΗΓΑΝΗΤΗ	39,08	5,24

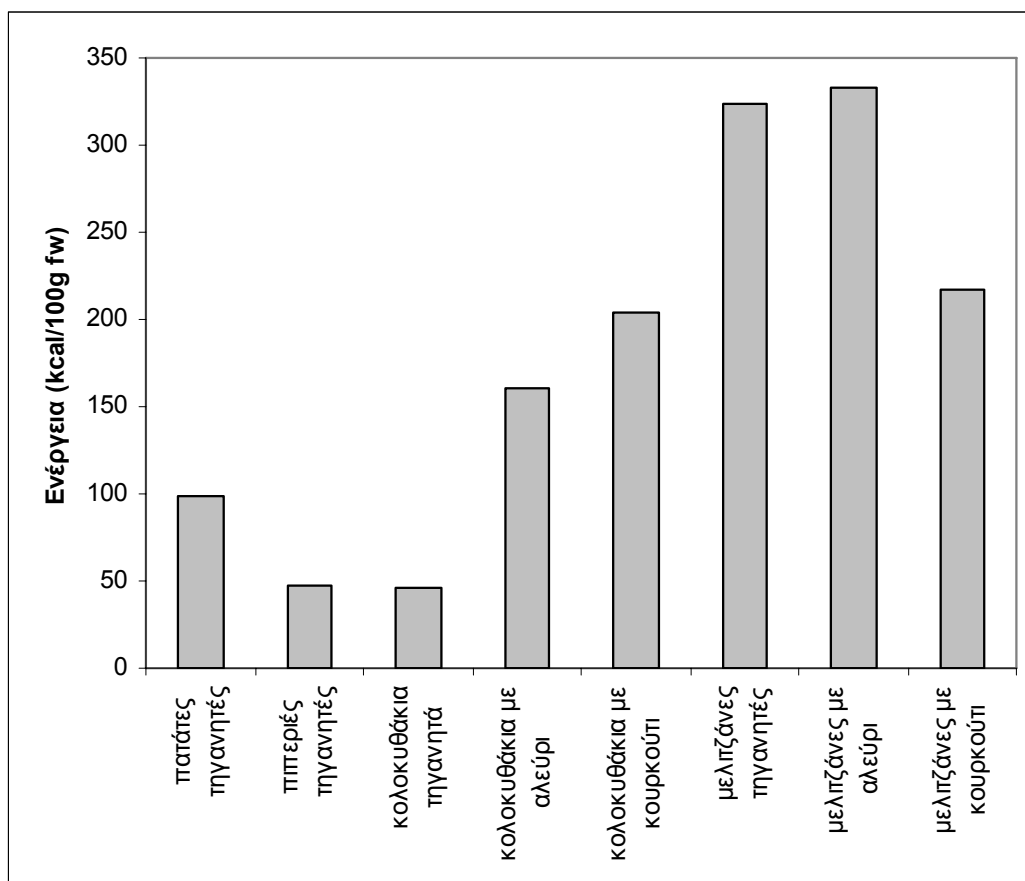
Πίνακας 23: Απορρόφηση ελαίου από τα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, %, βάση απόλυτου (fw) ή ξηρού βάρους (dw), όπως υπολογίζονται σύμφωνα με τη μέθοδο soxhlet.

ΤΡΟΦΙΜΟ	% συμμετοχής ελαίου στο τηγανισμέν ο τρόφιμο (fw) βάση υπολογισμών	% Λίπος fw (soxhl- et)	Απώλει α υγρασί ας (%) βάση υπολογι σμών	% Απώλεια ς υγρασίας υπολογισ μένη από Λυοφιλί ωση
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΤΗΓΑΝΗΤΗ	36,20	35,91	48,0	43,76
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΜΕ ΑΛΕΥΡΙ	41,00	34,85	49,9	51,14
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ ΜΕ ΚΟΥΡΚΟΥΤΙ	16,20	16,46	43,3	36,35
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΤΗΓΑΝΗΤΟ	5,70	5,14	33,7	11,19
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΜΕ ΑΛΕΥΡΙ	11,30	12,06	49,0	20,99
ΚΟΛΟΚΥΘΙ ΜΕ ΚΟΥΡΚΟΥΤΙ	15,70	16,12	45,7	38,22
ΠΑΤΑΤΑ ΤΗΓΑΝΗΤΗ	14,5	10,90	58,5	33,25
ΠΙΠΕΡΙΑ ΤΗΓΑΝΗΤΗ	5,6	5,24	38,9	7,97

Πίνακας 24: Σύγκριση: 1) του % της απορρόφησης ελαίου από τα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, όπως υπολογίζονται με απλές μαθηματικές πράξεις και σύμφωνα με τη μέθοδο soxhlet, 2) του % της απώλειας υγρασίας, μέσω υπολογισμών και σύμφωνα με τη μέθοδο της λυοφιλίωσης.

ΤΡΟΦΙΜΟ	Αύξηση ενέργειας (kcal/100g fw) λόγω ενσωμάτωσης ελαίου και αλευριού
πατάτες τηγανητές	98,10
πιπεριές τηγανητές	46,80
Κολοκυθάκια τηγανητά	45,90
Κολοκυθάκια με αλεύρι	160,28
Κολοκυθάκια με κουρκούτι	204,53
μελιτζάνες τηγανητές	323,10
μελιτζάνες με αλεύρι	333,20
μελιτζάνες με κουρκούτι	217,70

Πίνακας 25: Υπολογισμός της ενεργειακής αύξησης (Kcal) των τηγανισμένων τροφίμων λόγω της ενσωμάτωσης ελαίου (υπολογισμένο με τη μέθοδο soxhlet) και αλευριού (kcal/100g fw).



Σχήμα 26: Αύξηση ενέργειας (kcal/100g fw) λόγω ενσωμάτωσης ελαίου και αλευριού

7.2. Τοκοφερόλες

Στον αρχικό στόχο της παρούσας μελέτης περιλαμβάνονταν και ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των τηγανισμένων φυτικών τροφίμων και των ελαίων, σε τοκοφερόλες. Η μέθοδος που επιλέχθηκε για την απομόνωση και τον προσδιορισμό των τοκοφερολών, είναι η Bligh-Dyer²⁰² σε συνδυασμό με την αέρια χρωματογραφία. Παρατηρήθηκε, ότι κατά την διάρκεια των προσδιορισμών η τοκοφερόλη συνεκλύεται με την χοληστερόλη και οι συγκεντρώσεις που προσδιορίζονταν ήταν πολύ μικρές. Συνεπώς, τα αποτελέσματα δεν μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως αξιόπιστα, με αποτέλεσμα η συγκεκριμένη μέθοδος να εγκαταλειφθεί. Ο προσδιορισμός της τοκοφερόλης είναι σκόπιμο να πραγματοποιηθεί με υγρή χρωματογραφία λεπτής στιβάδας, κάτι το οποίο ξεφεύγει από τα όρια της παρούσας μελέτης.

7.3. Ολικές πολυφαινόλες.

Με βάση την ποσότητα σε mg τυροσόλης που περιείχαν τα πέντε πρότυπα διαλύματα και την απορρόφηση τους στα 725 nm, σχηματίστηκε η ακόλουθη πρότυπη καμπύλη αναφοράς (σχήμα 2) με συνάρτηση $y = 0,0067x + 0,0252$ και συντελεστή συσχέτισης R^2 ίσο με 0,996. Τοποθετώντας όπου y την απορρόφηση των διαλυμάτων και λαμβάνοντας υπόψη το βάρος των δειγμάτων, υπολογίστηκε η ποσότητα ολικών πολυφαινολών (x) στο κάθε δείγμα. Τα αποτελέσματα από το υπολογισμό της περιεκτικότητας σε ολικές πολυφαινόλες, νωπού και τηγανισμένου ελαιόλαδου και φυτικών τροφίμων, παρουσιάζονται στον πίνακα 26.

Μετά από τον υπολογισμό και του % της περιεκτικότητας των τροφίμων, σε ολικές πολυφαινόλες και με βάση την περιεκτικότητα ελαίου στο τηγανισμένο τρόφιμο, ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί ο συσχετισμός των δύο αυτών δεδομένων και να υπολογιστεί το % αύξησης φαινολών στο τηγανισμένο τρόφιμο (πίνακας 27). Η μέθοδος Folin-Ciocalteu επέτρεψε επιπλέον την εξαγωγή δεδομένων όσον αφορά το % περιεκτικότητας του νωπού ελαίου σε ολικές πολυφαινόλες και το % περιεκτικότητας σε ολικές πολυφαινόλες, των ελαίων που προήλθαν από τα τηγανισμένα τρόφιμα. Επιπρόσθετα, έδωσε τη δυνατότητα υπολογισμού του % μεταβολής του τηγανισμένου ελαίου σε ολικές πολυφαινόλες, από τη μέσο ποσοστό του νωπού ελαίου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 28.

ΤΡΟΦΙΜΟ	Βάρος τροφίμου (g)	Βάρος ελαίου (g)	Λόγος βαρών τροφίμου/έλαιου	Φαινόλες σε συνολικό έλαιο (mg)	Φαινόλες σε συνολικό τροφίμο (mg)	Αύξηση (τηγανητό-νωπό τροφίμο) (mg)	Φαινόλες (mg/ 100 g fw)
πατάτες νωπές	381,6	249,6		51,2	21,5		5,6
πατάτες τηγανητές	185,4	222,6	1,5	47,4	62,7	41,2	33,8
Πιπεριές νωπές	281,9	250,2		51,4	23,9		8,5
πιπεριές τηγανητές	182,4	239,5	1,1	42,9	29,5	5,6	16,2
κολοκυθάκια νωπά	210,7	253,2		52,0	9,7		4,6
κολοκυθάκια τηγανητά	105,7	244,7	0,8	55,3	22,8	13,0	21,6
κολοκυθάκια νωπά	186,1	249,3		51,2	8,6		4,6
κολοκυθάκια με αλεύρι	106,3	237,7	0,7	106,5	26,8	18,2	25,2
κολοκυθάκια νωπά	184,8	250,3		51,4	8,5		4,6
κολοκυθάκια με κουρκούτι	119,1	228,6	0,7	47,2	40,9	32,3	34,3
μελιτζάνες νωπές	150,8	248,1		30,8	18,7		11,9
μελιτζάνες τηγανητές	122,9	198,5	0,6	14,3	251,0	232,2	202,4
μελιτζάνες νωπές	143	250,2		31,9	19,1		11,9
μελιτζάνες με αλεύρι	121,5	200,3	0,6	11,2	188,6	169,5	135,7
μελιτζάνες νωπές	176	250,1		31,1	23,7		11,9
μελιτζάνες με κουρκούτι	119,1	227,8	0,7	18,1	128,4	104,7	91,1

Πίνακας 26: Περιεκτικότητα σε ολικές πολυφαινόλες νωπού και τηγανισμένου ελαιόλαδου και φυτικών τροφίμων, υπολογισμένες με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu.

ΤΡΟΦΙΜΟ	Περιεκτικότητα α ελαίου % (soxhlet)	Φαινόλες (mg/ 100 g fw)	% αύξησης φαινολών στο τηγανισμένο τρόφιμο.
πατάτες νωπές		5,6	
Πατάτες τηγανητές	10,9	33,8	28,2
πιπεριές νωπές		8,5	
πιπεριές τηγανητές	5,24	16,2	7,7
Κολοκυθάκια νωπά		4,6	
Κολοκυθάκια τηγανητά	5,14	21,6	17,0
Κολοκυθάκια νωπά		4,6	
Κολοκυθάκια με αλεύρι	12,06	25,2	20,6
κολοκυθάκια νωπά		4,6	
κολοκυθάκια με κουρκούτι	16,12	34,3	29,7
μελιτζάνες νωπές		11,9	
μελιτζάνες τηγανητές	35,91	202,4	190,5
μελιτζάνες νωπές		11,9	
μελιτζάνες με αλεύρι	34,85	135,7	123,8
μελιτζάνες νωπές		11,9	
μελιτζάνες με κουρκούτι	16,46	91,1	79,2

Πίνακας 27: % περιεκτικότητας των τροφίμων σε ολικές πολυφαινόλες, % περιεκτικότητας ελαίου στο τηγανισμένο τρόφιμο και % αύξησης φαινολών στο τηγανισμένο τρόφιμο, σύμφωνα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu.

ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΑΙΟ ΚΑΙ ΕΛΑΙΟ ΑΠΟ ΤΗΓΑΝΙΣΜΕΝΟ ΤΡΟΦΙΜΟ	Φαινόλες (mg/ 100 g fw)	Μεταβολή από τη μέση τιμή του νωπού ελαίου (mg/ 100 g fw)
παρθένο ελαιόλαδο νωπό Μέση Τιμή	20,5	
έλαιο από πατάτες τηγανητές	21,3	+0,7
έλαιο από πιπεριές τηγανητές	17,9	-2,6
έλαιο από κολοκυθάκια τηγανητά	22,6	+2,1
έλαιο από κολοκυθάκια με αλεύρι	44,8	+24,3
έλαιο από κολοκυθάκια με κουρκούτι	20,7	+0,1
έλαιο από μελιτζάνες τηγανητές	17,4	-3,1
έλαιο από μελιτζάνες τηγανητές	15,5	-5,1
έλαιο από μελιτζάνες με αλεύρι	9,1	-11,5
έλαιο από μελιτζάνες με αλεύρι	10,5	-10,0
έλαιο από μελιτζάνες με κουρκούτι	19,5	-1,0
έλαιο από μελιτζάνες με κουρκούτι	15,7	-4,9

Πίνακας 28: Μεταβολή στο φαινολικό περιεχόμενο των ελαίων, σύμφωνα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu

7.4. Επί μέρους πολυφαινόλες.

Η ανάλυση και η μέτρηση των ολικών και επιμέρους πολυφαινολών, στο νωπό και τηγανισμένα έλαια, στα νωπά και τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, έγινε με τη μέθοδο την αέριας χρωματογραφίας και την τεχνική της εκλεκτικής παρακολούθησης ιόντων (Selective Ion Monitoring). Τα αποτελέσματα παρατίθενται στους πίνακες 29-32.

ΕΛΑΙΑ	Τυροσό λη	p- OH βενζ οϊκό οξύ	p- OH- φαιν υλοξι κό οξύ	OH τυροσό λη	φλω ρετικ ό οξύ	p- κουμ αρικ ό οξύ	γαλλ ικό οξύ	φερρ ουλι κό οξύ	κινν αμικ ό οξύ	καφε ϊκό οξύ	απιγ ενίνη
Παρθένο ελαιόλαδο νωπό	2577,70	3,27	1,38	169,94	34,92	0,36	0,66	0,00	4,78	4,84	0,00
Παρθένο ελαιόλαδο νωπό	1820,86	1,14	0,94	113,50	17,01	0,00	0,00	0,00	3,09	3,33	0,00
Τηγανητή πατάτα	1008,89	0,53	0,00	4,73	17,41	0,00	0,19	0,00	11,70	0,78	0,00
Τηγανητή πιπεριά	814,70	1,30	0,00	9,81	7,61	0,00	0,00	0,00	4,46	1,66	0,00
Τηγανητό κολοκύθι	730,64	0,33	0,33	66,01	9,04	0,00	0,00	0,00	7,72	1,08	0,00
Τηγανητό κολοκύθι με αλεύρι	1107,61	0,69	0,69	125,37	12,65	0,00	0,00	0,00	4,40	4,38	0,00
Τηγανητό κολοκύθι με κουρκούτι	1269,86	0,00	0,00	142,35	6,47	0,00	0,00	0,00	7,33	5,41	0,00
Τηγανητή μελιτζάνα	1042,41	1,78	7,95	19,10	0,00	0,00	0,00	0,00	12,58	0,00	0,00
Τηγανητή μελιτζάνα αλευρωμένη	793,78	0,52	0,00	0,00	7,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Τηγανητή μελιτζάνα με κουρκούτι	1244,29	2,05	0,00	20,85	7,47	0,00	0,00	0,00	5,06	0,00	0,00

Πίνακας 29: Αποτελέσματα της μέτρησης των επιμέρους πολυφαινόλων (μg/100g fw), στα δείγματα νωπών και τηγανισμένων ελαίων, με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας (GC).

ΕΛΑΙΑ	ΟΛΙΚΕΣ ΦΑΙΝΟΛΕΣ (μg/100g fw)	ΟΛΙΚΕΣ ΦΑΙΝΟΛΕΣ (mg/kg fw)	τυροσόλη % ολικών
Παρθένο ελαιόλαδο αθέρμαστο	2591,7	25,92	90,5
Παρθένο ελαιόλαδο αθέρμαστο	2781,5	27,82	93,8
Παρθένο ελαιόλαδο αθέρμαστο	2797,85	27,98	92,1
Παρθένο ελαιόλαδο αθέρμαστο	1959,88	19,60	92,9
Έλαιο από τηγανητή πατάτα	1044,22	10,44	96,6
Έλαιο από τηγανητή πιπεριά	839,54	8,40	97,0
Έλαιο από τηγανητό κολοκύθι	815,15	8,15	89,6
Έλαιο από τηγανητό κολοκύθι με αλεύρι	1255,79	12,56	88,2
Έλαιο από τηγανητό κολοκύθι με κουρκούτι	1431,42	14,31	88,7
Έλαιο από τηγανητή μελιτζάνα	1083,83	10,84	96,2
Έλαιο από τηγανητή μελιτζάνα αλευρωμένη	801,42	8,01	99,0
Έλαιο από τηγανητή μελιτζάνα με κουρκούτι	1279,72	12,80	97,2

Πίνακας 30: Αποτελέσματα της μέτρησης των ολικών πολυφαινολών και του ποσοστού τυροσόλης επί ολικών πολυφαινολών, στα δείγματα νωπών και τηγανισμένων ελαίων, με τη μέθοδο την αέριας χρωματογραφίας.

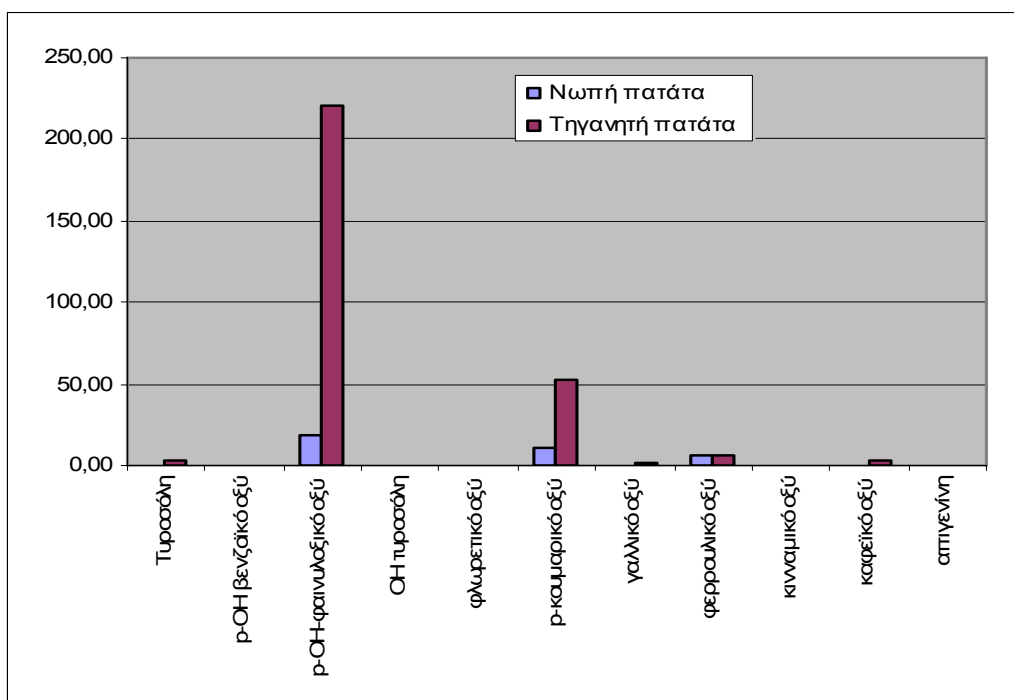
ΤΡΟΦΙΜΑ	Τυρο σόλη (μg/1 00g fw)	p-OH βενζο ϊκό οξύ (μg/1 00g fw)	p-OH- φαινυλ οξικό οξύ (μg/100 g fw)	OH τυρο σόλη (μg/1 00g fw)	φλωρ ετικό οξύ (μg/1 00g fw)	p- κουμ αρικό οξύ (μg/1 00g fw)	γαλλι κό οξύ (μg/1 00g fw)	φερρ ουλικ ό οξύ (μg/1 00g fw)	κιννα μικό οξύ (μg/1 00g fw)	καφεϊ κό οξύ (μg/1 00g fw)	Απιγε νίνη (μg/1 00g fw)
Νωπή πατάτα	0,14	0,00	17,96	0,00	0,00	10,32	0,00	6,25	0,00	0,06	0,00
Τηγανητή πατάτα	3,30	0,00	221,29	0,00	0,00	52,07	1,20	5,97	0,00	3,15	0,00
Νωπή πιπεριά	0,00	0,00	4,80	0,00	0,00	0,00	0,49	3,80	4,23	0,92	0,35
Τηγανητή πιπεριά	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,63	0,00	0,86	0,98
Νωπό κολοκύθι	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,78	0,00	0,14	0,33
Τηγανητό κολοκύθι	6,42	0,00	0,00	0,00	0,00	17,97	0,00	0,00	0,00	0,32	4,93
Νωπό κολοκύθι	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,78	0,00	0,14	0,33
Τηγανητό κολοκύθι με αλεύρι	17,60	0,00	0,00	0,00	0,00	4,07	0,00	4,56	0,00	1,43	1,42
Νωπό κολοκύθι	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,78	0,00	0,14	0,33
Τηγανητό κολοκύθι με κουρκούτι	50,06	0,00	0,00	0,00	0,00	44,07	0,00	3,88	0,00	0,75	5,38
Νωπή μελιτζάνα	0,00	0,69	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	2,43	0,00	0,92	0,17
Τηγανητή μελιτζάνα	15,73	0,00	0,00	1,29	0,00	0,00	0,71	1,74	0,00	2,62	1,06
Νωπή μελιτζάνα	0,00	0,69	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	2,43	0,00	0,92	0,17
Τηγανητή μελιτζάνα με αλεύρι	22,33	0,00	0,00	0,51	0,00	1,75	0,79	1,17	0,00	2,53	1,31
Νωπή μελιτζάνα	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	1,81	0,00	0,68	0,13
Τηγανητή μελιτζάνα με κουρκούτι	22,21	0,00	0,00	1,03	0,00	0,00	1,05	0,36	0,00	3,84	1,57

Πίνακας 31: Αποτελέσματα της μέτρησης των επιμέρους πολυφαινολών, στα νωπά και τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, με τη μέθοδο την αέριας χρωματογραφίας.

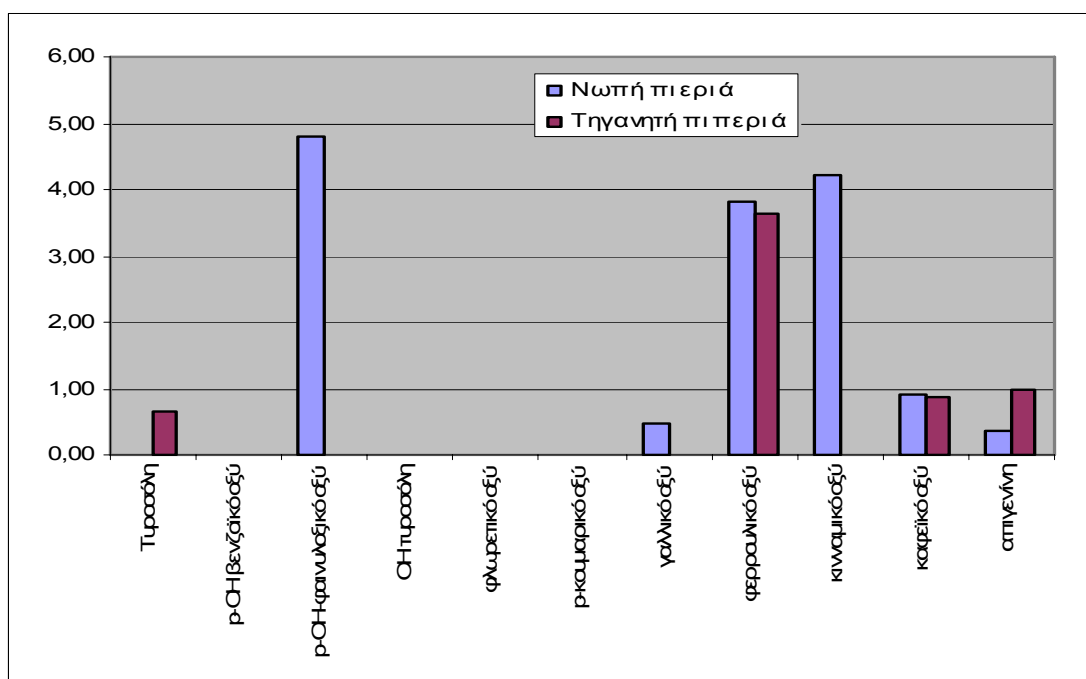
ΤΡΟΦΙΜΑ	ΟΛΙΚΕΣ ΦΑΙΝΟΛΕΣ (μg/100g fw)	ΟΛΙΚΕΣ ΦΑΙΝΟΛΕΣ (mg/kg fw)	τυροσόλη % ολικών
Νωπή πατάτα	34,73	0,347	0,4
Τηγανητή πατάτα	286,97	2,870	1,1
Νωπή πιπεριά	14,58	0,146	0,0
Τηγανητή πιπεριά	6,14	0,061	10,9
Νωπό κολοκύθι	2,32	0,023	3,0
Τηγανητό κολοκύθι	29,65	0,297	21,7
Νωπό κολοκύθι	2,32	0,023	3,0
Τηγανητό κολοκύθι με αλεύρι	29,09	0,291	60,5
Νωπό κολοκύθι	2,32	0,023	3,0
Τηγανητό κολοκύθι με κουρκούτι	104,14	1,041	48,1
Νωπή μελιτζάνα	3,25	0,032	0,0
Τηγανητή μελιτζάνα 1	16,46	0,165	88,9
Νωπή μελιτζάνα	1,20	0,012	0,0
Τηγανητή μελιτζάνα με αλεύρι 1	20,23	0,202	91,6
Νωπή μελιτζάνα	1,20	0,012	0,0
Τηγανητή μελιτζάνα με κουρκούτι 1	5,44	0,054	78,9
Νωπή μελιτζάνα	4,37	0,044	0,0
Τηγανητή μελιτζάνα 2	23,15	0,232	68,0
Νωπή μελιτζάνα	4,37	0,044	0,0
Τηγανητή μελιτζάνα με αλεύρι 2	30,39	0,304	73,5
Νωπή μελιτζάνα	3,25	0,032	0,0
Τηγανητή μελιτζάνα με κουρκούτι 2	30,07	0,301	73,9

Πίνακας 32: Αποτελέσματα της μέτρησης των ολικών πολυφαινολών και του ποσοστού τυροσόλης επί ολικών πολυφαινολών, στα νωπά και τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, με τη μέθοδο την αέριας χρωματογραφίας.

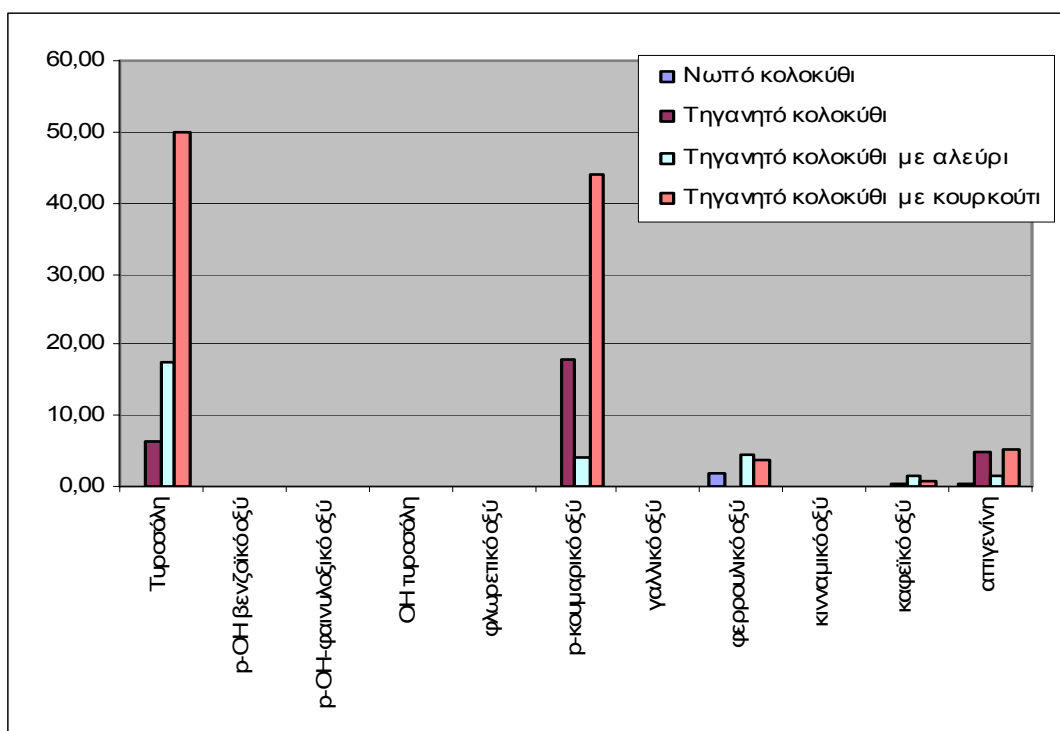
Στη συνέχεια, προσδιορίστηκε η κατανομή των επιμέρους φαινολικών ενώσεων, όπως υπολογίστηκαν με τη μέθοδο την αέριας χρωματογραφίας, στα δείγματα νωπής και τηγανιτής πατάτας (διακρίνεται στο σχήμα 27), νωπής και τηγανιτής πιπεριάς (σχήμα 28), νωπών και τηγανιτών κολοκυθιών, τηγανιτών κολοκυθιών με αλεύρι και με κουρκούτι (σχήμα 29), νωπών και τηγανιτών μελιτζανών, τηγανιτών μελιτζανών με αλεύρι και με κουρκούτι (σχήμα 30).



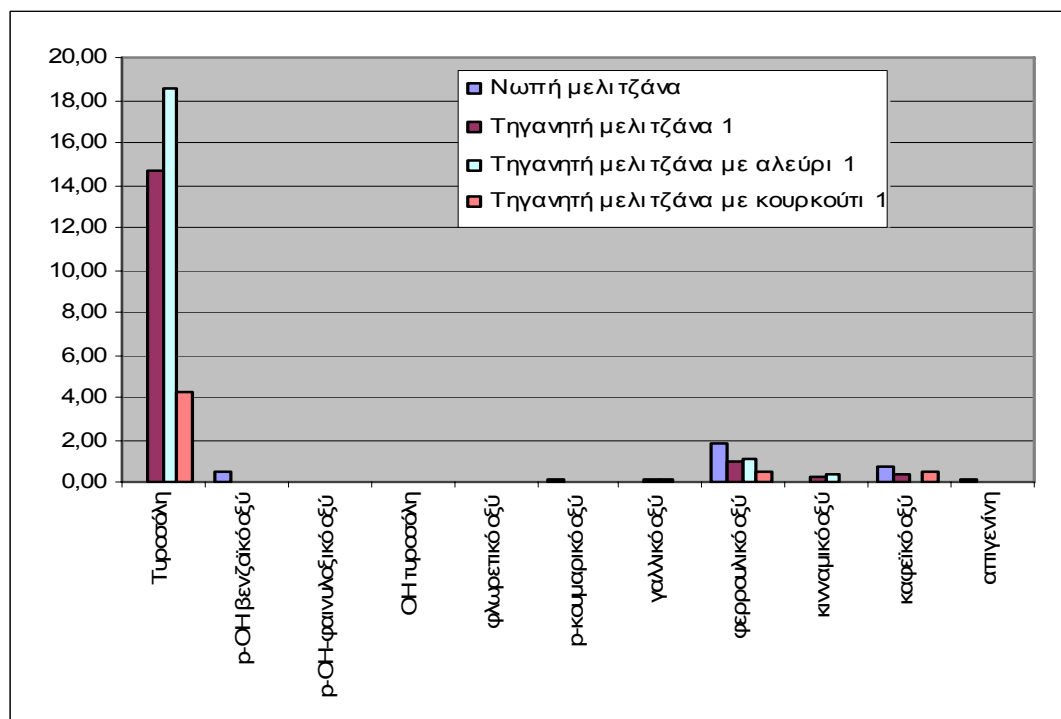
Σχήμα 27: Κατανομή επιμέρους φαινολικών ενώσεων στα δείγματα νωπής και τηγανιτής πατάτας, όπως υπολογίστηκαν με τη μέθοδο την αέριας χρωματογραφίας.



Σχήμα 28: Κατανομή επιμέρους φαινολικών ενώσεων στα δείγματα νωπής και τηγανιτής πιπεριάς, όπως υπολογίστηκαν με τη μέθοδο την αέριας χρωματογραφίας.



Σχήμα 29: Κατανομή επιμέρους φαινολικών ενώσεων στα δείγματα νωπών, τηγανιτών κολοκυθιών, τηγανιτών κολοκυθιών με αλεύρι και με κουρκούτι, όπως υπολογίστηκαν με τη μέθοδο την αέριας χρωματογραφίας.



Σχήμα 30: Κατανομή επιμέρους φαινολικών ενώσεων στα δείγματα νωπών, τηγανιτών μελιτζανών, τηγανιτών μελιτζανών με αλεύρι και με κουρκούτι, όπως υπολογίστηκαν με τη μέθοδο την αέριας χρωματογραφίας.

Προκειμένου να διαπιστωθεί ο συσχετισμός των ολικών φαινολών των τηγανιτών, ελαίου και τροφίμου, με το ποσοστό παρουσίας στο νωπό έλαιο, υπολογίστηκαν ο λόγος βαρών τρόφιμο / έλαιο, οι ολικές φαινόλες τηγανητού ελαίου ως % αρχικού ελαίου, οι ολικές φαινόλες τηγανισμένου τροφίμου ως % αρχικού ελαίου και οι ολικές φαινόλες τηγανητών ως % αρχικού ελαίου. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στον πίνακα 33.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Λόγος βαρών τρόφιμο/έλαιο	Ολικές φαινόλες τηγανητού ελαίου ως % αρχικού ελαίου	Ολικές φαινόλες τηγ. τροφίμου ως % αρχικού ελαίου	Ολικές φαινόλες τηγανητών ως % αρχικού ελαίου
Νωπή πατάτα				
Τηγανητή πατάτα	1,5	36,8	8,4	45,2
Νωπή πιπεριά				
Τηγανητή πιπεριά	1,1	31,7	0,2	31,9
Νωπό κολοκύθι				
Τηγανητό κολοκύθι	0,8	31,1	0,5	31,6
Νωπό κολοκύθι				
Τηγανητό κολοκύθι με αλεύρι	0,7	47,3	0,5	47,8
Νωπό κολοκύθι				
Τηγανητό κολοκύθι με κουρκούτι	0,7	51,6	2,0	53,6
Νωπή μελιτζάνα				
Τηγανητή μελιτζάνα	0,6	34,2	0,3	34,6
Νωπή μελιτζάνα				
Τηγανητή μελιτζάνα με αλεύρι	0,6	25,3	0,4	25,7
Νωπή μελιτζάνα				
Τηγανητή μελιτζάνα με κουρκούτι	0,7	46,0	0,1	46,1

Πίνακας 33: Λόγος βαρών τρόφιμο / έλαιο, ολικές φαινόλες τηγανητού ελαίου ως % αρχικού ελαίου, ολικές φαινόλες τηγανισμένου τροφίμου ως % αρχικού ελαίου και ολικές φαινόλες τηγανητών ως % αρχικού ελαίου.

Τέλος, στα δεδομένα του πίνακα 34 παρατίθενται οι ολικές φαινόλες (mg/kg fw), το ποσοστό της τυροσόλης επί των ολικών φαινολών, οι ολικές φαινόλες στο προσροφημένο έλαιο (mg/kg oil), ο λόγος βαρών τρόφιμο/ έλαιο, το ποσοστό ανάκτησης των φαινολικών ουσιών στο τηγανισμένο έλαιο και το ποσοστό ανάκτησης των φαινολικών ουσιών στο προσροφημένο έλαιο.

ΕΛΑΙΟ ΑΠΟ ΤΗΓΑΝΙΣΜΕΝΟ ΤΡΟΦΙΜΟ ΚΑΙ ΕΛΑΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΟΛΙΚΕ Σ ΦΑΙΝΟΛΕΣ (mg/kg fw)	ΤΥΡΟΣ ΟΛΗ (% ΟΛΙΚΩ Ν)	Ολικές φαινόλες στο προσροφημένο έλαιο (mg/kg oil)	ΛΟΓΟΣ ΒΑΡΩΝ ΤΡΟΦΙΜΟ/ ΕΛΑΙΟ	% ανάκτηση τηγανισμένο έλαιο	% ανάκτηση προσροφημένο έλαιο
Τηγανητή πατάτα	10,44	96,6	0,0263	1,5	41,2	0,104
Τηγανητή πιπεριά	8,40	97,0	0,0012	1,1	33,1	0,005
Τηγανητό κολοκύθι	8,15	89,6	0,0058	0,8	32,2	0,023
Τηγανητό κολοκύθι με αλεύρι	12,56	88,2	0,0024	0,7	49,6	0,010
Τηγανητό κολοκύθι με κουρκούτι	14,31	88,7	0,0065	0,9	56,5	0,026
Τηγανητή μελιτζάνα	10,84	96,2	0,0005	0,6	42,8	0,002
Τηγανητή μελιτζάνα αλευρωμένη	8,01	99,0	0,0006	0,6	31,6	0,002
Τηγανητή μελιτζάνα με κουρκούτι	12,80	97,2	0,0003	0,7	50,5	0,001
	M. ΟΡΟΣ	94,1				
παρθένο ελαιόλαδο αθέρμαστο	25,92	90,5		avg	avg	
παρθένο ελαιόλαδο αθέρμαστο	27,82	93,8		25,3	42,2	0,0
παρθένο ελαιόλαδο αθέρμαστο	27,98	92,1				
παρθένο ελαιόλαδο αθέρμαστο	19,60	92,9				
M. Όρος	25,3	92,3				

Πίνακας 34: Ολικές φαινόλες (mg/kg fw), τυροσόλη (% ολικών), ολικές φαινόλες στο προσροφημένο έλαιο (mg/kg oil), λόγος βαρών τρόφιμο/ ελαίου, % ανάκτησης στο τηγανισμένο έλαιο και % ανάκτησης προσροφημένο έλαιο.

7.5. Σκουαλένιο

Η μέτρηση του σκουαλενίου, μέσω αεριοχρωματογραφικού προσδιορισμού (GC-MS), έγινε με ταυτοποίηση, όπως και στην περίπτωση των πολυφαινολών, με βάση τον χρόνο κατακράτησης.^{198,203} Ο ποσοτικός προσδιορισμός έγινε με χρήση καμπύλης αναφοράς με βάση τα πρότυπα γνωστών περιεκτικοτήτων, των συστατικών που μελετήθηκαν. Στη συνέχεια, έγινε αναγωγή με βάση την απορρόφηση ελαίου από τα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, όπως αυτή έγινε γνωστή μέσω της μεθόδου soxhlet. Τα αποτελέσματα του υπολογισμού της περιεκτικότητας των νωπών και τηγανισμένων τροφίμων φυτικής προέλευσης σε σκουαλένιο (mg/100g fw) παρουσιάζονται στον πίνακα 35.

Ειδικότερα, τα αποτελέσματα του υπολογισμού της περιεκτικότητας των τηγανισμένων τροφίμων φυτικής προέλευσης σε σκουαλένιο (mg/100g fw) παρουσιάζονται στον πίνακα 36 και στο σχήμα 31.

Από τα ανωτέρω δεδομένα, μπορεί να υπολογιστεί ότι η απόδοση των τηγανισμένων φυτικών τροφίμων σε σκουαλένιο (σε 100 g fw) ως ποσοστό (%) της ημερήσιας πρόσληψης στην περιοχή της Μεσογείου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 37 και στο σχήμα 32.

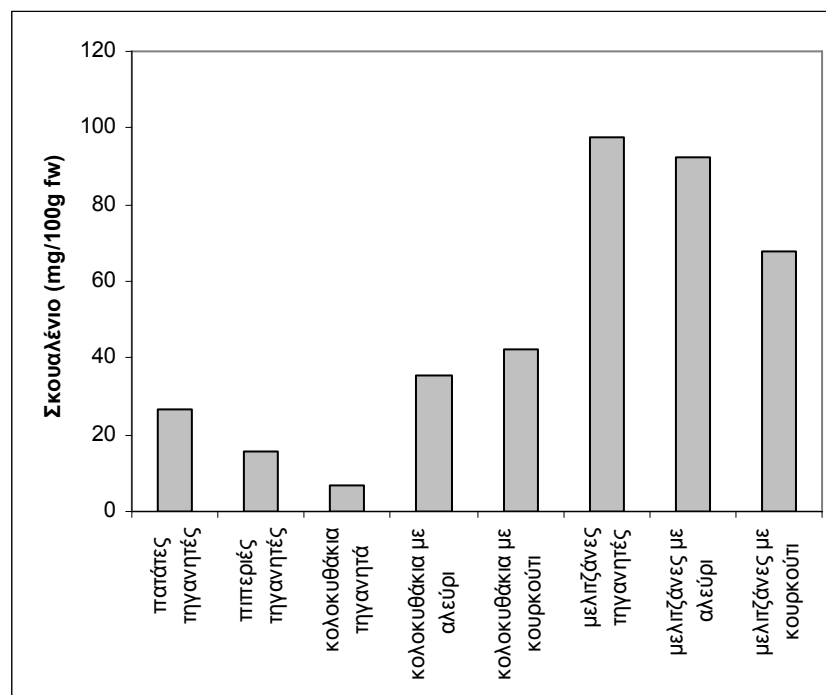
Επιπλέον, υπολογίστηκε και η περιεκτικότητα των νωπών και τηγανισμένων ελαίων σε σκουαλένιο (mg/100g oil). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 38. Παράλληλα, μετρήθηκε το σκουαλένιο στο προσροφημένο έλαιο (mg/100g oil) (πίνακας 38), καθώς και το % ανάκτησης του σκουαλενίου (με βάση την αρχική τιμή) στο προσροφημένο και στο τηγανισμένο έλαιο (πίνακας 38 και σχήμα 33). Κατέστη έτσι, δυνατό να συγκριθούν οι συγκεντρώσεις σκουαλενίου στο τηγανητό έλαιο και στο έλαιο που προσροφήθηκε στο τρόφιμο (σχήμα 34).

ΤΡΟΦΙΜΟ	ΣΚΟΥΑ ΛΕΝΙΟ (mg/ 100 g fw)	ΒΑΡΟΣ ΤΡΟΦΙ ΜΟΥ (g)	ΒΑΡΟΣ Σ ΛΑΔΙ ΟΥ (g)	ΛΟΓΟΣ Σ ΒΑΡΩ Ν ΤΡΟΦΙ ΜΟΥ/ ΕΛΑΙ ΟΥ	ΣΚΟΥΑ ΛΕΝΙΟ ΣΕ ΣΥΝΟΛΙ ΚΟ ΕΛΑΙΟ (mg)	ΣΚΟΥΑ ΛΕΝΙΟ ΣΕ ΣΥΝΟΛΙ ΚΟ ΤΡΟΦΙ ΜΟ (mg)	ΑΥΞΗ ΣΗ (mg)
πατάτες νωπές	0,04	381,6	249,6		1536,6	0,13	
πατάτες τηγανητές	26,81	185,4	222,6	1,53	1370,4	49,71	49,6
πιπεριές νωπές	0,02	281,9	250,2		1540,3	0,05	
πιπεριές τηγανητές	15,55	182,4	239,5	1,13	1474,4	28,36	28,3
κολοκυθάκια νωπά	0,04	210,7	253,2		1558,8	0,08	
Κολοκυθάκια τηγανητά	6,8	105,7	244,7	0,83	1506,4	7,19	7,1
Κολοκυθάκια νωπά	0,04	186,1	249,3		1534,8	0,07	
κολοκυθάκια με αλεύρι	35,45	106,3	237,7	0,75	1463,4	37,68	37,6
Κολοκυθάκια νωπά	0,04	184,8	250,3		1540,9	0,07	
κολοκυθάκια με κουρκούτι	42,22	119,1	228,6	0,74	1407,3	50,28	50,2
μελιτζάνες νωπές	0,02	150,8	248,1		1527,4	0,27	
Μελιτζάνες τηγανητές	97,55	122,9	198,5	0,61	1222,0	119,89	119,6
μελιτζάνες νωπές	0,02	143	250,2		1540,3	0,03	
μελιτζάνες με αλεύρι	92,53	121,5	200,3	0,57	1233,1	112,42	112,4
μελιτζάνες νωπές	0,02	176	250,1		1539,7	0,03	
μελιτζάνες με κουρκούτι	67,6	119,1	227,8	0,70	1402,4	80,51	80,5

Πίνακας 35: Αποτελέσματα της μέτρησης της περιεκτικότητας των νωπών και τηγανισμένων ελαίων και των τροφίμων φυτικής προέλευσης σε σκουαλένιο, μέσω αεριοχρωματογραφικού προσδιορισμού (GC-MS).

ΤΡΟΦΙΜΟ	Σκουαλένιο (mg/ 100 g fw)
πατάτες τηγανητές	26,81
πιπεριές τηγανητές	15,55
κολοκυθάκια τηγανητά	6,8
κολοκυθάκια με αλεύρι	35,45
κολοκυθάκια με κουρκούτι	42,22
μελιτζάνες τηγανητές	97,55
μελιτζάνες με αλεύρι	92,53
μελιτζάνες με κουρκούτι	67,60

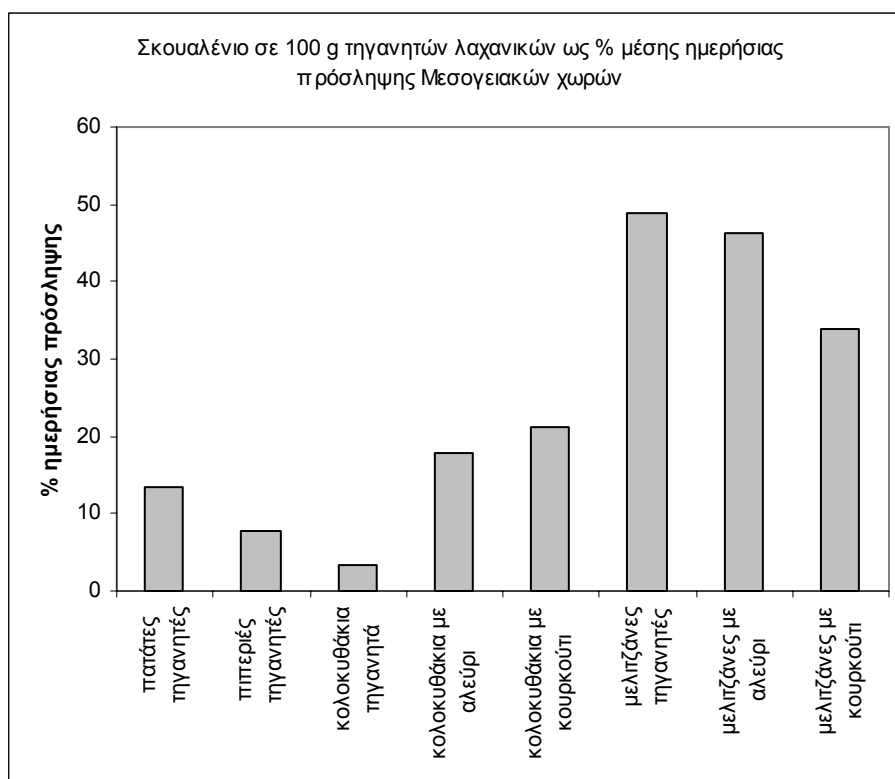
Πίνακας 36: Περιεκτικότητα τηγανισμένων τροφίμων φυτικής προέλευσης σε σκουαλένιο (mg/100g fw)



Σχήμα 31: Περιεκτικότητα τηγανισμένων τροφίμων φυτικής προέλευσης σε σκουαλένιο (mg/100g fw)

ΤΡΟΦΙΜΟ	Σκουαλένιο σε 100 g fw ως % ημερήσιας πρόσληψης Μεσογείου
πατάτες τηγανητές	13,41
πιπεριές τηγανητές	7,78
κολοκυθάκια τηγανητά	3,40
κολοκυθάκια με αλεύρι	17,73
κολοκυθάκια με κουρκούτι	21,11
μελιτζάνες τηγανητές	48,78
μελιτζάνες με αλεύρι	46,27
μελιτζάνες με κουρκούτι	33,80

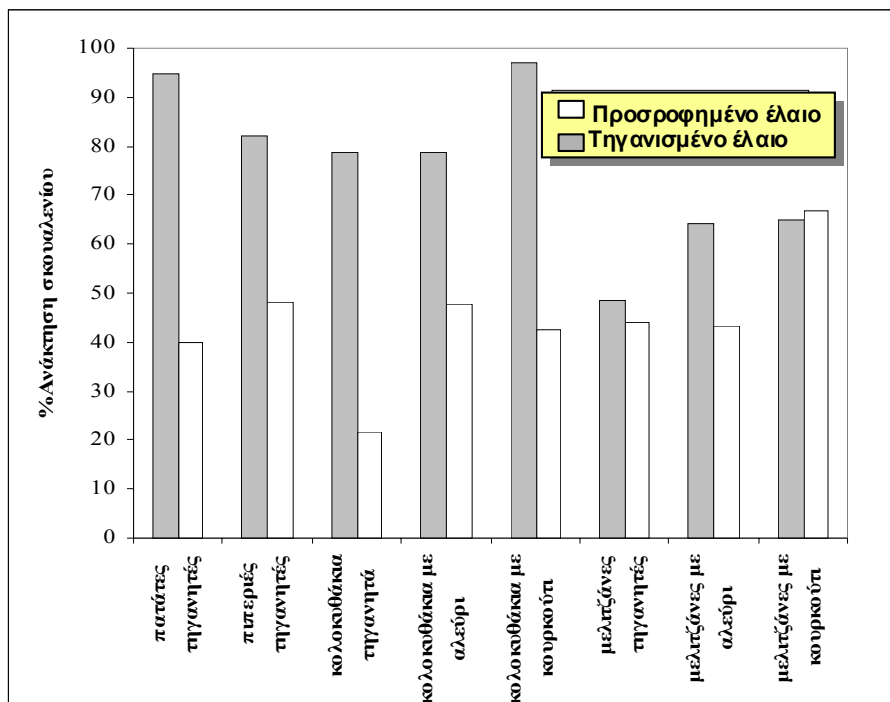
Πίνακας 37: Σκουαλένιο σε 100 g fw τηγανισμένων φυτικών τροφίμων % ημερήσιας πρόσληψης Μεσογείου.



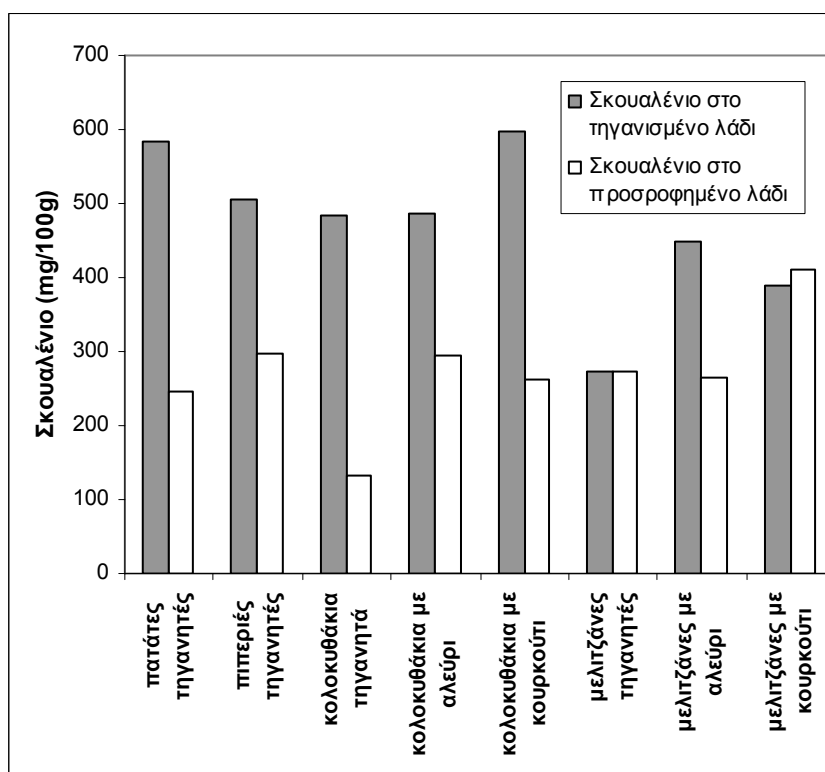
Σχήμα 32: Σκουαλένιο σε 100 g fw τηγανισμένων φυτικών τροφίμων % ημερήσιας πρόσληψης Μεσογείου.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΛΑΙΩΝ	Σκουαλένιο στο πρότυπο και στο τηγανισμέν ο έλαιο (mg/100g oil)	Σκουαλέν ιο στο προσρο φημένο έλαιο (mg/100g oil)	% ανάκτηση σκουαλένιου βάσει της αρχικής τιμής (615.6) στο προσροφημέ νο έλαιο	% ανάκτηση σκουαλένιου βάσει της αρχικής τιμής (615.6) στο τηγανισμένο έλαιο
παρθένο ελαιόλαδο νωπό	615,6	-	-	-
πατάτες τηγανητές	584,4	246,0	40,0	94,9
πιπεριές τηγανητές	504,8	296,8	48,2	82,0
κολοκυθάκια τηγανητά	484,3	132,2	21,5	78,7
κολοκυθάκια με αλεύρι	485,6	294,0	47,8	78,9
κολοκυθάκια με κουρκούτι	598,2	261,9	42,5	97,2
μελιτζάνες τηγανητές	272,5	271,7	44,1	48,4
μελιτζάνες με αλεύρι	449,6	265,5	43,1	64,3
μελιτζάνες με κουρκούτι	390,5	410,7	66,7	64,8

Πίνακας 38: Περιεκτικότητα νωπών και τηγανισμένων ελαίων σε σκουαλένιο (mg/100g oil), σκουαλένιο στο προσροφημένο έλαιο (mg/100g oil) και % ανάκτησης του σκουαλένιου (βάση της αρχικής τιμής) στο προσροφημένο και στο τηγανισμένο έλαιο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μέσω αεριοχρωματογραφικού προσδιορισμού (GC-MS).



Σχήμα 33: % ανάκτηση σκουαλενίου στο τηγανητό έλαιο και στο έλαιο που προσροφήθηκε στο τρόφιμο



Σχήμα 34: Σύγκριση συγκεντρώσεων σκουαλενίου στο τηγανητό έλαιο και στο έλαιο που προσροφήθηκε στο τρόφιμο.

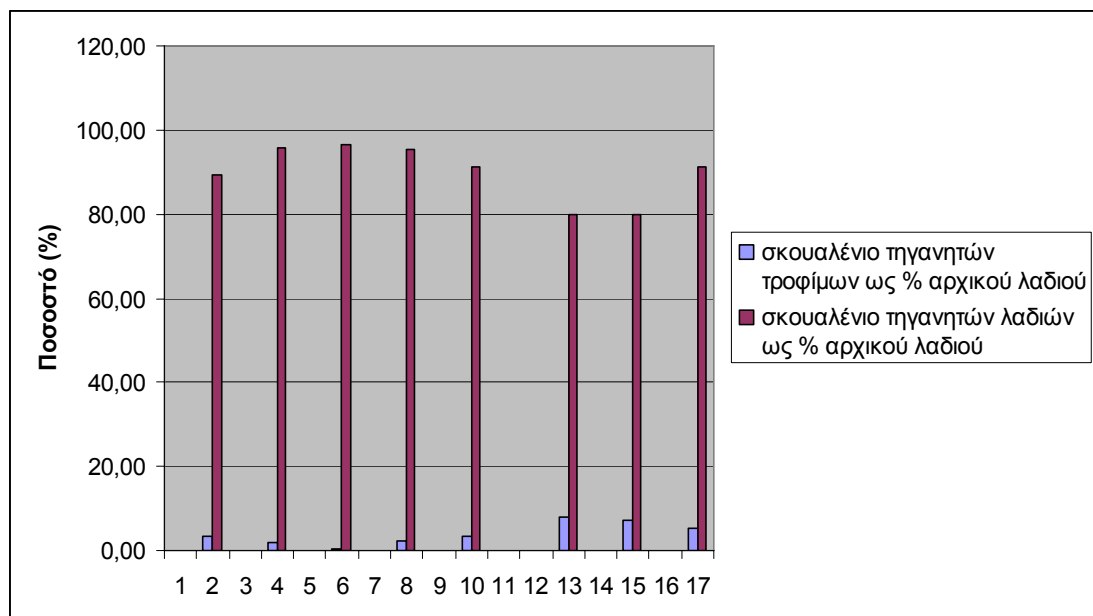
Στη συνέχεια, καταγράφηκε η ποσότητα του σκουαλένιου των τηγανητών (τροφίμου + ελαίου), μέσω υπολογισμών ως ακολούθως: Σκουαλένιο τηγανητών (τροφίμου + ελαίου) = Σκουαλένιο στο τηγανιτό έλαιο + Σκουαλένιο στο τηγανιτό τρόφιμο. Η ποσότητα του Σκουαλένιου των τηγανητών τροφίμων ως % αρχικού ελαίου υπολογίστηκε ως εξής: % Σκουαλένιο τηγανητών τροφίμων = Σκουαλένιο στο τηγανισμένο τρόφιμο $\times$ 100 / σκουαλένιο στο νωπό έλαιο. Το σκουαλένιο των τηγανητών ελαίων ως % αρχικού ελαίου υπολογίστηκε ως: % Σκουαλένιο τηγανητών ελαίων = Σκουαλένιο στο τηγανισμένο έλαιο $\times$ 100 / Σκουαλένιο στο νωπό έλαιο. Τέλος, το σκουαλένιο των τηγανητών ως % αρχικού ελαίου υπολογίστηκε: % Σκουαλένιο τηγανητών = Σκουαλένιο τηγανητών / Σκουαλένιο στο νωπό έλαιο $\times$ 100. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 39.

Η κατανομή του σκουαλένιου που παρέμεινε στο τρόφιμο και στο τηγανιτό έλαιο, ως % του αρχικού σκουαλένιου στο νωπό έλαιο, παρουσιάζεται στο σχήμα 35, ενώ η σχέση του λόγου τρόφιμο / έλαιο με την περιεκτικότητα των τηγανισμένων φυτικών τροφίμων σε σκουαλένιο φαίνεται στο σχήμα 36.

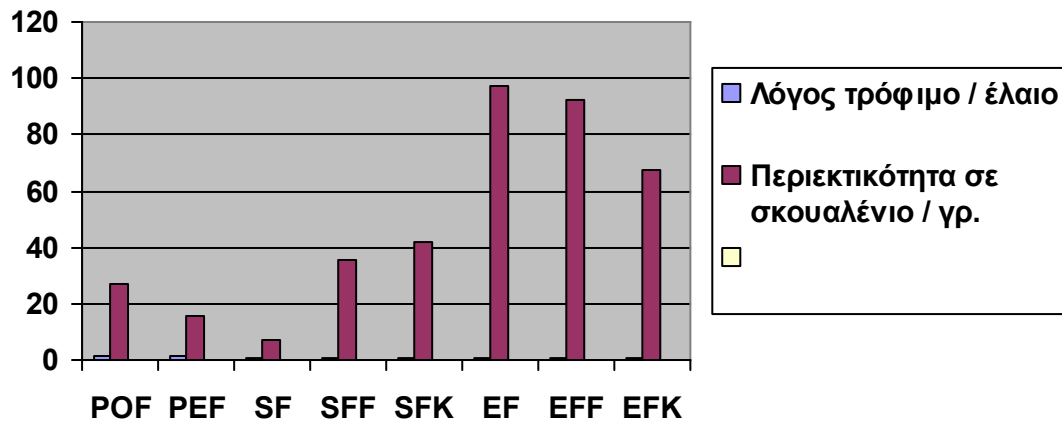
Με βάση την ποσότητα σε mg σκουαλένιου που περιείχαν τα τρία διαφορετικά δείγματα της μελιτζάνας, διαπιστώθηκε γραμμικός συσχετισμός μεταξύ της απορρόφησης ελαίου (κατά soxhlet) και της περιεκτικότητας σε σκουαλένιο της τηγανιτής μελιτζάνας, σύμφωνα με τη συνάρτηση $y = 2,7163x + 3,4708$ και συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0,9606$ (σχήμα 37). Ανάλογος γραμμικός συσχετισμός διαπιστώθηκε ανάμεσα στο σκουαλένιο που περιέχεται και στην ποσότητα απορροφηθέντος ελαιολάδου (κατά soxhlet), τόσο στα τηγανισμένα κολοκυθάκια σύμφωνα με τη συνάρτηση $y = 2,7295x - 1,0594$ και συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0,9709$ (σχήμα 38), όσο και σε όλα μαζί τα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, σύμφωνα με τη συνάρτηση $y = 2,7778x + 0,3179$ και συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0,9668$ (σχήμα 39).

ΤΡΟΦΙΜΟ	Σκουαλένιο τηγανητών (τροφίμου +ελαίου) (mg)	Σκουαλένιο τηγανητών τροφίμων ως % αρχικού ελαίου	σκουαλένιο τηγανητών ελαίων ως % αρχικού ελαίου	σκουαλένιο τηγανητών ως % αρχικού ελαίου
πατάτες τηγανητές	1420,1	3,23	89,18	92,4
πιπεριές τηγανητές	1502,8	1,84	95,72	97,6
κολοκυθάκια τηγανητά	1513,6	0,46	96,64	97,1
κολοκυθάκια με αλεύρι	1501,0	2,46	95,35	97,8
κολοκυθάκια με κourκούτι	1457,6	3,26	91,33	94,6
μελιτζάνες τηγανητές	1341,9	7,85	80,01	87,9
μελιτζάνες με αλεύρι	1345,5	7,30	80,06	87,4
Μελιτζάνες με κourκούτι	1482,9	5,23	91,08	96,3

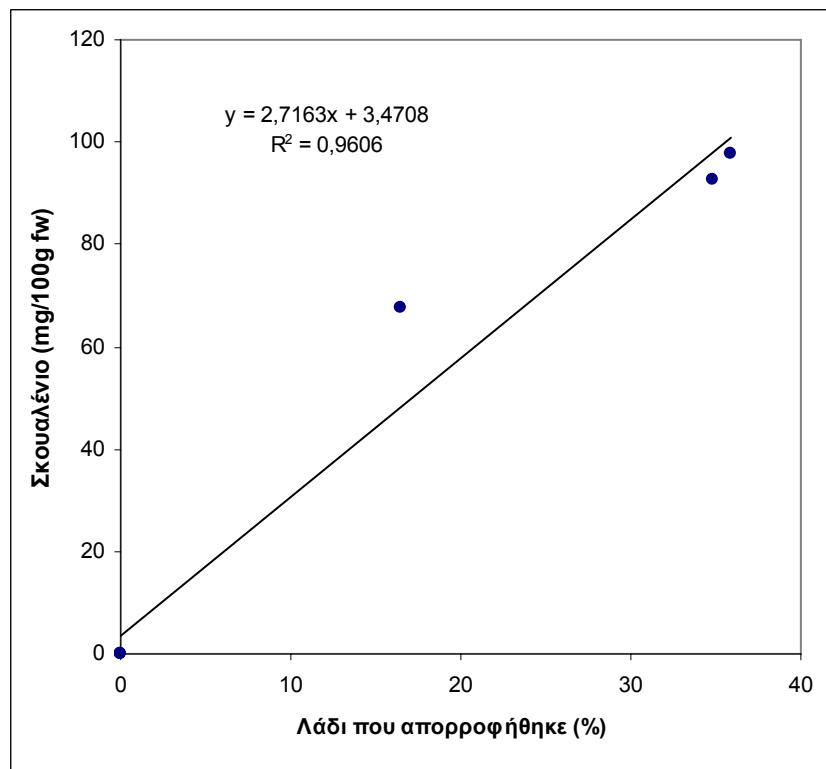
Πίνακας 39: Σκουαλένιο τηγανητών (τροφίμου + ελαίου), σκουαλένιο των τηγανητών τροφίμων ως % αρχικού ελαίου, σκουαλένιο των τηγανητών ελαίων ως % αρχικού ελαίου και σκουαλένιο των τηγανητών ως % αρχικού ελαίου.



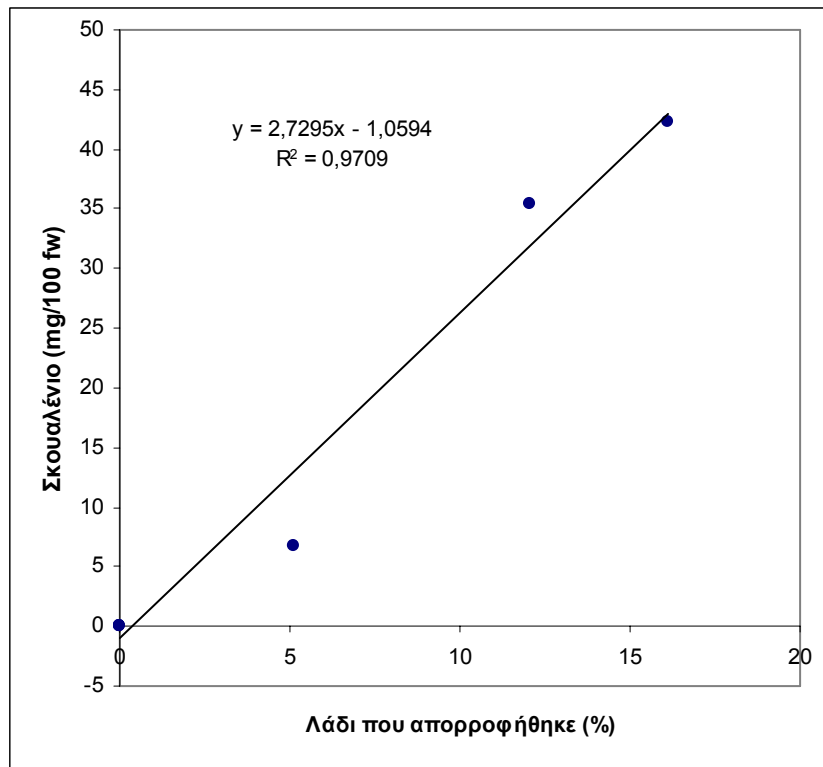
Σχήμα 35: Κατανομή σκουαλένιου που παρέμεινε στο τρόφιμο και στο τηγανιτό έλαιο, ως % του αρχικού σκουαλένιου στο αθέρμαστο έλαιο. 1 & 2: πατάτες τηγανητές, 3 & 4: πιπεριές τηγανητές, 5 & 6: κολοκυθάκια τηγανητά, 7 & 8: κολοκυθάκια με αλεύρι, 9 & 10: κολοκυθάκια με κourκούτι, 12 & 13: μελιτζάνες τηγανητές, 14 & 15: μελιτζάνες με αλεύρι, 16 & 17: μελιτζάνες με κourκούτι.



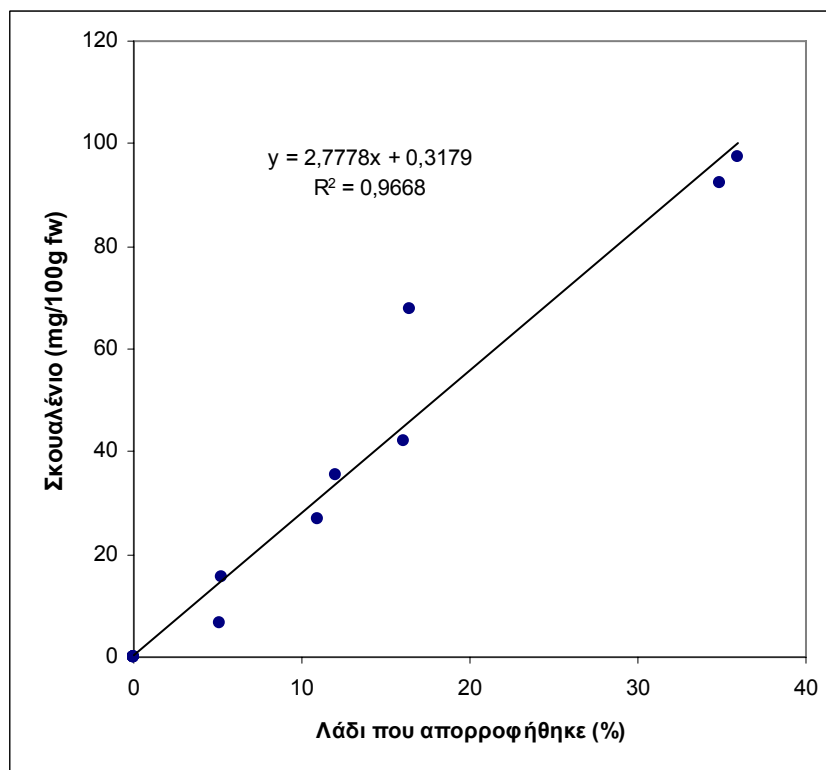
Σχήμα 36: Λόγος τρόφιμο / έλαιο και περιεκτικότητα τηγανισμένων φυτικών τροφίμων σε σκουαλένιο. POF: πατάτες τηγανιτές, PEF: πιπεριές τηγανητές, SF: κολοκυθάκια τηγανητά, SFF: κολοκυθάκια με αλεύρι, SFK: κολοκυθάκια με κουρκούτι, EF: μελιτζάνες τηγανητές, EFF: μελιτζάνες με αλεύρι, EFK: μελιτζάνες με κουρκούτι.



Σχήμα 37: Σχέση ανάμεσα στο σκουαλένιο που περιέχεται στα τηγανισμένα τρόφιμα και στη ποσότητα απορροφηθέντος ελαιολάδου: 1. μελιτζάνες



Σχήμα 38: Σχέση ανάμεσα στο σκουαλένιο που περιέχεται στα τηγανισμένα τρόφιμα και στη ποσότητα απορροφηθέντος ελαιολάδου: 2. κολοκυθάκια



Σχήμα 39: Σχέση ανάμεσα στο σκουαλένιο που περιέχεται στα τηγανισμένα τρόφιμα και στη ποσότητα απορροφηθέντος ελαιολάδου: 3. όλα μαζί

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

8.1. Γενικά.

Η διαδικασία τηγανίσματος, εμφανίζεται να ασκεί θετική επίδραση στη θρεπτική αξία των τροφίμων. Αυτό φαίνεται να προκαλεί έκπληξη. Ο πολύ σύντομος χρόνος τηγανίσματος, που συνδυάζεται με μια εσωτερική θερμοκρασία στο τρόφιμο που δεν υπερβαίνει τους 100°C, οδηγεί σε καλή διατήρηση των θρεπτικών συστατικών. Στην πραγματικότητα, το τηγάνισμα έχει σχεδόν την ίδια ή ακόμα και μικρότερη επίδραση στην απώλεια θρεπτικών συστατικών, σε σχέση με μεθόδους μαγειρέματος, όπως το βράσιμο ή το ψήσιμο. Για παράδειγμα, μετά από το τηγάνισμα πατατών και λαχανικών το περιεχόμενο των τροφίμων σε πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και μέταλλα σχεδόν πλήρως διατηρείται, ενώ μετά από το βράσιμο σε νερό και σε ατμό μειώνεται η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες από 5 -10% και το περιεχόμενο σε μέταλλα από 25-50%.² Επιπλέον, το τηγάνισμα των φυτικών τροφίμων, ασκεί πολύ μικρή επίδραση στην πρωτεϊνική βιοδιαθεσιμότητα.

Οι ασταθείς βιταμίνες στη θερμότητα, όπως η βιταμίνη C και οι βιταμίνες του συμπλέγματος B διατηρούνται καλά μετά από το τηγάνισμα. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, κατά το τηγάνισμα σε τηγάνι και φριτέζα, διατηρούνται οι βιταμίνες B1, B2, B6 και η βιταμίνη C καλύτερα από το βράσιμο σε νερό, ατμό ή σε χύτρα.^{2,190} Επιπλέον, υπάρχει μια προφανής καθαρή αύξηση στην περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά των τηγανισμένων τροφίμων, όταν συγκρίνονται με τα ακατέργαστα τρόφιμα, σε υγρή βάση βάρους.² Ταυτόχρονα, το τηγάνισμα μπορεί να αυξήσει σημαντικά τη θρεπτική αξία των τροφίμων, δεδομένου ότι πολλά από τα έλαια που χρησιμοποιούνται για τηγάνισμα είναι πλούσια σε βιταμίνη E¹⁹⁴ και ακόρεστα λιπαρά οξέα.^{151,168}

Το τηγάνισμα με ελαιόλαδο, μπορεί επίσης να αυξήσει τη θρεπτική αξία των τροφίμων και μέσω της πρόσληψης αντιοξειδωτικών ουσιών και σκουαλενίου, δεδομένου ότι το παρθένο ελαιόλαδο είναι πολύ πλούσιο στις παραπάνω ουσίες. Η παρουσία τοκοφερολών και πολυφαινολών στο ελαιόλαδο κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, φαίνεται να προστατεύει αποτελεσματικά τα τριγλυκερίδια του ελαιολάδου, από τη διαδικασία θερμικής οξείδωσης.¹⁹⁴

Όπως σημειώθηκε από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, υπήρξε ερευνητικό κενό στο θέμα της μελέτης της προσρόφησης αντιοξειδωτικών ουσιών και σκουαλενίου, από τα φυτικά τρόφιμα που υποβάλλονται στη διαδικασία του τηγανίσματος με ελαιόλαδο. Επιπλέον, μέχρι πρότινος, καμία έρευνα δεν είχε μελετήσει την επίδραση των πρόσθετων υλικών που χρησιμοποιούνται στο τηγάνισμα: αλεύρι, αλεύρι μαζί με νερό (κουρκούτι), στα φυτικά τρόφιμα (μελιτζάνα, κολοκύθι), καθώς και τη διαφορά που παρουσιάζεται στη νέα διατροφική αξία των τροφίμων αυτών, σε σχέση με το απλό τηγάνισμα τους, σε τηγάνι.

Η πατάτα, τα κολοκύθια, η πιπεριά και η μελιτζάνα αποτελούν χαρακτηριστικά τρόφιμα της Ελληνικής διατροφής, που ως νωπά προϊόντα παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικές ουσίες π.χ. βιταμίνη C, β-καροτένιο και αντιοξειδωτικά συστατικά.¹⁴⁸⁻¹⁵⁰ Με τηγάνισμα αυτών των προϊόντων, σε ελεγχόμενες συνθήκες, τόσο τα θρεπτικά στοιχεία τους, όσο και τα αντιοξειδωτικά συστατικά του ελαιόλαδου μπορούν να γίνουν κτήμα του ανθρώπινου οργανισμού. Επομένως, το ερευνητικό ενδιαφέρον ήταν να προσδιοριστεί η πρόσληψη των κυριότερων αντιοξειδωτικών συστατικών (φαινολικών ενώσεων ολικών – επιμέρους) και σκουαλενίου που παρατηρείται μετά από την κατανάλωση τους. Έτσι, οι στόχοι της παρούσας ερευνητικής μελέτης ήταν: η καταγραφή των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από τους παραπάνω προσδιορισμούς των αντιοξειδωτικών, καθώς επίσης και του λίπους και της υγρασίας, να εξεταστούν συγκριτικά για το νωπό και τα τηγανισμένα έλαια, για τα νωπά και τηγανισμένα τρόφιμα.

Η παρούσα έρευνα, είναι η πρώτη μελέτη που διερευνά τα νέα αντιοξειδωτικά και διατροφικά δεδομένα των τηγανισμένων φυτικών τροφίμων (πατάτα, μελιτζάνα, κολοκύθι, πιπεριά) και ειδικά αυτών (μελιτζάνα, κολοκύθι) στα οποία εκτός από απλό τηγάνισμα έχουν τηγανιστεί με την προσθήκη αλεύρου, αλεύρου μαζί με νερό (κουρκούτι). Με πολύ ενδιαφέρον, διαπιστώθηκε η νέα διατροφική αξία των προϊόντων αυτών όπως διαμορφώθηκε από το τηγάνισμα σε ελεγχόμενες συνθήκες.

Μέσα από την καταγραφή των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τους προσδιορισμούς των πολυφαινολών (ολικών και επιμέρους), σκουαλενίου, λίπους και υγρασίας, εξετάστηκαν συγκριτικά για το νωπό και τα τηγανισμένα έλαια, τα νωπά και τηγανισμένα τρόφιμα και μελετήθηκε:

A) Η επίδραση του τηγανίσματος στις συγκεντρώσεις των παραπάνω ωφέλιμων για την υγεία ουσιών, αλλά και το ποσοστό πρόσληψής τους από τα τρόφιμα.

B) Η απώλεια υγρασίας, των τροφίμων, κατά το τηγάνισμα και το ποσοστό του ελαιόλαδου που απορροφάται.

Γ) Η σύγκριση των αποτελεσμάτων προσδιορισμού του λίπους και της υγρασίας με τις μεθόδους Soxhlet και λυοφιλίωσης, με τα δεδομένα που προέκυψαν από τις ζυγίσεις, τροφίμου και ελαίου τηγανίσματος, πριν και μετά από το τηγάνισμα.

Δ) Η επίδραση στη διατροφική αξία, των διάφορων τρόπων επεξεργασίας του ίδιου τροφίμου κατά το τηγάνισμα (για τη μελιτζάνα και την πιπεριά).

Ε) Τέλος, μετά από τους υπολογισμούς της αφαίρεσης υγρασίας και προσθήκης λίπους από τα φυτικά τρόφιμα μετά το τηγάνισμα, έγινε εκτίμηση του θερμιδικού περιεχομένου των τροφίμων αυτών.

8.2. Σύγκριση των δεδομένων που προκύπτουν από το τηγάνισμα.

Κατά το τηγάνισμα, όπως αυτό πραγματοποιήθηκε σε ελεγχόμενες συνθήκες, των φυτικών τροφίμων (πατάτες, κολοκυθάκια, μελιτζάνες και πιπεριές) σε τηγάνι με παρθένο ελαιόλαδο, επιβεβαιώνονται τα δεδομένα της βιβλιογραφίας^{159,164} σχετικά με τη μείωση του βάρους του τροφίμου σε όλες τις περιπτώσεις, ανεξάρτητα από την προσθήκη αλευριού ή κουρκουτιού. Σύμφωνα με τον Bognar A η απώλεια βάρους στις τηγανισμένες πατάτες ήταν 48%,² ενώ στην παρούσα εργασία βρέθηκε 41.8%. Από τα δεδομένα του πίνακα 19, φαίνεται ότι η μείωση του βάρους του τηγανισμένου τροφίμου είναι σχεδόν αναλογική με το αρχικό βάρος του νωπού τροφίμου.

Οι μεταβολές στο βάρος των φυτικών τροφίμων, κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, αφορούν συνήθως τη μεταβολή στην περιεκτικότητα νερού και λίπους.¹⁵⁹⁻¹⁶⁴ Το τρόφιμο κατά το τηγάνισμα χάνει ύδωρ και προσλαμβάνει μέρος ή το σύνολο του ελαίου στο οποίο τηγανίζεται.^{2,151} Το στοιχείο αυτό επιβεβαιώνεται και από την παρούσα μελέτη, όπως δείχνει η ζύγιση του ελαίου πριν και μετά από το τηγάνισμα

(πίνακας 20). Οι μεταβολές στην κυτταρική δομή των τροφίμων και ο σχηματισμός πόρων λόγω της εξάτμισης του νερού, επιτρέπουν στο έλαιο να διαπεράσει το κενό που δημιουργείται.¹⁶⁵ Καθώς το νερό μετατρέπεται σε ατμό και «δραπετεύει» από το προϊόν και αφήνει πίσω μία πορώδη ομοιόμορφη μάζα. Το έλαιο εισέρχεται σ' αυτούς τους πόρους. Η μεγαλύτερη ποσότητα απορροφάται, κατά τη διάρκεια των πρώτων 20 sec τηγανίσματος.¹⁶⁶ Ωστόσο, η μεγαλύτερη απώλεια ύδατος σε σχέση με την απορρόφηση ελαίου, είναι υπεύθυνη για τη μείωση του βάρους του τελικού προϊόντος που παρατηρείται.

Για τη χρήση αλεύρου ή αλεύρου και νερού (κουρκούτι) δεν υπάρχουν πληροφορίες, όταν εφαρμόζεται σε φυτικά τρόφιμα, π.χ. μελιτζάνες κολοκύθια, διότι πιθανόν αφορά έναν καθαρά Ελληνικό τρόπο μαγειρικής επεξεργασίας. Ωστόσο, οι παραπάνω πρακτικές (πανάρισμα), αποτελούν διαδεδομένες παγκοσμίως τεχνικές, όταν τηγανίζεται ψάρι ή κρέας και για το λόγο αυτό, υπάρχουν περισσότερες πληροφορίες. Οι Makinson et al. μελέτησαν την επίδραση των επιστρωμάτων κουρκουτιού και του αλευρώματος, στην μεταβολή του βάρους σε κομμάτια φιλέτων κατεψυγμένων ψαριών.¹⁶⁹ Τα επιστρωμένα με κουρκούτι προϊόντα είχαν τη μικρότερη απώλεια βάρους, τόσο από αυτά χωρίς επίστρωση κουρκουτιού, όσο και από τα αλευρωμένα τεμάχια. Η παρουσία κουρκουτιού οδήγησε προφανώς στο σχηματισμό μιας σκληρής κρούστας που ήταν αδιαπέραστη στη μετακίνηση του ύδατος και του λίπους. Ως εκ τούτου η απώλεια ύδατος και η απορρόφηση λίπους μειώθηκαν κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος.¹⁶⁹ Ενώ, στα ζωικά τρόφιμα η παρουσία αλευριού ή κουρκουτιού φαίνεται να μειώνει την απώλεια βάρους, στη παρούσα μελέτη των φυτικών τροφίμων, η παρουσία αλευριού ή κουρκουτιού, στην περίπτωση των κολοκυθιών, φαίνεται ότι άσκησε αντίστροφη επίδραση, στην μείωση του βάρους του τηγανισμένου προϊόντος. Αντίθετα, στην περίπτωση της μελιτζάνας, αυτό δεν φαίνεται ότι συνέβη. Πιθανώς, η δυνατότητα του κουρκουτιού να δημιουργεί κρούστα, ενισχύεται από το υψηλότερο αρχικό ποσό των επιστρώσεων που προσκολλάται στο προϊόν. Αυτό εξηγεί γιατί δεν παρουσίασε τις ίδιες ιδιότητες, στα δύο παραπάνω φυτικά τρόφιμα, από τη στιγμή που η ποσότητα των επιστρώσεων που προσκολλούνται σε μία τροφή (κολοκύθι) είναι πιο χαμηλή.¹⁶⁹

Ενδιαφέρον, παρουσιάζει η προσθήκη αλεύρου ή κουρκουτιού, στη μελιτζάνα και το κολοκύθι, όσον αφορά τη μέση θερμοκρασία και το χρόνο τηγανίσματος. Έτσι, φαίνεται ότι η παρουσία αλευριού και πολύ περισσότερο κουρκουτιού, αυξάνει τη μέση θερμοκρασία αλλά και το χρόνο τηγανίσματος. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται, στη φράξη της πορώδους επιφάνειας αυτών των τροφίμων και δημιουργία σχετικά αδιαπέραστης επιφάνειας στο εξωτερικό του τροφίμου. Αυτό σημαίνει πως για να ολοκληρωθεί το τηγάνισμα θα πρέπει το τρόφιμο να τηγανιστεί σε περισσότερο χρόνο ή/και πιο υψηλή θερμοκρασία σε σχέση με το τηγάνισμα χωρίς προσθήκη. Επιπλέον, από τους πίνακες 19 και 22, φαίνεται καθαρά πως όσο μεγαλύτερη είναι η υγρασία του νωπού προϊόντος, τόσο περισσότερο μικραίνει ο χρόνος τηγανίσματος, φαινόμενο που επιβεβαιώνεται και από τη βιβλιογραφία.¹⁶⁹ Η πατάτα για παράδειγμα, στην οποία η υγρασία του νωπού προϊόντος είναι 83.56 % (πίνακας 22), ο χρόνος ολοκλήρωσης του τηγανίσματος ήταν 10 λεπτά (πίνακας 19), σε αντίθεση με τη μελιτζάνα που έχει υγρασία 94.62 %, η οποία και τηγανίσθηκε μέσα σε 5 λεπτά.

Από τον πίνακα 20, στον οποίο παρουσιάζονται τα βάρη των ελαίων πριν και μετά από το τηγάνισμα, καθώς και το ποσοστό συμμετοχής του ελαίου στο τηγανισμένο τρόφιμο, φαίνεται ότι η μελιτζάνα σε όλες τις μορφές της (και ειδικά με αλεύρι) απορρόφησε περισσότερο έλαιο από τα άλλα φυτικά τρόφιμα. Ο λόγος των βαρών τρόφιμο προς έλαιο δεν επηρέασε την πρόσληψη ελαίου από τα τρόφιμα, γεγονός που υποδηλώνει ότι η πρόσληψη ελαίου έχει σχέση με άλλους παράγοντες, όπως η απορροφητικότητα της κάθε τροφής.¹⁶⁹ Επιπλέον, το ύψος της απώλειας υγρασίας δεν είχε σχέση με το επίπεδο απορρόφησης ελαίου από το τρόφιμο, αλλά ούτε και με την ύψος της αρχικής υγρασίας του νωπού τροφίμου (πίνακας 19). Επίσης, η παρουσία αλευριού και κουρκουτιού, όπως και η μέση θερμοκρασία και ο χρόνος τηγανίσματος, δεν συσχετίστηκαν με το ύψος της απώλειας υγρασίας.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον υπολογισμό της υγρασίας των νωπών και τηγανισμένων τροφίμων μέσω της λυοφυλίωσης, διορθώθηκαν, όταν μέρος των δειγμάτων τοποθετήθηκε, για περαιτέρω ξήρανση, σε πυριαντήριο στους 105°C όπου και παρέμεινε επί 24 ώρες. Αναλυτικά, βρέθηκε ότι η διορθωμένη υγρασία των νωπών πατατών (POR) ήταν: 83.56%, των τηγανιτών πατατών (POF): 50.31%, των

νωπών πιπεριών (PER): 94.56%, στις πιπεριές τηγανητές (PEF): 86.59%, στα νωπά κολοκυθάκια (SR): 94.69%, στα κολοκυθάκια τηγανητά (SF): 83.50%, στα κολοκυθάκια με αλεύρι (SFF): 73.70%, στα κολοκυθάκια με κουρκούτι (SFK): 56.47%, στις νωπές μελιτζάνες (ER): 94.62%, στις μελιτζάνες τηγανητές (EF): 50.86%, στις μελιτζάνες με αλεύρι (EFF): 43.48% και για τις μελιτζάνες με κουρκούτι (EFK): 58.27% (πίνακας 22). Οι Gall et al και ο Bognar A. κάνουν λόγο ότι οι ωμές πατάτες περιέχουν 80% υγρασία, ενώ μετά το τηγάνισμα περιέχουν 28%.^{2,159} Η πρώτη τιμή συμφωνεί με το εύρημα της παρούσας εργασίας, όχι όμως η δεύτερη. Πέρα όμως από τα παραπάνω στοιχεία, διαπιστώνεται, ότι η λυωφιλίωση, εκτός από την προστασία των θερμοευαίσθητων θρεπτικών συστατικών, που παρέχει, μπορεί να αποτελεί και μέθοδο εκλογής για την ξήρανση των τροφίμων. Σχεδόν σε όλα τα δείγματα, η απόκλιση μεταξύ της υπολογισμένης υγρασίας (από τη λυωφιλίωση) και της πραγματικής είναι το πολύ έως 1,5%, εκτός από την περίπτωση της τηγανιτής μελιτζάνας όπου η απόκλιση ανήλθε σε 3,74%. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται σε μεθοδολογικό ή υπολογιστικό σφάλμα.

Η εύρεση του ποσοστού της διορθωμένης απώλειας υγρασίας, μέσω λυωφιλίωσης, έδωσε τη δυνατότητα της σύγκρισης των αποτελεσμάτων, με αυτά που προήλθαν, για την απώλεια υγρασίας, μέσω υπολογισμών. Από τα δεδομένα του πίνακα 24, φαίνεται καθαρά ότι στην περίπτωση της απώλειας υγρασίας, υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ του ποσοστού, όπως αυτό υπολογίζεται μέσω λυωφιλίωσης και υπολογισμών. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στην πιθανότητα, ότι ταυτόχρονα με την απώλεια ύδατος υπάρχει μεταβολή της περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες. Όταν ερευνήθηκε στις πατάτες και άλλα λαχανικά, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει μία απώλεια έως και 5%, ανάλογα με το είδος τροφίμων.² Αυτό σημαίνει πως στην περίπτωση αυτή, οι υπολογισμοί για την απώλεια υγρασίας στα φυτικά τρόφιμα, δεν θα πρέπει να πραγματοποιούνται, διότι δεν παρέχουν αξιόπιστες πληροφορίες.

Στα δείγματα των φυτικών τροφίμων, μετρήθηκε το % της απορρόφησης ελαίου από τα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα σύμφωνα με τη μέθοδο soxhlet (πίνακας 23). Είναι γνωστό ότι η μέθοδος soxhlet, αποτελεί την μέθοδο εκλογής για την μέτρηση του λίπους των τροφίμων²² και κατ' αυτή την έννοια παρέχει τη δυνατότητα να επαληθευτούν οι υπολογισμοί που προηγούμενα πραγματοποιήθηκαν. Τα στοιχεία

που παρουσιάζονται στον πίνακα 6 αποδεικνύουν ότι οι μετρήσεις, μέσω soxhlet και υπολογισμών, είναι παρεμφερείς, εκτός από την περίπτωση της μελιτζάνας με αλεύρι και της τηγανιτής πατάτας, όπου αποκλίνουν κατά 6,15% και 3,6%, αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει πως ως γρήγορη και πρακτική, η διαδικασία των υπολογισμών, μπορεί να αποτελεί μία αδρή μέθοδο για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας ελαίου στα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα.

Ο τρόπος τηγανίσματος των λαχανικών και των πατατών, εάν δηλαδή πραγματοποιείται σε τηγάνι ή φριτέζα, επηρεάζει την απορρόφηση λίπους.² Το ποσοστό απορρόφησης ελαίου, που σημειώθηκε στην παρούσα εργασία, από την τηγανισμένη σε τηγάνι (pan-frying) πατάτα, σύμφωνα με τη μέθοδο soxhlet ήταν 10,9%. Το εύρημα αυτό συμφωνεί σε γενικές γραμμές με τα ευρύτερα δεδομένα της βιβλιογραφίας, στην οποία σημειώνεται: 4,5%,¹⁵⁹ 5.7-12.8%,⁵ 4,5 – 10%,² 6.0-14.0%⁷ ή 11,9% στην περίπτωση του ελαίου σόγιας,⁷ και εξαρτάται κυρίως από τη διαδικασία του τηγανίσματος.^{5,7} Οι Andrikopoulos NK και οι συνεργάτες του σημειώνουν ότι το ποσοστό ελαίου που απορροφάται από τις πατάτες είναι μεταξύ 5.7-6.5% για αυτές που τηγανίστηκαν σε τηγάνι και 10.9-12.8%, για αυτές που τηγανίστηκαν σε φριτέζα.⁵ Ωστόσο, ο διαχωρισμός αυτός στην τελευταία μελέτη, τηγάνι από φριτέζα και τα διαφορετικά δεδομένα που σημειώνονται, δημιουργεί προβληματισμό ως προς τη διαφορά των ποσοστών που αφορούν το τηγάνισμα σε τηγάνι, μεταξύ εκείνης της εργασίας (5.7-6.5%)⁵ και της παρούσης (10.9%). Δεδομένου ότι ένα μεγάλο μέρος του ελαίου που προσλαμβάνεται από τα τηγανισμένα τρόφιμα, βρίσκεται στην επιφάνεια και στην κρούστα τους, το μέγεθος και η γεωμετρία των νωπών τροφίμων που πρόκειται να τηγανιστούν, είναι σημαντικά χαρακτηριστικά, που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον εξέταση της απορρόφησης λίπους. Σε μελέτη για την απορρόφηση λιπιδίων από τις τηγανιτές πατάτες, από τους Greenfield et al, διαπιστώθηκε ότι όσο μειωνόταν το μέγεθος των τηγανητών πατατών, τόσο περισσότερο αυξανόταν η περιεκτικότητα σε λίπος των τηγανητών πατατών, σε επίπεδο γραμμικής συσχέτισης.¹⁷⁴

Για τα υπόλοιπα φυτικά τρόφιμα δεν υπάρχουν αντίστοιχα βιβλιογραφικά δεδομένα. Έτσι, από την παρούσα εργασία μπορεί να σημειωθεί αναλυτικά το ποσοστό της απορρόφησης ελαίου για το κάθε φυτικό τρόφιμο: POF: 10.9%, PEF: 5.24%, SF: 5.14%, SFF: 12.06% , SFK: 16.12%, EF: 35.9%, EFF: 34.85% και EFK: 16.46%

(πίνακας 23). Σύμφωνα με την άποψη του Bognar A. για το αλεύρωμα και τη χρήση αλεύρου και νερού (κουρκούτι), η ποσότητα λίπους που απορροφάται κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, αυξάνεται μέχρι ένα όριο κορεσμού, που εξαρτάται από το είδος τροφίμων και από την ποσότητα αλεύρου και κουρκουτιού.² Το είδος του ελαίου που χρησιμοποιείται δεν έχει καμία ουσιαστική επίδραση, στην απορρόφηση λίπους από το τρόφιμο.² Στην παρούσα μελέτη στην περίπτωση των κολοκυθιών φαίνεται ότι το αλεύρι και πολύ περισσότερο το κουρκούτι, αύξησαν την πρόσληψη λίπους από το τρόφιμο. Αντίθετα για την μελιτζάνα συνέβη ακριβώς το αντίθετο: η προσθήκη αλευριού μείωσε ελαφρώς την απορρόφηση λίπους. Το κουρκούτι συνέβαλε καθοριστικά στη δημιουργία μίας ανθεκτικής στρώσης που μείωσε δραματικά την προσρόφηση του λίπους στο τρόφιμο κατά 45.83% (16.46% έναντι 35.91%). Το τελευταίο εύρημα που αφορά τα φυτικά τρόφιμα, συμφωνεί με αυτό των Makinson et al.¹⁶⁹ που μελέτησαν την επίδραση των επιστρωμάτων κουρκουτιού και του αλευρώματος, στην πρόσληψη λίπους από κομμάτια φιλέτων κατεψυγμένων ψαριών. Τα επιστρωμένα με κουρκούτι προϊόντα απορρόφησαν λιγότερο έλαιο, τόσο από αυτά χωρίς επίστρωση κουρκουτιού, όσο και από τα αλευρωμένα τεμάχια, ενώ το αλεύρωμα δεν άλλαξε σημαντικά τη συνολική πρόσληψη λίπους από τα ψάρια, έναντι των προϊόντων χωρίς επίστρωση. Η παρουσία κουρκουτιού οδηγεί προφανώς στο σχηματισμό μιας σκληρής κρούστας που είναι αδιαπέραστη, τουλάχιστον στη μετακίνηση του λίπους.¹⁶⁹ Η διαφορά στη «συμπεριφορά» μεταξύ της μελιτζάνας και των κολοκυθιών όταν τους προστίθεται αλεύρι ή κουρκούτι, πιθανώς οφείλεται στην αυξημένη δυνατότητα του κουρκουτιού να δημιουργεί κρούστα, όταν αυξάνεται το αρχικό ποσό επιστρώσεων που προσκολλάται στο προϊόν, όπως στην περίπτωση της μελιτζάνας.¹⁶⁹ Με μια προσεκτική ματιά τον πίνακα 19, φαίνεται ότι το κουρκούτι που παρέμεινε στη μελιτζάνα ήταν μεγαλύτερου βάρους και αυξημένης περιεκτικότητας σε αλεύρι, έναντι των κολοκυθιών (64,4% με 40,5% αλεύρι και 56,2% με 35,4% αλεύρι, αντίστοιχα). Αυτό εξηγεί γιατί δεν παρουσίασε τις ίδιες ιδιότητες, στα δύο παραπάνω φυτικά τρόφιμα, αφού η ποσότητα των επιστρώσεων που προσκολλήθηκαν στα κολοκύθια ήταν πιο χαμηλή.

Οι παραπάνω μετρήσεις, κατέστησαν εφικτό τον υπολογισμό της ενεργειακής αύξησης (Kcal) των τηγανισμένων τροφίμων λόγω της ενσωμάτωσης ελαίου (υπολογισμένο με τη μέθοδο soxhlet) και αλευριού (kcal/100g fw). Έτσι,

υπολογίστηκε ότι, η αύξηση ενέργειας (kcal/100g fw) ήταν: POF: 98.10, PEF: 46.80, SF: 45.90, SFF: 160.28, SFK: 204.53, EF: 323.10, EFF: 333.20, EFK: 217.70, kcal (πίνακας 25 και σχήμα 26). Από τα δεδομένα αυτά προκύπτει ότι οι μελιτζάνες σε όλες τις μορφές τους, είχαν τη μεγαλύτερη ενεργειακή αύξηση, γεγονός που οφείλεται στη μεγαλύτερη δυνατότητα που παρουσιάζει η μελιτζάνα, σε οποιαδήποτε μορφή της, να απορροφά έλαιο, σε σχέση με τα υπόλοιπα φυτικά τρόφιμα που μελετήθηκαν.

8.3. Τοκοφερόλες

Η μέθοδος η Bligh-Dyer,²⁰² σε συνδυασμό με την αέρια χρωματογραφία, που επιλέχθηκε για την απομόνωση και τον προσδιορισμό των τοκοφερολών, προσδιόρισε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Παρατηρήθηκε, ότι κατά την διάρκεια των προσδιορισμών η τοκοφερόλη συνεκλύεται με την χοληστερόλη με αποτέλεσμα την απόδοση συγκεχυμένων μετρήσεων. Συνεπώς, η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή αξιόπιστων εκτιμήσεων για τον προσδιορισμό των τοκοφερολών.

8.4. Ολικές πολυφαινόλες.

Από τα αποτελέσματα της μέτρησης της περιεκτικότητας σε ολικές πολυφαινόλες, των νωπών και τηγανισμένων φυτικών τροφίμων, όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu, προκύπτει ότι αυξήθηκαν σε όλα ανεξαιρέτως τα τηγανισμένα τρόφιμα (πίνακας 26). Η περιεκτικότητα των νωπών και τηγανισμένων τροφίμων φυτικής προέλευσης σε φαινολικές ενώσεις (mg/ 100 g fw), καθώς και η αύξηση που εμφανίστηκε σε σχέση με το νωπό τρόφιμο, ήταν η ακόλουθη: POR: 5.6, POF: 33.8 (+28.2%), PER: 8.5, PEF: 16.2 (+7.7%), SR: 4.6, SF: 21.6 (+17%), SFF: 25.2 (+20.6%), SFK: 34.3 (+29.7%), ER: 11.9, EF: 202.4 (+190.5%), EFF: 135.7 (+123.8%), και για EFK: 91.1 (+79.2%). Την μεγαλύτερη αύξηση όπως ήταν φυσικό (λόγω της μεγάλης απορρόφησης ελαιολάδου) παρουσίασε η μελιτζάνα σε όλες της μορφές της. Χαρακτηριστικά, σύμφωνα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu, η τηγανιτή μελιτζάνα κατέγραψε 17πλάσια αύξηση του φαινολικού της περιεχόμενου σε σχέση με το νωπό τρόφιμο. Επιπλέον, σε όλα τα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, παρουσιάζεται γραμμική συσχέτιση, μεταξύ της απορρόφησης ελαίου και της

περιεκτικότητας σε ολικές πολυφαινόλες (πίνακας 27). Ο λόγος βαρών των τροφίμων / έλαιο, δηλώνει ότι μπορεί να επηρεάζει το φαινολικό περιεχόμενο των τηγανισμένων τροφίμων, χωρίς όμως να παρουσιάζεται απόλυτα αναλογική σχέση (πίνακας 26).

Η εξαγωγή δεδομένων, που προέκυψαν σύμφωνα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu, όσον αφορά το % περιεκτικότητας του αθέρμαστου ελαίου σε ολικές πολυφαινόλες και το % περιεκτικότητας σε ολικές πολυφαινόλες των ελαίων που προήλθαν από τα τηγανισμένα τρόφιμα, επέτρεψε τον υπολογισμό του % μεταβολής του τηγανισμένου ελαίου σε ολικές πολυφαινόλες (πίνακας 27), αλλά και την κριτική της μεθόδου (πίνακας 28). Κατ' αρχήν το περιεχόμενο σε ολικές φαινόλες του παρθένου ελαιόλαδου υπολογίστηκε σε 20.53 mg/100g, τιμή που είναι πολύ υψηλή σε σχέση με τη βιβλιογραφία: κατά μέσον όρο, οι απλές φαινόλες υπολογίζονται σε 4.2 mg/100g στο παρθένο ελαιόλαδο.^{20,29,60} Η Folin-Ciocalteu είναι μία γενική μέθοδος υπολογισμού του ολικού φαινολικού περιεχόμενου των τροφίμων.²² Οι φαινόλες είναι συστατικά του φυτικού βασιλείου και δεν είναι αναμενόμενο να ανευρίσκονται πολυφαινόλες και πολύ περισσότερο σε συγκεντρώσεις ίσες ή και μεγαλύτερες, με αυτές που διαθέτει το αθέρμαστο παρθένο ελαιόλαδο, το οποίο θεωρείται μια από τις πιο πλούσιες πηγές. Για την εξήγηση των παραπάνω αποτελεσμάτων θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μέθοδος Folin-Ciocalteu είναι μια φασματοφωτομετρική μέθοδος που μετρά απορρόφηση στα 725 nm (ορατό φως).²⁰³ Μια από τις μεθόδους προσδιορισμού πρωτεϊνών είναι η μέθοδος Lowry στην οποία χρησιμοποιείται το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu για τον φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό πρωτεϊνών στα 750 nm.²⁰³ Συνεπώς, η επιλογή της μεθόδου Folin-Ciocalteu για τον προσδιορισμό των φαινολών ενός δείγματος που περιέχει πρωτεΐνες είναι λανθασμένη γιατί πέρα από τις περιεχόμενες πολυφαινόλες με αυτή τη μέθοδο προσδιορίζονται και οι πρωτεΐνες του δείγματος, οδηγώντας σε παραπλανητικά αποτελέσματα. Έτσι, πέρα από τον πολύ υψηλό προσδιορισμό στο νωπό έλαιο, στην περίπτωση των νωπών και τηγανισμένων ελαίων από κολοκύθια, το αποτέλεσμα είναι αυτονόητα λανθασμένο, αφού δεν είναι πιθανό να υπάρχει αύξηση στο φαινολικό περιεχόμενο στο έλαιο των τηγανισμένων κολοκυθίων, σε όλες τις μορφές τους. Αυτό υποδηλώνει ότι η ύπαρξη χρωστικών ουσιών στα κολοκύθια, πιθανώς αλληλεπίδρασε με την τεχνική και το σύστημα υπολογισμού της μεθόδου και απέδωσε εσφαλμένα

αποτελέσματα.

Η μελέτη των αποτελεσμάτων που προκύπτουν μέσω της μεθόδου της αέριας χρωματογραφίας, όπως παρατίθεται παρακατώ, αποδίδει την πραγματική σημασία των στοιχείων όπως αυτά υπολογίστηκαν μέσα από τη μέθοδο Folin-Ciocalteu.

8.5. Επί μέρους φαινόλες

Υπολογίζεται ότι σε περιοχές που καταναλώνουν ευρέως ελαιόλαδο, όπως είναι οι μεσογειακές χώρες, η μέση ημερήσια πρόσληψη ολικών πολυφαινόλων ανέρχεται σε 10-30 mg.^{28,69,70} Από τα αποτελέσματα της βιβλιογραφίας, υπολογίζεται πως ότι τα οικιακά τηγανισμένα τρόφιμα, συμβάλλουν σε μια πρόσληψη μέχρι 10% των φαινολικών ενώσεων του ελαιολάδου.⁵ Το δεδομένο αυτό δεν φαίνεται να επαληθεύεται από την παρούσα εργασία. Όπως διαπιστώνεται από τα δεδομένα του πίνακα 29, η ανθεκτικότερη και σημαντικότερη, από πλευράς συγκεντρώσεων, φαινολική ένωση που διαπιστώθηκε στα έλαια από τα τηγανισμένα τρόφιμα είναι η τυροσόλη, στοιχείο που επαληθεύεται και από τις αναφορές της βιβλιογραφίας.⁵ Ακολουθείται, κατά σειρά συγκέντρωσης από: την OH τυροσόλη, το φλωρετικό οξύ, το καφεϊκό οξύ, το κινναμικό οξύ, το p-OH βενζοϊκό οξύ και το p-OH-φαινυλοξικό οξύ. Το p-κουμαρικό οξύ, το γαλλικό οξύ, το φερρουλικό οξύ και η απιγενίνη εντοπίζονται σε σχεδόν μηδενικές συγκεντρώσεις. Οι ολικές φαινόλες (mg/kg fw) για το Παρθένο ελαιόλαδο υπολογίζονται από 19,60 έως 27,98 (πίνακας 30).

Το εύρημα της παρούσης εργασίας είναι η παρουσία και άλλων φαινολικών ενώσεων σε μικρές συγκεντρώσεις, είτε στα έλαια, είτε στα νωπά τρόφιμα, πέραν των ήδη γνωστών και μελετημένων. Σχετικά σημαντική είναι η παρουσία της τυροσόλης στα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα. Οι υπόλοιπες φαινολικές ενώσεις, με εξαιρέσεις το p-κουμαρικό οξύ και το φερρουλικό οξύ, εντοπίζονται σε σχεδόν μηδενικές συγκεντρώσεις. Για το p-κουμαρικό οξύ και το φερρουλικό οξύ, θα πρέπει να σημειωθεί ότι βρέθηκαν σε ίχνη στα τηγανισμένα έλαια και αυτό ίσως να σημαίνει την ύπαρξη εκλεκτικότητας στη «συμπεριφορά» των δύο αυτών φαινολικών ενώσεων (πίνακας 31).

Ο προσδιορισμός της κατανομής των επιμέρους φαινολικών ενώσεων, στα δείγματα των νωπών και τηγανισμένων τροφίμων, δείχνει ότι στην τηγανιτή πατάτα (σχήμα 27) επικρατεί το p-OH-φαινυλοξικό οξύ και το p-κουμαρικό οξύ. Οι υπόλοιπες φαινολικές ενώσεις εντοπίζονται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Στην τηγανιτή πιπεριά (σχήμα 28), επικρατεί το φερρουλικό οξύ, το καφεϊκό οξύ, η απιγενίνη και η τυροσόλη. Είναι χαρακτηριστικό πως στην νωπή πιπεριά ανευρίσκεται το p-OH-φαινυλοξικό οξύ και το κινναμικό οξύ, που όμως δεν παρουσιάζονται στην τηγανισμένη. Στα δείγματα των τηγανιτών κολοκυθιών, και ειδικά στο τηγανιτό κολοκύθι με κουρκούτι (σχήμα 29) παρουσιάζονται κυρίως η τυροσόλη, το p-κουμαρικό οξύ και η απιγενίνη. Τέλος στις τηγανιτές μελιτζάνες, σε όλες τις μορφές εμφανίζεται σχεδόν αποκλειστικά, η τυροσόλη (σχήμα 30).

Από τα αποτελέσματα των υπολογισμών που παρατίθενται στον πίνακα 33 διαπιστώνεται πως οι ολικές φαινόλες των τηγανητών ως % αρχικού, νωπού, ελαίου, διατηρούνται σε ποσοστό <53.6%. Με την εξαίρεση της τηγανιτής πατάτας που διατηρεί ένα ποσοστό ολικών φαινολών επί των αρχικών: 8.4%, τα υπόλοιπα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα έχουν πολύ χαμηλό ποσοστό φαινολικής διατήρησης. Αυτό σημαίνει πως το όποιο ποσοστό ολικών φαινολών διατηρείται (ανάκτηση φαινολών), στην συντριπτική πλειοψηφία, παραμένει στο τηγανισμένο έλαιο και δεν προσλαμβάνεται από το τρόφιμο. Ο λόγος των βαρών τρόφιμο / έλαιο δεν επηρεάζει σε καμία περίπτωση το φαινολικό περιεχόμενο (πίνακας 33). Το υψηλότερο ποσοστό ανάκτησης των φαινολικών ουσιών στο τηγανισμένο έλαιο, αφορά τα τηγανιτά κολοκύθια με κουρκούτι (56.5%), το χαμηλότερο την τηγανιτή μελιτζάνα με αλεύρι (31.6%) ενώ ο μέσος όρος υπολογίζεται σε 42.2% (πίνακας 34). Για την περίπτωση των τηγανιτών πατατών, σημειώνεται ότι μέχρι και οχτώ τηγανίσματα διατηρείται άνω του 50% των πολυφαινολών (όπως και των τοκοφερολών) που περιέχει το ωμό ελαιόλαδο.^{5,197} Το ποσοστό αυτό δεν επαληθεύεται από την παρούσα εργασία αφού για το πρώτο μόλις τηγάνισμα παρουσιάζεται 41.2%

Συμπερασματικά, από τα αποτελέσματα της μέτρησης των ολικών και επιμέρους πολυφαινολών, στο νωπό και τηγανισμένα έλαια, στα νωπά και τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας διαπιστώνεται πως οι φαινόλες στα τρόφιμα έχουν πολύ χαμηλές ανακτήσεις. Αντίθετα τα αποτελέσματα των ελαίων θα μπορούσαν να θεωρηθούν πολύ πιο λογικά και σαφώς περισσότερο αξιόπιστα. Δεν

είναι γνωστό εάν η κατανομή που παρουσιάζεται στα τηγανιτά έλαια και τρόφιμα αποτελεί «ιδιότητα» των φαινολών, ή εάν οφείλεται σε ατελή εκχύλιση και παραλαβή των φαινολικών ενώσεων. Είναι βέβαιο πως απαιτούνται επαναλήψεις και πιθανώς διαφορετικό σχήμα εκχύλισης.

8.6. Σκουαλένιο.

Από τα αποτελέσματα του προσδιορισμού της περιεκτικότητας των νωπών και τηγανισμένων τροφίμων φυτικής προέλευσης σε σκουαλένιο (mg/100g fw), που παρουσιάζονται στον πίνακα 35, προκύπτει ότι η περιεκτικότητα των τηγανισμένων τροφίμων φυτικής προέλευσης σε σκουαλένιο (mg/100g fw) είναι: POF: 26.81, PEF: 15.55, SF: 6.8, SFF: 35.45, SFK: 42.22, EF: 97.55, EFF: 92.53, EFK: 67.60. Είναι φανερό ότι η παρουσία σκουαλένιου αυξήθηκε, σε όλα ανεξαιρέτως τα τηγανισμένα τρόφιμα (πίνακας 36). Την μεγαλύτερη αύξηση και πάλι (όπως και στις ολικές φαινόλες) παρουσίασε η μελιτζάνα σε όλες της μορφές της (σχήμα 31). Επιπλέον, σε όλα τα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, παρουσιάζεται γραμμική συσχέτιση μεταξύ της απορρόφησης ελαίου και της περιεκτικότητας σε σκουαλένιο. Ο λόγος βαρών των τροφίμων / έλαιο, στην περίπτωση του σκουαλένιου, δηλώνει πως αντιστρόφως ανάλογα, όσο περισσότερο μειώνεται η τιμή τόσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο, του τηγανισμένου τροφίμου (πίνακας 35).

Στις ΗΠΑ, η μέση πρόσληψη σκουαλένιου είναι περίπου 30 mg/ ημέρα, ενώ στις μεσογειακές χώρες, όπου η κατανάλωση ελαιολάδου υπολογίζεται κατά μέσο όρο σε 12 Kg/άτομο, ετησίως, η αντίστοιχη καθημερινή πρόσληψη σκουαλένιου υπολογίζεται σε 200-400 mg σκουαλένιου την ημέρα.¹⁰⁵ Δεδομένου ότι, για παράδειγμα, περίπου το 10% του τηγανισμένου ελαίου απορροφάται από τις τηγανισμένες πατάτες,^{5,7} μπορεί να υπολογιστεί η πρόσληψη σκουαλένιου μέσω της καθημερινής διατροφής. Έτσι, όπως υπολογίστηκε, το σκουαλένιο που προσλαμβάνεται από την κατανάλωση 100 g τηγανισμένων σπιτικών πατατών, μπορεί να αντιστοιχεί στο 10-20% της μεσογειακής καθημερινής πρόσληψης και στο 130-136% της μέσης Αμερικάνικης.¹⁹⁸ Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η περιεκτικότητα των τηγανισμένων φυτικών τροφίμων σε σκουαλένιο, όπως ευρίσκεται από την παρούσα εργασία, αντιπροσωπεύει μία σημαντική ποσότητα, ανά

100 g fw ως ποσοστό (%) της ημερήσιας πρόσληψης, στην περιοχή της Μεσογείου. Οι αποδόσεις σε mg/100g fw υπολογίζονται: POF: 13.41, PEF: 7.78, SF: 3.40, SFF: 17.73, SFK: 21.11, EF: 48.78, EFF: 46.27, EFK: 33.80 (πίνακας 37 και στο σχήμα 32). Παρατηρείται ότι η κατανάλωση 100 g οικιακώς τηγανισμένων φυτικών τροφίμων, σε παρθένο ελαιόλαδο μπορεί να καλύψει από το 3.4% έως το 48.78% της ημερήσιας πρόσληψης του σκουαλενίου στις χώρες της Μεσογείου.

Το περιεχόμενο του παρθένου ελαιόλαδου, σε σκουαλένιο, υπολογίστηκε σε 615.6 mg/100g, τιμή που συμφωνεί με την ευρύτερη άποψη της βιβλιογραφίας (πίνακας 38). Σύμφωνα με τους Owen RW et al το παρθένο ελαιόλαδο περιέχει σκουαλένιο σε ποσότητα 400-450 mg/100g,⁷¹ άλλες δημοσιεύσεις αναφέρουν επίπεδα σκουαλενίου 200-700 mg/100g,¹⁰⁵ ενώ οι Kalogeropoulos και Andrikopoulos κάνουν λόγο για 454 mg/100 g VOO.¹⁹⁸

Ο υπολογισμός της περιεκτικότητας των νωπών και τηγανισμένων ελαίων σε σκουαλένιο (mg/100g) και η μέτρηση του σκουαλενίου στο προσροφημένο έλαιο (mg/100g) (πίνακας 38), επιτρέπουν τον υπολογισμό του ποσοστού (%) ανάκτησης του σκουαλενίου (με βάση την αρχική τιμή), στο προσροφημένο και στο τηγανισμένο έλαιο (σχήμα 33). Από τα αποτελέσματα, συμπεραίνεται πως υπάρχει πολύ υψηλό ποσοστό ανάκτησης στο τηγανισμένο έλαιο, στην περίπτωση των τηγανιτών πατατών, πιπεριών και κολοκυθιών «σκέτων», με αλεύρι και με κουρκούτι (>78%), υψηλό για τις μελιτζάνες με αλεύρι και με κουρκούτι (>64%) και μέτριο για τις τηγανιτές μελιτζάνες (=48.4%). Ο μέσος όρος ανάκτησης του σκουαλενίου στο τηγανισμένο έλαιο, για όλα τα τρόφιμα εμφανίζεται σε υψηλό ποσοστό: 76.15%. Ειδικά για την περίπτωση των τηγανιτών πατατών το ποσοστό ανάκτησης του σκουαλενίου υπολογίστηκε σε 94,9%, τιμή που επιβεβαιώνουν και οι Kalogeropoulos και Andrikopoulos που σημειώνουν ποσοστό 94,27%.¹⁹⁸ Το ερώτημα είναι πόση ποσότητα σκουαλενίου περνάει στο τρόφιμο που τηγανίζεται σε VOO.

Για να απαντηθεί το παραπάνω ερώτημα, μετρήθηκε η ανάκτηση του σκουαλενίου στο προσροφημένο έλαιο. Διαπιστώθηκε ότι στην περίπτωση αυτή τα πράγματα είναι διαφορετικά. Η υψηλότερη τιμή, αλλά και ποσοστό (%) ανάκτησης του σκουαλενίου, βάση της αρχικής τιμής (615.6 mg/100g) στο προσροφημένο έλαιο (σχήματα 33,34), παρουσιάζεται για τις μελιτζάνες με κουρκούτι (66.7%), ενώ για τα υπόλοιπα

τρόφιμα δεν υπερβαίνει το 48.2% (πατάτες τηγανιτές). Ο μέσος όρος ανάκτησης του σκουαλένιου στο προσροφημένο έλαιο, για όλα τα τρόφιμα εμφανίζεται σε μέτριο έως χαμηλό ποσοστό: 44.23% (πίνακας 39). Εκτός από την περίπτωση της τηγανιτής μελιτζάνας και της τηγανιτής μελιτζάνας με κουρκούτι (μη ύπαρξη εκλεκτικότητας), στην περίπτωση των υπόλοιπων φυτικών τροφίμων οι τιμές ανάκτησης σκουαλένιου στο προσροφημένο έλαιο, σε σχέση με το τηγανισμένο έλαιο, είναι χαμηλές (σχήμα 35). Αυτό σημαίνει, πως υπάρχει αρνητική εκλεκτικότητα και μέρος του σκουαλένιου που επιβιώνει στο τηγανισμένο έλαιο, καταστρέφεται κατά την είσοδο του στο τρόφιμο. Πιθανώς, κάποιο συστατικό που περιλαμβάνεται στα φυτικά τρόφιμα παρεμποδίζει την απορρόφηση του σκουαλένιου. Συνεπώς, η μέτρηση του σκουαλένιου στο τηγανισμένο έλαιο δεν αποτελεί ένδειξη για την ακριβή μέτρηση του στο τηγανισμένο τρόφιμο. Συνεπώς, η περίπτωση των αποτελεσμάτων των Kalogeropoulos N and Andrikopoulos NK¹⁹⁸ που υπολόγισαν την περιεκτικότητα σε σκουαλένιο στο προσροφημένο έλαιο των τηγανιτών πατατών, από τη μέτρηση των επιπέδων σκουαλένιου στο τηγανισμένο έλαιο, θα πρέπει να επανεξεταστεί.

Η παρουσία του αλευριού και του κουρκουτιού, τόσο στην περίπτωση των τηγανιτών κολοκυθιών, όσο και των τηγανιτών μελιτζανών επαύξησε την προστασία στο σκουαλένιο που προήλθε από το προσροφημένο έλαιο. Ιδιαίτερα στα τηγανισμένα κολοκυθάκια με αλεύρι και με κουρκούτι η ανάκτηση του σκουαλένιου, στο προσροφημένο έλαιο ήταν περισσότερο από διπλάσια, σε σχέση με το τρόφιμο σε απλή τηγανιτή μορφή (47.8%, 42.5% και 21.5%, αντίστοιχα).

Η αξιοσημείωτη σταθερότητα του σκουαλένιου, που παρατηρείται κατά τη διάρκεια του οικιακού τσιγαρίσματος πατατών σε VOO, ενάντια στην αυτό-οξειδωση και στην φωτοοξειδωση, έχουν αναφερθεί πρόσφατα.¹⁴⁶ Στην παρούσα εργασία, η ποσότητα του σκουαλένιου που περιλαμβάνουν τα τηγανητά τρόφιμα αντιπροσωπεύει ένα μικρό ποσοστό (%) του σκουαλένιου που περιείχε το έλαιο που προστέθηκε κατά το τηγάνισμα (πίνακας 39). Ωστόσο, το σκουαλένιο των τηγανητών ελαίων ως % σε σχέση με την παρουσία σκουαλένιου στο αρχικό έλαιο, σε όλες τις περιπτώσεις, αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό που ξεπερνά το 80% (>80.01%). Ομοίως, το σκουαλένιο του συνόλου των τηγανητών ως % αρχικού ελαίου, διατηρήθηκε σε πολύ υψηλό ποσοστό που ξεπερνούσε το 87.4%. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν πως ανεξάρτητα από το εάν το σκουαλένιο προσροφάται από το τρόφιμο παρουσιάζει

υψηλότετο ποσοστό θερμικής αντοχής και δεν καταστρέφεται κατά το τηγάνισμα. Αυτό αποδεικνύεται και από το σχεδιάγραμμα της κατανομής του σκουαλένιου που παρέμεινε στο τρόφιμο και στο τηγανιτό έλαιο, ως % του αρχικού σκουαλένιου στο αθέρμαστο έλαιο, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 35. Ταυτόχρονα φαίνεται πως η τιμή του λόγου των βαρών τρόφιμο / έλαιο, έχει απόλυτη σχέση με τη γενικότερη «συμπεριφορά» του σκουαλένιου. Από την περιεκτικότητα των τηγανισμένων φυτικών τροφίμων σε σκουαλένιο που παρουσιάζεται στο σχήμα 36, φαίνεται πως όσο η τιμή του λόγου πλησιάζει στο μηδέν, τόσο αυξάνεται η απόδοση του τροφίμου σε σκουαλένιο. Το δεδομένο αυτό επαληθεύεται και από τα στοιχεία της βιβλιογραφίας.¹⁹⁸ Είναι χαρακτηριστικό, πως στην περίπτωση του τηγανίσματος σε φριτέζα, όπου ο λόγος των βαρών τρόφιμο προς έλαιο είναι πολύ χαμηλός, η διατηρησιμότητα του σκουαλένιου είναι πολύ υψηλή, όπως πληροφορούν οι Kalogeropoulos N and Andrikopoulos NK.¹⁹⁸

Μέσα από την επεξεργασία των δεδομένων μέτρησης του σκουαλένιου στα τηγανισμένα τρόφιμα, διαπιστώνεται ξεκάθαρα ο γραμμικός συσχετισμός, με υψηλό συντελεστή συσχέτισης R^2 , μεταξύ της απορρόφησης ελαίου και της περιεκτικότητας σε σκουαλένιο, όλων των μορφών της τηγανιτής μελιτζάνας ($R^2=0.9606$) (σχήμα 37), όλων των μορφών των τηγανιτών κολοκυθιών ($R^2=0.9709$) (σχήμα 38), καθώς και για όλα μαζί τα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα ($R^2= 0.9668$) (σχήμα 39).

Συμπερασματικά, όπως σημειώθηκε, η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο του τηγανισμένου ελαίου είναι ελαφρώς χαμηλότερη από την αντίστοιχη περιεκτικότητα σε σκουαλένιο του φρέσκου. Πάρα το ελαφρώς χαμηλότερο ποσοστό, η διατήρηση του σκουαλένιου στο προσροφημένο έλαιο είναι αρκετά υπολογίσιμη (50%). Αυτό σημαίνει πως στην περίπτωση του σκουαλένιου, η βιολογική αξία των τηγανισμένων φυτικών τροφίμων, είναι αυτονόητο ότι αυξάνεται, αφού μαζί τους προσλαμβάνεται ποσότητα σκουαλένιου, που προέρχεται από το παρθένο ελαιόλαδο.¹⁹⁸ Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη τη σχετικά χαμηλή υποβάθμιση των τοκοφερολών, των φαινολικών ενώσεων, κατά τη διάρκεια της συνηθισμένης οικιακής πρακτικής τηγανίσματος,¹⁵¹ εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα τηγανισμένα τρόφιμα αποτελούν μια υπολογίσιμη πηγή πρόσληψης αντιοξειδωτικών ουσιών και σκουαλένιου.¹⁵¹ Με τον τρόπο αυτό τα τηγανισμένα τρόφιμα, μπορούν να συμβάλλουν στη γενικότερη

μάκρο- και μικρο- θρεπτική διατροφική πρόσληψη του ανθρώπου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9:
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

9.1. Ανασκόπηση και γενικά συμπεράσματα.

Το τηγάνισμα, είναι μια δημοφιλής, εύκολη, γρήγορη και εύγευστη μέθοδος μαγειρέματος. Το ελαιόλαδο, ειδικά το παρθένο, που χρησιμοποιείται ευρέως στις μεσογειακές χώρες για τηγάνισμα, περιέχει έναν μεγάλο αριθμό δομικών ετερογενών συστατικών σε υπολογίσιμες συγκεντρώσεις (μικροσυστατικά ή δευτερεύοντα συστατικά του ελαιολάδου): τοκοφερόλες, φαινολικές ενώσεις, υδρογονάνθρακες (σκουαλένιο), στερόλες, αρωματικές ενώσεις και φυτοστερόλες. Οι ουσίες αυτές είναι υπεύθυνες για τη μοναδική οσμή και γεύση του ελαιολάδου, αυξάνουν τη σταθερότητά του και παρεμποδίζουν επιβλαβείς διαδικασίες, όπως είναι η υπεροξειδωση των λιπιδίων. Μεγάλος αριθμός μελετών έχει δείξει πολλαπλά ωφέλιμα αποτελέσματα των συστατικών αυτών, στην ανθρώπινη υγεία, μεταξύ των οποίων η αντικαρκινογόνος δράση.

Η παρούσα μελέτη, διερεύνησε τα αντιοξειδωτικά και βιολογικά δεδομένα των τηγανισμένων φυτικών τροφίμων (πατάτα, μελιτζάνα, κολοκύθι, πιπεριά) και ειδικά αυτών (μελιτζάνα, κολοκύθι) στα οποία εκτός από απλό τηγάνισμα έχουν τηγανιστεί με την προσθήκη αλεύρου, αλεύρου μαζί με νερό (κουρκούτι). Διαπιστώθηκε η νέα διατροφική αξία των προϊόντων όπως αυτή διαμορφώθηκε από το τηγάνισμα σε ελεγχόμενες συνθήκες.

Με βάση την προηγούμενη ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τους προσδιορισμούς των πολυφαινολών (ολικών και επιμέρους), σκουαλενίου, λίπους και υγρασίας, μπορούν να διατυπωθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- το τηγάνισμα, με ελεγχόμενες συνθήκες, μείωσε το βάρος του τηγανισμένου τροφίμου σε όλες τις περιπτώσεις, ανεξάρτητα από την προσθήκη αλευριού ή κουρκουτιού.
- Το τρόφιμο κατά το τηγάνισμα, χάνει ύδωρ και προσλαμβάνει μέρος του ελαίου στο οποίο τηγανίζεται.
- Όσο μεγαλύτερη είναι η απώλεια ύδατος τόσο περισσότερο μειώνεται το βάρος του τηγανισμένου προϊόντος σε σχέση με το νωπό.
- Η παρουσία αλευριού ή κουρκουτιού, στην περίπτωση των κολοκυθιών, ασκεί

αντίστροφη επίδραση στην μείωση του βάρους του τηγανισμένου προϊόντος. Αντίθετα στην περίπτωση της μελιτζάνας, αυτό δεν συνέβη .

- Η προσθήκη αλευριού και πολύ περισσότερο κουρκουτιού, στη μελιτζάνα και το κολοκύθι, αυξάνει τη μέση θερμοκρασία και το χρόνο τηγανίσματος.
- Όσο μεγαλύτερη είναι η υγρασία του νωπού προϊόντος, τόσο περισσότερο μικραίνει ο χρόνος τηγανίσματος.
- Η μελιτζάνα σε όλες τις μορφές της (και ειδικά με αλεύρι), απορροφά περισσότερο έλαιο σε σχέση με τα υπόλοιπα φυτικά τρόφιμα που μελετήθηκαν.
- Η απορρόφηση ελαίου δεν επηρεάζεται από το λόγο των βαρών τρόφιμο προς έλαιο, αλλά από τη δυνατότητα για απορρόφηση που παρουσιάζει το κάθε είδος φυτικού τροφίμου.
- Το ύψος της απώλειας υγρασίας δεν έχει σχέση με την απορρόφηση ελαίου από το τρόφιμο, αλλά ούτε και με την ύψος της αρχικής υγρασίας του νωπού τροφίμου. Επίσης, η παρουσία αλευριού και κουρκουτιού, όπως και η μέση θερμοκρασία και ο χρόνος τηγανίσματος, δεν συσχετίζονται με το ύψος της απώλειας υγρασίας.
- Η μέθοδος της λυοφιλίωσης, ως τεχνική ξήρανσης, εκτός από την προστασία των θερμοευαίσθητων θρεπτικών συστατικών που παρέχει, μπορεί να αποτελεί και τη μέθοδο εκλογής για τον υπολογισμό της υγρασίας των τροφίμων.
- Στην περίπτωση της απώλειας υγρασίας, υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ του ποσοστού, όπως προκύπτει μέσω της λυοφιλίωσης και από τους υπολογισμούς. Αυτό σημαίνει πως οι απλές μαθηματικές πράξεις, για την απώλεια υγρασίας στα φυτικά τρόφιμα, δεν θα πρέπει να πραγματοποιούνται, γιατί δεν παρέχουν αξιόπιστες πληροφορίες.
- Οι μετρήσεις του ποσοστού (%) της απορρόφησης ελαίου από τα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, μέσω soxhlet και υπολογισμών, είναι παρεμφερείς. Αυτό σημαίνει πως ως γρήγορη και πρακτική, η διαδικασία των υπολογισμών, μπορεί να αποτελεί μία αδρή μέθοδο για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας ελαίου στα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα.
- Το ποσοστό απορρόφησης ελαίου από την τηγανισμένη σε τηγάνι (pan-frying) πατάτα, σύμφωνα με τη μέθοδο soxhlet είναι 10,9%.

- Στην περίπτωση των κολοκυθιών, το αλεύρι και πολύ περισσότερο το κουρκούτι, αύξησαν την πρόσληψη λίπους από το τρόφιμο. Αντίθετα για την μελιτζάνα συνέβη ακριβώς το αντίθετο: η προσθήκη αλευριού μείωσε ελαφρώς την απορρόφηση λίπους. Το κουρκούτι συνέβαλε καθοριστικά στη δημιουργία μίας ανθεκτικής στρώσης που μείωσε δραματικά την προσρόφηση του λίπους στο τρόφιμο.
- Ο υπολογισμός της ενεργειακής αύξησης (Kcal) των τηγανισμένων τροφίμων λόγω της ενσωμάτωσης ελαίου (υπολογισμένο με τη μέθοδο soxhlet) και αλευριού (kcal/100g fw), αποδεικνύει ότι οι μελιτζάνες σε όλες τις μορφές τους, είχαν την μεγαλύτερη ενεργειακή αύξηση.
- Η περιεκτικότητα σε ολικές πολυφαινόλες των τηγανισμένων φυτικών τροφίμων, όπως μετρήθηκε μέσω της μεθόδου Folin-Ciocalteu αυξήθηκε σε όλα ανεξαιρέτως τα τηγανισμένα τρόφιμα.
- Το περιεχόμενο σε ολικές φαινόλες του παρθένου ελαιόλαδου, σύμφωνα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu, υπολογίστηκε σε 20.53 mg/100g. Ωστόσο, η Folin-Ciocalteu είναι μία γενική μέθοδος υπολογισμού του ολικού φαινολικού περιεχόμενου των τροφίμων. Διαπιστώθηκε ότι στην περίπτωση των νωπών και τηγανισμένων ελαίων (κυρίως από κολοκύθια), δεν παρουσιάζει καμία ακρίβεια.
- Η ανθεκτικότερη και σημαντικότερη, από πλευράς συγκεντρώσεων, φαινολική ένωση που διαπιστώθηκε στα έλαια από τα τηγανισμένα τρόφιμα, σύμφωνα με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας, είναι η τυροσόλη.
- Οι ολικές φαινόλες για το Παρθένο ελαιόλαδο, όπως υπολογίζονται με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας κυμαίνονται από 19,60 έως 27,98 (mg/kg fw).
- Μέσω της μεθόδου της αέριας χρωματογραφίας, διαπιστώθηκε η παρουσία και άλλων φαινολικών ενώσεων σε μικρές συγκεντρώσεις, είτε στα έλαια, είτε στα νωπά τρόφιμα, πέραν των ήδη γνωστών και μελετημένων.
- Στην περίπτωση της τηγανιτής πιπεριάς, όπως σημειώνεται μέσω της μεθόδου της αέριας χρωματογραφίας, είναι χαρακτηριστικό πως ενώ στην νωπή πιπεριά ανευρίσκονται το p-OH-φαινολοξικό οξύ και το κινναμικό οξύ, δεν παρουσιάζονται στην τηγανισμένη.
- Μέσω αέριας χρωματογραφίας, η θερμική σταθερότητα των φαινολικών

ενώσεων χαρακτηρίζεται μέτρια αφού διαπιστώνεται πως οι ολικές φαινόλες των τηγανητών σε σχέση με το νωπό έλαιο, διατηρούνται σε ποσοστό <53.6%.

- Με την εξαίρεση της τηγανιτής πατάτας, που διατηρεί ένα ποσοστό ολικών φαινολών επί των αρχικών: 8.4%, τα υπόλοιπα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα έχουν πολύ χαμηλό ποσοστό φαινολικής διατήρησης, όπως υπολογίζεται με μέθοδο την αέριας χρωματογραφίας.
- Ο μέσος όρος ανάκτησης των φαινολικών ουσιών στο τηγανισμένο έλαιο, υπολογίζεται σε 42.2%.
- Το όποιο ποσοστό ολικών φαινολών διατηρείται (ανάκτηση φαινολών), στην συντριπτική πλειοψηφία, παραμένει στο τηγανισμένο έλαιο και δεν προσλαμβάνεται από το τρόφιμο.
- Διαπιστώνεται πως οι φαινόλες στα τρόφιμα έχουν πολύ χαμηλές ανακτήσεις.
- Δεν είναι γνωστό εάν η κατανομή που παρουσιάζεται στα τηγανιτά έλαια και τρόφιμα αποτελεί «ιδιότητα» των φαινολών, ή εάν οφείλεται σε ατελή εκχύλιση και παραλαβή των φαινολικών ενώσεων.
- Η μέθοδος η Bligh-Dyer σε συνδυασμό με την αέρια χρωματογραφία, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό και τη μέτρηση των τοκοφερολών.
- Σύμφωνα με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας η παρουσία σκουαλενίου αυξήθηκε σε όλα ανεξαιρέτως τα τηγανισμένα τρόφιμα. Την μεγαλύτερη αύξηση παρουσίασε η μελιτζάνα σε όλες τις μορφές της.
- Σε όλα τα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, παρουσιάζεται γραμμική συσχέτιση μεταξύ της απορρόφησης ελαίου και της περιεκτικότητας σε σκουαλένιο.
- Ο λόγος βαρών των τροφίμων / έλαιο, στην περίπτωση του σκουαλενίου, δηλώνει πως αντιστρόφως ανάλογα, όσο περισσότερο μειώνεται η τιμή, τόσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε σκουαλενιο, στο τηγανισμένο τρόφιμο. Όσο η τιμή πλησιάζει στο μηδέν, τόσο αυξάνεται η απόδοση του τροφίμου σε σκουαλένιο.
- Η περιεκτικότητα των τηγανισμένων φυτικών τροφίμων σε σκουαλένιο, αντιπροσωπεύει μία σημαντική ποσότητα, ανά 100 g fw ως ποσοστό (%) της ημερήσιας πρόσληψης, στην περιοχή της Μεσογείου.

- Το περιεχόμενο του νωπού παρθένου ελαιόλαδου, σε σκουαλένιο, υπολογίστηκε σε 615.6 mg/100g.
- Επιβεβαιώνεται το υψηλό ποσοστό ανάκτησης του σκουαλένιου στο τηγανισμένο έλαιο (M.O.=76.15%). Αντίθετα στην περίπτωση της ανάκτησης του σκουαλένιου, στο προσροφημένο έλαιο, το ποσοστό χαρακτηρίζεται μέτριο (M.O.= 44.23%). Αυτό σημαίνει πως μέρος του σκουαλένιου που επιβιώνει στο τηγανισμένο έλαιο, καταστρέφεται κατά την είσοδο του στο τρόφιμο. Συνεπώς, η μέτρηση του σκουαλένιου στο τηγανισμένο έλαιο δεν αποτελεί ένδειξη για την ακριβή μέτρηση του στο τηγανισμένο τρόφιμο.
- Η παρουσία του αλευριού και του κουρκουτιού τόσο στην περίπτωση των τηγανιτών κολοκυθιών, όσο και των τηγανιτών μελιτζανών επαύξησε την προστασία στο σκουαλένιο που προήλθε από το προσροφώμενο έλαιο.
- Ανεξάρτητα από το εάν το σκουαλένιο προσροφάται από το τρόφιμο, παρουσιάζει υψηλότερο ποσοστό θερμικής αντοχής και δεν καταστρέφεται κατά το τηγάνισμα.
- Διαπιστώνεται γραμμικός συσχετισμός, με υψηλό συντελεστή συσχέτισης R^2 , μεταξύ της απορρόφησης ελαίου και της περιεκτικότητας σε σκουαλένιο, όλων των μορφών των τηγανισμένων φυτικών τροφίμων.

Συμπερασματικά, παρά τα έως τώρα στοιχεία, η διαδικασία τηγανίσματος, εμφανίζεται να ασκεί θετική επίδραση στη θρεπτική αξία των τροφίμων. Ο σύντομος χρόνος τηγανίσματος, που συνδυάζεται με μια εσωτερική θερμοκρασία στον πυρήνα που δεν υπερβαίνει τους 100°C, οδηγεί σε καλή διατήρηση των αρχικών θρεπτικών συστατικών των τροφίμων. Ταυτόχρονα, εάν πραγματοποιείται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες: θερμοκρασία έως 170°C, χρήση ελαιόλαδου, αντικατάσταση του ελαίου μετά το τηγάνισμα, αυξάνει την περιεκτικότητα των τηγανισμένων τροφίμων σε αντιοξειδωτικές ουσίες: μερικώς σε πολυφαινόλες και κυρίως σε σκουαλένιο.

Τα τηγανισμένα τρόφιμα, είναι ιδιαίτερα εύγευστα λόγω της περιεκτικότητας τους σε λίπος και του σχηματισμού κρούστας που συμβάλει στην ανάπτυξη μοναδικών γεύσεων. Ο συνδυασμός αυτών των δεδομένων, συστήνει ότι το τηγάνισμα ως μαγειρική μέθοδος, θα μπορούσε να λάβει μία θέση στην ανθρώπινη διατροφή και τα

τηγανιτά τρόφιμα, να αποτελούν μέρος μίας ισορροπημένης διαίτας μεσογειακού τύπου, όπου το παρθένο ελαιόλαδο αποτελεί το κύριο έλαιο τηγανίσματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

SUMMARY

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το τηγάνισμα, είναι μια δημοφιλής, γρήγορη και εύγευστη τεχνική μαγειρέματος. Το ελαιόλαδο, ειδικά το παρθένο, που χρησιμοποιείται ευρέως στις μεσογειακές χώρες για τηγάνισμα, περιέχει έναν μεγάλο αριθμό δομικών συστατικών, πολύ ωφέλιμων για την ανθρώπινη υγεία: τοκοφερόλες, φαινολικές ενώσεις και σκουαλένιο.

Τηγανίσθηκαν, με ελεγχόμενες συνθήκες (περιορισμένη μέση θερμοκρασία: 165°C, χρόνος τηγανίσματος 6-7 min), φυτικά τρόφιμα (πατάτες, κολοκυθάκια, μελιτζάνες και πιπεριές) σε οικιακό τηγάνι, με παρθένο ελαιόλαδο. Πραγματοποιήθηκαν οχτώ τηγανίσματα και για να καλυφθούν όλες οι περιπτώσεις οικιακού τηγανίσματος, μερικά από τα τρόφιμα (κολοκυθάκια, μελιτζάνες) τηγανίσθηκαν και μετά από αλεύρωμα ή εμβάπτιση σε κουρκούτι.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, βρέθηκε ότι η υγρασία των νωπών πατατών (POR) ήταν: 83.56%, των τηγανιτών πατατών (POF): 50.31%, των νωπών πιπεριών (PER): 94.56%, στις πιπεριές τηγανητές (PEF): 86.59%, στα νωπά κολοκυθάκια (SR) : 94.69%, στα κολοκυθάκια τηγανητά (SF): 83.50%, στα κολοκυθάκια με αλεύρι (SFF): 73.70%, στα κολοκυθάκια με κουρκούτι (SFK): 56.47%, στις νωπές μελιτζάνες (ER): 94.62%, στις μελιτζάνες τηγανητές (EF): 50.86%, στις μελιτζάνες με αλεύρι (EFF): 43.48% και για τις μελιτζάνες με κουρκούτι (EFK): 58.27%. Το ποσοστό ελαίου που απορρόφησαν τα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, καθώς και η απώλεια υγρασίας ήταν ως ακολούθως: POF: 14.5% και 58.5%, PEF: 5.6% και 38.9%, SF: 5.7% και 33.7%, SFF: 11.3% και 49.07%, SFK: 15.7% και 45.7%, EF: 36.2% και 48.0%, EFF: 41.0% και 49.9% και για EFK: 16.2% και 43.3%, αντίστοιχα.

Οι φαινολικές ενώσεις, του ελαιολάδου, ήταν παρούσες στα τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα, αλλά σε εξαιρετικά χαμηλό επίπεδο. Αντίθετα υψηλή, σχετικά, ήταν η περιεκτικότητα των τηγανισμένων τροφίμων φυτικής προέλευσης σε σκουαλένιο (mg/100g fw): POF: 26.81, PEF: 15.55, SF: 6.8, SFF: 35.45, SFK: 42.22, EF: 97.55, EFF: 92.53, EFK: 67.60. Αυτό αντιπροσωπεύει μία σημαντική ποσότητα σε

σκουαλένιο ανά 100 g fw ως % της ημερήσιας πρόσληψης στην περιοχή της Μεσογείου. Την ίδια ώρα, η αύξηση ενέργειας (kcal/100g fw) λόγω ενσωμάτωσης ελαίου και αλευριού ήταν: POF: 98.10, PEF: 46.80, SF: 45.90, SFF: 160.28, SFK: 204,53, EF: 323.10, EFF: 333.20, EFK: 217,70, kcal.

Συμπερασματικά, η διαδικασία τηγανίσματος, εμφανίζεται να ασκεί θετική επίδραση στη θρεπτική αξία των τροφίμων. Εάν πραγματοποιείται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες: σύντομος χρόνος τηγανίσματος, θερμοκρασία έως 170°C, χρήση ελαιόλαδου, αντικατάσταση του ελαίου μετά το τηγάνισμα, αυξάνει ελαφρώς την περιεκτικότητα των τηγανισμένων τροφίμων σε αντιοξειδωτικές ουσίες (φαινολικές ενώσεις) και κυρίως σε σκουαλένιο.

SUMMARY

Frying is a popular, fast and savory technique of cooking. The olive oil and especially virgin olive oil, which is used widely in the Mediterranean countries, contains a large number of structural components beneficial to the human health: tocopherols, phenolic compounds and squalene.

Plant foods (potatoes, squash, eggplants and peppers) were fried in controlled conditions (limited temperature: 165°C, time of frying 6-7 min), in a domestic pan-frying with virgin olive oil. From the eight frying sessions which were made in order to cover all the possible ways of domestic frying, some of the foods (squash, eggplants) were fried with flour and submersion in water and flour mixture.

The results from the rate of humidity of fresh potatoes was (POR): 83.56%, fried potatoes (POF): 50.31%, fresh peppers (PER): 94.56%, peppers fried (PEF): 86.59%, fresh squash (SR): 94.69%, fried squash (SF): 83.50%, squash with flour (SFF): 73.70%, squash submersion in flour and water mixture (SFK): 56.47%, fresh eggplants (ER): 94.62%, eggplants fried (EF): 50.86%, eggplants with flour (EFF): 43.48% and for eggplants submersion in flour and water mixture (EFK): 58.27%.

The rate of oil which was absorbed from the fried plant foods, as well as the loss of their humidity was the following: POF: 14.5% and 58.5%, PEF: 5.6% and 38.9%, SF: 5.7% and 33.7%, SFF: 11.3% and 49.07%, SFK: 15.7% and 45.7%, EF: 36.2% and 48.0%, EFF: 41.0% and 49.9%, EFK: 16.2% and 43.3%, respectively.

The content of fresh and fried foods of plant origin in phenolic compounds was apparent but quite low. In contrast the squalene content of fried foods was higher (mg/100g fw): POF: 26.81, PEF: 15.55, SF: 6.8, SFF: 35.45, SFK: 42.22, EF: 97.55, EFF: 92.53, EFK: 67.60. This represents an important squalene quantity per 100g of fw as % of the daily Mediterranean intake. Simultaneously the increase of energy (kcal/100g fw) because of incorporation of oil and flour was: POF: +98.10, PEF:

+46.80, SF: +45.90, SFF: +160.28, SFK: +204,53, EF: +323.10, EFF: +333.20, EFK: +217,70, kcal.

Conclusively the process of frying is presented here to have a positive effect in the nutrient value of the plant foods. If the virgin olive oil used in frying is practiced under controlled conditions such as: short time of frying, temperature no more than 170°C and replacement after every frying session, then frying as cooking method slightly increases the contain of fried plant foods in antioxidant substances (phenolic compounds) and mainly of squalene.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



***ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΤΩΝ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΠΟΥ
ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ***

NDB No. 11822 Peppers, sweet, green, cooked, boiled, drained, with salt

Refuse: 0%

Nutrients and units	Amount in 100 grams of edible portion			Amount in edible portion of common measures of food		M
	Mean	Std. Error	Samples	Measure 1 [*]	Measure 2 [*]	
				12g	73g	
Proximates:						
Water	g	91.87	0	10.66	67.07	
Energy	kcal	28	0	3	20	
Energy	kJ	117	0	14	85	1
Protein (N x 5.95)	g	0.92	0	0.11	0.67	
Total lipid (fat)	g	0.20	0	0.02	0.15	
Carbohydrate, by difference	g	6.70	0	0.78	4.89	
Fiber, total dietary	g	1.2	1	0.1	0.9	
Ash	g	0.31	0	0.04	0.23	
Sugars, total	g					
Minerals:						
Calcium	mg	9	0	1	7	
Iron	mg	0.46	0	0.05	0.34	
Magnesium	mg	10	0	1	7	
Phosphorus	mg	18	0	2	13	
Potassium	mg	166	0	19	121	1
Sodium	mg	238	1	28	174	2
Zinc	mg	0.12	0	0.01	0.09	
Copper	mg	0.065	0	0.008	0.047	
Manganese	mg	0.115	0	0.013	0.084	
Selenium	• g	0.3	0	0.0	0.2	
Vitamins:						
Ascorbic acid	mg	74.4	0	8.6	54.3	
Thiamin	mg	0.059	0	0.007	0.043	
Riboflavin	mg	0.030	0	0.003	0.022	
Niacin	mg	0.477	0	0.055	0.348	
Pantothenic acid	mg	0.079	0	0.009	0.058	
Vitamin B-6	mg	0.233	0	0.027	0.170	
Folate	• g	16	0	2	12	
Vitamin B-12	• g	0.00	0	0.00	0.00	
Vitamin A	IU	592	0	69	432	5
Vitamin A, RE	• g	59	0	7	43	
Vitamin D	IU					
Vitamin E, • -TE	mg					
Lipids:						
Saturated, total	g	0.029	0	0.003	0.021	
4:0	g					
6:0	g					
8:0	g					
10:0	g					
12:0	g	0.000	0	0.000	0.000	
14:0	g	0.000	0	0.000	0.000	
15:0	g					
16:0	g	0.022	0	0.003	0.016	
17:0	g					
18:0	g	0.007	0	0.001	0.005	
20:0	g					
22:0	g					
24:0	g					

NDB No. 11634 Peppers, sweet, green, freeze-dried

Refuse: 0%

Nutrients and units	Amount in 100 grams of edible portion			Amount in edible portion of common measures of food		Me
	Mean	Std. Error	Samples	Measure 1 [*]	Measure 2 [*]	
				0g	2g	
Proximates:						
Water	g	2.00	1	0.01	0.03	
Energy	kcal	314	0	1	5	
Energy	kJ	1314	0	5	21	
Protein (N x 5.95)	g	17.90	1	0.07	0.29	
Total lipid (fat)	g	3.00	1	0.01	0.05	
Carbohydrate, by difference	g	68.70	0	0.27	1.10	
Fiber, total dietary	g	21.3	0	0.1	0.3	
Ash	g	8.40	0	0.03	0.13	
Sugars, total	g					
Minerals:						
Calcium	mg	134	1	1	2	
Iron	mg	10.40	1	0.04	0.17	
Magnesium	mg	188	0	1	3	
Phosphorus	mg	327	1	1	5	
Potassium	mg	3170	1	13	51	
Sodium	mg	193	1	1	3	
Zinc	mg	2.41	0	0.01	0.04	
Copper	mg	1.389	0	0.006	0.022	
Manganese	mg	1.897	0	0.008	0.030	
Selenium	• g	3.7	0	0.0	0.1	
Vitamins:						
Ascorbic acid	mg	1900.0	1	7.6	30.4	
Thiamin	mg	1.200	1	0.005	0.019	
Riboflavin	mg	1.200	1	0.005	0.019	
Niacin	mg	7.400	1	0.030	0.118	
Pantothenic acid	mg	0.488	0	0.002	0.008	
Vitamin B-6	mg	2.223	0	0.009	0.036	
Folate	• g	229	0	1	4	
Vitamin B-12	• g	0.00	0	0.00	0.00	
Vitamin A	IU	6249	1	25	100	
Vitamin A, RE	• g	625	1	3	10	
Vitamin D	IU					
Vitamin E, • -TE	mg	4.000	0	0.016	0.064	
Lipids:						
Saturated, total	g	0.447	0	0.002	0.007	
4:0	g	0.000	0	0.000	0.000	
6:0	g	0.000	0	0.000	0.000	
8:0	g	0.000	0	0.000	0.000	
10:0	g	0.000	0	0.000	0.000	
12:0	g	0.002	0	0.000	0.000	
14:0	g	0.009	0	0.000	0.000	
15:0	g					
16:0	g	0.331	0	0.001	0.005	
17:0	g					
18:0	g	0.105	0	0.000	0.002	
20:0	g					
22:0	g					
24:0	g					

a

Monounsaturated, total	g	0.202	0	0.001	0.003
14:1	g				
16:1	g	0.021	0	0.000	0.000
18:1	g	0.181	0	0.001	0.003
20:1	g	0.000	0	0.000	0.000
22:1	g	0.000	0	0.000	0.000
Polyunsaturated, total	g	1.607	0	0.006	0.026
18:2	g	1.462	0	0.006	0.023
18:3	g	0.145	0	0.001	0.002
18:4	g	0.000	0	0.000	0.000
20:4	g	0.000	0	0.000	0.000
20:5	g	0.000	0	0.000	0.000
22:5	g	0.000	0	0.000	0.000
22:6	g	0.000	0	0.000	0.000
Cholesterol	mg	0	0	0	0
Phytosterols	mg				
Amino acids:					
Tryptophan	g	0.229	0	0.001	0.004
Threonine	g	0.659	0	0.003	0.011
Isoleucine	g	0.579	0	0.002	0.009
Leucine	g	0.937	0	0.004	0.015
Lysine	g	0.796	0	0.003	0.013
Methionine	g	0.215	0	0.001	0.003
Cystine	g	0.344	0	0.001	0.006
Phenylalanine	g	0.553	0	0.002	0.009
Tyrosine	g	0.372	0	0.001	0.006
Valine	g	0.756	0	0.003	0.012
Arginine	g	0.859	0	0.003	0.014
Histidine	g	0.364	0	0.001	0.006
Alanine	g	0.733	0	0.003	0.012
Aspartic acid	g	2.558	0	0.010	0.041
Glutamic acid	g	2.363	0	0.009	0.038
Glycine	g	0.662	0	0.003	0.011
Proline	g	0.779	0	0.003	0.012
Serine	g	0.719	0	0.003	0.012
Other:					
Caffeine	mg				
Theobromine	mg				
Alcohol	g				

Blanks in the Mean column indicate lack of reliable data. The Samples column is the number of analyses upon which the mean is based. A sample of zero indicates the mean was estimated, usually from a recipe, another form of the same food, or a similar food.

*** Common Measures:**

- Measure 1: 1 tablespoon
- Measure 2: 1/4 cup

NDB No. 11634

Food Group 11 Vegetables and Vegetable Products
USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 13 (1998)

NDB No. 11674 Potatoes, baked, flesh and skin, without salt

Refuse: 0%

Nutrients and units	Amount in 100 grams of edible portion			Amount in edible portion common measures of food	
	Mean	Std. Error	Samples	Measure 1 [*] 202g	Measure 2 [*]
Proximates:					
Water g	71.20	1.064	12	143.82	
Energy kcal	109		0	220	
Energy kj	456		0	921	
Protein (N x 5.95) g	2.30	0.043	10	4.65	
Total lipid (fat) g	0.10		0	0.20	
Carbohydrate, by difference g	25.23		0	50.96	
Fiber, total dietary g	2.4		0	4.8	
Ash g	1.16	0.055	10	2.34	
Sugars, total g					
Minerals:					
Calcium mg	10	1.884	12	20	
Iron mg	1.36	0.293	12	2.75	
Magnesium mg	27	1.590	12	55	
Phosphorus mg	57	3.174	12	115	
Potassium mg	418	16.382	12	844	
Sodium mg	8	0.766	12	16	
Zinc mg	0.32	0.027	12	0.65	
Copper mg	0.305	0.038	12	0.616	
Manganese mg	0.229	0.019	12	0.463	
Selenium * g	0.8	0.256	10	1.6	
Vitamins:					
Ascorbic acid mg	12.9	0.525	6	26.1	
Thiamin mg	0.107	0.006	12	0.216	
Riboflavin mg	0.033	0.001	12	0.067	
Niacin mg	1.645	0.087	11	3.323	
Pantothenic acid mg	0.555		1	1.121	
Vitamin B-6 mg	0.347	0.011	12	0.701	
Folate * g	11	0.548	12	22	
Vitamin B-12 * g	0.00		0	0.00	
Vitamin A IU	0		0	0	
Vitamin A, RE * g	0		0	0	
Vitamin D IU					
Vitamin E, * -TE mg	0.050		0	0.101	
Lipids:					
Saturated, total g	0.026		0	0.053	
4:0 g	0.000		0	0.000	
6:0 g	0.000		0	0.000	
8:0 g	0.000		0	0.000	
10:0 g	0.001		0	0.002	
12:0 g	0.003		0	0.006	
14:0 g	0.001		0	0.002	
15:0 g					
16:0 g	0.016		0	0.032	
17:0 g					
18:0 g	0.004		0	0.008	
20:0 g					
22:0 g					
24:0 g					

NDB No. 11209 Eggplant, raw
Solanum malongena

Refuse: 19% Ends, parings and trimmings

Nutrients and units		Amount in 100 grams of edible portion			Amount in edible portion of common measures of food		Mea
		Mean	Std. Error	Samples	Measure 1 [*] 82g	Measure 2 [*] 458g	
Proximates:							
Water	g	92.03	0.205	30	75.46	421.50	50
Energy	kcal	26		0	21	119	14
Energy	kJ	109		0	89	499	59
Protein (N x 5.95)	g	1.02	0.037	5	0.84	4.67	
Total lipid (fat)	g	0.18	0.049	5	0.15	0.82	
Carbohydrate, by difference	g	6.07		0	4.98	27.80	3
Fiber, total dietary	g	2.5		0	2.0	11.4	1
Ash	g	0.71	0.125	6	0.58	3.25	
Sugars, total	g						
Minerals:							
Calcium	mg	7	1.193	7	6	32	3
Iron	mg	0.27	0.022	7	0.22	1.24	
Magnesium	mg	14	0.893	9	11	64	7
Phosphorus	mg	22	1.891	6	18	101	12
Potassium	mg	217	7.248	11	178	994	118
Sodium	mg	3	0.257	26	2	14	1
Zinc	mg	0.14	0.007	6	0.11	0.64	
Copper	mg	0.055	0.005	4	0.045	0.252	
Manganese	mg	0.130	0.009	5	0.107	0.595	
Selenium	• g	0.3	0.080	5	0.2	1.4	
Vitamins:							
Ascorbic acid	mg	1.7	0.231	25	1.4	7.8	
Thiamin	mg	0.052	0.010	5	0.043	0.238	
Riboflavin	mg	0.034	0.005	5	0.028	0.156	
Niacin	mg	0.598	0.017	5	0.490	2.739	
Pantothenic acid	mg	0.252	0.009	4	0.207	1.154	
Vitamin B-6	mg	0.084	0.003	5	0.069	0.385	
Folate	• g	19	2.038	7	16	87	10
Vitamin B-12	• g	0.00		0	0.00	0.00	
Vitamin A	IU	84	8.678	3	69	385	46
Vitamin A, RE	• g	8		0	7	37	4
Vitamin D	IU						
Vitamin E, • -TE	mg	0.030		0	0.025	0.137	
Lipids:							
Saturated, total	g	0.034		0	0.028	0.156	
4:0	g	0.000		0	0.000	0.000	
6:0	g	0.000		0	0.000	0.000	
8:0	g	0.000		0	0.000	0.000	
10:0	g	0.000		0	0.000	0.000	
12:0	g	0.000		0	0.000	0.000	
14:0	g	0.000		1	0.000	0.000	
15:0	g						
16:0	g	0.025		1	0.021	0.115	
17:0	g						
18:0	g	0.009		1	0.007	0.041	
20:0	g						
22:0	g						
24:0	g						

NDB No. 11953 Squash, zucchini, baby, raw
Cucurbita spp.

Refuse: 13% Ends

<u>Amount in 100 grams of edible portion</u>				<u>Amount in edible portion of common measures of food</u>			
Nutrients and units		Mean	Std. Error	Samples	Measure 1 [*] 16g	Measure 2 [*] 11g	Measure 3 [*] 8g
Proximates:							
Water	g	92.73	0.301	2	14.84	10.20	
Energy	kcal	21		0	3	2	
Energy	kJ	88		0	14	10	
Protein (N x 5.95)	g	2.71	0.225	2	0.43	0.30	
Total lipid (fat)	g	0.40	0.060	2	0.06	0.04	
Carbohydrate, by difference	g	3.10		0	0.50	0.34	
Fiber, total dietary	g	1.1		1	0.2	0.1	
Ash	g	1.05	0.050	2	0.17	0.12	
Sugars, total	g						
Minerals:							
Calcium	mg	21	1.800	2	3	2	
Iron	mg	0.79	0.000	1	0.13	0.09	
Magnesium	mg	33	4.800	2	5	4	
Phosphorus	mg	93	13.000	2	15	10	
Potassium	mg	459	17.500	2	73	50	
Sodium	mg	3	1.500	2	0	0	
Zinc	mg	0.83	0.044	2	0.13	0.09	
Copper	mg	0.097	0.005	2	0.016	0.011	
Manganese	mg	0.196	0.021	2	0.031	0.022	
Selenium	µg	0.3		0	0.0	0.0	
Vitamins:							
Ascorbic acid	mg	34.1	6.877	2	5.5	3.8	
Thiamin	mg	0.042	0.007	2	0.007	0.005	
Riboflavin	mg	0.036	0.007	2	0.006	0.004	
Niacin	mg	0.705	0.015	2	0.113	0.078	
Pantothenic acid	mg	0.367	0.059	2	0.059	0.040	
Vitamin B-6	mg	0.142	0.021	2	0.023	0.016	
Folate	µg	20	2.648	2	3	2	
Vitamin B-12	µg	0.00		0	0.00	0.00	
Vitamin A	IU	490		1	78	54	
Vitamin A, RE	µg	49		0	8	5	
Vitamin D	IU						
Vitamin E, α-TE	mg						
Lipids:							
Saturated, total	g	0.083		0	0.013	0.009	
4:0	g						
6:0	g						
8:0	g						
10:0	g						
12:0	g	0.003		1	0.000	0.000	
14:0	g						
15:0	g						
16:0	g	0.071		1	0.011	0.008	
17:0	g						
18:0	g	0.009		1	0.001	0.001	
20:0	g						
22:0	g						
24:0	g						

NDB No. 11861 Squash, summer, zucchini, includes skin, cooked, boiled, drained, with salt

Refuse: 0%

Nutrients and units	Amount in 100 grams of edible portion			Amount in edible portion of common measures of food		
	Mean	Std. Error	Samples	Measure 1 [*] 90g	Measure 2 [*] 120g	Measure
Proximates:						
Water	g	94.74	1	85.27	113.69	
Energy	kcal	16	0	14	19	
Energy	kJ	67	0	60	80	
Protein (N x 5.95)	g	0.64	1	0.58	0.77	
Total lipid (fat)	g	0.05	1	0.05	0.06	
Carbohydrate, by difference	g	3.93	0	3.54	4.72	
Fiber, total dietary	g	1.4	0	1.3	1.7	
Ash	g	0.64	1	0.58	0.77	
Sugars, total	g					
Minerals:						
Calcium	mg	13	1	12	16	
Iron	mg	0.35	1	0.31	0.42	
Magnesium	mg	22	1	20	26	
Phosphorus	mg	40	1	36	48	
Potassium	mg	253	1	228	304	
Sodium	mg	239	0	215	287	
Zinc	mg	0.18	1	0.16	0.22	
Copper	mg	0.086	0	0.077	0.103	
Manganese	mg	0.178	0	0.160	0.214	
Selenium	µg	0.2	0	0.2	0.2	
Vitamins:						
Ascorbic acid	mg	4.6	0	4.1	5.5	
Thiamin	mg	0.041	0	0.037	0.049	
Riboflavin	mg	0.041	0	0.037	0.049	
Niacin	mg	0.428	0	0.385	0.514	
Pantothenic acid	mg	0.114	0	0.103	0.137	
Vitamin B-6	mg	0.078	0	0.070	0.094	
Folate	µg	17	0	15	20	
Vitamin B-12	µg	0.00	0	0.00	0.00	
Vitamin A	IU	240	0	216	288	
Vitamin A, RE	µg	24	0	22	29	
Vitamin D	IU					
Vitamin E, α-TE	mg					
Lipids:						
Saturated, total	g	0.010	0	0.009	0.012	
4:0	g					
6:0	g					
8:0	g					
10:0	g					
12:0	g	0.000	0	0.000	0.000	
14:0	g	0.000	0	0.000	0.000	
15:0	g					
16:0	g	0.009	0	0.008	0.011	
17:0	g					
18:0	g	0.001	0	0.001	0.001	
20:0	g					
22:0	g					
24:0	g					

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΤΗΡΗΣΗΣ
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΚΑΙ
ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

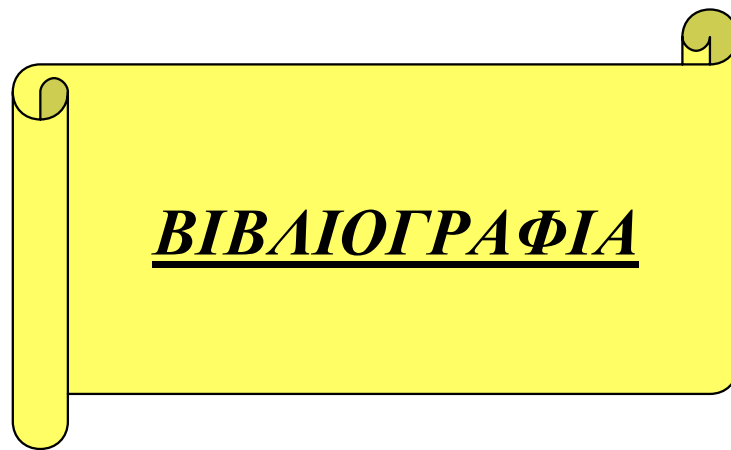
ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΗΜΑ GC-MS

ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΓΑΝΙΤΗΣ

ΜΕΛΙΤΖΑΝΑΣ ΜΕ

ΑΛΕΥΡΙ

ΣΧΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ
ΣΚΟΥΑΛΕΝΙΟΥ ΤΗΓΑΝΙΤΗΣ
ΜΕΛΙΤΖΑΝΑΣ ΜΕ
ΑΛΕΥΡΙ
ΜΕΣΩ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ
GC-MS



BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Mintel International Group. Adult snacks. Mintel International Group: London, 1995.
2. Bognar A. Comparative study of frying to other cooking techniques influence on the nutritive value. *Grassas Aceites* 1998;49:250-260.
3. Gertz C. Deep-fat frying - a never ending story? *Eur J Lipid Sci Technol* (Editorial) 2000;50:102 .
4. McSavage J, Trevisan S. The use and abuse of frying oil. *Food Serv Tecnol* 2001;1:85-92
5. Andrikopoulos NK, Dedoussis GVZ, Falirea A, Kalogeropoulos N, Hatzinikola HS. Deterioration of natural antioxidant species of vegetable edible oils during the domestic deep-frying and pan-frying of potatoes. *Int J Food Sci Nutr* 2002;53:351-363.
6. Vitrac O, Trystram G, Paolt - Wack A. Deep frying of food: transfer (heat and mass), Transformations and reactions inside the material. Third International Symposium on Deep Frying. Hagen Germany 2000.
7. Goburdhun D., Jhurree B. Effect of deep-fat frying on fat oxidation in soybean oil. *Int J Food Sci Nut* 1995;46:363-371.
8. Warner K. Impact of high-temperature food processing on fats and oils. In *Impact of processing on food safety* [Jackson LS, Knize MG, Morgan JN. Eds Plenum Publishers New York 1999;67-77.
9. Dobarganes C, Marquez-Ruiz G, Velasco J. Interactions between fat and food during deep-frying. *Eur J Lipid Sci Technol* 2000;102:521-528.
10. Bergmark E. Hemoglobin adducts of acrylamide and acrylonitrile in laboratory workers, smokers and nonsmokers. *Chem Res Toxicol* 1997;10:78-84.
12. Prior RL, Cao G. Antioxidant Capacity and Polyphenolic Components of Teas: Implications for Altering In vivo Antioxidant Status. *Soc Exper Biol Med* 1999;220(4):255-261.
13. Μπόσκου Δ. Χημεία Τροφίμων. Εκδόσεις Γαρταγάνη: Θεσσαλονίκη 1997.
14. Zhu N. Identification of reaction products of (-)-epigallocatechin, (-)-epigallocatechin gallate and Pyrogallol With 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl Radical. *Food Chem* 2001;73:345-349.
15. Γαλάρης, Δ, Δούλιας ΠΘ. Βιολογικά Αντιοξειδωτικά. *Χημικά Χρονικά* 2001; 2:49-50.
16. Ross JA, Kasum CM. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annu Rev Nutr* 2002;22:19-34.
17. Andrikopoulos NK, Tzamtzis VA, Giannopoulos GA, Kalantzopoulos GK & Demopoulos CA. Deterioration of some vegetable oils. I. During heating or frying of several foods. *Rev Fr Corps Gras* 1989;36:127-129.
18. Kirschenbauer HG. Fats and oils (an outline of their chemistry and technology). Reinhold Publishing Corporation New York 1960.
19. Κυριτσάκης ΑΚ. Το ελαιόλαδο. Αγροτικές Συνεταιριστικές Εκδόσεις Θεσσαλονίκη 1993.

20. Μπαλατσούρας ΓΔ. Σύγχρονη Ελαιοκομία [Το ελαιόδεντρο-το ελαιόλαδο-η επιτραπέζια ελιά]. Τόμος II Το ελαιόλαδο, Αφοι Φραγκούδη, Αθήνα 1997.
11. Krause Mendelson, M. Food, Nutrition and Diet Therapy. 10th ed in Mahan LK Escott-Stymp S(eds) USA WB Saunders Company 2000.
21. Ανδρικόπουλος ΝΚ. Οργανική Χημεία και Δομική Βιοχημεία. Τόμος II Εργαστηριακές ασκήσεις. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθήνα 1998.
22. Ανδρικόπουλος ΝΚ. Χημεία και Τεχνολογία Τροφίμων. Τόμος I Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Αθήνα 1998.
23. Keys A. Coronary heart disease in seven countries. *Circulation* 1970;44(1):1-211.
24. Willet WC, Sacks S, Trichopoulou A, Drescher G, Ferro-Luzzi A, Helsing E, Trichopoulos D. Mediterranean diet pyramid: A cultural model for healthy eating. *Am J Clin Nutr* 1995;61:1402S-1406S.
25. Mattson FH, Crundy SM. Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoprotein in man. *J Lipid Res* 1985;26:194-202.
26. Mensink RP, Katan MB. Effect of dietary fatty acids on serum lipids and lipoproteins. *Arterioscl Thromb* 1992;12:911-919.
27. Ruiz - Gutierrez V, Muriana FJG, Guerrero A, Cert AM, Villar J. Plasma lipids, erythrocyte membrane lipids and blood pressure of hypertensive women after ingestion of dietary oleic acid from different sources. *J Hypertens* 1996;14:1483-1490.
28. Visioli F, Bellomo G, Galli C, Low density lipoprotein oxidation is inhibited in vitro by olive oil constituents. *Atherosclerosis* 1995;117: 25-32.
29. Boskou D. Olive oil composition. In *Olive Oil. Chemistry and Technology*, ed. D Boskou Champaign, IL: AOCS Press 1996;52-83.
30. Kirck RS, Sawyer R. Pearson's composition and analysis of foods. Ninth Edition Longman, Edinburgh Gate 1991.
31. Tsimidou M, Papadopoulos G, Boskou D. Phenolic compounds and stability of virgin olive oil - Part I. *Food Chem* 1992;45:141-144.
32. Andrikopoulos NK, Demopoulos CA. Deterioration of some vegetable oils. II. After two years storage of fried and non fried samples. *Rev Fr Corps Gras* 1989;36:213-215.
33. Berry Ottaway P. The technology of vitamins in food. Blackie Academic and Professional, Glasgow 1993.
34. Trumbo P, Allison AY, Sandra S, Poos M. Dietary Reference Intake. *J Am Diet Assoc* 2001;101:294-301
35. Kiritsakis A, Markakis P. Olive oil: a review. *Adv Food Res* 1987;31:453-82:453-82.
36. Gutierrez F, Jimenez B, Ruiz A, Albi MA. Effect of olive ripeness on the oxidative stability of virgin olive oil extracted from the varieties picual and hojiblanca and on the different components involved. *J Agric Food Chem* 1999;47:121-127.
37. Psomiadou E, Tsimidou M, Boskou D. Alpha-tocopherol content of Greek virgin olive oils. *J Agric Food Chem* 2000;48:1770-1775.

39. Carmena R, Ascaso JF, Camejo G, Varela G, Camejo-Hurt E, Ordovas JM, Martinez-Vails J, Bergstom M, Wallin B. Effect of olive and sunflower oils on low density lipoprotein level, composition, size, oxidation and interaction with arterial proteoglycans. *Atherosclerosis* 1996;125:243-255.
40. Choudhury N, Tan L, Truswell AS. Comparison of palmolein and olive oil: effects on plasma lipids and vitamin E in young adults. *Am J Clin Nutr* 1995;61:1043-1051.
41. Choudhury N, McNeil Y, Truswell AS. Comparison of plasma lipids and vitamin E in young and middle-aged subjects on potato crisps fried in palmolein and highly oleic sunflower oil. *Annals Nut. Metabol* 1997;41:137-148.
42. Jha P, Flather M, Lonn E, Farkouh M, Yusuf S. The antioxidant vitamins and cardiovascular disease: a critical review of epidemiologic and clinical trial data. *Ann.Intern.Med* 1996; 124:934.
43. Stampfer MJ, Rimm EB. Epidemiologic evidence for vitamin E in prevention of cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* 1995;62:S1365-S1369.
44. Stephens NG, Parsons A, Schofield PM, Kelly F, Cheeseman KH, Mitchinson MJ. Randomised controlled trial of vitamin E in patients with coronary disease: Cambridge Heart Antioxidant Study (CHAOS). *Lancet* 1996;347:781-786.
45. Soprawivenza studio per grupo Italiano nell'infarto miocardico. Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI - Prevenzione trial. *Lancet* 1999;354:447-455.
46. Yusuf S, Dagenais G, Pogue J, Bosch J, Sleight P. Vitamin E supplementation and cardiovascular events in high-risk patients. The Heart Outcomes Prevention Evaluation Study Investigators. *N Engl J Med* 2000;20;342:154-160.
47. Steinberg D. Clinical trials of antioxidants in atherosclerosis - are we doing the right thing? *Lancet* 1995;346:36-38.
48. Pratico D, Tangirala RK, Rader DJ, Rokach J, FitzGerald GA. Vitamin E suppresses isoprostane generation in vivo and reduces atherosclerosis in ApoE-deficient mice. *Nat Med* 1998;4:1189-1192.
49. Terasawa Y, Ladha Z, Leonard SW. Increased atherosclerosis in hyperlipidemic mice deficient in alpha -tocopherol transfer protein and vitamin E. *Proc Natl Acad Sci USA* 2000;97:13830-13834.
50. Boscoboinik D, Szewczyk A, Hensey C, Azzi A. Inhibition of cell proliferation by alpha-tocopherol. Role of protein kinase C. *J Biol Chem* 1991 ;266:6188-6194.
51. Devaraj S, Li D, Jialal I. The effects of alpha tocopherol supplementation on monocyte function. Decreased lipid oxidation, interleukin 1 beta secretion, and monocyte adhesion to endothelium. *J Clin Invest* 1996;98:756-763.
52. Freedman JE, Farhat JH, Loscalzo J, Keaney JF. Alpha-tocopherol inhibits aggregation of human platelets by a protein kinase C- dependent mechanism. *Circulation* 1996;94:2434-2440.
54. Devaraj S, Jialal I. Alpha-tocopherol decreases interleukin-1 beta release from activated human monocytes by inhibition of 5- lipoxygenase. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1999;19:1125-1133.
53. Islam KN, Devaraj S, Jialal I. Alpha-Tocopherol enrichment of monocytes decreases agonist-induced adhesion to human endothelial cells. *Circulation* 1998;98:2255-2261.

55. Shklar G, Oh SK. Experimental basis for cancer prevention by vitamin E. *Cancer Invest* 2000;18:214-222.
56. Heinonen OP, Albanes D, Virtamo J. Prostate cancer and supplementation with alpha-tocopherol and beta-carotene: incidence and mortality in a controlled trial. *J Natl Cancer Inst* 1998;90:440-446.
57. Benner SE, Winn RJ, Lippman SM. Regression of oral leukoplakia with alpha-tocopherol: a community clinical oncology program chemoprevention study. *J Natl Cancer Inst* 1993;85:44-47.
38. Berger KG. Antioxidants, lipids, disease. *Inform SCI topic* 1994;5:304-306.
58. Blot WJ, Li JY, Taylor PR. Nutrition intervention trials in Linxian, China: supplementation with specific vitamin/mineral combinations, cancer incidence, and disease-specific mortality in the general population. *J Natl Cancer Inst* 1993;85:1483-1492.
59. Vazquez Roncero A, Les polyphenols de l'huile d'olive et leur influence sur les caractéristiques de l'huile. *Rev Fr Corps Gras* 1978;25:25-26.
61. Montedoro GF, Servili M, Baldioli M, Miniati E. Simple and hydrolysable phenolic compounds in virgin olive oil. Their extraction, separation and quantitative and semiquantitative evaluation by HPLC. *J Agric Food Chem* 1992;40:1571-1576.
62. Visioli F, Bellomo G, Galli C. Free Radical - Scavenging Properties of olive oil Polyphenols. *Biochem Biophys Res* 1998;247:60-64.
63. Papadopoulos GD. Antioxidant effect of natural phenols on olive oil. *J Am Oil Chem Soc* 1991;68:669-671.
64. Cinquanta L, Esti M, La Notte E. Evolution of phenolic compounds in virgin olive oil during storage. *J Am Oil Chem Soc* 1997; 74:1259-1263.
65. Owen RW, Mier W, Giacosa A, Hull WE, Spiegelhalder B, Bartsch H. Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids, lignans and squalene. *Food Chem Toxicol* 2000;38:647-659.
66. Brenes M, Garcia A, Garcia P, Rios JJ, Garrido A. Phenolic compounds in Spanish olive oils. *J Agric Food Chem* 1999;47:3535-3540.
67. Visioli F, Galli C. Oleuropein, the bitter principle of olives, enhances nitric oxide production by mouse macrophages. *Life Sci* 1998;62:541-546.
68. Visioli F, Galli C, Borset F. Olive oil phenolics are dose-dependently absorbed in humans. *FEBS Lett* 2000;468:159-160.
69. Manna C, Della Ragione F, Cucciola V, Borriello A, D' Angelo S, Galletti P, Zappia V. Biological effects of hydroxytyrosol a polyphenol from olive oil endowed with antioxidant activity. *Adv Exp Med Biol* 1999;472:115-138.
70. Petroni A, Blasevich M, Papini N, Salami M, Sala A, Galli C. Inhibition of leukocyte leukotriene B₄ production by an olive oil-derived phenol identified by mass-spectrometry. *Thromb Res* 1997;87:315-322.
71. Owen RW, Giacosa A, Haubner R, Wurtele G, Spiegelhalder B, Bartsch H. Olive-oil consumption and health: the possible role of antioxidants. *Lancet Oncol* 2000;1:107-112.

72. Owen RW, Giacosa A, Hull WE, Haubner R., Spiegelhalder B, Bartsch H. The antioxidant/anticancer potential of phenolic compounds isolated from olive oil. *Eur J Cancer* 2000;36:1235-1247.
73. Steinberg D, Parthasarathy S, Carew TE, Khoo JC, Witztum JL. N. Engl J. Med 1989;320:915-924.
74. Visioli F, Galli C. Oleuropein protects low density lipoprotein from oxidation. *Life Sci* 1994;55:1965-1971.
75. Grignaffini P, Roma P, Galli C, Catapano AL. Protection of low - density lipoprotein from oxidation by 3,4 - dihydroxyphenylethanol. *The Lancet* 1994;343:1296-1327.
76. Afanas IB, Dorozhko AI, Brodskii AV, Kostyuk VA, Potapovitch AI. Chelating and free radical scavenging mechanisms of inhibitory action of rutin and quercetin in lipid peroxidation. *Biochem Pharmacol* 1989;38:1763-1769.
77. Torel J, Cillard J, Cillard P. Antioxidant activity of flavonoids and reactivity with peroxy radicals. *Phytochemistry* 1986;25:383-390.
78. Husain SR, Cillard J, Cillard P. Hydroxyl radical scavenging activity of flavonoids. *Phytochemistry* 1987;26:2489-2498.
79. Caruso D, Berra B, Giavarini F, Cortesi N, Fedeli E, Galli G. Effect of virgin olive oil phenolic compounds on in vitro oxidation of human low density lipoproteins. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 1999;9:102-107.
60. Gurtfinger T, Polyphenols in-olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 1981;58:966-968.
81. Bonanome A, Pagnan A, Caruso D. Evidence of postprandial absorption of olive oil phenols in humans. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2000;10:111-120.
82. Manna C, Galletti P, Cucciolla V, Moltedo O, Leone A, Zappia V. The protective effect of the olive oil polyphenol (3,4-dihydroxyphenyl)- ethanol counteracts reactive oxygen metabolite-induced cytotoxicity in Caco-2 cells. *J Nutr* 1997; 127:286-292.
83. Deiana M, Aruoma OL, Bianchi ML. Inhibition of peroxynitrite dependent DNA base modification and tyrosine nitration by the extra virgin olive oil-derived antioxidant hydroxytyrosol. *Free Radic Biol Med* 1999;26:762-769.
80. Masella R, Cantafora A, Modesti D. Antioxidant activity of 3,4-DHPEA-EA and protocatechuic acid: a comparative assessment with other olive oil biophenols. *Redox Rep* 1999;4:113-121.
84. Mehta J, Dimerman J, Mehta P, Saldeen TG, Lawson D, Donnelly WH, Wallin R. Neutrophil function in ischaemic heart disease. *Circulation* 1989;79:549-556.
85. Ricevuti G, de Servi S, Mazzone A, Andoli L, Chio S, Specchia G. Increased neutrophil aggregability in coronary artery disease. *Eur Heart J* 1990;11: 814-818.
86. Ricevuti G, Mazzone A, Mazzucchelli I, Fossati G, Pasotti D, Cavigliano P, Rolandi L, Viarengo G, Rossi M, Notario A. Phagocyte activation in coronary artery disease. *Microbiol Immunol* 1992;5:271-278.
87. Mullane KM. Myocardial ischemia - reperfusion injury: role of neutrophils and neutrophil derived mediators. In *Human Inflammatory Disease Clinical Immunology* G Marone et al (eds) Decker Inc Philadelphia 1988;143-160.

88. Kraemer R, Mullane KM. Neutrophils delay functional recovery of the post - hypoxic heart of the rabbit. *J Pharm Exp Ther* 1989;251:620-626.
89. Samuelsson B, Dahlen SV, Lindren JA, Rouzer CA, Serhan CN. Leukotrienes and lipoxins: structures, biosynthesis, and biological effects. *Science* 1987;237:1171-1176.
90. Laughton MJ, Evans PJ, Moroney MA, Hoult JRS and Halliwell B, Inhibition of mammalian 5 - lipoxygenase and cyclooxygenase by flavonoids and phenolic dietary additives. Relationship to antioxidant activity and to iron – reducing ability. *Biochem Pharmacol* 1991;42:1673-1681.
91. Paya M, Halliwell B, Hoult JRS. Interactions of a series of coumarins with reactive oxygen species. Scavenging of super - oxide, hypochlorous acid and hydroxyl radicals. *Biochem Pharmacol* 1992;44:205-214.
92. Hoult JRS, Forder RA, de las Heras B, Lobo IB, Paya M, Inhibitory activity of a series of coumarins on leukocyte eicosanoid generation. *Agents Actions* 1994;42:44-49.
93. de la Puerta R, Ruiz Gutierrez V, Hoult JR. Inhibition of leukocyte 5- lipoxygenase by phenolics from virgin olive oil. *Biochem Pharmacol* 1999;57:445-449.
94. Kohyama N, Nagata T, Fujimoto S, Sekiya K. Inhibition of arachidonate lipoxygenase activities by 2-(3,4-dihydroxyphenyl) ethanol, a phenolic compound from olives. *Biosci Biotechnol Biochem* 1997;61:347-350.
95. Petroni A, Blasevich M, Salami M, Papini N, Montedoro GF, Galli C. Inhibition of platelet aggregation and eicosanoid production by phenolic components of olive oil. *Thromb Res* 1995;78:151-160.
96. Laranjinha J, Vieira O, Madeira V. Two related phenolic Antioxidants with opposite effects on Vitamin E content in low density lipoproteins oxidised by ferrylmyoglobin. *Arch biochem biophys* 1995;323:373-381.
97. Murray M. Mechanisms and significance of inhibitory drug interactions involving cytochrome P 450 enzymes. (Review) *Int J Mol Med* 1999;3:227-238.
98. Guengerich, PP, Shimada T, Yun CH, Yamazaki H, Raney KD, Their R, Coles B, Harriw TM. Interactions of ingested food, beverage and tobacco components involving human cytochrome P450 1A2, 2A6, 2E1 and 3A4 enzymes. *Environ Health Perspect* 1994;102(9):49-53.
99. Kupferschmidt HH, Ha HR, Ziegler WH, Meier PJ, Krahenbhl S. Interaction between grapefruit juice and midazolam in humans. *Clin Pharmacol Ther* 1995;58:20-28.
100. Waxman DJ, Ko A, Walsh C. Regioselectivity and stereoselectivity of androgen hydroxylations catalyzed by cytochrome P-450 isozymes purified from phenobarbital - induced rat liver. *J Biol Chem* 1983;258:11937-11947.
101. Stupans I, Stretch G. Olive oil phenols inhibit human Hepatic Microsomal Activity. *J Nutr* 2000;130:2367-2370.
102. Kelly GS. Squalene and its potential clinical uses. (Review) *Altern Med Rev* 1999;4:29-36.
103. Bargossi AM, Battino M, Gaddi A. Exogenous CoQ10 preserves plasma ubiquinone levels in patients treated with 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase inhibitors. *Int J Clin Lab Res* 1994;24:171-176.

104. Laaksonen R, Ojala IP, Tikkanen MJ, Himberg JJ. Serum ubiquinone concentrations after short- and long-term treatment with HMG-CoA reductase inhibitors. *Eur J Clin Pharmacol* 1994;46:313-317.
105. Smith TJ. Squalene: potential chemopreventive agent. *Expert Opin Investig Drugs* 2000;9:1841-1848.
106. Gylling H, Miettinen TA. Postabsorptive metabolism of dietary squalene. *Atheroscler* 1994;106:169-178.
107. Strandberg TE, Tilvis RS, Miettinen TA. Metabolic variables of cholesterol during squalene feeding in humans: comparison with cholestyramine treatment. *Eur J Lipid Sci Technol* 1990;31:1637-1643.
108. Tilvis R, Kovanen PT, Miettinen TA. Metabolism of squalene in human fat cells. Demonstration of a two-pool system. *J Biol Chem* 1982;257:10300-10305.
109. Miettinen TA, Vanhanen H. Serum concentration and metabolism of cholesterol during rapeseed oil and squalene feeding. *Am J Clin Nutr* 1994;59:356-363.
110. Chan P, Tomlinson B, Lee CB, Lee YS. Effectiveness and safety of low-dose pravastatin and squalene, alone and in combination, in elderly patients with hypercholesterolemia. *J Clin Pharmacol* 1996;36:422-427.
111. Newmark HL. Squalene, olive oil, and cancer risk. Review and hypothesis. *Ann NY Acad Sci* 1999;889:193-203.
112. Martin-Moreno JM, Willett WC, Gorgojo L. Dietary fat, olive oil intake and breast cancer risk. *Int J Cancer* 1994;58:774-780.
113. Landa MC, Frago N, Tres A. Diet and the risk of breast cancer in Spain. *Eur J Cancer Prev* 1994;3:313-320.
114. Trichopoulou A, Katsouyanni K, Sruver S. Consumption of olive oil and specific food groups in relation to breast cancer risk in Greece. *J Natl Cancer Inst* 1995;87:110-116.
115. Franceschi S, Favero A, Decarli A. Intake of macronutrients and risk of breast cancer. *Lancet* 1996;347:1351-1356.
116. La Vecchia C, Negri E. Fats in seasoning and the relationship to pancreatic cancer. *Eur J Cancer Prev* 1997;6:370-373.
117. Rao CV, Newmark HL, Reddy BS. Chemopreventive effect of squalene on colon cancer. *Carcinogenesis* 1998;19:287-290.
118. Van Duuren BL, Goldschmidt BM. Cocarcinogenic and tumor-promoting agents in tobacco carcinogenesis. *J Natl Cancer Inst* 1976;56:1237-1242.
119. Yamaguchi T, Nakagawa M, Hidaka K. Potentiation by squalene of antitumor effect of 3-[(4-amino-2-methyl-5-pyrimidinyl)methyl]-l-(2-chloroethyl)-nitrosourea in a murine tumor system. *Japan J Cancer Res* 1985;76:1021-1026.
120. Smith TJ, Yang GY, Seril DN, Liao J, Kim S. Inhibition of 4-(methylnitrosamino)-l-(3-pyridyl)-l-butanone-induced lung tumorigenesis by dietary olive oil and squalene. *Carcinogenesis* 1998; 19:703-706.

121. Smith TJ, Kim S, Lee M J, Yang GY, Newmark HL, Yang CS. Inhibition of 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK)-induced lung tumorigenesis and DNA oxidation by dietary squalene. *Proceedings of the American Association for Cancer Research Ref Type: Journal (Full)* 1999;40:262.
122. Kohno Y, Egawa Y, Itoh S, Nagaoka S, Takahashi M, Mukai K. Kinetic study of quenching reaction of singlet oxygen and scavenging reaction of free radical by squalene in n-butanol. *Biochim Biophys Acta* 1995; 1256:52-56.
123. Saint-Leger D, Bague A, Cohen E, Chivot M. A possible role for squalene in the pathogenesis of acne. I. In vitro study of squalene oxidation. *Br J Dermatol* 1986;14:535-542.
124. Fliesler SJ, Keller RK. Isoprenoid metabolism in the vertebrate retina. *Int J Biochem Cell Biol* 1997;29:877-894.
125. Richter E, Fichtl B, Schafer SG. Effects of dietary paraffin, squalane and sucrose polyester on residue disposition and elimination of hexachlorobenzene in rats. *Chem Biol Interact* 1982;40:335-344.
126. Richter E, Schafer SG. Effect of squalane on hexachlorobenzene (HCB) concentrations in tissues of mice. *J Environ Sci Health* 1982;17:195-203.
127. Richter E, Schafer SO. The effect of squalene on the absorption of dietary cholesterol by the rat. *Res Exp Med* 1982;180:189-191.
128. Kamimura H, Koga N, Oguri K, Yoshimura H. Enhanced elimination of theophylline, phenobarbital and strychnine from the bodies of rats and mice by squalene treatment. *J Pharmacobiodyn* 1992;15:215-221.
129. Jones PJ, MacDougall DE, Ntanios F, Vanstone CA. Dietary phytosterols as cholesterol-lowering agents in humans. *Can J Physiol Pharmacol* 1997;75:217-27.
130. Patterson HBW. Handling and storage of oilseeds, oils, fats and meal. Elsevier applied science London 1989.
131. Law MR. Plant sterol and stanol margarines and health. *West J Med* 2000;173:43-47.
132. Plat J, Kerckhoffs DA, Mensink RP. Therapeutic potential of plant sterols and stanols. *Curr Opin Lipidol* 2000;1:571-576.
133. Pelletier X, Belbraouet S, Mirabel D. A diet moderately enriched in phytosterols lowers plasma cholesterol concentrations in normocholesterolemic humans. *Ann Nutr Metab* 1995;39:291-295.
134. Von Holtz RL, Fink CS, Awad AB. Beta-Sitosterol activates the sphingomyelin cycle and induces apoptosis in LNCaP human prostate cancer cells. *Nutr Cancer* 1998;32:8-12.
135. Klippel KF, Hiltl DM, Schipp B. A multicentric, placebo-controlled, double-blind clinical trial of beta-sitosterol (phytosterol) for the treatment of benign prostatic hyperplasia. German BPH-Phyto Study group. *Br J Urol* 1997;80:427-432.
136. Wilt TJ, MacDonald R, Ishani A. Beta-sitosterol for the treatment of benign prostatic hyperplasia: a systematic review. *BJU Int* 1999;83:976-983.

137. Awad AB, Chen YC, Fink CS, Hennessey T. Beta-sitosterol inhibits HT-29 human colon cancer cell growth and alters membrane lipids. *Anticancer Res* 1996;16:2797-2804.
138. Awad AB, von Holtz RL, Cone JP, Fink CS, Chen YC. Beta-sitosterol inhibits growth of HT-29 human colon cancer cells by activating the sphingomyelin cycle. *Anticancer Res* 1998;18:471-473.
139. Awad AB, Downie AC, Fink CS. Inhibition of growth and stimulation of apoptosis by beta-sitosterol treatment of MDA-MB-231 human breast cancer cells in culture. *Int J Mol Med* 2000;5:541-545.
140. Raicht RF, Cohen BI, Fazzini EP, Sarwal AN, Takahashi M. Protective effect of plant sterols against chemically induced colon tumors in rats. *Cancer Res* 1980;40:403-405.
141. de Stefani E, Boffetta P, Ronco AL. Plant sterols and risk of stomach cancer: a case-control study in Uruguay. *Nutr Cancer* 2000;37:140-144.
142. Nair PP, Turjman N, Kessie G. Diet, nutrition intake, and metabolism in populations at high and low risk for colon cancer. Dietary cholesterol, beta-sitosterol, and stigmasterol. *Am J Clin Nutr* 1984;40:927-930.
143. Kubo A, Lunde CS, Kubo I. Antimicrobial activity of the olive oil flavor compounds. *J Agric Food Chem* 1995;43:1629-1633.
144. Baldioli M, Servili M, Perretti G, Montedoro GF. Antioxidant activity of tocopherols and phenolic compounds of virgin olive oil. *JAOCs* 1996;73:1589-1593.
145. Aparicio R, Roda L, Albi MA, Gutierrez F. Effect of various compounds on virgin olive oil stability measured by Rancimat. *J Agric Food Chem* 1999;47:4150-4155.
147. Papadopoulos G, Boskou D. Antioxidant effect of natural phenols on olive oil. *Food Chem Toxicol* 1991;68:669-671.
146. Psomiadou E, Tsimidou M. Stability of virgin olive oil. 1. Autoxidation studies. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50,716-721. Psomiadou E & Tsimidou M (2002b): Stability of virgin olive oil. 2. Photo-oxidation. *J Agric Food Chem* 2002;50:722-727.
148. Jensen B. Food that heal. Ed Dioptra London 1998:26-88.
149. Mindell E. Foods as medicine. Ed Pataki, New York 2002:47-96.
150. Carper J. The food pharmacy. Ed Modern Times, New York 2004:37-63.
151. Fillion L, Henry CJK. Nutrient losses and gains during frying: a review. *Int Journal Food Sci Nutr* 1998;49:157-168.
152. de la Puerta R, Martinez-Dominguez E, Ruiz-Gutierrez V. Effect of minor components of virgin olive oil on topical anti-inflammatory assays. *Z Naturforsch* 2000;55:814-819.
153. Van de Vijver LPL, Kardinaal AFM, Couet C, Aro A, Kafatos A, Steingrimsdottir L, Amorin Cruz JA, Moreiras O, Becker W, Van Amelsvoort, Vidal-Jessel S, Salminen I, Moschanreas J, Sigfusson N, Martins I, Carbajal A, Ytterfors A, Van Poppel G. Association between trans fatty acid intake and cardiovascular risk factors in Europe: the TRANSFAIR study. *Eur J Clin Nutr* 2000;54:126-135.

154. Tyagi VK, Vasishtha AK. Changes characteristics and composition of oils during de frying. *J Am Oil Chem Soc* 1996;73(4):449-506.
155. Carlson BI, Tabacchi MH. Frying oil deterioration and vitamin loss during food service operation. *J Food Sci* 1986;51(1):218-221, 230.
156. Gordon MH, Kounmska L. Effect of antioxidants on losses of tocopherols during deep-fat trying. *Food Chem* 1995;52(2):175-177.
157. Califano AN, Carvello G. Thermal conductivity of potato between 50 and 100 C. *J Food Sci* 1999;56(2):586-589
158. Murphy EW, Cunner PE, Gray BC. Compare, methods for calculating retentions of nutrients in the foods. *A J Fil Chem* 1975;23(6):1153-1157.
159. Gall KL, Orwell JA, Koburger JA, Appledorf H. Effects of Four Cooking Methods on the Proximate Mineral and Fatty Acid Composition of Fish Fillets. *J Food Sci* 1983;48:1068-1074.
160. Moreiras-Varela O, Ruiz-Roso B, Varela G. Influence of the CFR (cooking-freezing-reheating) system on the nutritive quality of food protein. In *Thermal Processing and Quality of Foods*. ed P Zeuthen el al London Elsevier Applied Science 1984;399-902.
161. Moreiras-Varela O, Ruiz-Roso B, Varela G. Effects of trying on the nutntive value of food. In *Frying of Food Principles Changes Mew Appmai-hei eds G V AE Bender & ID Morton* 1988;93-102.
162. Varela G. "Current facts about the frying of food", in "Frying of Food". ed. G Varela, AE Bender, ID Morton, Ellis Horwood Chichester 1988;9-25.
163. Varela G. Frying Food in Olive Oil. *International olive oil council Madrid* 1994;16-17.
164. Bergstrom L. Nutrient Losses and Gains in the Preparation of Food. *EUROFOOD-ENFANT Project.. National Food Administration Uppsala* 1995;9.
165. Pedreschi F, Aguilera JM, Pyle L. Textural characterization and kinetics of potato strips during frying. *J Food Sci* 2001;66(2):314-318.
166. McDonough C, Gomez MH, Lee JK, Waniska RD, Rooney LW. Enviromental scanning electron microscopy evaluation of tortilla chip microstructure during deep fat frying. *Food Sci* 1993;58:199-203.
167. Moreira RG, Sun X, Chen Y. Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep fat frying. *J Food Engineer* 1997;31(4):485-498.
168. Varela G, Ruiz-Roso B. Some effects of deep-frying on dietary fat intake. *Nutr Rev* 1992;50:256-262.
169. Makinson JH, Greenfield ML, Wong ML, Wills RBH. Fat uptake during deep-fat frying of coated and uncoated foods. *J Food Comp Anal* 1987;93-101.
170. Irmiter TF, Aldrich PJ, Funk K. Rate of temperature rise, physical and chemical properties of ground beef cylinders fabricated from selected muscles of the round. *Food Technol* 1967;21(5):95-99.
171. Mai J, Shimp J, Weihrauch J, Kinsella JE. Lipid of fish fillets: changes following cooking by different methods. *J Food Sci* 1978;43:1669-1674.
172. Jorge N, Marquez-Ruiz G, Martin-Polvillo M, Ruiz-Mendez MV, Dobarganes MC. Influence of dimethylpo-lysiloxane addition to frying oils. *Performance of sun-*

flower oil in discontinuous and continuous laboratory frying. *Gracas Aceites* 1996;47:20-25.

173. Elmadfa I, Wagner KH. Fat and nutrition. In *Frying of Food*, eds D Boskou & I Elmadfa, Lancaster PA: Technomics Publishing 1999:1-24.

174. Greenfield H, Makinson J, Wills RBH. Lipids in French fries a retail and laboratory study. *J Food Technol* 1984;19(2):239-245.

175. Perez-Camino MC, Marquez-Ruiz G, Ruiz-Mendez N, Dobarsanes VIC. Lipid changes during fryi frozen prefried foods. *Food Sci* 1990;56(6):1644-1650.

177. Hubbard WD, Prosser AR, Sheppard AJ, Newkirk DR, Osgood T, Tombropoulos E, Jones ST. Individual lipids and proximate analysis of various foods - French fried potatoes from ten chain restaurants. *J Agric Food Chem* 1997;25(6):1280-1281.

176. Sebedio J-L, Bonpunt A, Grandgirard A, Prevost J. 1 Deep-fat frying of frozen prefried French fries: influence of the amount of linolenic acid in the frying. *Anal Food Chem* 38(9):1862-1867.

178. Tooley PJ, Lawrie RA. Effect of deep-fat fryi the availability of lysine in fish fillets. *J Food Technol* 1974;247-253.

179. Gillatt PN, Rosseti JB. Interactions of endused lipids and proteins. In *Advanced lipid research*, ed PB Padley London JAP Press 1992;1:65-118.

180. Varo P, Veijalainen K, Koivistoinen P. Effect of heat treatment on the dietary fibre contents of potato and tomato. *J Food Technol* 1984;19:485-492.

182. Thed ST, Phillips RD. Changes of dietary fibre starch composition of processed potato products on domestic cooking. *Food Chem* 1995;52(3):301-304.

183. Saguy SI, Dana D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *J Food Engineer* 2003;56:143-152.

184. Brubacher, G. Vitamin Change in Frying Food. In: *Frying of Food*. ed. G. Varela, A.E. Bender, I.D. Morton Ellis Norwood, Chichester 1988;103-111.

185. Augustin J, Maroused GL, Artz WT, Swanson BG. Retention of some water soluble vitamins during home preparation of commercially frozen potato products. *Food Sci* 1981;46(6):1677-1700.

186. Keller C, Escher F, Solms S. Nutrient retention in deep-fat frying - case study on French fried potatoes. *Mitt Gebiete Lebensm Hyg* 1989;81:68-81.

187. Boushell R, Petter NN. Effect of soaking blancting conditions on vitamin C losses and other properties of frazen French fried potatoes. *J Food Sci* 1980;45:1209-1213.

188. Eheart MS, Gott C. Chlorophyll, ascorbic acid and pH changes in green vegetables cooked by stir-fry, microwave and conventional methods and a comparison of chloroplyll methods. *Foods Technol* 1965;19(5):185-188.

189. Bognar A. Bestimmung von Vitamin C in Lebensmitteln mittels Hochleistungs - Flüssigchromatographie (HPLC). *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 1988;84:73-76.

190. Bognar A. Studies on Influence of Cooking on the Vitamin B Content of Food. In: *Bioavailability '93 Proceedings Part 2*. Ed. Schlummer, U, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe 1993;346-351.

191. Zobel M. Das Verhalten von Vitamin Be bei der industriellen und kuchenma Bigen Verarbeitung von Lebensmitteln. *Emahrung/Nutrition* 1990; 14 517-522, 595-603, 664-671.

192. Speek J, Speek-Saichua S, Schreurs WHP. Carotenoid and beta-carotene contents of Thai vege and the effect of processing. *Food Chem* 1988;245-257.
193. Padmavati K, Udipi SA, Rao M. Effect of different cooking methods on beta-carotene content of vegetables. *J Food Sci Technol* 1992;29(3):137-140
194. Andrikopoulos NK, Hassapidou MN, Manoukas AG. The tocopherol content of Greek olive oils. *J Sci Food Agric* 1989;46:503-509.
195. Holland B, Welch AA, Unwin ID, Buss DH, Paul AA, Southgate DAT. The composition of foods. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry 1991;10-21.
196. Finglas PM, Faulks RM. Nutritional composition of UK retail potatoes both raw and cooked. *J Sci Food* 1984;35(2):1347-1356.
197. Andrikopoulos NK, Kalogeropoulos N, Falirea A, Barbogianni MN. Performance of virgin olive oil and vegetable shortening during domestic deep-frying and pan-frying of potatoes. *Int J Food Sci Technol* 2002;37:177-190.
198. Kalogeropoulos N, Andrikopoulos NK. Squalene in oils and fats from domestic and commercial fryings of potatoes. *Int J Food Sci Nutr* 2003;00:0,1-5.
199. Lenart E, Willett W, Kyritsakis A. Nutritional and health aspects of olive oil. In *olive Oil: From tree to the table*, ed Kyritsakis A Trumbull CT Food & Nutrition Press 1998;229-322.
181. Asp NG, Bior A. Resistant starch. *Trends Food Sci Technol* 1992;3(5):111-114.
200. Beddows CG, Jagait C, Kelly MJ. Preservation of alpha-tocopherol in sunflower oil by herbs and spices. *Int J Food Sci Nutr* 2000;51:327-329.
201. Lionis C, Faresjo A, Suoula M, Kapsokefalou M, Faresjo T. Antioxidant effects of herbs in Creta. *Eur J Cancer Prev* 1998;352:1987-1988.
202. Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Med Sci* 1959;37(8):911-917.
203. Ανδρικόπουλος ΝΚ. Χημεία και τεχνολογία τροφίμων, Τόμος ΙΙ, εργαστηριακές ασκήσεις. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Αθήνα 1999.