

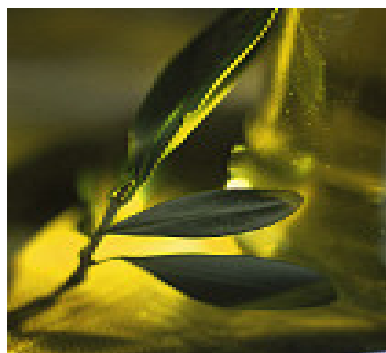


ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ – ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ – ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Ιωάννα Ντάλλα

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΑΠΟ ΦΥΤΙΚΑ
ΤΡΟΦΙΜΑ ΤΗΓΑΝΙΣΜΕΝΑ ΣΕ ΕΛΑΙΑ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΑ
ΜΕ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ**



Επιβλέπουσα καθηγήτρια:
Αντωνία Χίου

Τριμελής επιτροπή:
Αντωνία Χίου, Λέκτορας
Νικόλαος Καλογερόπουλος, ΠΔ 407
Γεώργιος Μπόσκου, Λέκτορας

Αθήνα, Ιούνιος 2006

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή μελέτη εκπονήθηκε από την φοιτήτρια Ντάλλα Ιωάννα του Τμήματος Επιστήμης Διατροφής και Διαιτολογίας στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Το πειραματικό μέρος της μελέτης πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Χημείας - Φυσικοχημείας - Βιοχημείας Τροφίμων κατά το ακαδημαϊκό έτος 2005 – 2006 υπό την επίβλεψη της Λέκτορος Αντωνίας Χίου.

Στην δρ. Αντωνία Χίου οφείλω τις θερμές μου ευχαριστίες για την καθοδήγηση και την υποστήριξη της καθ' όλη την διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας πτυχιακής καθώς επίσης και για το αμείωτο ενδιαφέρον και την συμπαράσταση της τόσο κατά την εκτέλεση του πειραματικού μέρους όσο και κατά την συγγραφή της μελέτης.

Ευχαριστώ τον δρ. Νικόλαο Καλογερόπουλο για τον χρόνο που μου αφιέρωσε και για το ενδιαφέρον που επέδειξε τόσο κατά την εκτέλεση του πειραματικού μέρους όσο και για την διόρθωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Ακόμη, ευχαριστίες οφείλω να απευθύνω στον δρ. Μπόσκου Γεώργιο (μέλος της τριμελούς επιτροπής της εργασίας αυτής).

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στην Φωτεινή Σάλτα όχι μόνο για την αδιάκοπη καθοδήγηση, υποστήριξη και βοήθεια κατά την πραγματοποίηση του πειραματικού μέρους και την διόρθωση της παρούσας πτυχιακής, αλλά και για το αμείωτο ενδιαφέρον, την συμπαράσταση και την ανυπολόγιστη ηθική υποστήριξη που επέδειξε στο πρόσωπό μου κατά τη διάρκεια όλου του έτους.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Αγγελική Κουντούρη, τον Γιάννη Μουρτζίνο, την Μαργαρίτα Χρηστέα και την Γιώτα Ευσταθίου για την βοήθεια και την συμβολή τους στην ολοκλήρωση της μελέτης αυτής.

Τέλος, ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στον κύριο Ανδρικόπουλο για την ευκαιρία που μου έδωσε να αποτελέσω μέρος του δυναμικού του εργαστηρίου για την χρονιά αυτή και να συνεργαστώ με τον πιο εποικοδομητικό τρόπο με τα μέλη του. Ακόμη, οφείλω να ευχαριστήσω το Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο για την διάθεση του εργαστηριακού χώρου και την παραχώρηση των οργάνων για την πραγματοποίηση του πειραματικού μέρους καθώς και τους συμφοιτητές μου που κατά τη διάρκεια της χρονιάς εργαζόντουσαν επίσης στο εργαστήριο.

Σκοπός της παρούσας Πτυχιακής Μελέτης

Τα τηγανητά τρόφιμα, και ιδιαίτερα οι τηγανητές πατάτες, είναι εξαιρετικά δημοφιλή στον πληθυσμό κυρίως λόγω των μοναδικών γευστικών χαρακτηριστικών τους. Βέβαια, το τηγάνισμα, συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους μαγειρέματος έχει κακή φήμη από διατροφικής απόψεως. Οι περισσότερες μελέτες που αφορούν στο τηγάνισμα εστιάζουν κυρίως στις μεταβολές που παρατηρούνται στη σύσταση του ελαίου τηγανίσματος και των μικροσυστατικών του και όχι στις μεταβολές που σημειώνονται στο τηγανισμένο τρόφιμο, το οποίο είναι και το προϊόν που στην πραγματικότητα καταναλώνεται. Για το τηγάνισμα χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο διάφορα σπορέλαια, ενώ στις μεσογειακές χώρες χρησιμοποιείται επιπλέον και το ελαιόλαδο. Η υψηλή βιολογική αξία του παρθένου ελαιολάδου έγκειται και στην υψηλή περιεκτικότητά του σε πολυφαινόλες. Πληθώρα πειραματικών και επιδημιολογικών ερευνών υποστηρίζουν το ρόλο αυτών των ισχυρών αντιοξειδωτικών στην πρόληψη καρδιαγγειακών ασθενειών, διαφόρων μορφών καρκίνου, εκφυλιστικών ασθενειών διαβήτη και οστεοπόρωσης.

Για τους παραπάνω λόγους, θεωρήθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν για την προετοιμασία τηγανισμένων πατατών – ενός ιδιαίτερα δημοφιλούς τροφίμου – φυτικά έλαια εμπλουτισμένα με πολυφαινόλες (εκχύλισμα φύλλων ελιάς) σε διάφορες συγκεντρώσεις. Τα έλαια που επιλέχθηκαν ήταν κοινό ελαιόλαδο, ηλιέλαιο και φοινικέλαιο.

Στόχος αυτής της μελέτης ήταν η διερεύνηση του κατά πόσον η αυξημένη συγκέντρωση πολυφαινολών στο έλαιο τηγανίσματος επιδρά στο πολυφαινολικό περιεχόμενο του τηγανισμένου τροφίμου, και κατά συνέπεια οδηγεί στην αυξημένη διαιτητική πρόσληψη αντιοξειδωτικών μετά την κατανάλωση του. Παράλληλα, μελετήθηκε η επίδραση της διαδικασίας του τηγανίσματος στο πολυφαινολικό περιεχόμενο των τηγανισμένων ελαίων και η κατανομή των πολυφαινολών μεταξύ ελαίου τηγανίσματος και απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου.

Περίληψη

Το τηγάνισμα είναι μία δημοφιλής, εύκολη και γρήγορη μέθοδος παρασκευής φαγητού. Για το τηγάνισμα χρησιμοποιούνται διάφορα σπορέλαια και ελαιόλαδο. Τα περισσότερα σπορέλαια είναι πλούσια σε βιταμίνη Ε ενώ το ελαιόλαδο περιέχει επιπλέον πολυφαινολικά συστατικά, τα οποία εμφανίζουν αντιοξειδωτική δράση. Η σημασία των αντιοξειδωτικών ουσιών τόσο για την προστασία του ελαίου τηγανίσματος από αποικοδόμηση όσο και η ευεργετική επίδραση τους στην υγεία έχει αποδειχθεί από σειρά ερευνητικών μελετών.

Στην παρούσα μελέτη τηγανίστηκε ένα από τα δημοφιλέστερα τρόφιμα που καταναλώνονται τηγανισμένα, η πατάτα, σε τρία διαφορετικά έλαια εμπορίου (ελαιόλαδο, ηλιέλαιο, φοινικέλαιο) τα οποία είχαν προηγουμένως εμπλουτιστεί με εκχύλισμα φύλλων ελιάς πλούσιο σε πολυφαινόλες σε δύο διαφορετικές συγκεντρώσεις. Συγκεκριμένα στα έλαια αυτά προστέθηκε εκχύλισμα φύλλων ελιάς που να αντιστοιχεί στην προσθήκη (α) 100 mg/Kg ελαίου και (β) 200 mg/Kg ελαίου ολικών πολυφαινολών, όπως προσδιορίστηκε από τη μέθοδο Folin-Ciocalteu. Για σύγκριση έγιναν επί πλέον τηγανίσματα και στα μη εμπλουτισμένα έλαια.

Στόχος αυτής της μελέτης ήταν η διερεύνηση του κατά πόσον η αυξημένη συγκέντρωση πολυφαινολών στα έλαια τηγανίσματος αντανάκλαται στο πολυφαινολικό περιεχόμενο του τηγανισμένου τροφίμου, ενώ παράλληλα μελετήθηκε η επίδραση της διαδικασίας του τηγανίσματος στο πολυφαινολικό περιεχόμενο των τηγανισμένων ελαίων και η κατανομή των πολυφαινολών μεταξύ ελαίου τηγανίσματος και απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου.

Οι προσδιορισμοί που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν τόσο στον προσδιορισμό του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου (αντίδραση Folin – Ciocalteu) του ελαίου και του τροφίμου όσο και στον προσδιορισμό των επιμέρους πολυφαινολών (έλαβε χώρα προσδιορισμός ολεωρωπαΐνης με χρωματογραφία HPLC, 25 πολυφαινολών - στόχων και 3 υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων με χρωματογραφία GC / MS). Για την παραλαβή των περιεχόμενων πολυφαινολών του ελαίου και του τροφίμου έλαβε χώρα εκχύλιση με μεθανόλη.

Στα μη εμπλουτισμένα έλαια τηγανίσματος και τα αντίστοιχα τρόφιμα ανιχνεύθηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν 7 - 14 και 10 -12 πολυφαινολικά συστατικά, αντίστοιχα. Στα εμπλουτισμένα έλαια τηγανίσματος και τα αντίστοιχα τρόφιμα ανιχνεύθηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν 13 - 18 και 13 - 17 πολυφαινολικά συστατικά, αντίστοιχα. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στις πολυφαινόλες που προέρχονται από το εκχύλισμα του εμπλουτισμού (υδροξυτυροσόλη, τυροσόλη, κερκετίνη και ολεωρωπαΐνη).

Τόσο το ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο όσο και οι επιμέρους πολυφαινόλες αυξήθηκαν με τον εμπλουτισμό στα φρέσκα έλαια και, αν και παρατηρήθηκε μείωσή τους μετά το τηγάνισμα, οι συγκεντρώσεις τους εξακολούθησαν να είναι μεγαλύτερες από αυτές των φρέσκων μη εμπλουτισμένων ελαίων.

Οι πατάτες που τηγανίστηκαν στα εμπλουτισμένα έλαια βρέθηκε ότι εμπλουτίστηκαν σε πολυφαινόλες, οι οποίες βρέθηκαν σε υψηλότερη συγκέντρωση στο απορροφηθέν από το έλαιο τρόφιμο σε σύγκριση με τη συγκέντρωσή τους στο έλαιο τηγανίσματος. Επίσης παρατηρήθηκε αύξηση τόσο του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου όσο και των πολυφαινολών στις πατάτες που τηγανίστηκαν με εμπλουτισμένα έλαια. Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υπολογίστηκε ότι η ποσότητα πολυφαινολών που θα προσληφθεί κατά την κατανάλωση μιας μερίδας τηγανητών πατατών θα είναι 0,30 - 0,34 mg εάν η πατάτα είναι τηγανισμένη σε μη –εμπλουτισμένο έλαιο, ενώ αυξάνεται σε 2,18 – 6,91 mg όταν η πατάτα έχει τηγανιστεί σε εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών και σε 2,46 – 12,05 mg εάν έχει τηγανιστεί σε έλαιο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών.

Abstract

Frying is a popular, simple and fast method of cooking, most often conducted in seed oils which are normally rich in vitamin E. Olive oil, which is also used for frying in the Mediterranean countries, furthermore contains other antioxidants, such as polyphenols. Numerous research works have documented the important role of antioxidants towards the prevention of oil decomposition and the protection and maintenance of human health.

In this study, potatoes, used for preparing one of the most popular fried food all over the world, were shallow-fried in three vegetable oils – namely olive oil, sunflower oil and palm oil. These frying oils had been previously enriched with olive leaves extracts, rich in polyphenols. The quantity of extract added corresponded to the addition of (a) 100 mg / Kg oil and (b) 200 mg / Kg oil polyphenols, as quantified according to the Folin Ciocalteu assay. For comparison, potatoes were also fried in the aforementioned oils without enrichment.

The target of this study was to investigate how the increased polyphenol concentrations of the frying medium affects the polyphenol content of fried food. Furthermore, the effect of frying on the polyphenol content of frying oils and the distribution of polyphenols between the frying oil and the oil absorbed by the fried food was also studied.

As far as the assessments of this study are concerned, they were about the polyphenol content (Folin – Ciocalteu reaction) of frying oil and fried food and the definition of each polyphenol separately (the assessment of oleuropein was done by employing HPLC and the assessment of the other polyphenols by employing GC / MS). The polyphenols were isolated from both the oils and potatoes by methanol extraction.

7-14 and 10-12 Polyphenolic species were detected in the non – enriched frying oils and the corresponding potatoes, respectively. These numbers increased to 13-18 and 13-17 in the case of enriched frying oils and the corresponding potatoes, respectively. Oleuropein, OH – tyrosol and quercetin (main polyphenols of the methanolic extract) were of special interest.

All potatoes fried in the enriched frying oils were found to be enriched with polyphenols. Furthermore, the concentrations of the main leaf extract polyphenols were higher in the oil absorbed by the food if compared to the respective concentrations in the frying oil. As far as the total polyphenolic content and the concentrations of individual polyphenolic species are concerned, they were higher in the fresh enriched oils and, although they decreased after frying, they remained higher than those in the fresh non – enriched oils. According to the analytical results, it was calculated that the consumption of one serving of French fries would lead to an intake of 0,30 – 0,34 mg of phenolic antioxidants if the fries had been fried in non – enriched oils, 2,18 – 6,91 mg if fries had been fried in oils enriched with 100 ppm of polyphenols oil, and, 2,46 – 12,05 mg if fries had been fried in oils enriched with 200 ppm of polyphenols.

Περιεχόμενα

	Σελίδα
Ευχαριστίες	i
Σκοπός της παρούσας Πτυχιακής Μελέτης	ii
Περίληψη	iii
Abstract.....	v

Κεφάλαιο 1^ο

Τηγάνισμα	1
1. Η διαδικασία του τηγανίσματος.....	1
2. Διεργασία τηγανίσματος – Μορφολογία τηγανισμένων τροφίμων.....	3
3. Μεταβολές κατά το τηγάνισμα.....	6
Α. Φυσικές μεταβολές	7
Β. Χημικές μεταβολές	8

Κεφάλαιο 2^ο

Στοιχεία για τα έλαια και φυτικά τρόφιμα που χρησιμοποιήθηκαν

για τα τηγανίσματα	11
1. Το ελαιόλαδο	11
i. Ιστορικά στοιχεία και ορισμοί.....	11
ii. Σύσταση του Ελαιολάδου	12
iii. Μικροσυστατικά του Ελαιολάδου	14
2. Το ηλιέλαιο	16
i. Σύσταση του ηλιελαίου και ορισμοί	16
3. Το φοινικέλαιο.....	18
i. Ιστορικά στοιχεία και ορισμοί.....	18
ii. Σύσταση του φοινικέλαιου	19
4. Η πατάτα	20
i. Η πατάτα ως συστατικό της διατροφής του ανθρώπου	20
ii. Η διατροφική αξία της πατάτας.....	21

Κεφάλαιο 3°

Η αντιοξειδωτική δράση των πολυφαινολών	23
1. Αντιοξειδωτικά	23
i. Αντιοξειδωτικά και μηχανισμός ελευθέρων ριζών.....	23
ii. Αντιοξειδωτικά στα τρόφιμα: ταξινόμηση και μηχανισμός δράσης	24
iii. Αντιοξειδωτικά και ανθρώπινος οργανισμός	26
2. Πολυφαινολικές ενώσεις.....	27
i. Σημασία πολυφαινολών στην ανθρώπινη υγεία	30
ii. Βιοδιαθεσιμότητα πολυφαινολών	31
3. Βιταμίνη Ε.....	32
i. Σημασία βιταμίνης Ε στην ανθρώπινη υγεία	33

Κεφάλαιο 4°

Εμπλουτισμός ελαίων τηγανίσματος.....	35
4.1. Χημικά και φυσικά αντιοξειδωτικά για τον εμπλουτισμό των ελαίων τηγανίσματος	35
4.2. Αύξηση της σταθερότητας των ελαίων τηγανίσματος με φυσικά αντιοξειδωτικά.....	36
4.3. Τα φύλλα ελιάς ως πηγή αντιοξειδωτικών.....	40

Κεφάλαιο 5°

Πειραματικό μέρος.....	42
5.1. Ρηχό Τηγάνισμα.....	42
5.2. Απομάκρυνση της υγρασίας από τις τηγανισμένες πατάτες (Λυοφυλίωση)	43
5.3. Προσδιορισμός του απορροφηθέντος ελαίου από τις τηγανισμένες πατάτες.....	44
5.4. Παραλαβή Πολυφαινολών.....	44
5.5. Προετοιμασία δείγματος για ανάλυση με αέρια χρωματογραφία – Αντίδραση σιλυλίωσης	48
5.6. Αέρια Χρωματογραφία / Φασματομετρία μάζας για τον προσδιορισμό των επιμέρους πολυφαινολών.....	49
5.7. Υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης για τον προσδιορισμό της ολεωρωπαΐνης.....	51

5.8. Προσδιορισμός ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου - Αντίδραση Folin-Ciocalteu	52
--	----

Κεφάλαιο 6°

Αποτελέσματα και συζήτηση	54
6.1. Προσδιορισμός απορροφηθέντος ελαίου	54
6.2. Προσδιορισμός υγρασίας νωπών και τηγανισμένων πατατών	56
6.3. Προσδιορισμοί Πολυφαινολών	57
6.3.1. Προσδιορισμός ολικών πολυφαινολών των ελαίων και των τροφίμων	57
6.3.2. Ποσοτικός προσδιορισμός των επιμέρους πολυφαινολών στα έλαια τηγανίσματος και στα τρόφιμα	64
6.3.3. Ανάκτηση των πολυφαινολών κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος	81
6.3.4. Κατανομή των πολυφαινολών μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου	86
6.4. Διατροφική αξιολόγηση πατατών τηγανισμένων σε εμπλουτισμένα έλαια ως προς το πολυφαινολικό τους περιεχόμενο	91
6.5. Προσδιορισμός Υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων	92
6.5.1. Ποσοτικός προσδιορισμός υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων των τροφίμων και των ελαίων τηγανίσματος	92
6.5.2. Ανάκτηση των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος	95
6.5.3. Κατανομή των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου	96

Κεφάλαιο 7°

Συμπεράσματα	97
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	99

Περιεχόμενα πινάκων

	Σελίδα
Πίνακας 1.1: Επίδραση του τροφίμου και των πολικών ενώσεων του ελαίου τηγανίσματος στην απώλεια νερού και την απορρόφηση ελαίου	5
Πίνακας 2.1: Σύσταση ελαιολάδου σε λιπαρά οξέα.....	13
Πίνακας 2.2: Τύποι ηλιελαίου και το προφίλ τους σε λιπαρά οξέα	16
Πίνακας 2.3: Σύσταση λιπαρών οξέων του απλού ηλιελαίου (SO), του υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ηλιελαίου (HOSO) και του υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό και παλμιτικό οξύ ηλιελαίου (HOHPSO) και του φοινικελαίου (Palm olein).	17
Πίνακας 2.4: Ολικά πολικά συστατικά (TPM) θερμασμένων ελαίων (υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό και παλμιτικό οξύ ηλιελαίου (HOHPSO) και του φοινικελαίου (Palm olein)	18
Πίνακας 2.5: Λιπαρά οξέα φοινικέλαιου και άλλων φυτικών ελαίων.....	20
Πίνακας 2.6: Διατροφικά στοιχεία της πατάτας (συγκέντρωση/1 φλιτζάνι ψητής πατάτας με τη φλούδα).....	22
Πίνακας 5.1: Διαστάσεις κομμένων πατατών.....	43
Πίνακας 5.2: Λυοφυλιοποιημένα τρόφιμα: Βάρος τροφίμου που χρησιμοποιήθηκε για την παραλαβή πολυφαινολών και υγρασία τροφίμων.....	46
Πίνακας 5.3: Βάρη ελαίων τηγανίσματος που χρησιμοποιήθηκαν για την παραλαβή των περιεχόμενων πολυφαινολών	48
Πίνακας 6.1.1: Στοιχεία των διαδικασιών τηγανίσματος.....	55
Πίνακας 6.2.1: Προσδιορισμός υγρασίας νωπών και τηγανισμένων πατατών – Λυοφιλίωση.....	56
Πίνακας 6.3.1.1: Ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο ελαίων και πατατών	59
Πίνακας 6.3.1.2: Αποτελεσματικότητα της εκχύλισης.....	60
Πίνακας 6.3.2.1: Πολυφαινόλες ελαιολάδου.....	69
Πίνακας 6.3.2.2: Πολυφαινόλες ηλιελαίου	71
Πίνακας 6.3.2.3: Πολυφαινόλες φοινικελαίου	73

Πίνακας 6.3.2.4: Πολυφαινόλες ωμών πατατών και πατατών τηγανισμένων σε ελαιόλαδο	76
Πίνακας 6.3.2.5: Πολυφαινόλες ωμών πατατών και πατατών τηγανισμένων σε ηλιέλαια	78
Πίνακας 6.3.2.6: Πολυφαινόλες ωμών πατατών και πατατών τηγανισμένων σε φοινικέλαια	80
Πίνακας 6.3.3.1: Ανάκτηση πολυφαινολών κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος	83
Πίνακας 6.4.1: Διατροφική πρόσληψη πολυφαινολών κατά την κατανάλωση τηγανητών πατατών	91
Πίνακας 6.5.1.1: Υδροξυπεντακυκλοτερπενικά οξέα ελαιολάδου, ωμών πατατών και πατατών τηγανισμένων σε ελαιόλαδο	94

Περιεχόμενα σχημάτων

	Σελίδα
Σχήμα 1.1: Βαθύ τηγάνισμα – Αλλαγές με την αύξηση της θερμοκρασίας	7
Σχήμα 1.2: Αντιδράσεις υδρόλυσης σε έλαια τηγανίσματος	9
Σχήμα 1.3: Αντιδράσεις οξειδωσης σε έλαια τηγανίσματος	10
Σχήμα 1.4: Αντιδράσεις πολυμερισμού σε έλαια τηγανίσματος	10
Σχήμα 3.1: Μηχανισμός ελευθέρων ριζών	24
Σχήμα 3.2: Χημικές δομές πολυφαινολών	28
Σχήμα 3.3: Χημικές δομές Φλαβονοειδών	29
Σχήμα 3.4: Δομή και σχετική δραστικότητα τοκοφερολών και τοκοτριενολών	34
Σχήμα 6.3.1.1: % Διατήρηση ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου ελαίων	61
Σχήμα 6.3.1.2: % Αύξηση των ολικών πολυφαινολών των πατατών που τηγανίστηκαν στους διάφορους τύπους ελαίων	63
Σχήμα 6.3.2.1: Χρωματογράφημα GC / MS εκχυλίσματος φρέσκου μη εμπλουτισμένου ελαιόλαδου	64
Σχήμα 6.3.2.2: Χρωματογράφημα GC / MS εκχυλίσματος φρέσκου ελαιόλαδου εμπλουτισμένου με 200 ppm πολυφαινολών	65
Σχήμα 6.3.2.3: Χρωματογράφημα GC / MS εκχυλίσματος τηγανισμένου ελαιόλαδου εμπλουτισμένου με 200 ppm πολυφαινολών	65
Σχήμα 6.3.2.4: Χρωματογράφημα GC / MS εκχυλίσματος πατάτας τηγανισμένης σε ελαιόλαδο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών ..	66
Σχήμα 6.3.2.5: Χρωματογράφημα HPLC προτύπου ολευρωπαΐνης και εκχυλίσματος πατάτας τηγανισμένης σε ηλιέλαιο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών	66
Σχήμα 6.3.2.6: Χρωματογράφημα HPLC εκχυλισμάτων φρέσκου και τηγανισμένου ελαιόλαδου εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών	67
Σχήμα 6.3.3.1: % Ανάκτηση των πολυφαινολών κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος με ελαιόλαδο	84
Σχήμα 6.3.3.2: % Ανάκτηση των πολυφαινολών κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος με ηλιέλαιο	85

Σχήμα 6.3.3.3: % Ανάκτηση των πολυφαινολών κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος με φοινικέλαιο	86
Σχήμα 6.3.4.1: Κατανομή της υδροξυτυροσόλης μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρώσιμο ελαίου (mg / 100 g)	87
Σχήμα 6.3.4.2: Κατανομή της κερκετίνης μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρώσιμο ελαίου (mg / 100 g)	88
Σχήμα 6.3.4.3: Κατανομή της ολευρωπαΐνης μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρώσιμο ελαίου (mg / 100 g).....	89
Σχήμα 6.3.4.4: Κατανομή του συνόλου των πολυφαινολών μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρώσιμο ελαίου (mg / 100 g)	90
Σχήμα 6.5.2.1: % Ανάκτηση του συνόλου των HPTA κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος με ελαιόλαδο	95
Σχήμα 6.5.3.1: Κατανομή του συνόλου των HPTA μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρώσιμο ελαίου.....	96

Κεφάλαιο 1^ο

Τηγάνισμα

1. Η διαδικασία του τηγανίσματος

Το μαγείρεμα είναι μία πανάρχαια μέθοδος παρασκευής φαγητού, που η ιστορία του χάνεται στο βάθος των αιώνων (Δημόπουλος, Ανδρικόπουλος, 1996).

Τεχνολογικά ορίζεται ως η θερμική επεξεργασία του τροφίμου με απώτερο σκοπό:

- Να γίνει το φαγητό πιο ασφαλές προς βρώση, καθώς εξουδετερώνονται παθογόνοι μικροοργανισμοί και τοξίνες, υπεύθυνες για τροφογενείς ασθένειες.
- Να παρεμποδιστεί η αλλοίωση του τροφίμου από μικροοργανισμούς και ένζυμα.
- Να διαμορφωθούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου σε εκείνα τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του μαγειρεμένου φαγητού, όπως το χρώμα, το άρωμα και η υφή.
- Να γίνει το φαγητό πιο εύπεπτο από τη μετουσίωση και υδρόλυση των δομικών πρωτεϊνών (κρέας, ψάρια) και των πολυσακχαριτών (λαχανικά)
- Να παραταθεί ο χρόνος κατανάλωσης του τροφίμου, (Μπόσκου, 2005).

Το τηγάνισμα αποτελεί μία από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους μαγειρέματος και αν και πολλοί πιστεύουν ότι έχει τις ρίζες του στις αρχές του 1950, στην πραγματικότητα πρόκειται για μια πάρα πολύ παλιά μέθοδο προετοιμασίας φαγητού. Έχει τις καταβολές του στην Κίνα, όπου τα τρόφιμα προμαγειρεύονταν πριν ψηθούν. Ακόμη, στις τοιχογραφίες των Αιγυπτίων απεικονίζονται εικόνες που δείχνουν ζυμάρι να τηγανίζεται σε έλαιο, γεγονός που μαρτυρά ότι στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αφρική χρησιμοποιούνταν καυτό λάδι για την προετοιμασία του φαγητού (Stier, 2004).

Το τηγάνισμα αποτελεί ακόμη και σήμερα αντικείμενο πολλών ερευνών. Οι επιστήμονες προσπαθούν να κατανοήσουν τον τρόπο και το λόγο για τον οποίο τα τρόφιμα τηγανίζονται (Stier, 2000). Μόλις εννέα χρόνια

πριν, σε μία σύντομη διάλεξη για το τηγάνισμα, στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, ο Grob της Frymaster, μιας εκ των μεγαλύτερων κατασκευαστικών εταιριών σκευών τηγανίσματος, αναφέρθηκε στο τηγάνισμα ως μία μορφή τέχνης (Grob, 1990). Μία τέχνη, η οποία σταδιακά εξελίχθηκε σε επιστήμη χάρη στον Blumenthal και τις έρευνες των Singh, Saguiay, Farkas και Esher (Stier, 2000).

Κατά το τηγάνισμα αναπτύσσεται υψηλή θερμοκρασία 175-200° C και έτσι ο χρόνος μαγειρέματος μειώνεται σημαντικά. Ως μέσο μεταφοράς θερμότητας χρησιμοποιούνται οι λιπαρές ύλες, που έχουν υψηλό σημείο ζέσης και μπορούν να θερμανθούν σχεδόν μέχρι το σημείο ζέσης χωρίς σημαντικές διασπάσεις (Δημόπουλος, Ανδρικόπουλος, 1996).

Οι κυριότεροι παράγοντες που καθιστούν τα τηγανητά τρόφιμα τόσο δημοφιλή είναι ο μικρός χρόνος παρασκευής σε συνδυασμό με τα μοναδικά γευστικά χαρακτηριστικά που αυτά έχουν (Blumenthal, 1987).

Υπάρχουν τρεις αναγνωρισμένοι τύποι τηγανίσματος:

- i. Τηγάνισμα σε τηγάνι (Pan-frying, Shallow frying)
- ii. Οικιακό τηγάνισμα σε φριτέζα (Batch Deep-frying)
- iii. Συνεχές τηγάνισμα σε φριτέζα (Continuous Deep-frying), (McSavage et al, 2001)

Κατά το τηγάνισμα σε τηγάνι ή ρηχό τηγάνισμα, το τρόφιμο μαγειρεύεται σε έλαιο ή λίπος του οποίου η στάθμη δεν ξεπερνά το ύψος του τροφίμου. Ουσιαστικά μέρος και ενίοτε το σύνολο του ελαίου απορροφάται από τα τρόφιμα κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος (McSavage et al, 2001). Η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με μεταφορά από το έλαιο ή το λίπος στο τρόφιμο. Η θερμοκρασία σε αυτόν τον τύπο τηγανίσματος κυμαίνεται από 120 έως 180° C. Σκοπός του ρηχού τηγανίσματος είναι να αποκτήσει το τρόφιμο εκείνα τα ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τηγανητού, που οφείλονται κυρίως στην ομοιογενή θέρμανση σε υψηλή θερμοκρασία και την απορρόφηση του εδωδιμου ελαίου (Μπόσκου, 2005).

Η τεχνική του οικιακού τηγανίσματος σε φριτέζα περιλαμβάνει τη χρήση μεγαλύτερου όγκου ελαίου έτσι ώστε ο συνολικός όγκος του τροφίμου να είναι βυθισμένος στο έλαιο. Συνεπώς, μόνο ένα μικρό μέρος του ελαίου απορροφάται από το τρόφιμο (McSavage et al, 2001). Η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με μεταφορά από το έλαιο ή το λίπος στο τρόφιμο και η

θερμοκρασία του τηγανίσματος κυμαίνεται από τους 140-220° C (Μπόσκου, 2005).

Η διαδικασία του συνεχούς τηγανίσματος σε φριτέζα περιλαμβάνει την προσθήκη των τροφίμων στη συσκευή τηγανίσματος, στην οποία έχει προστεθεί πολύ μεγάλη ποσότητα ελαίου. Χρησιμοποιείται κυρίως σε μονάδες εστίασης και βιομηχανίες τροφίμων, μικρής ή μεγάλης κλίμακας (McSavage et al, 2001).

Συγκριτική μελέτη του ρηχού τηγανίσματος και του οικιακού τηγανίσματος σε φριτέζα έδειξε ότι κατά το πρώτο τα αντιοξειδωτικά και τα άλλα μικροσυστατικά του ελαίου καταστρέφονται γρηγορότερα, αφού μέρος της επιφάνειας του τροφίμου δεν είναι βυθισμένο στο έλαιο, άλλα μένει ακάλυπτο και έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, με αποτέλεσμα η διαδικασία της οξείδωσης να επιτείνεται (Andrikopoulos et al, 2002).

2. Διεργασία τηγανίσματος – Μορφολογία τηγανισμένων τροφίμων

Τα τηγανητά τρόφιμα εξακολουθούν να είναι εξαιρετικά δημοφιλή παρά τις συστάσεις για μείωση των επιπέδων λίπους στη διατροφή. Ο κύριος λόγος για αυτό είναι το γεγονός ότι το τηγάνισμα είναι ένας γρήγορος και εύκολος τρόπος παρασκευής φαγητού. Επιπλέον, τα τηγανητά τρόφιμα έχουν μοναδικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, γεύση, υφή, οσμή). Ωστόσο, αυτές οι θετικές μεταβολές στο τρόφιμο, συνοδεύονται από κάποιες μη επιθυμητές μεταβολές του μέσου τηγανίσματος, δηλαδή του ελαίου. Είναι γνωστό ότι κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος συντελούνται διάφορες μεταβολές, με αποτέλεσμα το σχηματισμό προϊόντων αποικοδόμησης του ελαίου. Τα τηγανητά τρόφιμα απορροφούν το έλαιο, το οποίο επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα του προσλαμβανόμενου διαιτητικού λίπους (Dobarganes et al, 2000).

Ο κατεξοχήν παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται σημαντικά η ποιότητα του τελικού προϊόντος τηγανίσματος είναι το έλαιο που χρησιμοποιείται. Η σταθερότητά του εξαρτάται από τη σύσταση σε λιπαρά οξέα, την αρχική του κατάσταση καθώς και από την παρουσία προοξειδωτικών και αντιοξειδωτικών ουσιών. Αν και οι περισσότερες

μεταβολές που συντελούνται κατά το τηγάνισμα είναι γνωστές, είναι γενικά δύσκολο να προβλεφθεί ο βαθμός αποικοδόμησης του χρησιμοποιούμενου ελαίου εξαιτίας των πολλών παραγόντων που εμπλέκονται και πρέπει να ληφθούν υπόψη. Οι παράγοντες αυτοί δεν συσχετίζονται μόνο με το έλαιο τηγανίσματος, αλλά και με την ίδια τη διαδικασία (θερμοκρασία, διάρκεια και τρόπος θέρμανσης, επαναχρησιμοποίηση του ελαίου) και το προς τηγάνισμα τρόφιμο. Όταν οι πρακτικές τηγανίσματος που εφαρμόζονται είναι αποδεκτές και το έλαιο απορρίπτεται τακτικά, αφενός το απορροφηθέν από τα τρόφιμα έλαιο διατηρεί τη θρεπτική του αξία καθώς επίσης και ένα σημαντικό μέρος των λιποδιαλυτών βιταμινών, αφετέρου το τηγανισμένο τρόφιμο διατηρεί τις υδατοδιαλυτές βιταμίνες, τα μέταλλα και άλλα θρεπτικά συστατικά του σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι αν εφαρμοζόταν κάποια άλλη μέθοδος μαγειρέματος (Boscou, Frying Fats).

Κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος η θερμότητα μεταφέρεται από το έλαιο στο τρόφιμο (Μπόσκου, 2005), με αποτέλεσμα το δεύτερο να θερμαίνεται γρήγορα και να καλύπτεται με ατμό, όταν το νερό της επιφάνειάς του αγγίζει το σημείο ζέσης του. Η θερμοκρασία του ελαίου μειώνεται και του τροφίμου αυξάνεται σταδιακά (μέχρι να αγγίξει τους 100° C, όπου και σταθεροποιείται), ενώ το νερό του τροφίμου μετακινείται από τα εσωτερικά στα εξωτερικά στρώματα. Ο ατμός περιορίζει τη διείσδυση του ελαίου μέσω της επιφάνειας στο εσωτερικό του τροφίμου, με αποτέλεσμα στο τηγανητό τρόφιμο να εμφανίζονται δύο διακριτές περιοχές: i) η αφυδατωμένη επιφάνεια, όπου οι περισσότερες αλλαγές λαμβάνουν μέρος και ii) το εσωτερικό, η θερμοκρασία του οποίου δεν ξεπερνά τους 100° C (Dobarganes et al, 2000).

Οι δύο κύριες παράμετροι, που επηρεάζουν την απώλεια νερού και την απορρόφηση ελαίου είναι η θερμοκρασία και ο χρόνος. Έχει βρεθεί ότι θερμοκρασία μεταξύ 150 και 180° C δεν έχει σημαντική επίδραση (Varela, 1997), αν και γενικότερα ισχύει ο κανόνας: όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία τόσο χαμηλότερη είναι η απορρόφηση του ελαίου από την επιφάνεια του τροφίμου. Αντίθετα, χαμηλή θερμοκρασία τηγανίσματος μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική απορρόφηση ελαίου (Dobarganes et al, 2000). Βέβαια, ο βαθμός αφυδάτωσης και απορρόφησης ελαίου από το τρόφιμο εξαρτάται και από το ίδιο το τρόφιμο και το έλαιο τηγανίσματος. Όσον αφορά στο τρόφιμο, η σύσταση, η δομή της επιφάνειάς του, η υγρασία, η

περιεκτικότητά του σε λίπος, το σχήμα, ο λόγος επιφάνειας προς βάρος, η πορώδης μορφή και το κατά πόσον έχει προ-τηγανιστεί ή όχι επηρεάζουν την απορρόφηση του ελαίου (Fillon et al, 1998, Pinthus et al, 1995, Pinthus et al, 1995, Saguy et al, 1995). Παραδείγματος χάριν, σε τρόφιμα όπως η πατάτα η απορρόφηση ελαίου και η απώλεια νερού εξαρτώνται κυρίως από το ειδικό βάρος της πατάτας (η απορρόφηση ελαίου μειώνεται καθώς αυξάνεται το ειδικό βάρος της πατάτας) και από το λόγο της επιφάνειας προς το βάρος της πατάτας (όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος τόσο μεγαλύτερη είναι και η απορρόφηση) (Guillaumin, 1988). Η επίδραση του τύπου του ελαίου που χρησιμοποιείται δεν βρέθηκε να είναι τόσο σημαντική όσο αυτή του τροφίμου. Η απορρόφηση του ελαίου εξαρτάται από την ποιότητα του ελαίου τηγανίσματος. Η επίδραση της ποιότητας του ελαίου αποδίδεται στο σχηματισμό ενώσεων αποικοδόμησης, οι οποίες αυξάνουν την πολικότητα του ελαίου τηγανίσματος (Alim, Morton, 1974).

Πίνακας 1.1: Επίδραση του τροφίμου και των πολικών ενώσεων του ελαίου τηγανίσματος στην απώλεια νερού και την απορρόφηση ελαίου.

Προτηγανισμένο τρόφιμο	Στοιχείο	Πριν το τηγάνισμα	Μετά το τηγάνισμα	
			Αρχικό έλαιο*	Χρησιμοποιημένο έλαιο*
Πατάτες	Υγρασία	66,9 ± 0,34	23,2 ± 0,50	24,4 ± 0,43
	Λιπίδια	4,6 ± 0,11	8,5 ± 0,28	8,3 ± 0,82
	Βάρος επί ξηρού	28,5	29,9	28,5
	Σύνολο	100,0	61,6	61,2
Βακαλάος (με κουρκούτι)	Υγρασία	58,2 ± 0,93	42,1 ± 0,21	41,3 ± 0,26
	Λιπίδια	6,6 ± 0,70	13,5 ± 0,45	14,2 ± 0,43
	Βάρος επί ξηρού	35,2	35,7	35,1
	Σύνολο	100,0	91,3	90,6

*Οι πολικές ενώσεις για το αρχικό και το χρησιμοποιημένο έλαιο ήταν 4,8% και 18,6%, αντίστοιχα.

**Μέσοι όροι έξι δειγμάτων.

Πηγή: (Dobarganes et al, 2000).

Οι Kita και Lisinska (2005) έδειξαν ότι η απορρόφηση του ελαίου από τις τηγανητές πατάτες ποικίλει και εξαρτάται από τον τύπο του ελαίου και την θερμοκρασία τηγανίσματος. Οι πατάτες τηγανίστηκαν σε διάφορους τύπους ελαίου σε διάφορες θερμοκρασίες (150° C, 160° , 170° C, 180° C και 190° C). Η απορρόφηση του ελαίου μειωνόταν καθώς αυξανόταν η θερμοκρασία ενώ η μεγαλύτερη απορρόφηση σημειώθηκε κατά το τηγάνισμα με ηλιέλαιο (9,4%), ενώ η χαμηλότερη με ελαιόλαδο (8,2%). Πιο συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη απορρόφηση από τις πατάτες έγινε κατά το τηγάνισμα με ηλιέλαιο στους 180° C. Επιπλέον, παρατήρησαν ότι ανεξάρτητα από τον τύπο του ελαίου, αύξηση

της θερμοκρασίας τηγανίσματος οδήγησε σε μείωση της απορρόφησης ελαίου, από 9,1% (150° C) σε 8,0% (190° C) (Kita & Lisinska, 2005).

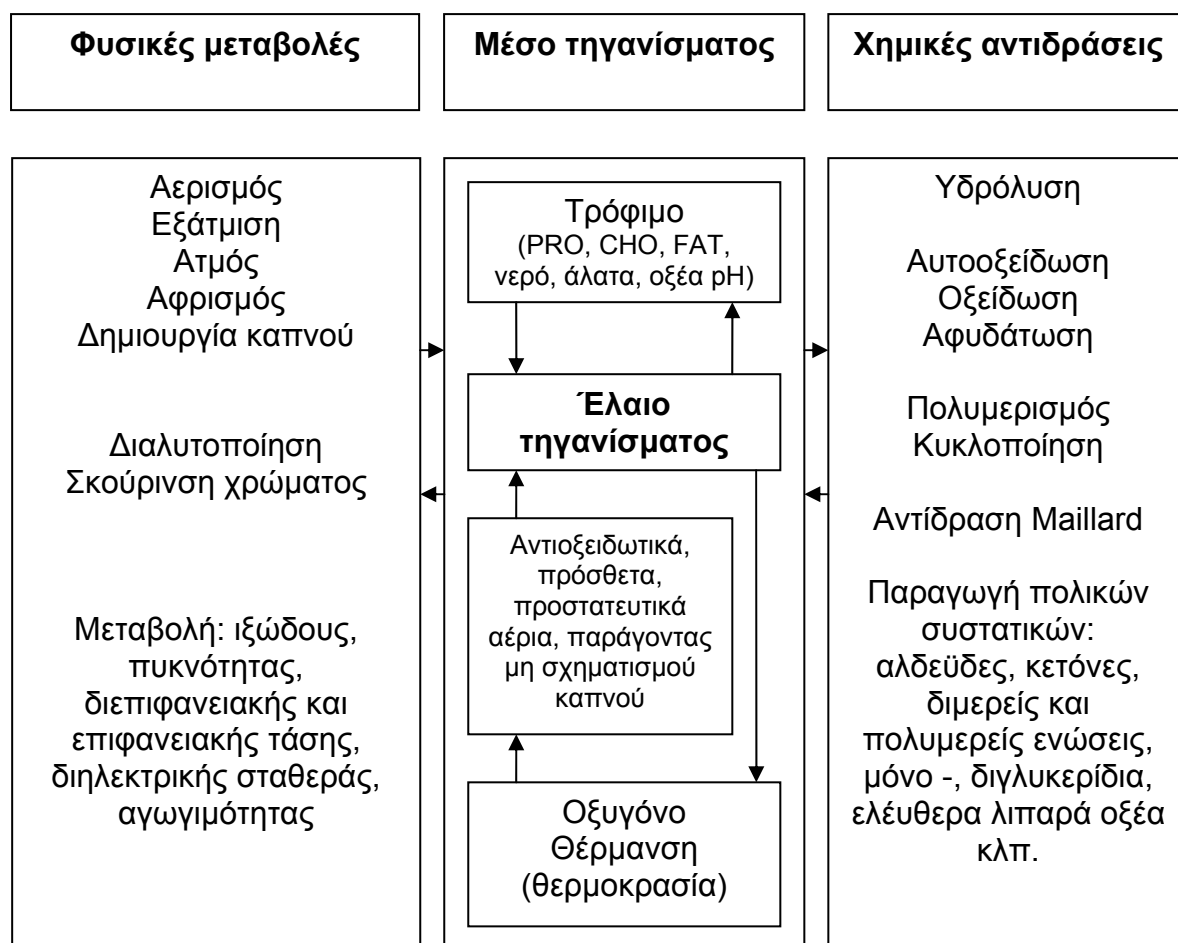
Αναφορικά με την υφή των τηγανισμένων πατατών (αλευροειδές εσωτερικό και τραγανό εξωτερικό) οι Kita και Lisinska βρήκαν ότι η σκληρότητα των πατατών μεταβαλλόταν με αλλαγή της θερμοκρασίας. Η απαλότερη υφή απαντήθηκε στις πατάτες που τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο στους 170° και 180° C. Ακόμη, όσον αφορά στην υφή σε σχέση με τον τύπο ελαίου, οι πιο τραγανές πατάτες ήταν αυτές που τηγανίστηκαν στο ηλιέλαιο (Kita & Lisinska, 2005).

3. Μεταβολές κατά το τηγάνισμα

Κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, το έλαιο εκτίθεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες υπό την παρουσία αέρα και υγρασίας (Boscou, Frying Fats). Υπό αυτές τις συνθήκες, πραγματοποιείται μία σειρά φυσικών και χημικών μεταβολών του ελαίου, οι οποίες συνοψίζονται στο Σχήμα 1.1. Οι χημικές μεταβολές περιλαμβάνουν αντιδράσεις υδρόλυσης, οξείδωσης και πολυμερισμού των τριακυλογλυκερολών του ελαίου, οι οποίες οδηγούν στο σχηματισμό προϊόντων αποικοδόμησης, πτητικών ή μη (Takeoka et al, 1997). Η έκταση αυτών των αντιδράσεων εξαρτάται κυρίως από τον τύπο και την ποιότητα του ελαίου, και συγκεκριμένα από τη σύσταση λιπαρών οξέων του. Έλαια πλούσια σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (λινελαϊκό και λινολενικό) παρουσιάζουν χαμηλότερη θερμο-οξειδωτική σταθερότητα συγκριτικά με έλαια πλούσια σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα ή κορεσμένα λιπαρά οξέα, π.χ. ελαιόλαδο, φοινικέλαιο (Kita et al, 2005).

Τα πτητικά προϊόντα αποικοδόμησης μεταβάλλουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαίου και επηρεάζουν την ποιότητα του τηγανητού τροφίμου. Τα μη πτητικά προϊόντα αποικοδόμησης, παραμένουν στο έλαιο, επηρεάζοντας τις φυσικές ιδιότητες του ελαίου. Επιπλέον απορροφώνται από το τρόφιμο και γίνονται μέρος της διατροφής μας (Gertz, 2000).

Βαθύ τηγάνισμα – Μεταβολές με την αύξηση της θερμοκρασίας



Σχήμα 1.1: Βαθύ τηγάνισμα – Αλλαγές με την αύξηση της θερμοκρασίας

Πηγή: Gertz, 2000.

A. Φυσικές μεταβολές

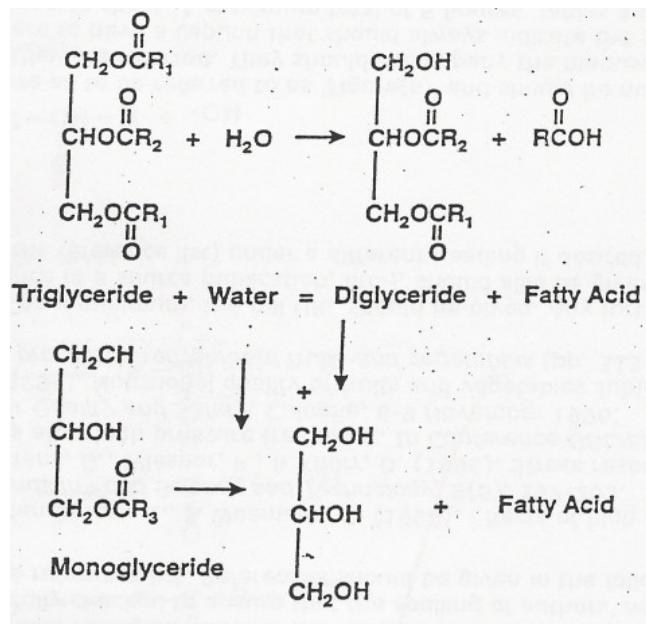
Κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, καθώς η θερμότητα μεταφέρεται από το έλαιο στο τρόφιμο, από το τρόφιμο αποβάλλεται νερό και απορροφάται έλαιο. Από τους παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταφορά θερμότητας και μάζας ελαίου οι σημαντικότεροι είναι οι θερμικές και φυσικές ιδιότητες του ελαίου και του τροφίμου, το σχήμα και το μέγεθος του τροφίμου και η θερμοκρασία του ελαίου. Αν και υπάρχουν συγκεκριμένες μέθοδοι για τον ποσοτικό προσδιορισμό των προϊόντων αποικοδόμησης του ελαίου κατά το τηγάνισμα, κάποιες ποιοτικές αλλαγές μπορεί να εκτιμηθούν μόνο οπτικά. Τέτοιες μεταβολές αφορούν στην αύξηση της αφρίζουσας υφής, της λιπαρότητας και τη σκούριση του χρώματος του ελαίου, καθώς και τη μείωση του σημείου καπνού (Warner, 1999).

B. Χημικές μεταβολές

Τα έλαια τηγανίσματος δεν μεταφέρουν μόνο θερμότητα στο τρόφιμο, αλλά συνεισφέρουν και στη δημιουργία της χαρακτηριστικής γεύσης του τηγανισμένου τροφίμου, αλλά και των ανεπιθύμητων οσμών. Κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος ποικίλες χημικές αντιδράσεις, όπως υδρόλυση, οξείδωση και πολυμερισμός, λαμβάνουν χώρα, και τα έλαια αποσυντίθενται προς το σχηματισμό πτητικών και μη πτητικών μονομερών και πολυμερών ενώσεων. Με τη συνεχή θέρμανση των ελαίων τηγανίσματος, αυτές οι ενώσεις αποσυντίθενται περαιτέρω μέχρι τα προϊόντα αποικοδόμησης να συσσωρευτούν σε επίπεδα τέτοια, ώστε παράγονται παραπροϊόντα με πιθανή τοξικότητα, καθιστώντας το έλαιο ακατάλληλο προς βρώση. Η ποσότητα και η χημική δομή αυτών των ενώσεων που σχηματίζονται εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του ελαίου, του τροφίμου, των συνθηκών τηγανίσματος και της παρουσίας οξυγόνου. Επιπλέον, αυτές οι χημικές αντιδράσεις – υδρόλυση, οξείδωση, πολυμερισμός – αλληλοσυσχετίζονται παράγοντας ένα σύνθετο μίγμα προϊόντων (Warner, 1999).

α) Υδρόλυση

Καθώς το τρόφιμο τοποθετείται στο έλαιο, το οποίο βρίσκεται σε θερμοκρασία τηγανίσματος, ο αέρας και το νερό ξεκινούν μια σειρά αλληλοσυσχετιζόμενων αντιδράσεων. Το νερό και ο ατμός υδρολύουν τα τριγλυκερίδια προς σχηματισμό μονο- και διγλυκεριδίων και τελικά ελεύθερων λιπαρών οξέων και γλυκερόλης. Η γλυκερόλη εξατμίζεται μερικώς και η ισορροπία της αντίδρασης μετατοπίζεται προς τον σχηματισμό των προϊόντων υδρόλυσης. Η έκταση της υδρόλυσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία του ελαίου, η επιφάνεια επαφής του ελαίου και του τροφίμου και το ποσοστό νερού και ατμού. Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα και τα χαμηλού μοριακού βάρους προϊόντα οξείδωσης, ενισχύουν την υδρόλυση με την παρουσία ατμού κατά το τηγάνισμα. Τα προϊόντα υδρόλυσης, όπως και τα άλλα προϊόντα αποικοδόμησης, μειώνουν τη σταθερότητα των ελαίων τηγανίσματος και αποτελούν δείκτες εκτίμησης της ποιότητας του ελαίου (Warner, 1999).



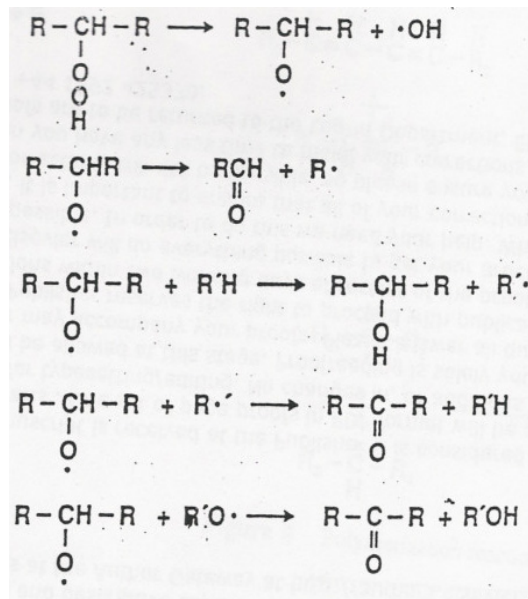
Σχήμα 1.2: Αντιδράσεις υδρόλυσης σε έλαια τηγανίσματος

Πηγή: Warner, 1999.

β) Οξείδωση

Το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα ενεργοποιεί μία σειρά αντιδράσεων που περιλαμβάνουν το σχηματισμό ελευθέρων ριζών, υπεροξειδίων και συζευγμένων διενοϊκών οξέων. Οι χημικές αντιδράσεις οξείδωσης οδηγούν στο σχηματισμό πτητικών και μη πτητικών προϊόντων αποικοδόμησης. Ο μηχανισμός της οξείδωσης στα έλαια τηγανίσματος είναι παρόμοιος με την αυτοοξείδωση στους 25°, ωστόσο, τα ασταθή πρωτογενή οξειδωμένα προϊόντα – τα υπεροξείδια – αποσυντίθενται γρήγορα στους 190° σε δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης, όπως αλδεΐδες και κετόνες. Τα δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης, τα οποία είναι πτητικά συνεισφέρουν σημαντικά στην οσμή του ελαίου και τη γεύση του τηγανισμένου τροφίμου (Warner Kathleen, 1999).

Αναλύσεις σε πρωτογενή προϊόντα οξείδωσης, όπως τα υπεροξείδια, σε οποιαδήποτε στιγμή του τηγανίσματος, παρέχουν λίγες πληροφορίες, επειδή η θέση σχηματισμού και αποικοδόμησής τους αλλάζουν εύκολα και είναι δύσκολο να προβλεφθούν. Η μέτρηση των επιπέδων πολυακόρεστων λιπαρών οξέων μπορεί να βοηθήσει στον προσδιορισμό του βαθμού θερμικής οξείδωσης (Warner Kathleen, 1999).

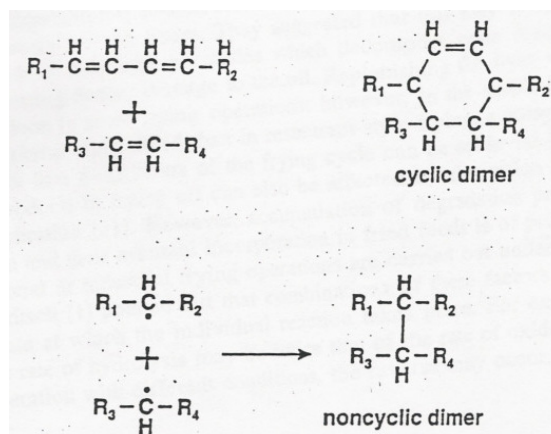


Σχήμα 1.3: Αντιδράσεις οξειδωσης σε έλαια τηγανίσματος

Πηγή: Warner, 1999.

γ) Πολυμερισμός

Η έκθεση μίας λιπαρής ύλης σε υψηλές θερμοκρασίες προκαλεί πολυμερισμό των ακόρεστων οξέων, με αποτέλεσμα το σχηματισμό ενώσεων με μεγάλο μοριακό βάρος και πολικότητα (Μπόσκου, 1997). Τα πολυμερή μπορούν να σχηματιστούν από ελεύθερες ρίζες ή τριγλυκερίδια μέσω της αντίδρασης Diels-Alder. Κυκλικά λιπαρά οξέα προκύπτουν από ένα λιπαρό οξύ, λιπαρά οξέα σχηματίζονται από δύο λιπαρά οξέα και πολυμερή με μεγάλο μοριακό βάρος προέρχονται, όταν οι προηγούμενες ενώσεις συνεχίζουν να ενώνονται μεταξύ τους. Καθώς τα πολυμερισμένα προϊόντα αυξάνονται στο έλαιο, αυξάνεται και η γλοιώδης υφή του ελαίου (Warner, 1999).



Σχήμα 1.4: Αντιδράσεις πολυμερισμού σε έλαια τηγανίσματος

Πηγή: Warner, 1999.

Κεφάλαιο 2°

Στοιχεία για τα έλαια και φυτικά τρόφιμα που χρησιμοποιήθηκαν για τα τηγανίσματα

1. Το ελαιόλαδο

ι. Ιστορικά στοιχεία και ορισμοί

Το ελαιόλαδο είναι η ελαιούχος φάση του χυμού των ελιών. Η ελιά είναι ο καρπός του ελαιόδεντρου (*Olea Europaea*), που αναπτύχθηκε στο αρχαίο Ιράν και τη Μεσοποταμία 5000 χρόνια πριν και από εκεί, διαδόθηκε στη Συρία και την Παλαιστίνη και αργότερα και στις δύο πλευρές της Μεσογείου (Διατροφικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου και της Βρώσιμης ελιάς, TDC OLIVE).

Από αρχαιοτάτων χρόνων ακόμη, το ελαιόδενδρο παρείχε σε πολλούς πολιτισμούς τροφή, καύσιμα, ξυλεία και ιατρική θεραπεία, και θεωρούνταν ως σύμβολο ειρήνης και σοφίας. Το βρώσιμο έλαιο, που παράγεται από τον καρπό του ελαιόδεντρου, καταναλωνόταν από τον 3° αιώνα π.Χ. (http://en.wikipedia.org/wiki/Olive_oil).

Σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου (IOOC) και την ΕΟΚ (Κυριτσάκης ΑΚ, 1993), το ελαιόλαδο χωρίζεται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Παρθένο ελαιόλαδο (Virgin Olive Oil)
- Ραφινρισμένο ελαιόλαδο (Refined Olive Oil)
- Γνήσιο ελαιόλαδο ή ελαιόλαδο (Coupe Olive Oil)
- Ακατέργαστο πυρηνέλαιο (Crude Olive-Pomace Oil)
- Εξευγενισμένο πυρηνέλαιο (Refined Olive-Pomace Oil)
- Πυρηνέλαιο (Olive-Pomace Oil)

Παρθένο Ελαιόλαδο (Virgin Olive Oil) είναι λαμβανόμενο αποκλειστικά με μηχανική και οπωσδήποτε φυσική επεξεργασία του ελαιόκαρπου. Στο εμπόριο διατίθεται ως «παρθένο ελαιόλαδο» στις παρακάτω ποιότητες με τις αντίστοιχες επιτρεπόμενες οξύτητες (εκφραζόμενες ως % ελαϊκό οξύ w/w):

1^η ποιότητα: οξύτητα μέχρι 1%

2 ^η ποιότητα:	οξύτητα μέχρι 2%
3 ^η ποιότητα:	οξύτητα μέχρι 3%
4 ^η ποιότητα:	οξύτητα μέχρι 4%
5 ^η ποιότητα:	οξύτητα μέχρι 5%

Κατά τις διατάξεις τις ΕΟΚ διακρίνονται και οι ακόλουθες ποιότητες:

EXTRA (Εξαιρετική): οξύτητα μέχρι 1%

FINE (Εκλεκτή): οξύτητα μέχρι 1,5%

COURANTE (Συνήθης): οξύτητα μέχρι 3,3% (Ανδρικόπουλος, 1999).

Ραφιναρισμένο ή Εξευγενισμένο ελαιόλαδο (Refined Olive Oil) είναι το κατεργασμένο με φυσικές ή χημικές μεθόδους, μη κατάλληλο για βρώση παρθένο ελαιόλαδο, το οποίο μετά από τις κατεργασίες αυτές του εξευγενισμού έχει γίνει βρώσιμο. Η οξύτητά του δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,3%.

Γνήσιο Ελαιόλαδο ή Ελαιόλαδο (Coupe Olive Oil) είναι μίγμα παρθένου και εξευγενισμένου ελαιολάδου στο οποίο η αναλογία του παρθένου πρέπει να είναι τουλάχιστον 33,33%. Στο εμπόριο διατίθεται στις ποιότητες 1^η, 2^η και 3^η με επιτρεπόμενες οξύτητες 1%, 2% και 3% αντίστοιχα.

Εξευγενισμένο Πυρηνέλαιο (Refined Olive-Pomace Oil) είναι το έλαιο που λαμβάνεται με εκχύλιση των ελαιοπυρήνων που έχουν απομείνει μετά την έκθλιψη του ελαιοκάρπου και το οποίο έχει καταστεί βρώσιμο με εξευγενισμό ανάλογο του ελαιολάδου. Η επιτρεπόμενη οξύτητα είναι μέχρι 0,5%. (Ανδρικόπουλος, 1999)

ii. Σύσταση του Ελαιολάδου

Η αυξανόμενη δημοτικότητα της Μεσογειακής Διατροφής οφείλεται στο μεγάλο αριθμό επιδημιολογικών ερευνών, που δείχνουν χαμηλότερη εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων και διαφόρων μορφών καρκίνου (π.χ. καρκίνος του στήθους, του παχέος εντέρου) στις χώρες γύρω από τη Μεσόγειο Θάλασσα. Τα αποτελέσματα αυτά έχουν αποδοθεί στις διατροφικές συνήθειες των κατοίκων της περιοχής. Στο παρελθόν, έμφαση, εκτός από την περιορισμένη κατανάλωση κρέατος, είχε δοθεί και στη χαμηλή πρόσληψη κορεσμένου λίπους – σε συνδυασμό με την υψηλή πρόσληψη μονοακόρεστου – που χαρακτηρίζει τη Μεσογειακή Δίαιτα, αλλά πρόσφατα, ενδείξεις

υπογραμμίζουν τη σπουδαιότητα των φυτικών τροφίμων και τη συχνή χρήση του ελαιολάδου (Keys, 1995).

Η Μεσογειακή Διατροφή, και συγκεκριμένα η δίαιτα των κατοίκων της Κρήτης, που αντιπροσωπεύει την παραδοσιακή δίαιτα των Ελλήνων πριν το 1960, χαρακτηρίζεται από μέτρια πρόσληψη λίπους (~35%), χαμηλή σε κορεσμένα λιπαρά οξέα (7-8%), υψηλή σε μονοακόρεστα και ισορροπημένη αναλογία ω-6 και ω-3 λιπαρών οξέων (Simopoulos A., 2001). Το ελαιόλαδο – κύρια πηγή λίπους της Μεσογειακής Διατροφής – διακρίνεται για την περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα καθώς επίσης και για το υψηλό περιεχόμενό του σε αντιοξειδωτικά συστατικά (De la Lastra et al., 2001).

Το ελαιόλαδο αποτελεί πλούσια πηγή ελαϊκού οξέος [18:1, (ω-9)], ενός μονοακόρεστου λιπαρού οξέος (Simopoulos, 2001), ενώ παράλληλα περιέχει μέτριες ποσότητες παλμιτικού και στεατικού οξέος (κορεσμένα λιπαρά οξέα) και χαμηλές ποσότητες λινελαϊκού και α-λινολενικού οξέος (πολυακόρεστα λιπαρά οξέα). Η σύσταση του ελαιολάδου σε λιπαρά οξέα διαφέρει από ελαιόλαδο σε ελαιόλαδο, και εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική του καταγωγή. (De la Lastra et al., 2001).

Πίνακας 2.1: Σύσταση ελαιολάδου σε λιπαρά οξέα.

Κοινή ονομασία	Συμβολισμός	% Περιεκτικότητα
Μυριστικό	14:0	0,0 -0,05
Παλμιτικό	16:0	7,5 – 20,0
Παλμιτελαϊκό	16:1n7	0,3 – 3,5
Μαργασικό	17:0	0,0 – 0,3
Δεκαεπτανοϊκό	17:1	0,0 – 0,3
Στεατικό	18:0	0,5 – 5,0
Ελαϊκό	18:1n9	55,0 – 83,0
Λινελαϊκό	18:2n9,12	3,5 – 21,0
α-Λινολενικό	18:3n9,12,15	0,0 – 0,9
Αραχιδικό	20:0	0,0 – 0,6
Εικοσenoϊκό	20:1n9	0,0 – 0,4
Βεχενικό	22:0	0,0 – 0,2
Λιγνοκερικό	24:0	0,0 – 0,2

Πηγή: De la Lastra et al., 2001.

iii. Μικροσυστατικά του Ελαιολάδου

Δεν είναι μόνο το ελαϊκό οξύ, αυτό που προσδίδει στο ελαιόλαδο την υψηλή διατροφική και βιολογική του αξία, αλλά και μια σειρά άλλων μικροσυστατικών (Kiritsakis, www.olivebusiness.com). Ανάμεσα στα σημαντικά μικροσυστατικά του ελαιολάδου είναι βιταμίνες, όπως η α- και γ-τοκοφερόλη και το β-καροτένιο, οι φυτοστερόλες, διάφορες χρωστικές ουσίες, τα τερπενικά οξέα, το σκουαλένιο και μία σειρά φαινολικών ενώσεων, γνωστές ως πολυφαινόλες. (Visioli et al., 2002).

1) Φαινολικές Ενώσεις

Οι φαινολικές ενώσεις αποτελούν εξαιρετικής σημασίας φυσικά αντιοξειδωτικά (Andrikopoulos et al, 1989). Τα επίπεδα συγκεντρώσεών τους είναι μία σημαντική παράμετρος για την εκτίμηση της ποιότητας του ελαιολάδου, αφού σχετίζονται ισχυρά με την ανθεκτικότητα του ελαίου στην οξείδωση, εξαιτίας της αντιοξειδωτικής τους ικανότητας (Boscou, 1999).

Η ποσότητα των πολυφαινολών στο ελαιόλαδο εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της καλλιέργειας, του βαθμού ωρίμανσης και του κλίματος. Αυτή συνήθως μειώνεται με την υπερ-ωρίμανση των ελιών, αν και υπάρχουν μερικές εξαιρέσεις στον κανόνα αυτό, όπως για παράδειγμα οι ελιές που αναπτύσσονται σε θερμότερα κλίματα, οι οποίες αν και ωριμάζουν πιο γρήγορα, είναι πλουσιότερες σε πολυφαινόλες (Visioli et al., 2002).

Κάποιες από τις πολυφαινόλες που ανιχνεύονται στο ελαιόλαδο είναι η τυροσόλη, η υδροξυ-τυροσόλη, η ολεωρωπαΐνη, το καφεϊκό οξύ, το βανιλλικό οξύ, το συριγικικό οξύ, το *p*-κουμαρικό οξύ και άλλες (De la Lastra et al., 2001).

Μεταβολές των πολυφαινολών κατά το τηγάνισμα

Η διαδικασία του τηγανίσματος έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του συνολικού πολυφαινολικού περιεχομένου των φυτικών ελαίων (παρθένο ελαιόλαδο, κοινό ελαιόλαδο), πιθανότατα λόγω θερμικής αποικοδόμησης αυτών των μορίων ή λόγω χρησιμοποίησής τους για την προστασία των ελαίων από την οξειδωτική καταστροφή (Quiles et al., 2002).

Οι Gómez-Alonso et al βρήκαν ότι η συγκέντρωση της υδροξυτυροσόλης (3,4-DHPEA) και των σεκοροειδών παραγώγων της (3,4-

DHPEA-EDA και 3,4-DHPEA-EA) μειώνεται γρήγορα στο παρθένο ελαιόλαδο όταν χρησιμοποιείται επαναλαμβανόμενα κατά το βαθύ τηγάνισμα πατατών. Στο τέλος του πρώτου τηγανίσματος (10 λεπτά στους 180° C) η συγκέντρωση των διυδροξυφαινολικών ενώσεων μειώθηκε κατά 50-60% και μετά το έκτο τηγάνισμα έμεινε μόνο το 10% της αρχικής ποσότητας. Ωστόσο, η τυροσόλη (p-HPEA) και τα παράγωγά της (p-HPEA-EDA και p-HPEA-EA) ήταν πολύ πιο σταθερά για δώδεκα διαδοχικά τηγανίσματα. Η μείωση της αρχικής συγκέντρωσης ήταν πολύ μικρότερη από αυτή της υδροξυτυροσόλης και τα παράγωγά της έδειξαν γραμμική συσχέτιση με τον αριθμό των τηγανισμάτων. Ακόμη, βρήκαν ότι η συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα του φαινολικού κλάσματος (όπως προσδιορίστηκε με τη μέθοδο DPPH) μειώθηκε γρήγορα και προοδευτικά κατά τα πρώτα έξι τηγανίσματα. Πιο συγκεκριμένα, η αρχική αντιοξειδωτική ικανότητα υπολογίστηκε στην αρχή στα 740 $\mu\text{mol Trolox} / \text{Kg}$ και μειώθηκε σε λιγότερο από 250 $\mu\text{mol} / \text{Kg}$ (Gómez-Alonso et al, 2003).

Σε μία άλλη έρευνα μελετήθηκε η αποικοδόμηση των φυσικών αντιοξειδωτικών φυτικών ελαίων κατά το βαθύ και ρηχό τηγάνισμα πατατών. Ως έλαια τηγανίσματος χρησιμοποιήθηκαν παρθένο ελαιόλαδο, ηλιέλαιο και ένα φυτικό μίγμα, για οκτώ διαδοχικά τηγανίσματα. Το απορροφηθέν από τις πατάτες έλαιο διέφερε ανάλογα με τον τύπο του ελαίου και κυμάνθηκε από 6,1 έως 12,8 %. Η ανάκτηση του συνόλου των πολυφαινολών κυμάνθηκε από 70 – 80 % (μετά το πρώτο τηγάνισμα) έως 20 - 30 % (μετά το όγδοο τηγάνισμα). Το ταννικό οξύ, η ολεωρωπαΐνη και η διαλδεϋδική μορφή υδροξυτυροσόλης-ελενολικού οξέος παρουσίασαν αξιοσημείωτη ανθεκτικότητα στην οξείδωση σε όλα τα τηγανίσματα και στις δύο μεθόδους (βαθύ και ρηχό τηγάνισμα), ενώ η υδροξυτυροσόλη και η διαλδεϋδική μορφή υδροξυτυροσόλης-ελενολικού οξέος μειώθηκαν πιο γρήγορα (Andrikopoulos et al, 2002).

2) Βιταμίνη E

Ο όρος βιταμίνη E αναφέρεται σε οκτώ ενώσεις: τέσσερις συγγενείς δομικά ενώσεις, τις α -, β -, γ - και δ - τοκοφερόλες και τέσσερις τοκοτριενόλες α -, β -, γ - και δ - αντίστοιχα (Chow Ching, 1985). Η κύρια πηγή τοκοφερολών για τον άνθρωπο είναι τα εδώδιμα φυτικά έλαια, που περιέχουν μεγάλες ποσότητες βιταμίνης E, αν και αυτές μπορεί να διαφέρουν σημαντικά από έλαιο σε έλαιο (Psomiadou et al., 1993). Το συνολικό

περιεχόμενο των τοκοφερολών στο ελαιόλαδο εξαρτάται από την ποικιλία των καρπών και μπορεί να πάρει τιμές από 5 έως 300 mg/Kg, με την α-τοκοφερόλη να αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό (52-87%), ενώ η β- και γ-τοκοφερόλη βρίσκονται σε μικρότερα ποσοστά (7-23%). Στα υψηλής ποιότητας παρθένα ελαιόλαδα, η συνολική ποσότητα των τοκοφερολών είναι συνήθως 100-300 mg/Kg (De la Lastra et al., 2001).

2. Το ηλιέλαιο

ι. Σύσταση του ηλιελαίου και ορισμοί

Το ηλιέλαιο είναι το έλαιο που παράγεται από τους καρπούς του ηλιανθού (*Helianthus Annuus*). Είναι υγρό σε θερμοκρασία δωματίου, και το ραφινρισμένο έλαιο είναι διαυγές, ελαφρώς κίτρινο με μία λεπτή διακριτική οσμή ελαίου.

Το ηλιέλαιο είναι πλούσιο σε λινελαϊκό οξύ. Το περιεχόμενο λιπαρών οξέων του ηλιελαίου ποικίλει και εξαρτάται από περιβαλλοντικούς και άλλους παράγοντες (http://en.wikipedia.org/wiki/Sunflower_oil). Περιέχει μονακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, με χαμηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα (National Sunflower Association, <http://www.sunflowernsa.com/oil/>). Πιο συγκεκριμένα, το ηλιέλαιο περιέχει υψηλά επίπεδα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (69%), με αναλογία πολυακόρεστων προς κορεσμένα λιπαρά οξέα ίση με 6,4. Περιέχει 69% C18:2ω-6 και λιγότερο από 0,1% C18:3ω-3 (Meydani, 1991). Επιπλέον, είναι πλουσιότερο σε βιταμίνη Ε από οποιοδήποτε άλλο έλαιο φυτικής προέλευσης.

Πίνακας 2.2: Τύποι ηλιελαίου και το προφίλ τους σε λιπαρά οξέα

Linoleic	20%	69%	11%
High Oleic	82%	9%	9%
NuSun	65%	26%	9%
Oleic/ Monounsaturated	Linoleic Acid/ Polyunsaturated	Saturated	

Πηγή: National Sunflower Association, <http://www.sunflowernsa.com/oil/>.

Υπάρχουν τρεις τύποι ηλιελαίου διαθέσιμοι, που διακρίνονται σύμφωνα με την περιεκτικότητά τους σε ελαϊκό οξύ (National Sunflower Association, <http://www.sunflowernsa.com/oil/>) (Πίνακας 2.2).

Πρόσφατα αναπτύχθηκε και ένας νέος τύπος ηλιελαίου, το οποίο περιέχει υψηλά επίπεδα ελαϊκού και παλμιτικού οξέος (High - oleic high - palmitic sunflower oil, HOHPSO) (Fernandez – Martinez et al., 1997). Οι Guinda et al προσδιόρισαν και σύγκριναν τη σύσταση σε λιπαρά οξέα και τριακυλογλυκερόλες και τη θερμο – οξειδωτική σταθερότητα του HOHPSO με αυτή του απλού ηλιέλαιου, του υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ηλιελαίου και φοινικελαίου, αντίστοιχα. Τα κυριότερα λιπαρά οξέα του HOHPSO ήταν ελαϊκό (57,7 %), παλμιτικό (27,8 %) και παλμιτελαϊκό (7,3 %), ενώ η περιεκτικότητά του σε λινελαϊκό ήταν χαμηλή (2,3 %). Οι κύριες τριακυλογλυκερόλες ήταν αυτές με ένα ή δύο κορεσμένα λιπαρά οξέα στις θέσεις sn - 1,3 και ελαϊκό οξύ στη θέση sn – 2 (Πίνακας 2.3). Το HOHPSO παρουσίασε βελτιωμένη σταθερότητα στην οξείδωση, παράγοντας τη μισή ποσότητα ολικών πολικών συστατικών (TPM) και πολύ λιγότερα πολυμερή τριακυλογλυκερολών. Ο δείκτης σταθερότητας (Rancimat) του HOHPSO ήταν ασυνήθιστα υψηλός (19 h 120 °C) (Πίνακας 2.4) (Guinda et al., 2003).

Πίνακας 2.3: Σύσταση λιπαρών οξέων του απλού ηλιελαίου (SO), του υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ηλιελαίου (HOSO) και του υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό και παλμιτικό οξύ ηλιελαίου (HOHPSO) και του φοινικελαίου (Palm olein).

Σύσταση λιπαρών οξέων (mol - %)										
	C14:	C16:	C16:	C18:	C18:	C18:	C18:	C20:	C20:	C22:
	0	0	1	0	1	2	3	0	1	0
SO	-	6,4	-	5,0	29,3	58,3	-	0,3	-	0,7
HOSO	-	4,7	-	3,8	80,2	9,5	0,3	0,4	-	1,1
HOHPSO	-	27,8	7,3	1,8	57,7*	2,3	0,1	0,3	-	1,4
O										
Palm olein	1,2	38,7	0,2	4,5	42,1	12,3	0,3	0,5	0,2	-

*C18 : 1 n - 9 (53,4 %) και C18 : 1 n - 7 (4,3 %)

Πηγή: Guinda et al, 2003.

Πίνακας 2.4: Ολικά πολικά συστατικά (TPM) θερμασμένων ελαίων (υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό και παλμιτικό οξύ ηλιελαίου (HOHPSO) και του φοινικελαίου (Palm olein).

Πολικές Ενώσεις (wt - %)				
	HOHPSO		Φοινικέλαιο	
	Αρχικά	180 °C, 10h	Αρχικά	180 °C, 10h
Ολικές πολικές ενώσεις	2,8	7,6	8,4	18,8
Οξειδωμένες τριακυλογλυκερόλες	0,3	2,6	1,0	5,6
Πολυμερή τριακυλογλυκερολών	0,1	2,4	0,6	6,5
Διακυλογλυκερόλες	1,8	1,9	6,4	6,4
Ελεύθερα λιπαρά οξέα	0,6	0,7	0,3	0,3

Πηγή: Guinda et al, 2003.

3. Το φοινικέλαιο

ι. Ιστορικά στοιχεία και ορισμοί

Το φοινικέλαιο είναι το δεύτερο σε κατανάλωση έλαιο παγκοσμίως. Παράγεται με έκθλιψη του παχέος, πορτοκαλί-κόκκινου χρώματος μεσοκαρπίου των καρπών του δέντρου του φοινικελαίου (*Elaeis guineensis*), το οποίο περιέχει το 45-55% του ελαίου.

Το δέντρο του φοινικελαίου είναι σημαντικό για τις κοινωνικές και πολιτισμικές δραστηριότητες των κατοίκων της περιοχής στην οποία παράγεται. Η σπουδαιότητα του αυτή γίνεται εμφανής από το γεγονός ότι κανένα μέρος του φυτού δεν μένει ανεκμετάλλευτο, αφού καθένα από αυτά έχει οικονομική σημασία. Ακόμη, δίνει τη μεγαλύτερη σοδειά ελαίου ανά μονάδα βάρους από οποιοδήποτε άλλο δένδρο.

Από το δέντρο του φοινικελαίου παράγονται δύο τύποι ελαίου: το φοινικοπυρηνέλαιο και το φοινικέλαιο, και τα δύο σημαντικά για το παγκόσμιο εμπόριο. Το φοινικοπυρηνέλαιο είναι το δευτερεύον έλαιο που παραλαμβάνεται από το σπόρο του καρπού του δέντρου του φοινικελαίου. Είναι σκληρό, απαλού κίτρινου χρώματος (μοιάζει με το έλαιο της καρύδας

στην γεύση και την οσμή) και περιέχει υψηλή αναλογία λαυρικού και μυριστικού οξέος (κορεσμένα λιπαρά οξέα). Χρησιμοποιείται ως εδωδιμο έλαιο στα γλυκίσματα, στα παγωτά, στη μαγιονέζα, στην παρασκευή απορρυπαντικών και σαπουνιών. Το φοινικέλαιο (red palm oil) είναι το έλαιο που παραλαμβάνεται από το μεσοκάρπιο πριν το ραφινάρισμα. Περιέχει υψηλή αναλογία παλμιτικού οξέος καθώς επίσης και αξιόλογες ποσότητες ελαϊκού και λινελαϊκού οξέος. Παγκοσμίως το 90% αυτού του τύπου του φοινικελαίου χρησιμοποιείται για εδωδιμους σκοπούς, όπως για παράδειγμα παρασκευή μαργαρίνης, μειγμάτων βουτύρου, παγωτών και βαθύ τηγάνισμα (Edem, 2002).

ii. Σύσταση του φοινικέλαιου

Η σημαντικότερη διαφορά του φοινικέλαιου από τα υπόλοιπα έλαια είναι η υψηλή περιεκτικότητά του σε παλμιτικό οξύ. Περιέχει λιγότερο από 1,5% λαυρικού και μυριστικού οξέος. Επιπλέον, στο φοινικέλαιο το 17-23% του παλμιτικού οξέος (16:0) βρίσκεται στη θέση sn-2 των τριγλυκεριδίων του, ενώ το μεγαλύτερο μέρος του μυριστικού οξέος (14:0) είναι στις θέσεις sn-1 και sn-3, συνιστώντας το λόγο για την χαμηλή θρομβωτική τάση του φοινικέλαιου.

Το φοινικέλαιο περιέχει σημαντικά ποσά βιταμίνης Ε. Πιο συγκεκριμένα, είναι πλούσιο σε γ-τοκοτριενόλη. Το χαρακτηριστικό χρώμα του οφείλεται στην αφθονία καροτενοειδών (500 – 700 mg / L) που περιέχει. Το α- και β- καροτένιο είναι τα σημαντικότερα με τα γ-καροτένιο, λυκοπένιο και ξανθοφύλλες να ακολουθούν. Η μεγαλύτερη ποσότητα των καροτενοειδών καταστρέφεται κατά τις διαδικασίες ραφινάρισματος και απομάκρυνσης της οσμής, με αποτέλεσμα το χρώμα του φοινικέλαιου να εμφανίζεται απαλό κίτρινο. Το συνολικό περιεχόμενο στερολών του φοινικέλαιου κυμαίνεται από 364 - 491 mg / L. Οι σημαντικότερες στερόλες του φοινικέλαιου είναι η β-σιτοστερόλη (282 mg/L), η καμπεστερόλη (111 mg/L) και η στιγμαστερόλη (56 mg/L). Η παρουσία φαινολικών ενώσεων στο φοινικέλαιο είναι μικρότερη των 100 mg / L και είναι υπεύθυνη για το αρχικό μαύρισμα του φοινικέλαιου κατά το τηγάνισμα. (Edem, 2002)

Πίνακας 2.5: Λιπαρά οξέα φοινικέλαιου και άλλων φυτικών ελαίων

Λιπαρό οξύ	Red palm	Palm kernel	Coconut	Soybean	Groundnut	Cotton seed	Corn	Sunflower
Καπρωϊκό	-	0,2	0,5	-	-	-	-	-
Καπρυλικό	-	3,3	8,0	-	-	-	-	-
Καπρικό	-	3,5	6,4	-	-	-	-	-
Λαυρικό	0,2	47,8	48,5	-	-	Ίχνη	-	-
Μυριστικό	1,1	16,3	17,6	0,1	0,1	0,8	-	-
Παλμιτικό	44,0	8,5	8,4	11,0	11,6	23,7	12,2	6,5
Στεατικό	4,5	2,4	2,5	4,0	3,1	2,6	2,2	4,5
Ελαϊκό	39,2	15,4	6,5	23,4	48,5	18,4	27,5	21,1
Λινελαϊκό	10,1	2,4	1,5	53,2	31,4	53,0	57,0	66,2
Λινολενικό	0,4	-	-	7,8	-	0,1	0,9	-
Αραχιδικό	0,1	0,1	-	-	1,5	0,3	0,1	0,3
Κορεσμένα	49,9	82,1	91,9	15,1	16,3	27,4	14,5	11,3
Μονοακόρεστα	39,2	15,4	6,5	23,4	48,5	18,4	27,5	21,1
Πολυακόρεστα	10,5	2,4	1,5	61,0	31,4	53,1	57,9	66,2

Πηγή: Edem, 2002.

4. Η πατάτα

ι. Η πατάτα ως συστατικό της διατροφής του ανθρώπου

Η πατάτα (*Solanum tuberosum*) ανήκει στην οικογένεια Solanaceae, άλλα μέλη της οποίας είναι οι τομάτες, τα τοματίνια, η μελιτζάνα και οι πιπεριές. Προέρχονται από την περιοχή των Άνδεων της Βόρειας Αμερικής. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι πατάτες καλλιεργούνταν από τους Ινδιάνους αυτής της περιοχής περίπου για 4000 με 7000 χρόνια.

Η εισαγωγή της πατάτας στην Ευρώπη έγινε από τους Ισπανούς θαλασσοπόρους στις αρχές του 16^{ου} αιώνα. Ο κύριος λόγος χρησιμοποίησής τους από τους Ισπανούς ήταν η προστασία τους στα πλοία από το σκορβούτο, αφού αποτελούν καλή πηγή βιταμίνης C. Αν και καταναλώθηκαν από κάποιους κατοίκους της Ιταλίας και της Γερμανίας, δεν έγιναν ευρύτερα αποδεκτές στην Ευρώπη παρά την προσπάθεια πολλών κυβερνήσεων να τις προωθήσουν ως μέρος της διατροφής μιας και η καλλιέργειά τους θεωρούνταν σχετικά φθηνή. Ο κύριος λόγος για την μη αποδοχή της πατάτας ως τροφίμου ήταν το γεγονός ότι κάποιοι τη θεωρούσαν δηλητηριώδη όπως και κάποια άλλα τρόφιμα που ανήκουν στην ίδια οικογένεια. Επιπλέον, κάποιοι έβλεπαν τις πατάτες με καχυποψία, αφού δεν γινόταν αναφορά σε αυτές στη Βίβλο. Στην πραγματικότητα, οι πατάτες είχαν τόσο φτωχή φήμη

στην Ευρώπη, επειδή πολλοί άνθρωποι πίστευαν ότι η κατανάλωσή τους προκαλεί λέπρωση.

Η αύξηση της δημοτικότητας της πατάτας στην Ευρώπη οφείλεται σε δύο άτομα. Στις αρχές του 18^{ου} αιώνα ο αγρονόμος Parmentier, κατέστρωσε ένα σχέδιο σύμφωνα με το οποίο οι αγρότες μπορούσαν να κλέβουν πατάτες από τους Βασιλικούς Κήπους, που φρουρούνταν. Ακόμη, ο ίδιος είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία και την ευρεία αποδοχή του πουρέ, μέσα στον οποίο δεν διακρίνονταν το ύποπτο λαχανικό. Ο Count Rumford, μέλος της Βρετανικής Επιστημονικής Ομάδας της Βασιλικής Κοινωνίας δημιούργησε μία παχύρρευστη σούπα από πατάτες και άλλα λαχανικά, την οποία οι Γερμανοί αγρότες κατανάλωναν ως ένα γευστικό και παράλληλα φθινό γεύμα.

Σήμερα, το κάποτε μη αποδεκτό αυτό λαχανικό, είναι ένα από τα πιο δημοφιλή σε ολόκληρο τον κόσμο τρόφιμα και είτε είναι με τη μορφή πουρέ είτε ψητή είτε τηγανητή η πατάτα θεωρείται ένα «εύκολο» τρόφιμο για κατανάλωση (The World's Healthiest Food, <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=48#descr>).

ii. Η διατροφική αξία της πατάτας

Η πλειονότητα των ανθρώπων προτιμά τις πατάτες τηγανητές ή ψητές με πολύ λάδι και σερβιρισμένες με λιωμένα τυριά, πλούσια σε λιπαρά, και κομματάκια bacon, με αποτέλεσμα ένα τέτοιο γεύμα όχι μόνο να αυξάνει την ημερήσια θερμιδική πρόσληψη αλλά πιθανόν και τον κίνδυνο εμφάνισης στεφανιαίας νόσου. Η ψητή ή βραστή πατάτα όμως αποτελεί ένα υγιεινό τρόφιμο, χαμηλό σε θερμίδες, αφού 1 φλιτζάνι ψητής πατάτας αποδίδει μόνο 133 θερμίδες.

Οι πατάτες αποτελούν πολύ καλή βιταμίνης C, καλή πηγή βιταμίνης B6, σιδήρου, χαλκού, μαγνησίου και φυτικών ινών. Ακόμη, περιέχουν μία σειρά ενώσεων με αντιοξειδωτική δράση, όπως καροτενοειδή, φλαβονοειδή και καφεϊκό οξύ καθώς επίσης και μοναδικές αποθήκες πρωτεϊνών, όπως η πατατίνη, η οποία παρουσιάζει δραστηριότητα εναντίον των ελευθέρων ριζών (The World's Healthiest Food, <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=48#descr>). Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι η πατάτα περιέχει παράγωγα καφεϊκού οξέος (χλωρογενικό οξύ) και ότι η βιοσύνθεσή τους εξαρτάται από εξωτερικούς παράγοντες, όπως το χτύπημα ή

το γδάρισμα. Αύξηση του χλωρογενικού οξέος παρατηρήθηκε μετά το χτύπημα και το κόψιμο της πατάτας. (Tudela et al, 2002)

Πίνακας 2.6: Διατροφικά στοιχεία της πατάτας (συγκέντρωση/1 φλιτζάνι ψητής πατάτας με τη φλούδα)

Potato, Baked, with Skin 1.00 cup 132.98 calories					
Nutrient	Amount	DV (%)	Nutrient Density	World's Healthiest Foods Rating	
vitamin C	15.74 mg	26.2	3.6	very good	
vitamin B6 (pyridoxine)	0.42 mg	21.0	2.8	good	
copper	0.37 mg	18.5	2.5	good	
potassium	509.96 mg	14.6	2.0	good	
manganese	0.28 mg	14.0	1.9	good	
tryptophan	0.04 g	12.5	1.7	good	
dietary fiber	2.93 g	11.7	1.6	good	
World's Healthiest Foods Rating	Rule				
excellent	DV>=75%	OR	Density>=7.6	AND	DV>=10%
very good	DV>=50%	OR	Density>=3.4	AND	DV>=5%
good	DV>=25%	OR	Density>=1.5	AND	DV>=2.5%

Πηγή: The World's Healthiest Food,

<http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=48#descr>.

*Η % ημερήσια πρόσληψη αναφέρεται σε γυναίκες ηλικίας 25-50 ετών.

Η πατάτα αποτελεί εξαιρετική πηγή Β6, ένα φλιτζάνι ψητής πατάτας παρέχει 21% της ημερήσιας συνιστώμενης πρόσληψης. Η βιταμίνη Β6 απαντάται στη φύση σε διάφορες μορφές. Η αλκοολική μορφή της βιταμίνης είναι η πυριδοξίνη, η αλδεϋδική η πυριδοξάλη και η πυριδοξαμίνη η αμινική της μορφή. Οι απαιτήσεις του οργανισμού σε βιταμίνη Β6 ποικίλουν και εξαρτώνται από την πρόσληψη πρωτεϊνών. Η συνιστώμενη διαιτητική πρόσληψη βιταμίνης Β6 για τους ενήλικες άνδρες και γυναίκες 19 - 50 ετών είναι 1,3 mg, ενώ για μεγαλύτερους άνδρες και γυναίκες είναι 1,7 mg και 1,5 mg αντίστοιχα. Ανεπάρκεια βιταμίνης Β6 οδηγεί σε δερματολογικές και νευρολογικές αλλαγές. Επίσης, μπορεί να οδηγήσει και σε ανεπαρκή μετατροπή της μεθειονίνης σε ομοκυστεΐνη, η οποία μπορεί να ανιχνευθεί ως ομοκυστεϊνουρία. Η τοξικότητα της φαίνεται να είναι σχετικά χαμηλή. (Συντώσης, 2003).

Κεφάλαιο 3°

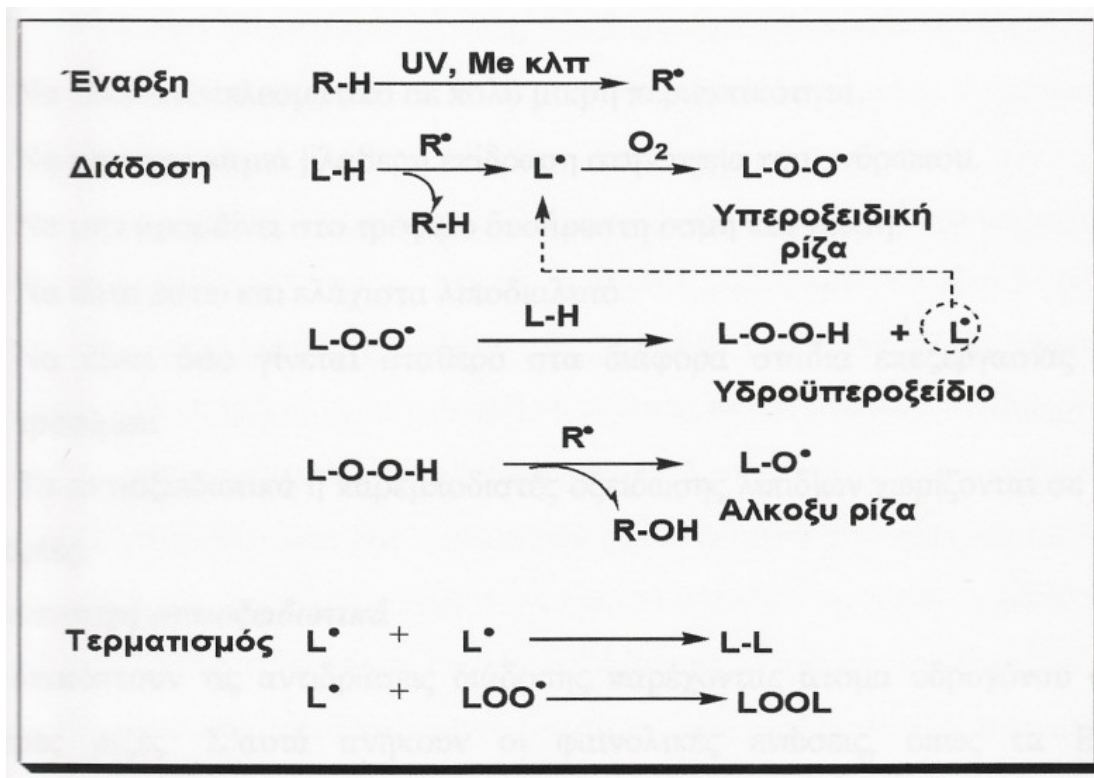
Η αντιοξειδωτική δράση των πολυφαινολών

1. Αντιοξειδωτικά

ι. Αντιοξειδωτικά και μηχανισμός ελευθέρων ριζών

Ως αντιοξειδωτικά ορίζονται οι ουσίες οι οποίες μπορούν να παρεμποδίσουν τις αντιδράσεις των ελευθέρων ριζών προστατεύοντας έτσι τον οργανισμό από την επιβλαβή δράση τους (Krause's, 11th edition). Οι ελεύθερες ρίζες είναι ασταθείς και ιδιαίτερα δραστικές ενώσεις. Η σειρά των αντιδράσεων που μπορούν να προκαλέσουν το σχηματισμό των ελευθέρων ριζών είναι η εξής: Στην αρχή σχηματίζεται μία ρίζα υπεροξειδίου, η οποία ανάγεται από την αντίστοιχη δισμουτάση προς υπεροξειδίο του υδρογόνου. Το τελευταίο μπορεί να απομακρυνθεί με την υπεροξειδάση της γλουταθειόνης. Αυτοί οι αμυντικοί μηχανισμοί του σώματος όμως δεν αρκούν, γιατί παρουσία ιόντων μετάλλων (σιδήρου, μαγνησίου), η ρίζα του υπεροξειδίου και το υπεροξειδίο του υδρογόνου αντιδρούν προς τον σχηματισμό ριζών υδροξυλίου (Μπόσκου, 1997).

Αρχικά δημιουργείται με κάποιο τρόπο μία ελεύθερη ρίζα (έναρξη). Τα κυριότερα από τα αρχικά προϊόντα της αυτοοξειδωσης είναι τα υδρο-υπεροξειδία, τα οποία στη συνέχεια δίνουν νέες ρίζες υπεροξειδίων, άλλα υδρο-υπεροξειδία και νέες ρίζες από το υδρογονανθρακικό τμήμα του μορίου (διάδοση). Με τον τρόπο αυτό οι αντιδράσεις τείνουν να γίνουν αλυσιδωτές, αναγεννώντας συνεχώς νέα άτομα οι ενώσεις με μονήρη ηλεκτρόνια. Η αντίδραση θα σταματήσει όταν όλες οι ελεύθερες ρίζες αντιδράσουν προς προϊόντα που δεν παρέχουν πλέον νέες ελεύθερες ρίζες (Μπόσκου, 1997).



Σχήμα 3.1: Μηχανισμός ελευθέρων ριζών.

Πηγή: Ιωάννου, 2005.

ii. Αντιοξειδωτικά στα τρόφιμα: ταξινόμηση και μηχανισμός δράσης

Τα αντιοξειδωτικά προστίθενται στα λίπη και στα τρόφιμα για να επιβραδύνουν την οξείδωση και να καταστήσουν έτσι τα τρόφιμα πιο εύληπτα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Για την οξείδωση των τροφίμων ευθύνονται οι ελεύθερες ρίζες. Οι αντιοξειδωτικές ενώσεις χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση των τροφίμων και συγκεκριμένα για την προστασία τους από την τάγγιση και τον αποχρωματισμό, που συμβαίνουν κατά την οξείδωση. Ωστόσο, τα αντιοξειδωτικά δεν μπορούν να αντιστρέψουν την οξείδωση των ήδη ταγγισμένων ελαίων. Ακόμη, δεν είναι αποτελεσματικά ενάντια στη λιπολυτική τάγγιση, δηλαδή την υδρόλυση των λιπών προς ελεύθερα λιπαρά οξέα με τη δράση των λιπολυτικών ενζύμων (Μπόσκου, 1997).

Ένα αντιοξειδωτικό πρέπει να συνδυάζει τις εξής ιδιότητες (Μπόσκου, 1997):

- 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 το δυνατόν σταθερότερο στα διάφορα στάδια επεξεργασίας του τροφίμου.

Τα αντιοξειδωτικά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα πρωτογενή και τα δευτερογενή αντιοξειδωτικά.

Πρωτογενή αντιοξειδωτικά

Αυτά διακόπτουν τις αντιδράσεις διάδοσης παρέχοντας άτομα υδρογόνου στις ελεύθερες ρίζες. Σε αυτά ανήκουν οι φαινολικές ενώσεις, όπως τα BHT (βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο), BHA (βουτυλιωμένη υδροξυανισόλη), TBHQ (τρι-βουτυλο-υδροκινόνη), PG (προπυλικός εστέρας γαλλικού οξέος), οι φαινόλες, οι τοκοφερόλες το καφεϊκό οξύ, η καρνοσόλη, το ροσμαρινικό οξύ κ.ά. Οι τοκοφερόλες ανήκουν στα φυσικά αντιοξειδωτικά. Είναι γνωστά τέσσερα ομόλογα, η α-, β-, γ- και δ-τοκοφερόλη, που η αντιοξειδωτική τους ικανότητα αυξάνεται από το α- προς το δ-ομόλογο, αντίθετα με την βιταμινική τους δράση που ελαττώνεται κατά την ίδια σειρά. Οι τοκοφερόλες δρουν ως βιολογικά αντιοξειδωτικά στα φυτά και τους ζωικούς ιστούς, δηλαδή προστατεύουν τα συστήματα αυτά από την οξείδωση. Στα διάφορα στάδια επεξεργασίας των ελαίων χάνεται ένα σημαντικό μέρος των τοκοφερολών. Αυτό που μένει όμως συμβάλλει στην αύξηση του ορίου συντήρησης του εξευγενισμένου ελαίου.

Τα φαινολικά αντιοξειδωτικά δρουν μέσω του μηχανισμού των ελευθέρων ριζών. Αντιδρούν με αυτές και σχηματίζουν ενώσεις που δεν έχουν την τάση να δίνουν νέες ελεύθερες ρίζες. Η δράση των φαινολικών αντιοξειδωτικών αυξάνεται όταν χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό, φαινόμενο το οποίο καλείται συνέργια ή συνεργισμός ή συνεργιστική δράση (Μπόσκου, 1997).

Δευτερογενή αντιοξειδωτικά

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν κάποιες ομάδες αντιοξειδωτικών με διαφορετικές ικανότητες.

(α) Οι δεσμευτές μετάλλου δεσμεύουν μέταλλα τα οποία με μεταφορά ηλεκτρονίου δημιουργούν ελεύθερες ρίζες. Τέτοιες ενώσεις είναι τα οξέα ή τα

παράγωγά τους που σχηματίζουν χηλικές ενώσεις, όπως το EDTA, το κιτρικό και το φωσφορικό οξύ, άλατα κ.ά.

(β) Οι δεσμευτές οξυγόνου αντιδρούν με το οξυγόνο και ελαττώνουν τη συγκέντρωσή του σε ένα κλειστό σύστημα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το ασκορβικό οξύ και οι εστέρες του.

(γ) Τα αναγωγικά αντιοξειδωτικά, τα οποία αναγεννούν φαινόλες και εμφανίζουν συνέργια. Το ασκορβικό οξύ με τη μορφή εστέρων με λιπαρά οξέα (για να είναι λιποδιαλυτό) πιστεύεται ότι αναγεννά τα φαινολικά αντιοξειδωτικά, παρέχοντας οξυγόνο στις φαινόξυ-ρίζες και έτσι έχει μία έμμεση δράση ως αντιοξειδωτικό. Ως αναγωγικό, το ασκορβικό οξύ μεταφέρει άτομα υδρογόνου στις κινόνες, που σχηματίζονται στην ενζυμική αμαύρωση των φαινολικών ουσιών και αυτό παρέχει μία προστασία στις πρόσφατα κομμένες επιφάνειες των φρούτων και λαχανικών.

(δ) Οι αποσβέστες διηγερμένου (singlet) οξυγόνου, οι οποίοι απενεργοποιούν το μονήρες οξυγόνο. Εδώ ανήκουν οι τοκοφερόλες και το β-καροτένιο.

(ε) Κάποια ένζυμα λειτουργούν ως αντιοξειδωτικά, απομακρύνοντας ενεργά είδη οξυγόνου. Τέτοια ένζυμα είναι η υπεροξειδική δισμουτάση, η υπεροξειδάση γλουταθειόνης, η οξειδάση της γλυκόζης και η καταλάση.

(στ) Η μεθυλοσιλικόνη και οι στερόλες με αιθυλική με αιθυλιδενική πλευρική αλυσίδα, όπως το πολυδιμεθυλοσιλοξάνιο, εμποδίζουν τον οξειδωτικό πολυμερισμό σε θερμαινόμενα έλαια.

(ζ) Τέλος, στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα αντιοξειδωτικά με πολλαπλή ή μη πλήρως γνωστή δράση. Τέτοια είναι τα φωσφολιπίδια και τα προϊόντα των αντιδράσεων Maillard (Μπόσκου, 1997).

iii. Αντιοξειδωτικά και ανθρώπινος οργανισμός

Οι ελεύθερες ρίζες, που μελετώνται από πολλούς ερευνητές, αποτελούνται από διάφορες δραστικές μορφές οξυγόνου (reactive oxygen species) και αζώτου (nitrogen active species) και παράγονται στον ανθρώπινο οργανισμό από διάφορα ενδογενή συστήματα, κάτω από ειδικές φυσικοχημικές συνθήκες ή λόγω παθοφυσιολογικών καταστάσεων. Οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να επιφέρουν αλλαγές σε λιπίδια, σε πρωτεΐνες και στο DNA. Τα λιπίδια προσβάλλονται εύκολα από τις ελεύθερες ρίζες, με

αποτέλεσμα τον σχηματισμό υπεροξειδίων. Η δράση τους στις πρωτεΐνες έχει βρεθεί ότι μπορεί να προκαλέσει μείωση της δραστηριότητας των ενζύμων. Η επίδραση, τέλος, των ελευθέρων ριζών στο DNA μπορεί να οδηγήσει σε μεταλλάξεις και καρκινογένεση (Devasagayam et al., 2004).

Τα τελευταία χρόνια πιστεύεται ότι το οξειδωτικό στρες παίζει καθοριστικό ρόλο στην αιτιολόγηση πολλών ασθενειών. Οξειδωτικό στρες καλείται η ανισορροπία μεταξύ οξειδωτικών και αντιοξειδωτικών ουσιών σε βάρος των δεύτερων (Dryden, 2005). Ανεπάρκεια αντιοξειδωτικών μπορεί να οφείλεται σε μειωμένη πρόσληψη αντιοξειδωτικών, μειωμένη σύνθεση ενζύμων (υπεροξειδική δισμουτάση, υπεροξειδάση γλουταθειόνης) ή αυξημένη χρήση αντιοξειδωτικών που μπορούν να δράσουν ως προοξειδωτικά. Από τις ασθένειες που συνδέονται με το οξειδωτικό στρες, οι καρδιαγγειακές παρέχουν τις ισχυρότερες ενδείξεις για προστατευτικό ρόλο των αντιοξειδωτικών (Kelly, 1998).

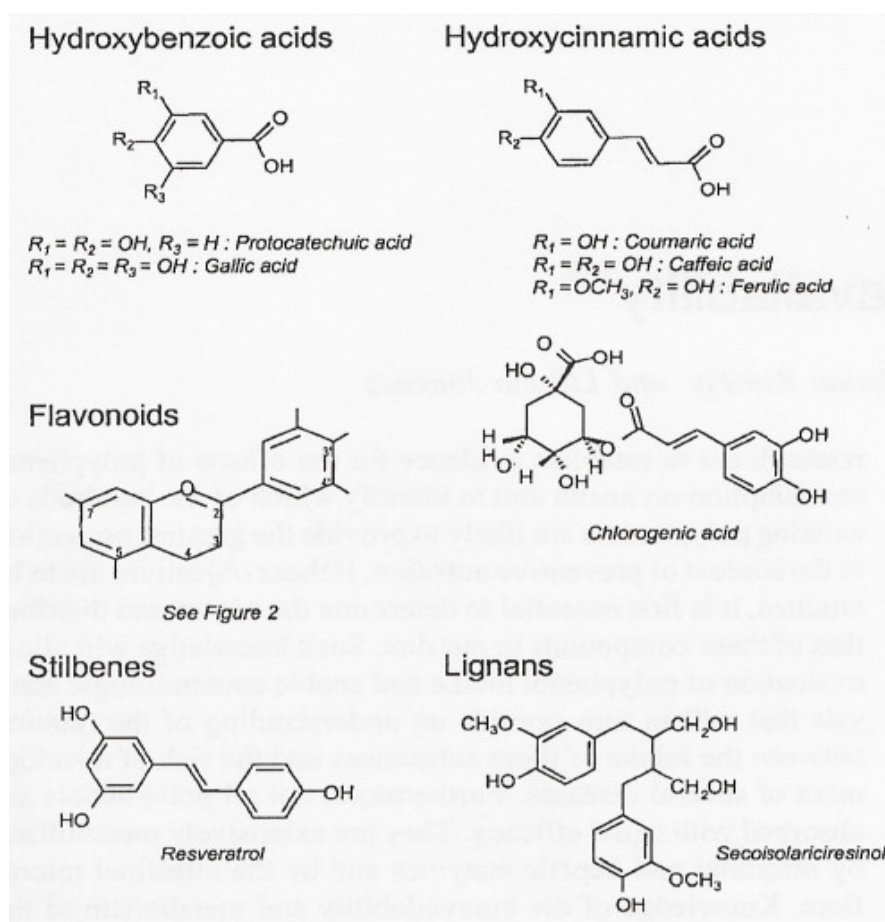
2. Πολυφαινολικές ενώσεις

Οι πολυφαινόλες (polyphenols, PP) αποτελούν μία μεγάλη ομάδα ενώσεων με ένα ή περισσότερα υδροξύλια απ' ευθείας συνδεδεμένα σε έναν ή περισσότερους αρωματικούς ή και ετεροκυκλικούς δακτυλίους. Σήμερα είναι γνωστές περισσότερες από 8000 πολυφαινόλες. Η δομή των πολυφαινολών ποικίλει από απλή (π.χ. στα φαινολικά οξέα) έως εξαιρετικά πολύπλοκη πολυμερή δομή όπως αυτή των ταννινών. Οι πολυφαινολικές ενώσεις κατατάσσονται βάσει Harborne σε 15 κύριες τάξεις: οι απλές φαινόλες (τυροσόλη, υδροξυτυροσόλη), οι βενζοκινόνες, τα φαινολικά οξέα (γαλλικό, συριγγικό, βανιλλικό), ακετοφαινόλες και φαινολικά οξέα, τα οποία είναι λιγότερο συχνά στα φυτά, τα φαινυλοπροπανοειδή, τα υδροξυκιναμμωνικά οξέα (φερουλικό, καφεϊκό, σιναπτικό, κουμαρικό), οι κουμαρίνες και ισοκουμαρίνες, οι χρωμόνες, οι ναφθοκινόνες, οι ξανθόνες, τα στιλβένια, οι ανθρακινόνες, τα φλαβονοειδή και τέλος, οι λιγνάνες, νεολιγνάνες και λιγνίνες (Χίου, 2003).

Από τις παραπάνω κατηγορίες η σημαντικότερη είναι αυτή των φλαβονοειδών η οποία διακρίνεται περαιτέρω σε 13 υποκατηγορίες διαθέτοντας συνολικά περισσότερα από 5000 μέλη. Αυτές είναι οι χαλκόνες, οι διϋδροχαλκόνες, οι χρυσόνες, οι φλαβόνες, οι φλαβονόλες, οι

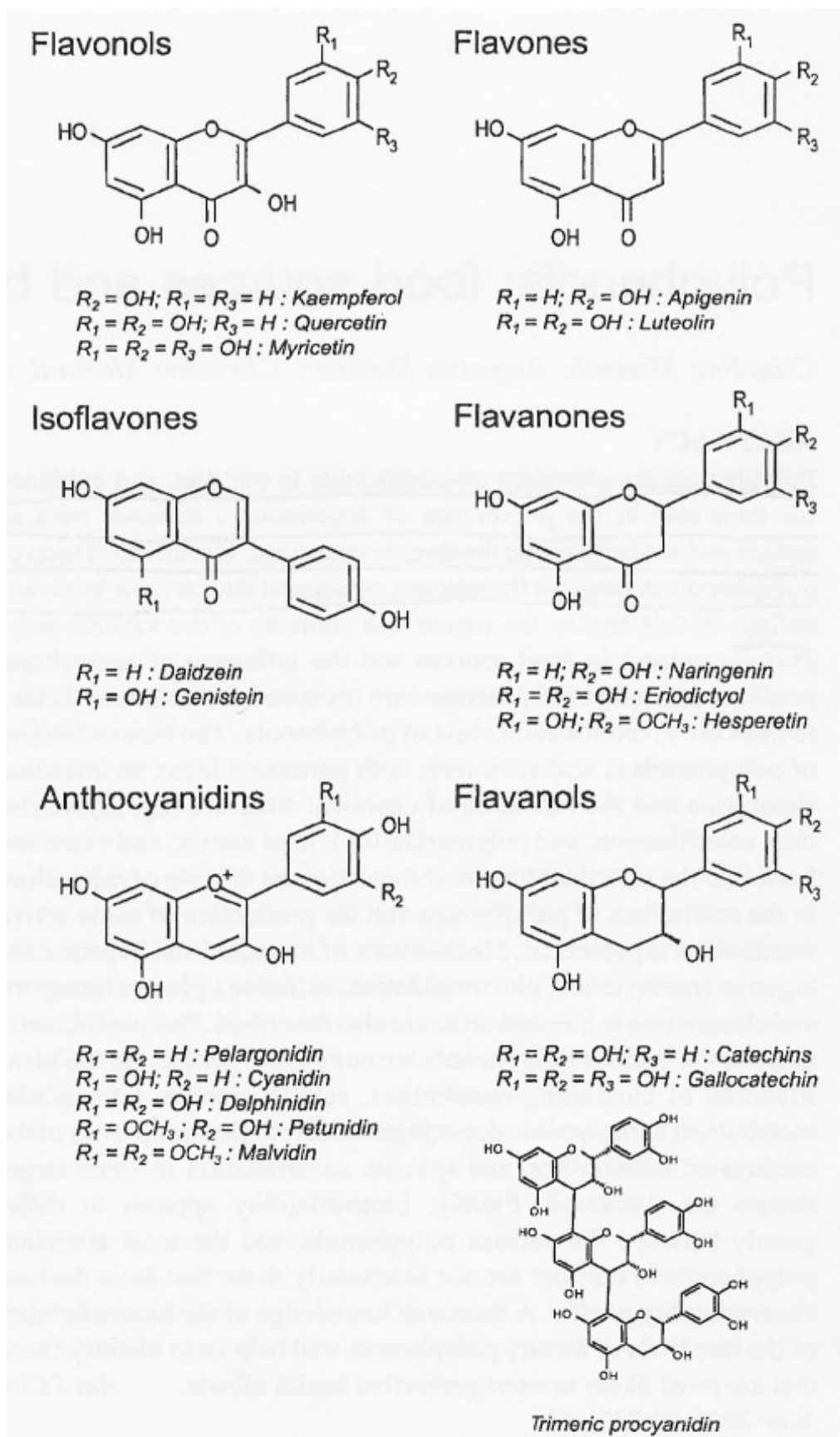
διϋδροφλαβονόλες, οι φλαβονόνες, οι φλαβανόλες, οι φλαβανοδιόλες, οι ανθοκυανιδίνες, τα ισοφλαβονοειδή και τέλος τα διφλαβονοειδή, οι προανθοκυανιδίνες ή συμπυκνωμένες ταννίνες (Χίου, 2003).

Οι πολυφαινόλες είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες στα φυτικά τρόφιμα (λαχανικά, φρούτα, φυτικά λάδια κ.ά.) και στα ποτά (κρασί, μπύρα, τσάι, κακάο κ.ά.) και εν μέρη υπεύθυνες για τις λειτουργικές τους ιδιότητες και την υψηλή βιολογική τους αξία. Η στυφή και πικρή γεύση των τροφίμων και των ποτών εξαρτάται από την περιεκτικότητά τους σε πολυφαινόλες (Χίου, 2003).



Σχήμα 3.2: Χημικές δομές πολυφαινολών.

Πηγή: (Manach et al, 2004).



Σχήμα 3.3: Χημικές δομές Φλαβονοειδών.

Πηγή: (Manach et al, 2004).

i. Σημασία πολυφαινολών στην ανθρώπινη υγεία

Η προστατευτική δράση των πολυφαινολών, κυρίως όσων έχουν ορθοδιαφαινολική, κατεχολική δομή στο μόριό τους, αποδίδεται στην αντιοξειδωτική τους δράση ως «δεσμευτές» (scavengers) ελευθέρων ριζών ή ως αποδομητές αλυσιδωτών οξειδωτικών αντιδράσεων. Η αντιοξειδωτική τους δράση εκδηλώνεται με την προστασία της LDL από οξείδωση και κατά συνέπεια μείωση της αποτιθέμενης χοληστερόλης στους ιστούς, αλλά και με δράση έναντι των οξειδωτικών παραγόντων του επιθηλιακού ιστού, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι πιθανότητες σχηματισμού αθηρωματικής πλάκας (Χίου, 2003).

Οι πολυφαινόλες παρεμβαίνουν και διακόπτουν / αναστέλλουν την οξείδωση με τους εξής τρόπους:

- Αντιδρούν με τις ελεύθερες ρίζες που παράγονται στον οργανισμό και τις εξουδετερώνουν. Μέσω αυτής της πορείας καθίστανται οι ίδιες ελεύθερες ρίζες, οι οποίες όμως είναι πολύ σταθερές ακριβώς λόγω της πολυφαινολικής δομής, η οποία μέσω συντονισμού σταθεροποιείται σημαντικά.
- Δρουν ως δεσμευτές μεταλλικών ιόντων, τα οποία πολύ συχνά οφείλονται για την δημιουργία των ελευθέρων ριζών. Αυτό γίνεται μέσω της οξείδωσης ενός χηλικού συμπλόκου με το μεταλλικό ιόν.
- Αναγεννούν ένα σημαντικό αντιοξειδωτικό του οργανισμού, τη βιταμίνη E (Χίου, 2003)

Οι πολυφαινόλες είναι αντιοξειδωτικά που λαμβάνονται σε μεγαλύτερο ποσοστό μέσω της διατροφής. Εντοπίζονται σε φρούτα, λαχανικά, δημητριακά, στη σοκολάτα και σε ροφήματα όπως το τσάι, ο καφές και το κρασί. Πειραματικές μελέτες σε ζώα ή καλλιέργειες ανθρώπινων κυττάρων υποστηρίζουν το ρόλο των πολυφαινολών στην πρόληψη καρδιαγγειακών ασθενειών, διαφόρων μορφών καρκίνου, εκφυλιστικών ασθενειών, διαβήτη και οστεοπόρωσης. Ωστόσο, από αυτά τα αποτελέσματα δεν μπορεί να ειπωθεί με βεβαιότητα η επίδραση της πρόσληψης πολυφαινολών στην πρόληψη διαφόρων ασθενειών. Ένας από τους λόγους για αυτό είναι το γεγονός ότι η δόση των πολυφαινολών που παρατηρείται στις έρευνες αυτές

είναι σημαντικά υψηλότερη από τη συνήθη πρόσληψη πολυφαινόλων από τους ανθρώπους σε καθημερινή βάση (Scalbert, 2005).

Ο καρκίνος, μία από τις κυριότερες αιτίες θανάτου παγκοσμίως, φαίνεται να είναι μία ασθένεια η οποία μπορεί να προληφθεί με συγκεκριμένες τροποποιήσεις στη δίαιτα. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι πολυφαινόλες δρουν χημειο-προστατευτικά. Η τρέχουσα ημερήσια πρόσληψη πολυφαινόλων φαίνεται να μην είναι αρκετή για την προστασία του οργανισμού από μεταλλάξεις (είτε ενδογενείς είτε εξωγενείς). Συνεπώς, μία αύξηση στην πρόσληψη αυτή είναι μία εναλλακτική προσέγγιση. Οι ερευνητικές προσπάθειες εντοπίζονται στον προσδιορισμό των βιολογικών μηχανισμών που σχετίζονται με τις προστατευτικές ιδιότητες των ενώσεων αυτών (Fresco, 2006).

ii. Βιοδιαθεσιμότητα πολυφαινόλων

Οι πολυφαινόλες είναι μικροσυστατικά που βρίσκονται σε αφθονία στη δίαιτά μας και πολλές έρευνες αναφέρουν τον προστατευτικό ρόλο τους στην πρόληψη εκφυλιστικών ασθενειών. Οι επιπτώσεις τους, ωστόσο, στην ανθρώπινη υγεία εξαρτώνται από την διαιτητική πρόσληψη και από την βιοδιαθεσιμότητα (Manach et al., 2004).

Πολλοί ερευνητές έχουν παρατηρήσει μεγάλη διακύμανση στην πρόσληψη πολυφαινόλων από διάφορες πληθυσμιακές ομάδες. Ο κύριος λόγος για αυτό είναι οι ατομικές προτιμήσεις στα διάφορα τρόφιμα. Στην Ισπανία η συνολική πρόσληψη κατεχινών και διμερών και τριμερών προανθοκυανιδών υπολογίστηκε 18 – 31 mg / d και οι κύριες πηγές είναι τα μήλα, τα αχλάδια, τα σταφύλια και το κόκκινο κρασί. Η κατανάλωση των φλαβονολών στην Ολλανδία ήταν σημαντικά υψηλότερη (50 mg / d) και οι κύριες πηγές είναι το τσάι, η σοκολάτα, τα μήλα και τα αχλάδια. Σε μία γερμανική μελέτη υπολογίστηκε η ημερήσια πρόσληψη υδροξυκινναμικού και υδροξυβενζοϊκού οξέος και βρέθηκε ίση με 211 mg / d και 11mg / d, αντίστοιχα. Η πρόσληψη καφεϊκού οξέος μόνο ήταν 206 mg / d με κύριες πηγές τον καφέ και τα φρούτα. Η πρόσληψη φαινολικών οξέων κυμαινόταν από 6 έως 987 mg / d στην Γερμανία, ενώ η μέση κατανάλωση φλαβονολών και φλαβονών ήταν 23 mg / d στον Ολλανδικό πληθυσμό (Manach et al., 2004).

Οι πολυφαινόλες που καταναλώνονται με τη μεγαλύτερη συχνότητα δεν είναι απαραίτητα και οι περισσότερες δραστικές στο ανθρώπινο σώμα, είτε επειδή έχουν μικρότερη εγγενή δραστηριότητα είτε επειδή απορροφώνται λιγότερο από το έντερο. Ο μεταβολισμός των πολυφαινολών ακολουθεί ένα κοινό μονοπάτι. Οι αγλυκόνες απορροφώνται από το λεπτό έντερο. Ωστόσο, οι περισσότερες πολυφαινόλες βρίσκονται στα τρόφιμα με τη μορφή εστέρων, γλυκοζιτών ή πολυμερών, τα οποία δεν μπορούν να απορροφηθούν στην πρωτογενή τους μορφή. Αυτές οι ουσίες πρέπει να υδρολυθούν από εντερικά ένζυμα ή από την μικροχλωρίδα του εντέρου προκειμένου να απορροφηθούν (Manach et al., 2004).

Η κερκετίνη έχει σχετικά μεγάλο χρόνο ημίσειας ζωής στο πλάσμα (11-28 ώρες) και μία δόση της τάξης των 50 mg μπορεί να οδηγήσει σε συγκέντρωση στο πλάσμα του αίματος 0,75 - 1,5 mmol / L. Οι ισοφλαβόνες παρουσιάζουν τη μέγιστη απορρόφηση στις 6 - 8 ώρες. Δόση της τάξης των 50 mg, όπως παρατηρείται στις περισσότερες παρεμβατικές μελέτες, έχει ως αποτέλεσμα μέγιστη συγκέντρωση στο πλάσμα 2 mmol / L στις 6 ώρες. Η ποσότητα των επικατεχινών που χορηγείται διαφέρει σημαντικά στις διάφορες μελέτες. Ωστόσο, με δόση 50 mg γαλλικού εστέρα επιγαλλοκατεχίνης, η μέγιστη συγκέντρωση στο πλάσμα ήταν 0,15 mmol / L (Williamson & Manach, 2005).

3. Βιταμίνη Ε

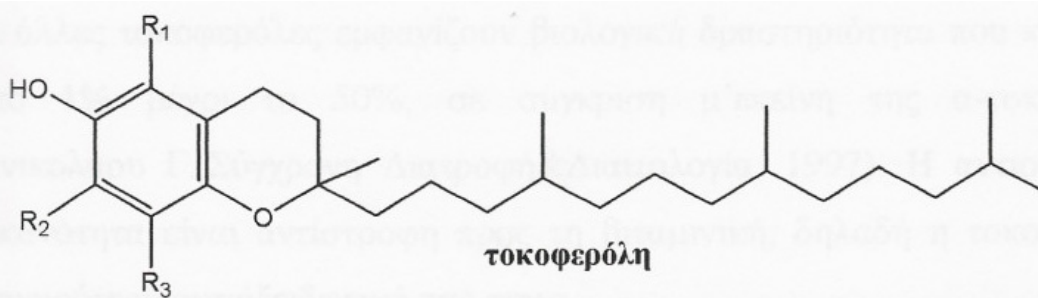
Η βιταμίνη Ε έχει ζωτικό ρόλο στην προστασία του οργανισμού ενάντια στη δράση των δραστικών μορφών οξυγόνου. Οκτώ ενώσεις, τέσσερις τοκοφερόλες και τέσσερις τοκοτριενόλες, με βιταμινική - Ε δραστικότητα έχουν ερευνηθεί και αναγνωρισθεί μέχρι σήμερα (Krause's, 11th edition). Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνονται οι δομές και η σχετική δραστικότητα των τοκοφερολών και των τοκοτριενολών. Οι τοκοφερόλες και οι τοκοτριενόλες διαφέρουν ως προς την παρουσία διπλών δεσμών στην πλευρική αλυσίδα. Οι α-, β-, γ-, δ- τοκοφερόλες και τοκοτριενόλες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την υποκατάσταση του χρωμανικού δακτυλίου (Χίου, 2003).

i. Σημασία βιταμίνης E στην ανθρώπινη υγεία

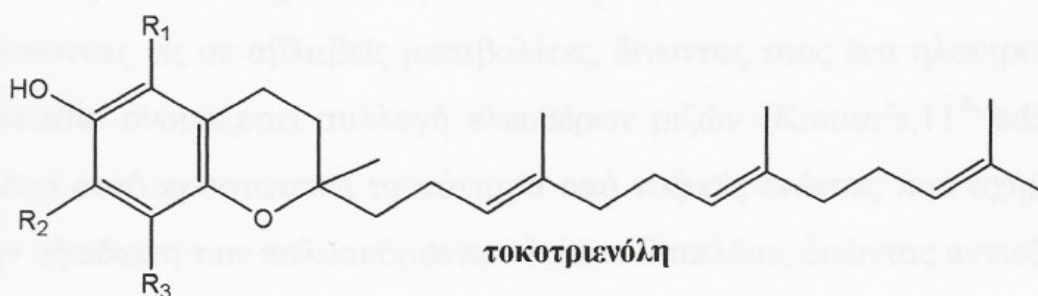
Η βιταμίνη E είναι το σημαντικότερο λιποδιαλυτό αντιοξειδωτικό που βρίσκεται στο κύτταρο. Βρίσκεται στη λιπιδική στιβάδα των κυτταρικών μεμβρανών, όπου και προστατεύει τα ακόρεστα φωσφολιπίδια από την οξειδωτική προσβολή, η οποία προκαλείται από τις δραστικές μορφές του οξυγόνου και άλλες ελεύθερες ρίζες. Η λειτουργία αυτή της βιταμίνης E οφείλεται στην ιδιότητα που έχει να μειώνει τη δραστικότητα αυτών των ριζών μετατρέποντάς τις σε αβλαβείς μεταβολίτες, δίνοντάς τους ένα ηλεκτρόνιο, διαδικασία που ονομάζεται δέσμευση ελευθέρων ριζών (Krause's, 11th edition).

Η αθηροσκλήρωση ξεκινά με συσσώρευση αφρωδών κυττάρων πλούσιων σε λιποειδή στο εσωτερικό των αρτηριών. Με τη συνεχή συσσώρευση σχηματίζονται συσσωματώματα λίπους και οδηγούμαστε σε αθηροσκλήρωση. Η οξείδωση της LDL από τις ελεύθερες ρίζες επάγει την εκκαθάριση της οξειδωμένης LDL από τα μακροφάγα, τα οποία μπορούν πιο εύκολα να προσλάβουν την οξειδωμένη LDL από την μη-οξειδωμένη. Η οξειδωμένη LDL μπορεί να μειώσει την κινητικότητα των μακροφάγων στις αρτηρίες, να αυξήσει την συσσώρευση των μονοκυττάρων στα ενδοθηλιακά κύτταρα και να οδηγήσει σε αθηρογένεση. Η βιταμίνη E μπορεί να προλαμβάνει την οξείδωση της LDL και επομένως να αποτρέπει την αθηροσκλήρωση.

Η βιταμίνη E σχετίζεται και με μειωμένο κίνδυνο ανάπτυξης *καρκίνου*. Κάποιες μελέτες προτείνουν ότι η βιταμίνη E μπορεί να αναστείλει τον πολλαπλασιασμό των λείων μυών μέσω ενεργοποίησης παραγόντων μεταγραφής (Συντώσης, 2003).



Ένωση	R ₁	R ₂	R ₃	Σχετική δραστηκότητα
α-τοκοφερόλη	CH ₃	CH ₃	CH ₃	1
β-τοκοφερόλη	CH ₃	H	CH ₃	0,4
γ-τοκοφερόλη	H	CH ₃	CH ₃	0,1-0,3
δ-τοκοφερόλη	H	H	CH ₃	0,01



Ένωση	R ₁	R ₂	R ₃	Σχετική δραστηκότητα
α-τοκοτριενόλη	CH ₃	CH ₃	CH ₃	0,3
β-τοκοτριενόλη	CH ₃	H	CH ₃	
γ-τοκοτριενόλη	H	CH ₃	CH ₃	
δ-τοκοτριενόλη	H	H	CH ₃	

Σχήμα 3.4: Δομή και σχετική δραστηκότητα τοκοφερολών και τοκοτριενολών.

Κεφάλαιο 4°

Εμπλουτισμός ελαίων τηγανίσματος

Εμπλουτισμός (ο) [1874] {χωρίς πληθυντικό} **1.** η αύξηση της περιεκτικότητας συνόλου ή μίγματος σε ένα στοιχείο, **2.** η βελτίωση μέσω της προσθήκης νέων δεδομένων, η ενσωμάτωση περισσότερων στοιχείων σε ένα σύνολο (Μπαμπινιώτης, 2005).

4.1. Χημικά και φυσικά αντιοξειδωτικά για τον εμπλουτισμό των ελαίων τηγανίσματος

Πολλοί ερευνητές έχουν προτείνει ότι τροποποιήσεις ή προσθήκη διάφορων ενώσεων ή μιγμάτων στα έλαια τηγανίσματος μπορεί να δράσει προστατευτικά ενάντια σε θερμικές μεταβολές και αντιδράσεις οξείδωσης (Boskou, Frying Fats). Τα αντιοξειδωτικά που χρησιμοποιούνται για τον εμπλουτισμό των ελαίων τηγανίσματος διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τα συνθετικά και τα φυσικά αντιοξειδωτικά.

Ανάμεσα στα διάφορα συνθετικά αντιοξειδωτικά που έχουν χρησιμοποιηθεί για την προστασία των ελαίων τηγανίσματος από τη θερμική οξείδωση, αυτά που έχουν μελετηθεί εκτενέστερα είναι το *tert* – βουτυλοξυλο – τολουόλιο, (BHT), η *tert* – βουτυλοξυλο – ανισόλη (BHA), *tert* - βούτυλο-υδροκινόνη (TBHQ) και προπυλεστέρες του γαλλικού οξέος (PG). Αντιοξειδωτικά όπως τα BHT και BHA χάνονται κατά την εξάτμιση και τα επιθυμητά επίπεδα των αντιοξειδωτικών δεν διατηρούνται κατά το τηγάνισμα. Η προσθήκη TBHQ έχει βρεθεί ότι δρα αποτελεσματικά κατά το τηγάνισμα πατατών με έλαιο στο οποίο έχει προστεθεί το αντιοξειδωτικό σε συγκέντρωση 0,02 %. Άλλες ουσίες, οι οποίες έχουν μελετηθεί για την επίδραση τους στη σταθερότητα των ελαίων τηγανίσματος περιλαμβάνουν το έλαιο σιλικόνης και δευτερογενή αντιοξειδωτικά, όπως το κιτρικό οξύ, το EDTA, το τριγυκό οξύ, ο παλμιτικός εστέρας του ασκορβικού οξέος, και πολυμερή αντιοξειδωτικά (Boskou, Frying Fats).

Τις τρεις τελευταίες δεκαετίες, ωστόσο, έχει παρατηρηθεί μία αυξανόμενη τάση προσθήκης φυσικών ουσιών στα τρόφιμα και πολλές

προσπάθειες γίνονται για την αντικατάσταση των συνθετικών αντιοξειδωτικών με φυσικά. Η προτίμηση για τα φυσικά αντιοξειδωτικά οφείλεται στις τοξικολογικές ανησυχίες για κάποια συνθετικά, αλλά κυρίως στα επιστημονικά ευρήματα που συσχετίζουν δραστικά συστατικά της διατροφής με μηχανισμούς ελευθέρων ριζών στο ανθρώπινο σώμα (Boskou, Frying Fats).

Πηγές φυσικών αντιοξειδωτικών είναι τα καρκεύματα, τα βότανα, τα τσάγια, τα έλαια, οι σπόροι, τα δημητριακά, το κέλυφος της καρύδας, τα σιτηρά, τα φρούτα και τα λαχανικά. Οι ερευνητές επικεντρώνονται στο ασκορβικό οξύ, τις τοκοφερόλες και τα καροτενοειδή καθώς επίσης και στα φυτικά εκχυλίσματα, που περιέχουν συγκεκριμένες τάξεις αντιοξειδωτικών, όπως φλαβονοειδή (κερκετίνη, καμπφερόλη, μυρισετίνη), κατεχίνες ή φαινόλες (καρνοσόλη, ροσμανόλη, ροσμαρινοδιφαινόλη) και φαινολικά οξέα (καρνοσικό οξύ, ροσμαρινικό οξύ). Ο παλμιτικός εστέρας του ασκορβικού οξέος θεωρείται φυσικό αντιοξειδωτικό, γιατί η υδρόλυσή του στον ανθρώπινο οργανισμό οδηγεί στο σχηματισμό ασκορβικού και παλμιτικού οξέος. Ανάμεσα στα βότανα της οικογένειας Lamiaceae, το δεντρολίβανο είναι αυτό που έχει μελετηθεί εκτενέστερα και τα εκχυλίσματά του είναι τα πρώτα που χαρακτηρίστηκαν ως φυσικά αντιοξειδωτικά. Η ρίγανη, η οποία ανήκει στην ίδια οικογένεια, έχει κερδίσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών σαν ένα πιθανό αντιοξειδωτικό (Yanishlieva et al, 2001).

4.2. Αύξηση της σταθερότητας των ελαίων τηγανίσματος με φυσικά αντιοξειδωτικά

Γενικότερα, ισχύει ότι όσο υψηλότερος είναι ο βαθμός ακορεστότητας ενός ελαίου, τόσο πιο ευαίσθητο είναι το έλαιο σε αντιδράσεις οξειδωσης (Yanishlieva et al, 2001). Τα λιγότερο σταθερά έλαια υδρογονώνονται με σκοπό την βελτίωση της οξειδωτικής τους σταθερότητας κατά το τηγάνισμα. Ωστόσο, η υδρογόνωση οδηγεί στο σχηματισμό σημαντικών ποσοτήτων ανεπιθύμητων trans ισομερών και ισομερών θέσης λιπαρών οξέων. Η σταθερότητα των ελαίων τηγανίσματος ορισμένες φορές μπορεί να αυξηθεί με προσεκτική ανάμιξη πολυακόρεστων ελαίων με περισσότερο κορεσμένα έλαια. Ο φυσικός τρόπος βελτίωσης της οξειδωτικής σταθερότητας των ελαίων τηγανίσματος είναι η προσθήκη φυσικών αντιοξειδωτικών συστατικών

και πρόδρομων ενώσεων, που εντοπίζονται στο φυτικό βασίλειο (Kochbar, 2000).

Αν και η αυξημένη σταθερότητα του ελαιολάδου, λόγω της σύστασής του και της περιεκτικότητας του σε αντιοξειδωτικά δεν απαιτεί τον εμπλουτισμό του, πολλοί ερευνητές μελετούν το ενδεχόμενο της επιπλέον βελτίωσής του με την προσθήκη φυσικών αντιοξειδωτικών (Yanishlieva et al, 2001).

Οι Wagner και Elmadfa (2000) εκτίμησαν την προστασία στην οξείδωση που παρέχουν οι α-, γ- και δ-τοκοφερολες (ξεχωριστά και ως μίγμα) σε ελαιόλαδο που παράγεται με ψυχρή έκθλιψη, καθορίζοντας το χρόνο επαγωγής σε Rancimat στους 120° C. Οι τοκοφερόλες προστέθηκαν σε ποσότητες 0,01 - 0,2 %. Η επίδραση των προστιθέμενων τοκοφερολών και των μιγμάτων τους (100 mg / 100 g ελαίου) στη σταθερότητα του ελαίου ήταν $\gamma / \delta - \text{Toc} > \gamma - \text{Toc} > \delta - \text{Toc} > \gamma / \alpha - \text{Toc} > \delta / \alpha - \text{Toc} > \alpha - \text{Toc}$ (Yanishlieva et al, 2001).

Ο Nergiz (1991) μελέτησε την αντιοξειδωτική δράση ορισμένων φαινολικών ενώσεων του ελαιολάδου σε ραφινρισμένο ελαιόλαδο στους 97,8° C με τη μέθοδο του ενεργού οξυγόνου (Active Oxygen Method, AOM-test). Το 3,4-δι-υδροξυ-φαινυλοξικό οξύ ήταν πιο αποτελεσματικό σαν αντιοξειδωτικό από τα BHA και BHT. Τα οξέα πρωτοκατεχικό και καφεϊκό έδειξαν επίσης καλή αντιοξειδωτική δράση (Yanishlieva et al 2001).

Το ηλιέλαιο χρησιμοποιείται ευρέως και αποτελεί μία καλή πηγή του απαραίτητου λιπαρού οξέος, λινελαϊκού οξέος. Το πλούσιο σε ελαϊκό οξύ (High Oleic Sunflower Oil, HOSO) ηλιέλαιο χαρακτηρίζεται από καλύτερη οξειδωτική σταθερότητα σε σύγκριση με το πλούσιο σε λινελαϊκό οξύ ηλιέλαιο. Οι Yanishlieva και Marinova μελέτησαν την αποτελεσματικότητα φυσικών αντιοξειδωτικών που περιέχουν ortho - διφαινολικές ομάδες π.χ του καφεϊκού οξέος, εσκουλετίνη και φραζετίνη. Η οξειδωτική σταθερότητα του ηλιελαίου μελετήθηκε στους 25° C και στους 100° C για διάφορες συγκεντρώσεις προστεθειμένων αντιοξειδωτικών. Ο παράγοντας F^1 του 0,02% BHT ήταν 1,2 και στις δύο θερμοκρασίες. Η αποτελεσματικότητα της φραζετίνης αυξήθηκε

¹ Ο παράγοντας F αναφέρεται στα αποτελέσματα μετρήσεων της οξειδωτικής σταθερότητας ενός ελαίου με την τεχνική Rancimat και είναι το πηλίκο του χρόνου επαγωγής (induction time) παρουσία αναστολέα προς το χρόνο επαγωγής απουσία αυτού.

με την αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ του καφεϊκού οξέος παρεμένει πρακτικά σταθερή (Yanishlieva et al, 2001).

Ο παλμιτικός εστέρας του ασκορβικού οξέος αυξάνει την οξειδωτική σταθερότητα του ηλιελαίου και η αποτελεσματικότητά του εξαρτάται από τη συγκέντρωσή του. Ο Pongrancz (1973) βρήκε ότι ο παράγοντας F για 0,05% AP στην οξείδωση του ηλιελαίου ήταν 4,1 στους 100° C (Yanishlieva & Marinova, 2001).

Οι Gamel και Κιριτσάκης έδειξαν ότι μεθανολικό εκχύλισμα δεντρολίβανου προστιθέμενο σε συγκέντρωση 0,02 % αυξάνει την οξειδωτική σταθερότητα του ηλιελαίου στους 63° C και στους 120° C. Ο παράγοντας F του εκχυλίσματος δεντρολίβανου 0,02 % ήταν 1,6 στους 120° C. Ο παράγοντας σταθεροποίησης F για το αιθανολικό εκχύλισμα καλοκαιρινής θρούμπας (*Satureja hortensis* L.) συγκέντρωσης 0,1 - 0,5 % στο ηλιέλαιο ήταν 1,8 - 2,3 στους 100° C, ενώ για 0,02 % BHT ήταν 1,2 (Yanishlieva et al, 2001).

Σε μία άλλη έρευνα μελετήθηκε η επίδραση των τοκοφερολών στην οξειδωτική σταθερότητα απογυμνωμένων από αντιοξειδωτικά φυτικών ελαίων με την προσθήκη προτύπων α -, β -, γ - και δ – τοκοφερολών. Πρότυπες τοκοφερόλες σε αναλογία τυπική του ηλιελαίου (υψηλή περιεκτικότητα σε α – και χαμηλή σε γ – και δ – τοκοφερόλη) και πρότυπες τοκοφερόλες σε αναλογία τυπική του σογιέλαιου (χαμηλή περιεκτικότητα σε α – και υψηλή σε γ – και δ – τοκοφερόλη) προστέθηκαν στο απογυμνωμένο από αντιοξειδωτικά ηλιέλαιο και σογιέλαιο. Τα έλαια υποβλήθηκαν σε επιταχυνόμενη αυτοοξείδωση, θερμικά στους 60° C στο σκοτάδι και σε επιταχυνόμενη φωτοοξείδωση σε πυκνότητα φωτός 7500lx στους 30° C. Τα επίπεδα οξείδωσης των επεξεργασμένων ελαίων μετρήθηκαν αφενός από το σχηματισμό υπεροξειδίων και πτητικών ενώσεων και αφετέρου από την ανάλυση της γεύσης. Κατά την αυτοοξείδωση στο σκοτάδι, το σογιέλαιο με προφίλ τοκοφερολών ανάλογο του σογιέλαιου είχε τα χαμηλότερα επίπεδα υπεροξειδίων και συνολικών πτητικών ενώσεων, ενώ το ηλιέλαιο με προφίλ τοκοφερολών ανάλογο του ηλιελαίου είχε τα υψηλότερα. Στη γευστική ανάλυση των ελαίων, το ηλιέλαιο με προφίλ τοκοφερολών ανάλογο του σογιέλαιου ήταν το σταθερότερο. Το σογιέλαιο με προφίλ τοκοφερολών ανάλογο του ηλιελαίου ήταν το λιγότερο σταθερό στην αυτοοξείδωση στο

σκοτάδι. Η προσθήκη τοκοφερολών σε περιεκτικότητα ανάλογη του ηλιελαίου βελτίωσε την σταθερότητα στο φως και των δύο φυτικών ελαίων. Τέλος, το προφίλ τοκοφερολών τυπικό του σογιέλαιου ήταν σημαντικά πιο αποτελεσματικό στην παρεμπόδιση της αυτοοξειδωσης στο σκοτάδι, ενώ το προφίλ τοκοφερολών τυπικό του ηλιελαίου ήταν σημαντικά πιο αποτελεσματικό στην παρεμπόδιση της αυτοοξειδωσης στο φως (Warner, 2005).

Οι Zandi και Gordon μελέτησαν την επίδραση μεθανολικών εκχυλισμάτων παλιών φύλλων τσαγιού στη σταθερότητα του κραμβελαίου κατά τη θέρμανσή του στους 60° C και κατά το τηγάνισμα πατάτας στους 180° C και τα σύγκριναν με εκχυλίσματα δεντρολίβανου. Βρήκαν ότι το εκχύλισμα των παλιών φύλλων τσαγιού επιβράδυνε την οξείδωση του ελαίου στους 60° C, με τη δράση του να αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης, σε εύρος συγκεντρώσεων 0,02 - 0,25 %. Εκχύλισμα προστιθέμενο σε συγκέντρωση 0,25 % είχε παρόμοια δράση με το εκχύλισμα δεντρολίβανου συγκέντρωσης 0,1 %. Ακόμη, βρέθηκε ότι το εκχύλισμα τσαγιού (0,1 %) ήταν τόσο δραστικό στην επιβράδυνση της αποικοδόμησης του ελαίου όσο το εκχύλισμα δεντρολίβανου (0,1 %) κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων τηγανισμάτων πατάτας (Zandi et al, 1999).

Οι Shyamala et al αφού εξέτασαν την αντιοξειδωτική ικανότητα φυλλωδών λαχανικών, και συγκεκριμένα του λάχανου (*Brassica oleracea* var. *capitata*), φύλλων κολιάνδρου (*Coriandrum sativum*), hongone (*Alternanthera sessilis*) και σπανακιού (*Spinachia oleracea*), πρόσθεσαν αιθανολικά εκχυλίσματα αιθανολικά αυτών σε ραφινρισμένο ελαιόλαδο και φουντουκέλαιο. Τα έλαια θερμάνθηκαν σε θερμοκρασίες τηγανίσματος και αποθηκεύθηκαν για τέσσερις εβδομάδες. Στη συνέχεια, εκτιμήθηκε η τιμή υπεροξειδίου τους που δείχνει την οξειδωτική κατάσταση τους. Το φαινολικό περιεχόμενο των λαχανικών κυμαινόταν από 5 mg στο λάχανο μέχρι 69,5 mg στο σπανάκι. Η αναγωγική ικανότητα των φυλλωδών λαχανικών ακολούθησε την εξής σειρά: σπανάκι < λάχανο < φύλλα κολιάνδρου < φύλλα hongone. Γενικά τα φυλλώδη λαχανικά επέδειξαν καλή αντιοξειδωτική δράση και τα εκχυλίσματά τους παρείχαν προστατευτική επίδραση στο σχηματισμό

υπεροξειδίου κατά την αποθήκευση των τηγανισμένων ελαίων (Shyamala et al., 2005).

Οι Houhoula et al μελέτησαν την επίδραση της προσθήκης ρίγανης στην οξειδωτική σταθερότητα του βαμβακελαίου κατά το τηγάνισμα πατατών και την σταθερότητα των τηγανισμένων πατατών κατά την αποθήκευσή τους. Για τον σκοπό αυτό προστέθηκε στο έλαιο πριν το τηγάνισμα σκόνη ρίγανης ή αιθανολικό εκχύλισμα σε συγκέντρωση 2 g / L. Τα πειράματα που έγιναν με έλαιο στο οποίο είχε προστεθεί ρίγανη διέφεραν στατιστικά σημαντικά ($P < 0,05$) από αυτά που έγιναν χωρίς την προσθήκη ρίγανης ή εκχυλίσματος αυτής. Βρήκαν ότι τόσο η ρίγανη όσο και το εκχύλισμά της μείωσαν τους βαθμούς συσσώρευσης των συζευγμένων διενίων, των πολικών ενώσεων, των πολυμερισμένων και των διμερών τριγλυκεριδίων καθώς και την τιμή p -ανισιδίνης (p -AV) του τηγανισμένου ελαίου. Η σημαντικότερη μείωση παρατηρήθηκε στη συσσώρευση των πολυμερισμένων και των διμερών τριγλυκεριδίων. Η συσσώρευση των οξειδωμένων τριγλυκεριδίων έδειξε μικρότερη μείωση με την προσθήκη ρίγανης, ενώ οι υδρολυτικές ενώσεις που σχηματίσθηκαν κατά το τηγάνισμα δεν επηρεάστηκαν. Στατιστικά σημαντικές (95% επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας) διαφορές μεταξύ της ρίγανης και του εκχυλίσματος δεν παρατηρήθηκαν (Houhoula et al, 2003).

Σε μία άλλη ερευνητική μελέτη μελετήθηκε η επίδραση των εκχυλισμάτων δενδρολίβανου και φασκόμηλου στις φυσικές και χημικές μεταβολές του ραφινάρισμένου (λευκασμένου και αποσμιμένου) φοινικέλαιου κατά το βαθύ τηγάνισμα πατατών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και τα δύο αντιοξειδωτικά επιβράδυναν σημαντικά ($P < 0,05$) την υποβάθμιση του ελαίου κατά τη διάρκεια έξι ημερών τηγανίσματος και μείωσαν το βαθμό οξείδωσης των ελαίων κατά το τηγάνισμα (Che Man, 2000).

4.3. Τα φύλλα ελιάς ως πηγή αντιοξειδωτικών

Το ελαιόδενδρο (*Olea Europaea* L.) αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά καρποφόρα δένδρα των χωρών της Μεσογείου. Τα φύλλα της ελιάς είναι ένα από τα υποπροϊόντα κατά τη σοδειά της ελιάς και βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στις βιομηχανίες της ελιάς (10% του συνολικού βάρους των ελιών) (Tabera, 2004). Αν και πολλές μελέτες έχουν ασχοληθεί με την χημική

σύσταση την αντιοξειδωτική ικανότητα των ελιών και του ελαιολάδου, μόνο λίγες έχουν επικεντρωθεί στην απομόνωση και τον εντοπισμό των πιθανών αντιοξειδωτικών ενώσεων των φύλλων της ελιάς (Bouaziz & Sayadi, 2005).

Στο βάθος των αιώνων, τα φύλλα της ελιάς χρησιμοποιούνταν στην πρακτική ιατρική για την αντιμετώπιση του πυρετού και άλλων ασθενειών, όπως η ελονοσία. Κάποιες μελέτες έχουν δείξει την ικανότητα του εκχυλίσματός τους να προκαλεί μείωση της αρτηριακής πίεσης στα ζώα, αύξηση της ροής του αίματος στη στεφανιαία αρτηρία, ενώ έχει επιπλέον χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση της αρρυθμίας, και στην αναστολή των μυϊκών σπασμών (Garcia et al., 2000).

Το κύριο αντιοξειδωτικό των φύλλων της ελιάς είναι η ολεωρωπαΐνη. Η πικρή αυτή ένωση έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα αποτελεσματικό αντιοξειδωτικό, το οποίο διαθέτει επίσης αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες και υποτασική δράση (Garcia et al, 2000, Savournin et al, 2001, Le Tutour et al, 1992). Ακόμη, η υδρόλυσή της έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό ενώσεων με αντιμικροβιακή δράση. Η υδροξυτυροσόλη, το πρωταρχικό προϊόν αποικοδόμησης της ολεωρωπαΐνης, διαθέτει επίσης αντιοξειδωτική δράση (Briante et al., 2002).

Οι Bouaziz και Sayadi βρήκαν ότι η ποσότητα της ολεωρωπαΐνης στα εκχυλίσματα φύλλων ελιάς κυμαινόταν από 4,45 έως 14,2 %. Για την εκχύλιση χρησιμοποιήθηκαν διάφορα μίγματα διαλυτών και η μεγαλύτερη ποσότητα ολεωρωπαΐνης παρελήφθη με τη χρήση μεθανόλης / νερού (8 : 2 vol / vol). Η ποσότητα της ολεωρωπαΐνης στα φύλλα κυμαινόταν από 12,4 έως 14,2 %, ποσοστό πολύ μεγαλύτερο συγκριτικά με τις άλλες πολυφαινόλες. Η ποσότητα της υδροξυτυροσόλης που απομονώθηκε έπειτα από όξινη υδρόλυση της ολεωρωπαΐνης υπολογίστηκε να είναι 2,3 g / 100 g φρέσκων φύλλων (Bouaziz & Sayadi, 2005).

Κεφάλαιο 5°

Πειραματικό μέρος

5.1. Ρηχό Τηγάνισμα

Όργανα / Σκεύη

Τα σκεύη και τα όργανα που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής:

αντικολλητικό τηγάνι	πηρούνι
μαχαίρια	δίχτυ
μπωλ	ογκομετρικός κύλινδρος
πιάτα	ζυγός
κουτάλα	χάρακας
σουρωτήρι	θερμόμετρο

Δείγματα

Τα 2 από τα 3 έλαια (ελαιόλαδο - Άλτις κλασικό, ηλιέλαιο - Μινέρβα), όπως και οι πατάτες (ωμές) προμηθεύτηκαν από συνοικιακό super-market (μεγάλης αλυσίδας). Το φοινικέλαιο αγοράστηκε από εταιρεία εμπορίας εδώδιμων ελαίων.

Διαδικασία ρηχού τηγανίσματος.

Έλαιο (0,2L) τοποθετήθηκε σε τηγάνι και θερμάνθηκε στους 180°C σύμφωνα με την ένδειξη του θερμομέτρου σε μάτι ηλεκτρικής κουζίνας. Έγινε ένα τηγάνισμα με το ίδιο έλαιο. Οι πατάτες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ωμές, καθαρίστηκαν, πλύθηκαν και κόπηκαν πριν από κάθε τηγάνισμα. Με ένα χάρακα μετρήθηκαν δειγματοληπτικά οι διαστάσεις τους. Σε κάθε τηγάνισμα χρησιμοποιήθηκαν 200 g πατάτας. Η διάρκεια του τηγανίσματος ήταν 4 min. Το έλαιο αφέθηκε να κρυώσει και τοποθετήθηκε σε δοχείο για φύλαξη.

Πίνακας 5.1: Διαστάσεις κομμένων πατατών.

Πατάτα	Μήκος (cm)	Πλάτος (cm)	Ύψος (cm)
1	7,5	1	1
2	7,5	0,9	0,8
3	6	1	1,2
4	6	0,7	1
5	7,3	1	1,1
6	5	0,8	1,2
7	6,5	0,8	1,2
8	7	0,9	1
9	7	0,8	1
Μέση τιμή	6,6 ± 0,8	0,9 ± 0,1	1,1 ± 0,1

Συντήρηση δειγμάτων

Το έλαιο τηγανίσματος ζυγίστηκε μετά το τέλος κάθε τηγανίσματος για τον υπολογισμό του απορροφηθέντος ελαίου από τις πατάτες. Από κάθε τηγάνισμα φυλάχθηκε όλος ο όγκος του ελαίου στην κατάψυξη (-40°C). Οι τηγανισμένες πατάτες ζυγίστηκαν αφού κρύωσαν, και φυλάχτηκαν στην κατάψυξη για να ακολουθήσει λυοφυλίωση για τον προσδιορισμό της υγρασίας.

5.2. Απομάκρυνση της υγρασίας από τις τηγανισμένες πατάτες (Λυοφυλίωση)

Αντιδραστήρια - Όργανα

Ζυγός ακριβείας: Analytical Standard, Model AS1120

Συσκευή λυοφυλίωσης: Cryodos της εταιρείας Telestar

Αρχή της μεθόδου

Προζυγισμένη ποσότητα τηγανισμένων πατατών υποβλήθηκε σε λυοφυλίωση για την απομάκρυνση της υγρασίας. Η λυοφυλίωση είναι μια μέθοδος αφυδάτωσης των τροφίμων σε ήπιες συνθήκες με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος καταστροφής των ευαίσθητων συστατικών του δείγματος. Ποσότητα τηγανισμένης πατάτας τοποθετήθηκε σε προζυγισμένες φιάλες του λυοφυλοποιητή και οδηγήθηκαν για λυοφυλίωση. Στον

λυοφυλοποιητή η πίεση είναι <1 mbar και η θερμοκρασία –50 - –40 °C. Η όλη διαδικασία διαρκεί 24-48 ώρες και η διαφορά βάρους πριν και μετά την λυοφυλίωση αντιστοιχεί στην περιεχόμενη υγρασία.

5.3. Προσδιορισμός του απορροφηθέντος ελαίου από τις τηγανισμένες πατάτες

Όργανα

Ζυγός ακριβείας: Analytical Standard, Model AS1120

Αναλυτική πορεία

Ο προσδιορισμός του απορροφηθέντος ελαίου από τις τηγανισμένες πατάτες πραγματοποιήθηκε σταθμικά χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$\% \text{ απορροφηθέν ελαιο} = \frac{\text{μάζα (g) απορροφηθέντος ελαίου}}{\text{μάζα (g) τηγανισμένης πατάτας}} \times 100$$

Η μάζα (g) του απορροφηθέντος ελαίου υπολογίσθηκε από την διαφορά μάζας του ελαίου στο σκεύος τηγάνισματος πριν και μετά από κάθε τηγάνισμα

5.4. Παραλαβή Πολυφαινολών

Όργανα / Αντιδραστήρια

Διαλύτες: μεθανόλη, ακετονιτρίλιο αναλυτικής καθαρότητας, εξάνιο, μεθανόλη χρωματογραφικής καθαρότητας (HPLC)

Σκεύη εργαστηρίου: δοκιμαστικοί σωλήνες, ποτήρια ζέσεως, πιπέττες Pasteur, πιπέττες, vials

Φυγοκεντρικός εξατμιστήρας κενού Speed Vac

Φυγόκεντρος

Ζυγός ακριβείας: Analytical Standard, Model AS1120

Αναδευτήρας (Vortex)

Πειραματική διαδικασία παραλαβής πολυφαινολών από νωπά και τηγανισμένα φυτικά τρόφιμα (πατάτα) - Αναλυτική Πορεία

Τα στάδια της πειραματικής διαδικασίας ήταν τα ακόλουθα:

1. Ζυγίστηκε το τρόφιμο (0,5g) με ακρίβεια 4 δεκαδικών ψηφίων σε δοκιμαστικό σωλήνα με βιδωτό πώμα.
2. Ακολούθησε εκχύλιση με μεθανόλη (5mL). Η ανάδευση έγινε σε vortex για 2 λεπτά. Στη συνέχεια το δείγμα τοποθετήθηκε στη φυγόκεντρο (3000 rpm) για 10 λεπτά.
3. Παραλαβή της οργανικής φάσης σε νέο δοκιμαστικό σωλήνα.
4. Τα στάδια 2 και 3 επαναλήφθηκαν 2 φορές για τα ωμά τρόφιμα και για τα τρόφιμα που τηγανίστηκαν σε μη εμπλουτισμένα έλαια με προσθήκη στο δοκιμαστικό σωλήνα με το τρόφιμο, εκ νέου, διαλύτη για ποσοτική παραλαβή. Για αυτά που τηγανίστηκαν σε εμπλουτισμένα έλαια τα στάδια 2 και 3 επαναλήφθηκαν 4 φορές. Έγιναν δηλαδή επί συνόλου 3 και 5 εκχυλίσες αντίστοιχα.
5. Αφού συλλέχθηκαν και ενοποποιήθηκαν οι οργανικές φάσεις, έγινε εξάτμιση του διαλύτη μέχρι ξηρού σε ειδικό όργανο (Speed Vac) στους 47° C.
6. Στους δοκιμαστικούς σωλήνες με το ξηρό δείγμα προστέθηκαν 2mL ακετονιτρίλιο και 3mL εξάνιο. Η υπερκείμενη στιβάδα αποτελείται από το εξάνιο, στο οποίο κατανέμονται τα άπολα συστατικά, και η υποκείμενη από το ακετονιτρίλιο, στο οποίο παραμένουν οι πολικές πολυφαινολικές ενώσεις.
7. Ακολούθησε απόρριψη της στιβάδας του εξανίου (υπερκείμενη).
8. Τα στάδια 6-7 επαναλήφθηκαν 2 φορές για τα ωμά τρόφιμα και 4 φορές για τα τηγανισμένα τρόφιμα. Έγιναν δηλαδή επί συνόλου 3 και 5 εκπλύσεις με εξάνιο αντίστοιχα.
9. Το μίγμα εξατμίστηκε μέχρι ξηρού στο Speed Vac στους 47° C.
10. Στο ξηρό δείγμα προστέθηκε 1mL μεθανόλη χρωματογραφικής καθαρότητας και μετά από ανάδευση το μίγμα φυλάχτηκε για περαιτέρω ανάλυση σε φιαλίδια (vials) χρωματογραφίας.
11. Για κάθε δείγμα τροφίμου που χρησιμοποιήθηκε η πορεία έλαβε χώρα εις διπλούν.

Πίνακας 5.2: Λυοφυλιοποιημένα τρόφιμα: Βάρος τροφίμου που χρησιμοποιήθηκε για την παραλαβή πολυφαινολών και υγρασία τροφίμων.

Φυτικά τρόφιμα (πατάτα νωπή)	Υγρασία τροφίμου (%fw)	Βάρος τροφίμου (g)	
		A	B
1	84,7	0,5001	0,5096
2	84,7	0,5007	0,5015
3	85,9	0,5057	0,5033
4	83,5	0,5077	0,5045
5	82,1	0,5005	0,5027
6	85,9	0,5057	0,5033

Φυτικά τρόφιμα (πατάτα τηγανισμένη σε)	Υγρασία τροφίμου (%fw)	Βάρος τροφίμου (g)	
		A	B
Ελαιόλαδο 1	60,1	0,5067	0,5043
Ελαιόλαδο 2	58,7	0,5084	0,5089
Εμπλουτισμένο Ελαιόλαδο 100ppm 1	56,6	0,5072	0,5082
Εμπλουτισμένο Ελαιόλαδο 100ppm 2	56,9	0,5075	0,5092
Εμπλουτισμένο Ελαιόλαδο 200ppm 1	53,8	0,5076	0,5155
Εμπλουτισμένο Ελαιόλαδο 200ppm 2	60,4	0,5015	0,5008
Ηλιέλαιο 1	59,2	0,5063	0,5021
Ηλιέλαιο 2	58,2	0,5032	0,5002
Εμπλουτισμένο Ηλιέλαιο 100ppm 1	58,8	0,5088	0,5042
Εμπλουτισμένο Ηλιέλαιο 100ppm 2	60,4	0,5093	0,5049
Εμπλουτισμένο Ηλιέλαιο 200ppm 1	52,2	0,5014	0,5028
Εμπλουτισμένο Ηλιέλαιο 200ppm 2	56,1	0,5068	0,5087
Φοινικέλαιο 1	62,9	0,5002	0,5073
Φοινικέλαιο 2	62,5	0,5124	0,5018
Εμπλουτισμένο Φοινικέλαιο 100ppm 1	48,0	0,5018	0,5031
Εμπλουτισμένο Φοινικέλαιο 100ppm 2	51,0	0,5011	0,5031
Εμπλουτισμένο Φοινικέλαιο 200ppm 1	55,2	0,5051	0,5026
Εμπλουτισμένο Φοινικέλαιο 200ppm 2	50,5	0,5051	0,5081

Πειραματική διαδικασία παραλαβής πολυφαινολών από νωπά και τηγανισμένα έλαια - Αναλυτική Πορεία

Τα στάδια της πειραματικής διαδικασίας ήταν τα ακόλουθα:

1. Ζυγίστηκε το έλαιο (2g) με ακρίβεια 4 δεκαδικών ψηφίων σε δοκιμαστικό σωλήνα με βιδωτό πώμα.
2. Προστέθηκε μεθανόλη (3mL).
3. Το μίγμα τροφίμου / διαλύτη αναδεύτηκε σε vortex για 2 λεπτά και έπειτα τοποθετήθηκε στη φυγόκεντρο (3000 rpm) για 10 λεπτά.
4. Παραλαβή της οργανικής φάσης σε νέο δοκιμαστικό σωλήνα.
5. Τα στάδια 2 - 4 επαναλήφθηκαν 2 φορές για τα μη εμπλουτισμένα έλαια και 4 φορές για τα εμπλουτισμένα με προσθήκη στο δοκιμαστικό σωλήνα με το έλαιο, εκ νέου, διαλύτη για ποσοτική παραλαβή. Έγιναν δηλαδή επί συνόλου 3 και 5 εκχυλίσεις αντίστοιχα.
6. Αφού συλλέχθηκαν οι οργανικές φάσεις, ο διαλύτης απομακρύνθηκε με εξατμισμό μέχρι ξηρού στο Speed Vac στους 47° C.
7. Στους δοκιμαστικούς σωλήνες με το ξηρό δείγμα προστέθηκαν 2mL ακετονιτρίλιο και 3mL εξάνιο. Η υπερκείμενη στιβάδα αποτελείται από το εξάνιο, στο οποίο κατανέμονται τα άπολα συστατικά, και η υποκείμενη από το ακετονιτρίλιο, στο οποίο παραμένουν οι πολικές πολυφαινολικές ενώσεις.
8. Ακολούθησε απόρριψη της στιβάδας του εξανίου (υπερκείμενη) και το μίγμα εξατμίστηκε μέχρι ξηρού στο Speed Vac στους 47° C.
9. Τα στάδια 6-7 επαναλήφθηκαν 4 φορές για όλα τα δείγματα. Έγιναν δηλαδή επί συνόλου 5 εκπλύσεις με εξάνιο.
10. Στο ξηρό δείγμα προστέθηκε 1mL μεθανόλη χρωματογραφικής καθαρότητας και μετά από ανάδευση το μίγμα φυλάχτηκε για περαιτέρω ανάλυση σε φιαλίδια (vials) χρωματογραφίας.
11. Για κάθε δείγμα τροφίμου που χρησιμοποιήθηκε η πορεία έλαβε χώρα εις διπλούν.

Πίνακας 5.3: Βάρη ελαίων τηγανίσματος που χρησιμοποιήθηκαν για την παραλαβή των περιεχόμενων πολυφαινολών.

Έλαιο	Βάρος (g)	
Ελαιόλαδο	A	B
Φρέσκο	2,0134	2,0675
Τηγανισμένο 1	2,0858	2,0676
Τηγανισμένο 2	2,0246	2,0770
Εμπλουτισμένο 100ppm φρέσκο	2,0673	2,0086
Εμπλουτισμένο 100ppm τηγανισμένο 1	2,0088	2,0522
Εμπλουτισμένο 100ppm τηγανισμένο 2	2,0449	2,0268
Ελαιόλαδο εμπλουτισμένο 200ppm φρέσκο	2,0348	2,0537
Εμπλουτισμένο 200ppm τηγανισμένο 1	2,0328	2,0228
Εμπλουτισμένο 200ppm τηγανισμένο 2	2,0358	2,0196
Ηλιέλαιο		
Φρέσκο	2,0792	2,0483
Τηγανισμένο 1	2,1247	2,0660
Τηγανισμένο 2	2,0695	2,0725
Εμπλουτισμένο 100ppm φρέσκο	2,0488	2,0464
Εμπλουτισμένο 100ppm τηγανισμένο 1	2,0713	2,0438
Ηλιέλαιο εμπλουτισμένο 100ppm τηγανισμένο 2	2,0660	2,0721
Εμπλουτισμένο 200ppm φρέσκο	2,0346	2,0190
Εμπλουτισμένο 200ppm τηγανισμένο 1	2,0066	2,0476
Εμπλουτισμένο 200ppm τηγανισμένο 2	2,0134	2,0708
Φοινικέλαιο		
Φρέσκο	2,0047	2,0056
Τηγανισμένο 1A	2,0097	2,0349
Τηγανισμένο 2A	2,0325	2,0065
Εμπλουτισμένο 100ppm φρέσκο	2,0841	2,0928
Εμπλουτισμένο 100ppm τηγανισμένο 1	2,0133	2,0519
Εμπλουτισμένο 100ppm τηγανισμένο 2	2,0442	2,0401
Εμπλουτισμένο 200ppm φρέσκο	2,0958	2,0871
Εμπλουτισμένο 200ppm τηγανισμένο 1	2,0248	2,0160
Εμπλουτισμένο 200ppm τηγανισμένο 2	2,0459	2,0938

5.5. Προετοιμασία δείγματος για ανάλυση με αέρια χρωματογραφία – Αντίδραση σιλυλίωσης

Όργανα / Αντιδραστήρια

Υδρόλουτρο

Φιάλη αζώτου

BSTFA

Αναλυτική Πορεία

Τα στάδια της προετοιμασίας του δείγματος ήταν τα ακόλουθα:

1. Από τα αναδιαλυμένα με μεθανόλη χρωματογραφικής καθαρότητας δείγματα φυτικών τροφίμων και ελαίων 100 μL μεταφέρθηκαν σε φιαλίδια (vials) για σιλυλίωση.
2. Σε κάθε vial προστέθηκαν 50 μL εσωτερικού προτύπου (Internal Standard). Ως εσωτερικό πρότυπο χρησιμοποιήθηκε διάλυμα 3 – (4 – υδροξυφαινυλο) – 1 – προπανόλης συγκέντρωσης 2 $\mu\text{g} / \text{mL}$.
3. Τα vials τοποθετήθηκαν υπό ρεύμα αζώτου για εξάτμιση του δείγματος μέχρι ξηρού.
4. Μετά την εξάτμιση της μεθανόλης στο ξηρό μίγμα πολυφαινολών προστέθηκαν 250 μL σιλυλιωτικού αντιδραστηρίου BSTFA.
5. Τα vials με το μίγμα πολυφαινολών, εσωτερικού προτύπου και σιλυλιωτικού αντιδραστηρίου τοποθετήθηκαν σε υδρόλουτρο στους 70° C για 20 λεπτά.

Ακολούθησε προσδιορισμός των πολυφαινολών με αέρια χρωματογραφία / φασματομετρία μάζας.

5.6. Αέρια Χρωματογραφία / Φασματομετρία μάζας για τον προσδιορισμό των επιμέρους πολυφαινολών

Όργανα / Αντιδραστήρια

Πρότυπες ουσίες: Βανιλίνη, κινναμικό οξύ, τυροσόλη, *p*-υδροξυ – βενζοϊκό οξύ, *p*-υδροξυ – φαινυλοξικό οξύ, *p*-υδροξυ – φαινυλοπροπιονικό οξύ, βαννιλικό οξύ, υδροξυ - τυροσόλη, πρωτοκατεχικό οξύ, ομοβαννιλική αλκοόλη, 3,4- διυδροξυ – φαινυλοξικό οξύ, *p*-κουμαρικό οξύ, *o*- κουμαρικό οξύ, γαλλικό οξύ, φερουλικό οξύ, συριγλικό οξύ, καφεϊκό οξύ, σιναπικό οξύ, ρεσβερατρόλη, επικατεχίνη, κατεχίνη, καμπφερόλη, χλωρογενικό οξύ, κερκετίνη, μυρισετίνη, 3-(4-υδροξυ - φαινυλο)-1-προπανόλη, ολεανολικό οξύ, ουρσολικό οξύ.

Αέριος χρωματογράφος με αυτόματο δειγματολήπτη: Agilent (Wallborn, Germany) HP σειρά GC 6890N, HP 7683

Ανιχνευτές: φασματογράφος μάζας τύπου HP 5973 (EI, 70 eV)

Εισαγωγέας: split – splitless

Λογισμικό ανάλυσης αποτελεσμάτων: HP Chemstation

Τριχοειδής στήλη: HP-5 MS (5% phenyl – 95% methyl siloxane, 30 m x 0.25 mm x 250 μ).

Αναλυτική πορεία

Ποσότητα 1 μL από το κάθε σιλυλιωμένο δείγμα εισάγεται στον αέριο χρωματογράφο με αναλογία δείγματος προς φέροντος αερίου (split ratio) 1:20. Ως φέρον αέριο χρησιμοποιήθηκε ήλιο με ροή 0.6 mL min⁻¹. Ο εισαγωγέας και η γραμμή μεταφοράς δείγματος προς τον ανιχνευτή μάζας ρυθμίσθηκαν στους 280°C και 300°C αντίστοιχα. Εφαρμόσθηκε το ακόλουθο θερμοκρασιακό πρόγραμμα του φούρνου: αρχική θερμοκρασία 70°C για 5 min, 70 - 130°C με 15°C /min, 130 - 170°C με 4°C / min, σταθερή για 15 min και τελικά στους 170 - 300°C με 10°C / min, όπου παραμένει σταθερή για 15 min. Για την ταυτοποίηση 25 πολυφαινολικών ενώσεων και 3 τριτερπενίων εφαρμόσθηκε η τεχνική της εκλεκτικής παρακολούθησης ιόντων (Selective Ion Monitoring, SIM)

Η ταυτοποίηση των πολυφαινολών έγινε με βάση τον χρόνο κατακράτησης ($\pm$ 0.05 RT) της κάθε πολυφαινόλης και τα 2 – 3 χαρακτηριστικά ιόντα που παρακολουθούνται για την κάθε μια. Τα χαρακτηριστικά ιόντα, κύριο ιόν και ιόντα ταυτοποίησης (T, Q1, Q2), για την κάθε πολυφαινόλη είχαν τις ακόλουθες τιμές m/z: βανιλίνη: 194, 209, κινναμικό οξύ: 205, 220, τυροσόλη: 179, 267, 282, *p*-ύδροξυ-βενζοϊκό οξύ: 267, 223, 193, *p*-ύδροξυ-φαιτυλοξικό οξύ: 252, 296, 281, *p*-ύδροξυ-φαιτυλο - προπιονικό οξύ: 192, 310, βαννιλικό οξύ: 297, 267, 312, υδροξυ-τυροσόλη: 267, 370, πρωτοκατεχικό οξύ: 193, 355, 370, ομοβαννιλική αλκοόλη: 326, 267, 311, 3,4- διύδροξυ-φαιτυλοξικό οξύ: 384, 267, 179, *p*-κουμαρικό οξύ: 308, 293, 219, *o*- κουμαρικό οξύ: 293, 308, 147, γαλλικό οξύ: 281, 458, 443, φερουλικό οξύ: 338, 323, 308, συριγκικό οξύ: 327, 342, 312, καφεϊκό οξύ: 396, 219, 381 σιναπτικό οξύ: 368, 353, 338, ρεσβερατρόλη: 444, 445, 443, επικατεχίνη: 368, 355, 474, κατεχίνη: 368, 355, 474, καμπφερόλη: 559, 560, χλωρογενικό οξύ: 345, 307, 324, κερκετίνη: 647, 559, 575 και μυρισετίνη: 735, 647, 575. Η 3-(4-υδροξυ-

φαίνυλο)-1-προπανόλη χρησιμοποιήθηκε ως εσωτερικό πρότυπο με κύριο ιόν m/z 206 και ιόντα ταυτοποίησης τα 191 και 179. Η ποσοτικοποίηση έγινε με χρήση καμπύλης αναφοράς 9 σημείων (μίγμα όλων των πολυφαινολώνστόχων) που περιείχαν όλα την ίδια ποσότητα εσωτερικού προτύπου με τα δείγματα. Δύο δείγματα προτύπων (υψηλής και χαμηλής συγκέντρωσης) αναλύονταν κάθε 10 δείγματα. Και για τις 25 πολυφαινόλες επιτεύχθηκε γραμμικότητα σε όλα τα δείγματα στο εύρος των ορίων ποσοτικοποίησης και πάνω από είκοσι φορές από την υψηλότερη συγκέντρωση για την κάθε ένωση.

Τα 3 τριτερπενικά οξέα ανιχνεύθηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν με τον ίδιο τρόπο: ολεανολικό οξύ: 203, 320, 482, ουρσολικό οξύ: 203, 320 και μασλινικό οξύ: 203, 320. Ο ποσοτικός προσδιορισμός του μασλινικού οξέος, λόγω έλλειψης πρότυπης ουσίας βασίσθηκε στον παράγοντα απόκρισης του ολεανολικού οξέος.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με λογισμικό της εταιρείας Agilent HP Chemstation 61701 BA.

5.7. Υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης για τον προσδιορισμό της ολευρωπαΐνης.

Όργανα / Αντιδραστήρια

Μεθανόλη χρωματογραφικής καθαρότητας

Φωσφορικό οξύ

Νερό χρωματογραφικής καθαρότητας

Πρότυπη ουσία ολευρωπαΐνης

Υγρός χρωματογράφος με αυτόματο δειγματολήπτη: HP-1050 Hewlett-Packard μοντέλο 1050 (Waldbronn, Germany)

Ανιχνευτές: συστοιχίας διόδων (DAD HP-1050), φθορισμού (HP-1046)

Λογισμικό ανάλυσης αποτελεσμάτων: HP Chemstation

Στήλη ανάστροφης φάσης: Nucleosil C18 100-5 (125 mm x 4.6 mm) (MZ, Mainz, Germany)

Ροή διαλυτών: 1 mL/min

Αναλυτική πορεία

Για τον προσδιορισμό της ολευρωπαΐνης χρησιμοποιήθηκε ένα διπλό σύστημα διαλυτών αποτελούμενο από οξινισμένο νερό με φωσφορικό οξύ ($\text{pH} = 3$) και μεθανόλη με βαθμιδωτή έκλυση ως εξής: Αρχικά 10 % μεθανόλη σε 18 % μεθανόλη σε 10 min, 28 % μεθανόλη σε 10 min, ισοκρατική έκλυση για 5 min, 31 % μεθανόλη σε 17.5 min, 34 % μεθανόλη σε 2.5 min, ισοκρατική έκλυση για 10 min, 40 % μεθανόλη για 5 min ισοκρατική έκλυση για 2.5 min, 70 % μεθανόλη για 7.5 min, 80% μεθανόλη για 10 min και επιστροφή στις αρχικές συνθήκες για 10 min. Πριν από κάθε ανάλυση εφαρμόζεται δεκάλεπτη εξισορρόπηση του συστήματος. Η ανίχνευση της ολευρωπαΐνης γίνεται με ανιχνευτή υπεριώδους στα 280 nm και 254 nm και με φθορισμομετρικό ανιχνευτή με μήκος κύματος διέγερσης 275 nm και μήκος κύματος εκπομπής 360 nm (lex 275 nm, lem 360 nm). 10 μL από το κάθε εκχύλισμα ελαίου ή τροφίμου εισήχθησαν στον εισαγωγέα, ενώ για το εκχύλισμα των φύλλων ελιάς προηγήθηκε αραίωση 1 : 50. Ο ποσοτικός προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε με εξωτερική καμπύλη αναφοράς πρότυπης ουσίας ολευρωπαΐνης 5 διαφορετικών συγκεντρώσεων.

5.8. Προσδιορισμός ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου - Αντίδραση Folin-Ciocalteu

Όργανα / Αντιδραστήρια

Κορεσμένο διάλυμα Na_2CO_3

Διάλυμα Folin-Ciocalteu

Σκεύη εργαστηρίου: δοκιμαστικοί σωλήνες, ποτήρια ζέσεως, πιπέττες Pasteur, πιπέττες, vials

Φασματοφωτόμετρο

Αρχή της μεθόδου:

Με την χρωματομετρική οξειδοαναγωγική αντίδραση Folin-Ciocalteu γίνεται ο προσδιορισμός του συνολικού φαινολικού περιεχομένου χωρίς τον διαχωρισμό μεταξύ μονομερών, διμερών και ανώτερων φαινολικών

συστατικών. Το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu (F-C) είναι μίγμα μολυβδαινικού νατρίου (Na_2MoO_4), βολφραμικού νατρίου (Na_2WO_4) και φωσφορικού οξέος (H_3PO_4) και προκαλεί οξείδωση των φαινολικών ιόντων με ταυτόχρονη αναγωγή των ετεροπολυμερών οξέων. Το προϊόν της αντίδρασης του F-C με τα φαινολικά συστατικά είναι σύμπλοκο μολυβδαινίου-βολφραιμίου (Mo-W) χαρακτηριστικής μπλε χρώσης που απορροφά στο ορατό (725nm). Η αλκαλικότητα ρυθμίζεται με κορεσμένο διάλυμα Na_2CO_3 (pH = 10).

Αντίδραση Folin-Ciocalteu

Σε δοκιμαστικό σωλήνα με βιδωτό πώμα προστίθενται 5mL απιονισμένο νερό και έπειτα 100μL του δείγματος (με πιπέτα σταθερού όγκου Eppendorf). Στη συνέχεια προστίθενται 500μL διαλύματος F-C. Μετά την πάροδο 3min στο σκοτάδι, προστίθεται 1 mL κορεσμένου διαλύματος Na_2CO_3 . Το μίγμα ανακινείται. Ακολουθεί αραίωση με απιονισμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 10mL (3,4mL απιονισμένο νερό). Το μίγμα ανακινείται ξανά και φυλάσσεται στο σκοτάδι για 1h. Το προϊόν της αντίδρασης φωτομετρείται στα 725nm ως προς «τυφλό» δείγμα (ακολουθείται η ίδια διαδικασία με τη διαφορά ότι στη θέση του δείγματος βάζουμε απιονισμένο νερό).

Κεφάλαιο 6°

Αποτελέσματα και συζήτηση

Τα έλαια της παρούσας μελέτης (ελαιόλαδο, ηλιέλαιο, φοινικέλαιο) εμπλουτίστηκαν με εκχύλισμα φύλλων ελιάς (πλούσια σε ολεωρωπαΐνη, υδροξυτυροσόλη, τυροσόλη και κερκετίνη) σε δύο συγκεντρώσεις, 100ppm και 200ppm. Το εκχύλισμα των φύλλων ελιάς που προστέθηκε αντιστοιχούσε επακριβώς σε προσθήκη 120 ppm και 240 ppm αντίστοιχα, όπως υπολογίστηκε από τον προσδιορισμό Folin – Ciocalteu, γεγονός το οποίο ελήφθη υπ' όψιν κατά τους υπολογισμούς, παρότι στο κείμενο εμφανίζονται οι τιμές 100 ppm και 200 ppm. Στη συνέχεια ακολούθησαν τηγανίσματα νωπών πατατών με το κάθε ένα από τα παραπάνω έλαια εις διπλούν. Τόσο στις νωπές όσο και στις τηγανισμένες πατάτες έγινε λυοφυλιοποίηση για την απομάκρυνση της υγρασίας. Ακολούθησε εκχύλιση των δειγμάτων (πατάτες νωπές και τηγανισμένες, έλαια νωπά και τηγανισμένα) με μεθανόλη προς παραλαβή των περιεχόμενων πολυφαινολών. Οι συνολικές πολυφαινολές υπολογίστηκαν με φωτομέτρηση των εκχυλισμάτων στα 725nm, αφού προηγήθηκε αντίδραση Folin-Ciocalteu. Η ταυτοποίηση και ο ποσοτικός προσδιορισμός των επιμέρους πολυφαινολών και των υδροξυπεντακυκλοτριτερπενικών οξέων έγινε GC / MS και της ολεωρωπαΐνης με HPLC.

6.1. Προσδιορισμός απορροφηθέντος ελαίου

Η μάζα του απορροφηθέντος ελαίου από τις τηγανισμένες πατάτες υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τη σχέση:

Απορροφηθέν έλαιο = μάζα (g) νωπού ελαίου – μάζα (g) τηγανισμένου ελαίου

και ο προσδιορισμός του % απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου έγινε με βάση τη σχέση:

$$\% \text{ απορροφηθέν ελαιο} = \frac{\text{μάζα (g) απορροφηθέντος ελαίου}}{\text{μάζα (g) τηγανισμένης πατάτας}} \times 100$$

Στον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 6.1**) παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν στις διαδικασίες τηγανίσματος που έλαβαν χώρα. Η μέση τιμή του % απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου βρέθηκε ίση με 13,5 % ± 2,2. Η απορρόφηση ελαίου από τις πατάτες, που έχει καταγραφεί και από άλλες μελέτες (όπου ως έλαια τηγανίσματος χρησιμοποιήθηκαν παρθένο ελαιόλαδο, ηλιέλαιο και ένα φυτικό έλαιο για το βαθύ και ρηχό τηγάνισμα πατατών), έχει βρεθεί ότι κυμαίνεται από 6,1 έως 12,8 %, εξαρτώμενη από τον τύπο του ελαίου και την μέθοδο τηγανίσματος (Andrikopoulos et al, 2002).

Πίνακας 6.1.1: Στοιχεία των διαδικασιών τηγανίσματος.

Δείγμα	Μάζα νωπού ελαίου (g)	Πατάτες ωμές (g)	Μάζα τηγανισμένου ελαίου (g)	Πατάτες τηγανισμένες (g)	Απορροφηθέν τηγανισμένο έλαιο (g)	% Απορροφηθέν έλαιο
Ελαιόλαδο						
1	174,9	203,6	160,6	99,6	13,7	13,8
2	178,7	201,8	164,2	104,7	12,9	12,3
Εμπλουτισμένο 100ppm 1	177,8	200,5	162,5	107	11,7	10,9
Εμπλουτισμένο 100ppm 2	176,3	200	161	100	14,0	14,0
Εμπλουτισμένο 200ppm 1	175,3	202,1	160	100,2	14,4	14,4
Εμπλουτισμένο 200ppm 2	176,2	200,1	162	103	12,8	12,4
Ηλιέλαιο						
1	176,4	201,2	161,3	100,3	13,8	13,7
2	178,3	201,4	163,3	99,1	13,3	13,4
Εμπλουτισμένο 100ppm 1	178,2	200,4	164	106,7	12,0	11,3
Εμπλουτισμένο 100ppm 2	177,9	200,1	165,1	98	11,3	11,6
Εμπλουτισμένο 200ppm 1	177,1	200,1	163,6	91,7	11,9	12,9
Εμπλουτισμένο 200ppm 2	178,2	200,9	162,4	99	13,4	13,5
Φοινικέλαιο						
1	174,8	202,5	161	110,1	12,9	11,7
2	173,1	201,2	160,4	97	11,1	11,5
Εμπλουτισμένο 100ppm 1	172,5	200,4	156,9	92,3	14,0	15,2
Εμπλουτισμένο 100ppm 2	169,4	200,2	154,1	87,3	13,8	15,8
Εμπλουτισμένο 200ppm 1	171,9	200,6	157,6	92,4	13,1	14,2
Εμπλουτισμένο 200ppm 2	174,1	200,7	159,8	86,7	12,3	14,2

6.2. Προσδιορισμός υγρασίας νωπών και τηγανισμένων πατατών

Προζυγισμένη ποσότητα τηγανισμένων πατατών υποβάλλεται σε λυοφιλίωση για την απομάκρυνση της υγρασίας. Η όλη διαδικασία διαρκεί 24 ώρες και η διαφορά βάρους πριν και μετά την λυοφιλίωση αντιστοιχεί στην περιεχόμενη υγρασία. Από τα δεδομένα που ελήφθησαν προκύπτει ότι η μέση υγρασία των ωμών πατατών ήταν $84,2 \pm 1,4$ % και των τηγανισμένων $57,2 \pm 3,9$ %.

Πίνακας 6.2.1: Προσδιορισμός υγρασίας νωπών και τηγανισμένων πατατών – Λυοφιλίωση.

Δείγμα	Φέρον μέσο	Φέρον μέσο + δείγμα	Δείγμα	Φέρον μέσο + δείγμα - υγρασία	Υγρασία	% Υγρασία	Μέσος όρος % υγρασίας
Ωμές							
1	10,21	51,30	41,09	16,48	34,8	84,7	
2	10,21	48,55	38,34	16,09	32,5	84,7	
3	67,69	103,32	35,63	72,73	30,6	85,9	
4	68,32	107,87	39,55	74,85	33,0	83,5	
5	104,13	148,33	44,20	112,04	36,3	82,1	
6							
Τηγανισμένες							
Ελαιόλαδο 1A	10,22	42,52	32,30	23,08	19,4	60,2	60,1
Ελαιόλαδο 1B	10,23	49,22	38,99	25,80	23,4	60,1	
Ελαιόλαδο 2A	10,23	48,46	38,23	25,98	22,5	58,8	58,7
Ελαιόλαδο 2B	10,33	44,35	34,02	24,42	19,9	58,6	
Εμπλουτισμένο Ελαιόλαδο 100rpm 1	69,60	112,59	42,99	88,24	24,6	56,6	
Εμπλουτισμένο Ελαιόλαδο 100rpm 2	67,67	108,88	41,21	85,44	23,4	56,9	
Εμπλουτισμένο Ελαιόλαδο 200rpm 1	127,03	161,30	34,27	142,88	18,4	53,8	
Εμπλουτισμένο Ελαιόλαδο 200rpm 2	104,21	150,40	46,19	122,52	27,9	60,4	
Ηλιέλαιο 1A	10,20	41,08	30,88	22,73	18,4	59,4	59,2
Ηλιέλαιο 1B	10,22	46,96	36,75	25,27	21,7	59,0	
Ηλιέλαιο 2A	10,36	49,99	39,63	26,89	23,1	58,3	58,2
Ηλιέλαιο 2B	10,29	44,84	34,56	24,75	20,1	58,2	
Εμπλουτισμένο Ηλιέλαιο 100rpm 1	104,14	146,76	42,62	121,69	25,1	58,8	

Εμπλουτισμένο Ηλιέλαιο 100ppm 2	104,26	140,90	36,64	118,78	22,1	60,4	
Εμπλουτισμένο Ηλιέλαιο 200ppm 1	283,52	325,73	42,21	303,68	22,1	52,2	
Εμπλουτισμένο Ηλιέλαιο 200ppm 2	69,36	106,28	36,92	85,58	20,7	56,1	
Φοινικέλαιο 1	69,36	102,25	32,89	81,56	20,7	62,9	
Φοινικέλαιο 2	70,78	109,04	38,26	85,13	23,9	62,5	
Εμπλουτισμένο Φοινικέλαιο 100ppm 1	69,60	97,40	27,80	84,07	13,3	48,0	
Εμπλουτισμένο Φοινικέλαιο 100ppm 2	67,70	89,40	21,70	78,34	11,1	51,0	
Εμπλουτισμένο Φοινικέλαιο 200ppm 1	69,37	103,77	34,40	84,77	19,0	55,2	

6.3. Προσδιορισμοί Πολυφαινολών

6.3.1. Προσδιορισμός ολικών πολυφαινολών των ελαίων και των τροφίμων

Ο προσδιορισμός των ολικών πολυφαινολών των δειγμάτων (μεθανολικά εκχυλίσματα ελαίων και λυοφυλιοποιημένων τροφίμων) έγινε με τη μέθοδο Folin – Ciocalteu. Το ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο του κάθε εκχυλίσματος δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 6.3.1.1**).

Έλαια

Σε όλα τα φρέσκα έλαια (ελαιολάδο, ηλιέλαιο, φοινικέλαιο) παρατηρείται μία κλιμακούμενη αύξηση του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου κατά τον εμπλουτισμό, η οποία διατηρείται ακόμη και μετά την διαδικασία του τηγανίσματος, αν και το ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο κάθε ελαίου, εμπλουτισμένου ή μη, μειώνεται.

Πιο αναλυτικά (**Πίνακας 6.3.1.1**), το ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο του φρέσκου μη εμπλουτισμένου ελαιολάδου ήταν 9,9 mg / 100 g ελαίου, του φρέσκου εμπλουτισμένου με 100 ppm πολυφαινολών 11,9 mg / 100 g ελαίου

και του φρέσκου εμπλουτισμένου με 200 ppm πολυφαινολών 14,2 mg / 100 g ελαίου. Οι τιμές των αντίστοιχων τηγανισμένων βρέθηκαν ίσες με 6,9 mg / 100 g ελαίου, 8,2 mg / 100 g ελαίου και 10,1 mg / 100 g ελαίου.

Στο φρέσκο μη εμπλουτισμένο ηλιέλαιο δεν ανιχνεύθηκαν πολυφαινόλες ενώ το ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο του φρέσκου εμπλουτισμένου με 100 ppm πολυφαινολών ήταν 7,8 mg / 100 g ελαίου και του φρέσκου εμπλουτισμένου με 200 ppm πολυφαινολών ήταν 16,3 mg / 100 g ελαίου. Οι τιμές των αντίστοιχων τηγανισμένων βρέθηκαν ίσες με μηδέν, 4,2 mg / 100 g ελαίου και 6,0 mg / 100 g ελαίου.

Τέλος, στο φρέσκο μη εμπλουτισμένο φοινικέλαιο δεν ανιχνεύθηκαν πολυφαινόλες, ενώ το ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο του φρέσκου εμπλουτισμένου με 100 ppm πολυφαινολών ήταν 5,0 mg / 100 g ελαίου και του φρέσκου εμπλουτισμένου με 200 ppm πολυφαινολών ήταν 5,5 mg / 100 g ελαίου. Οι τιμές των αντίστοιχων τηγανισμένων βρέθηκαν ίσες με μηδέν, 9,0 mg / 100 g ελαίου και 10,0 mg / 100 g ελαίου.

Πίνακας 6.3.1.1: Ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο ελαίων και πατατών.

Ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο ελαίων (mg / 100 g ελαίου)												
	Ελαιόλαδο				Ηλιέλαιο				Φοινικέλαιο			
Εμπλουτισμός (ppm)	Φρέσκο		Τηγανισμένο		Φρέσκο		Τηγανισμένο		Φρέσκο		Τηγανισμένο	
	Τιμές	Μέσος όρος	Τιμές	Μέσος όρος	Τιμές	Μέσος όρος	Τιμές	Μέσος όρος	Τιμές	Μέσος όρος	Τιμές	Μέσος όρος
0	9,8	9,9 ± 0,1	6,6	6,9 ± 0,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	9,9		7,2		nd		nd		nd			
			7,1		nd		nd				nd	
			6,8		nd		nd				nd	
100	11,9		6,9	8,2 ± 1,1	7,8		4,0	4,2 ± 0,3	7,5		4,6	5,0 ± 0,4
			8,5				4,4				5,5	
			9,1								5,0	
200	14,2		9,5	10,1 ± 0,9	16,3		5,9	6,0 ± 0,2	8,9		5,0	5,5 ± 0,5
			10,8				5,9				5,4	
			9,3				6,3				6,0	
			11,0									
Ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο πατατών (mg / 100 g πατάτας)												
Ωμές		Τηγανισμένες σε ελαιόλαδο			Τηγανισμένες σε ηλιέλαιο			Τηγανισμένες σε φοινικέλαιο				
Τιμές	Μέσος όρος	Εμπλουτισμός (ppm)	Τιμές	Μέσος όρος	Εμπλουτισμός (ppm)	Τιμές	Μέσος όρος	Εμπλουτισμός (ppm)	Τιμές	Μέσος όρος		
6,7	6,9 ± 2,3	0	8,6	9,1 ± 1,5	0	9,5	9,2 ± 1,2	0	11,6	9,9 ± 2,4		
7,4			10,7			10,7			8,2			
7,3			10,0			8,5						
8,0			7,4			7,8						
10,2		100	14,8	13,6 ± 1,0	100	17,8	19,4 ± 2,0	100	10,4	9,0 ± 1,1		
8,3			12,4			20,4			8,9			
3,5			13,9			17,8			9,3			
3,8			13,4			21,8			7,6			
		200	14,6	14,2 ± 0,6	200	24,6	22,3 ± 3,0	200	10,7	10,0 ± 1,6		
			13,5			25,2			10,6			
			14,4			20,2			10,9			
						19,2			7,6			

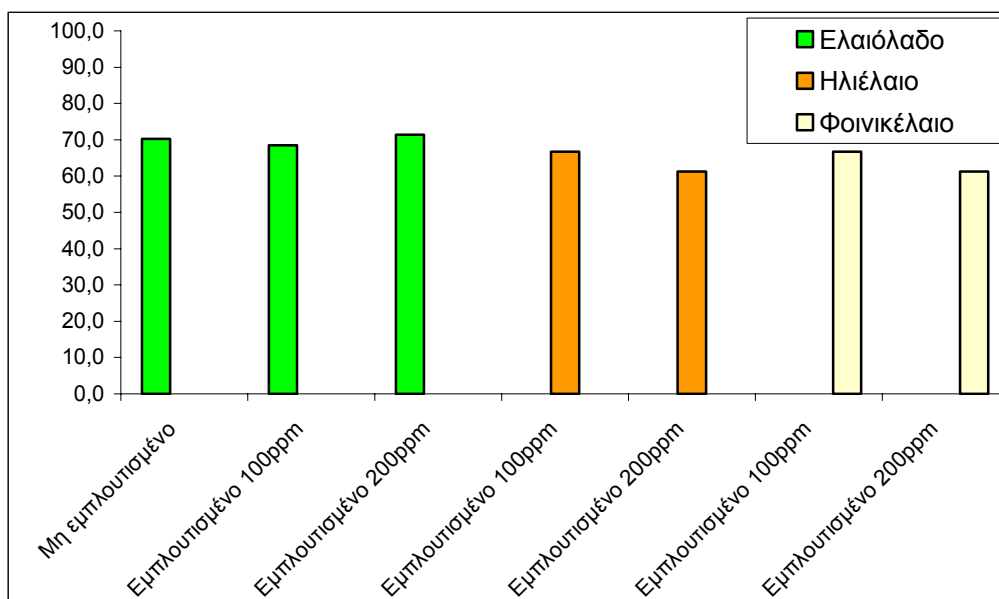
nd = not detected, μη ανιχνεύσιμο

Στον ακόλουθο πίνακα (**Πίνακας 6.3.1.2**) φαίνεται η αποτελεσματικότητα της εκχύλισης για το κάθε έλαιο ξεχωριστά, όπως υπολογίστηκε για τα φρέσκα έλαια. Οι τιμές που αφορούν στην αποτελεσματικότητα της εκχύλισης προέκυψαν διαιρώντας την τιμή Folin – Ciocalteu που υπολογίστηκε για τα εμπλουτισμένα έλαια προς τη θεωρητική τιμή του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου, η οποία ήταν το άθροισμα των 12 mg / 100 g (για την περίπτωση των 100 ppm) ή 24 mg / 100 g (για την περίπτωση των 200 ppm) και της μέσης τιμής του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου του μη εμπλουτισμένου ελαίου. Όπως φαίνεται λοιπόν από τον πίνακα η αποτελεσματικότητα της εκχύλισης κυμάνθηκε από 37,3 % (στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών φοινικέλαιο) έως 68,1 % (στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών ηλιέλαιο). Το ηλιέλαιο, συνεπώς, παρουσίασε την καλύτερη ανάκτηση κατά τη διαδικασία της εκχύλισης από οποιοδήποτε άλλο έλαιο.

Πίνακας 6.3.1.2: Αποτελεσματικότητα της εκχύλισης.

Αποτελεσματικότητα της εκχύλισης (%)			
Εμπλουτισμός	Ελαιόλαδο	Ηλιέλαιο	Φοινικέλαιο
100ppm	54,4	65,2	62,7
200ppm	41,9	68,1	37,3

Όσον αφορά στη διατήρηση του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου των ελαίων τηγανίσματος, αυτή φαίνεται για κάθε έλαιο ξεχωριστά στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 6.3.1). Η διατήρηση του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου υπολογίστηκε για κάθε έλαιο διαιρώντας την μέση τιμή Folin – Ciocalteu του τηγανισμένου ελαίου προς την αντίστοιχη μέση τιμή Folin – Ciocalteu του φρέσκου ελαίου.



Σχήμα 6.3.1.1: % Διατήρηση ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου ελαίων.

Πιο συγκεκριμένα, η διατήρηση του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου του μη εμπλουτισμένου ελαιολάδου βρέθηκε ίση με 70,2 %, του εμπλουτισμένου με 100 ppm πολυφαινολών 68,5 % και του εμπλουτισμένου με 200 ppm πολυφαινολών 71,4 %.

Η διατήρηση του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου του εμπλουτισμένου με 100 ppm πολυφαινολών ηλιελαίου βρέθηκε ίση με 53,7 % και του εμπλουτισμένου με 200 ppm πολυφαινολών 36,9 %.

Τέλος, η διατήρηση του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου του εμπλουτισμένου με 100 ppm πολυφαινολών φοινικελαίου βρέθηκε ίση με 66,7% και του εμπλουτισμένου με 200 ppm πολυφαινολών 61,2 %.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών ελαιόλαδο παρουσίασε την καλύτερη διατήρηση του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου (71,4 %), ενώ το εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών ηλιέλαιο τη μικρότερη (36.9 %).

Η μείωση του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου που παρατηρείται σε κάθε τηγανισμένο έλαιο, εμπλουτισμένο ή μη, οφείλεται στην καταστροφή μέρους των πολυφαινολών για την προστασία του ελαίου από την οξείδωση και πιθανόν σε μετανάστευση των πολυφαινολών από το έλαιο στο τρόφιμο.

Πατάτες

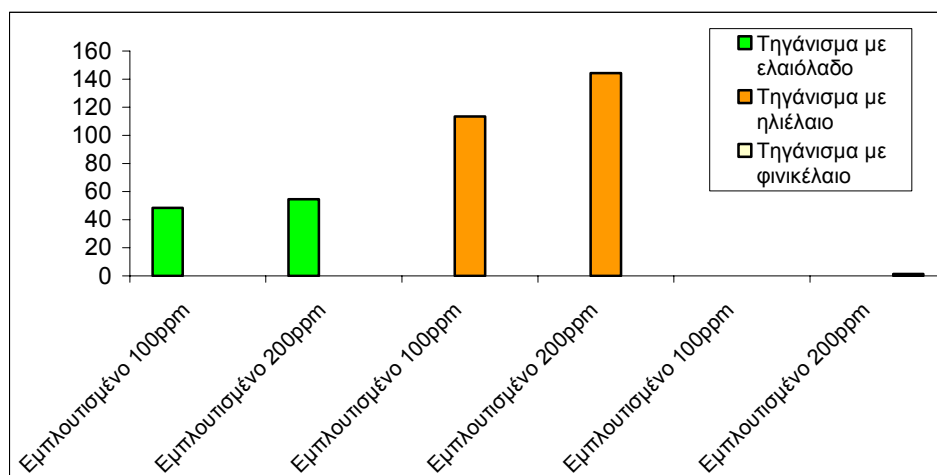
Σε όλες τις πατάτες που τηγανίστηκαν με τους διάφορους τύπους ελαίων παρατηρείται αύξηση του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου συγκριτικά με αυτό των ωμών. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην απώλεια της υγρασίας του τροφίμου ως αποτέλεσμα του τηγανίσματος, αλλά και στην μεταφορά πολυφαινολών στο τρόφιμο από το έλαιο που απορροφήθηκε.

Πιο συγκεκριμένα, το ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο των ωμών πατατών βρέθηκε ίσο με 6,9 mg / 100 g πατάτας. Η τιμή του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου των πατατών που τηγανίστηκαν με μη εμπλουτισμένο ελαιόλαδο ήταν 9,1 mg / 100 g πατάτας, αυτών που τηγανίστηκαν με εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών 13,6 mg / 100 g πατάτας και αυτών που τηγανίστηκαν με εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών 14,2 mg / 100 g πατάτας.

Η τιμή του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου των πατατών που τηγανίστηκαν με μη εμπλουτισμένο ηλιέλαιο ήταν 9,2 mg / 100 g πατάτας, αυτών που τηγανίστηκαν με εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών 19,4 mg / 100 g πατάτας και αυτών που τηγανίστηκαν με εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών 22,3mg / 100 g πατάτας.

Η τιμή του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου των πατατών που τηγανίστηκαν με μη εμπλουτισμένο φοινικέλαιο ήταν 9,9 mg / 100 g πατάτας, αυτών που τηγανίστηκαν με εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών 9,0 mg / 100 g πατάτας και αυτών που τηγανίστηκαν με εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών 10,0 mg / 100 g πατάτας.

Από το **Σχήμα 6.3.1.2** που ακολουθεί δίνεται η % αύξηση του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου των πατατών που τηγανίστηκαν στα εμπλουτισμένα έλαια. Αυτή υπολογίστηκε από τη διαφορά του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου των πατατών που τηγανίστηκαν σε κάποιο εμπλουτισμένο έλαιο μείον την τιμή Folin – Ciocalteau αυτών που τηγανίστηκαν στο αντίστοιχο μη εμπλουτισμένο, διαιρούμενο με τη δεύτερη, πολλαπλασιαζόμενο επί εκατό.

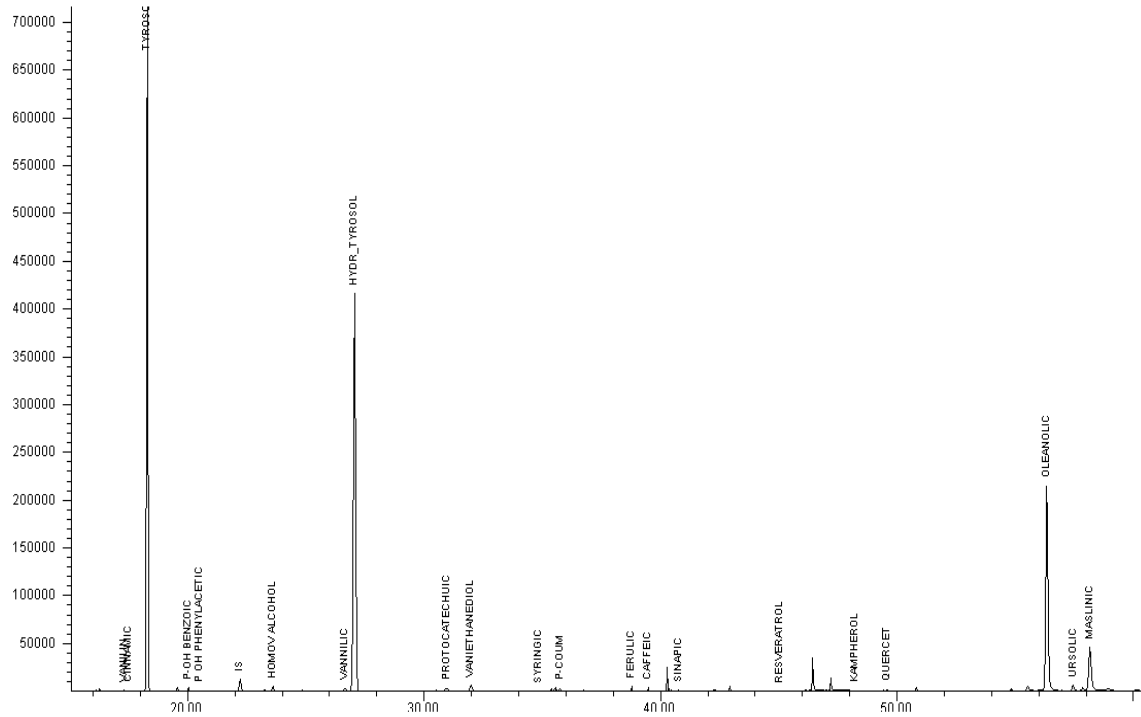


Σχήμα 6.3.1.2: % Αύξηση των ολικών πολυφαινολών των πατατών που τηγανίστηκαν στους διάφορους τύπους ελαίων.

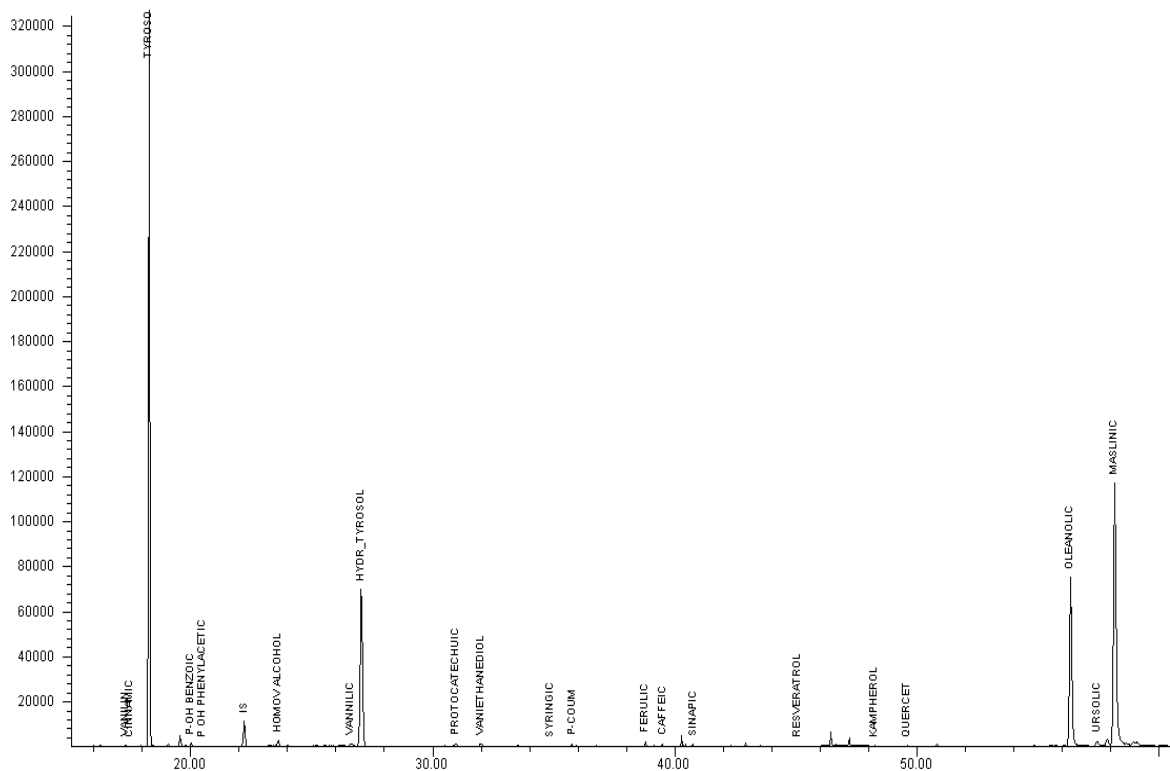
Αναφορικά με τις πατάτες που τηγανίστηκαν στο ελαιόλαδο, παρατηρούμε ότι η % αύξηση του πολυφαινολικού περιεχομένου των πατατών που τηγανίστηκαν στο εμπλουτισμένο με πολυφαινόλες σε συγκέντρωση 100ppm ελαιόλαδο είναι ίση 48,4 % συγκριτικά με το ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο των πατατών που τηγανίστηκαν σε απλό ελαιόλαδο. Η % αύξηση των τηγανισμένων σε εμπλουτισμένο με 200ppm πολυφαινολών ελαιόλαδο είναι ίση με 54,5 %.

Στις πατάτες που τηγανίστηκαν με ηλιέλαιο παρατηρούμε ότι η % αύξηση του πολυφαινολικού περιεχομένου των πατατών που τηγανίστηκαν στο εμπλουτισμένο με πολυφαινόλες σε συγκέντρωση 100 ppm ηλιέλαιο είναι ίση 113,4 %. Η % αύξηση των τηγανισμένων σε εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών ηλιέλαιο είναι ίση με 144,4 %

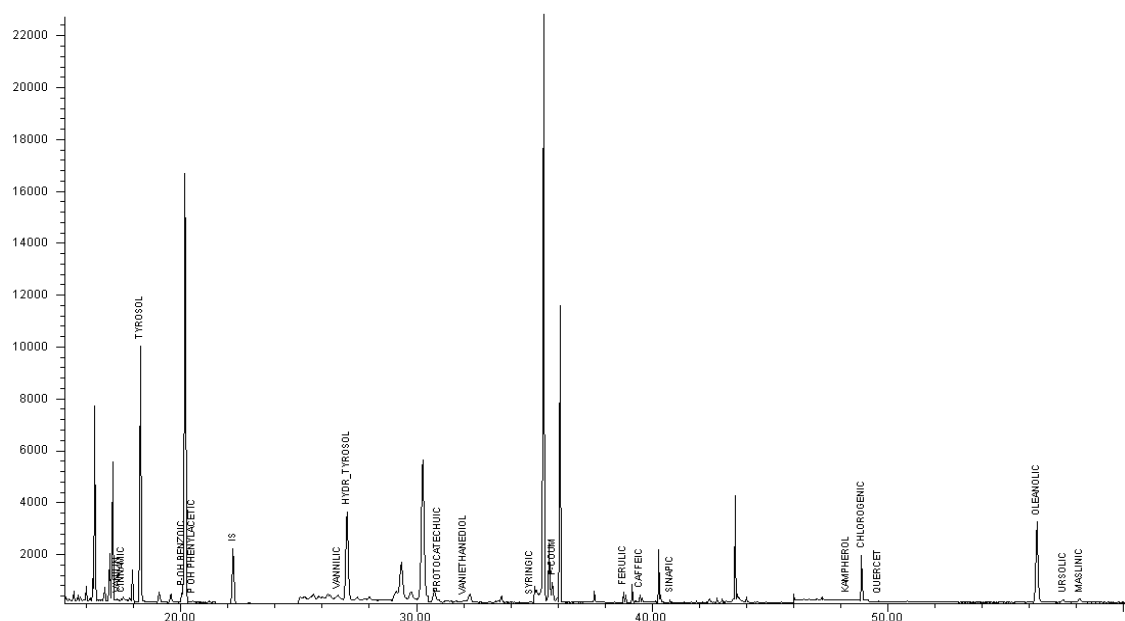
Στις πατάτες που τηγανίστηκαν με φοινικέλαιο, εμπλουτισμένο ή μη, τα πειραματικά ευρήματα δείχνουν ότι δεν υπήρξε επίδραση του εμπλουτισμού στο πολυφαινολικό περιεχόμενο της πατάτας και δεν επιτρέπουν τη διεξαγωγή κάποιου ασφαλούς συμπεράσματος.



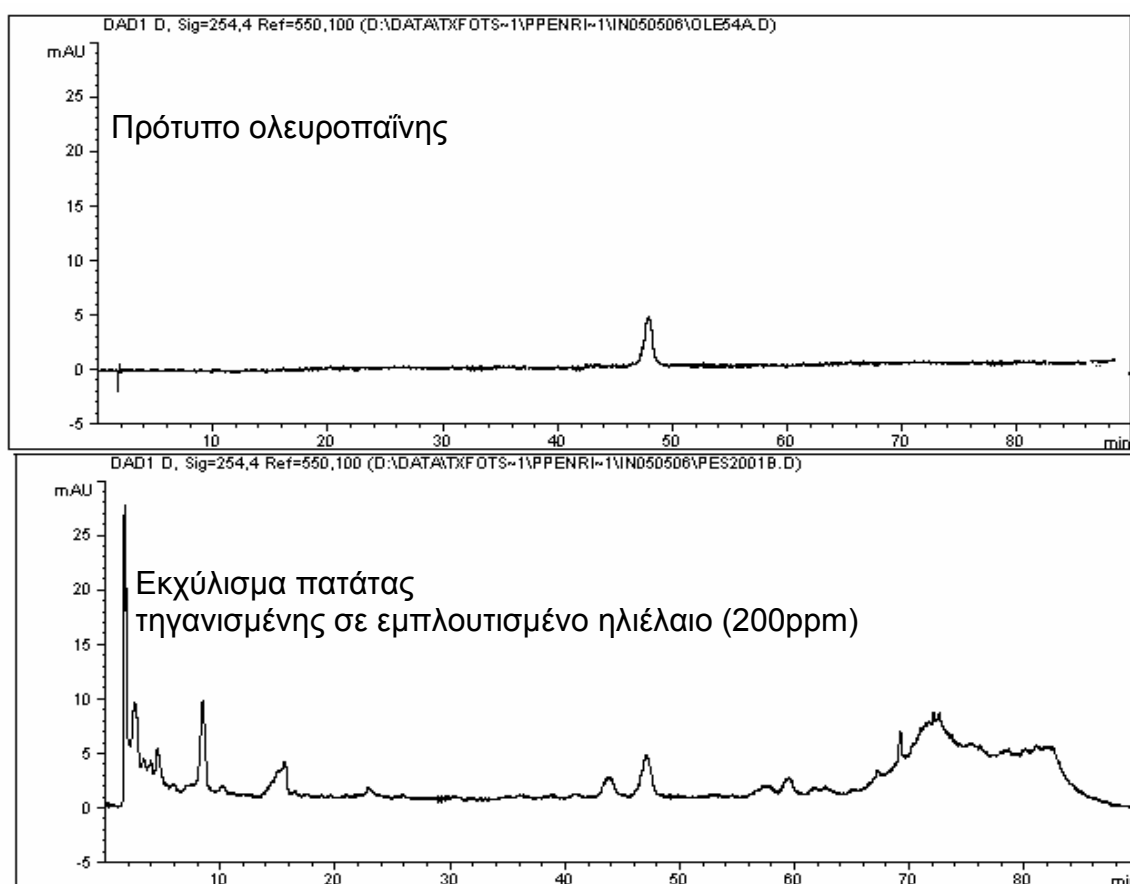
Σχήμα 6.3.2.2: Χρωματογράφημα GC / MS εκχυλίσματος φρέσκου ελαιόλαδου εμπλουτισμένου με 200 ppm πολυφαινολών.



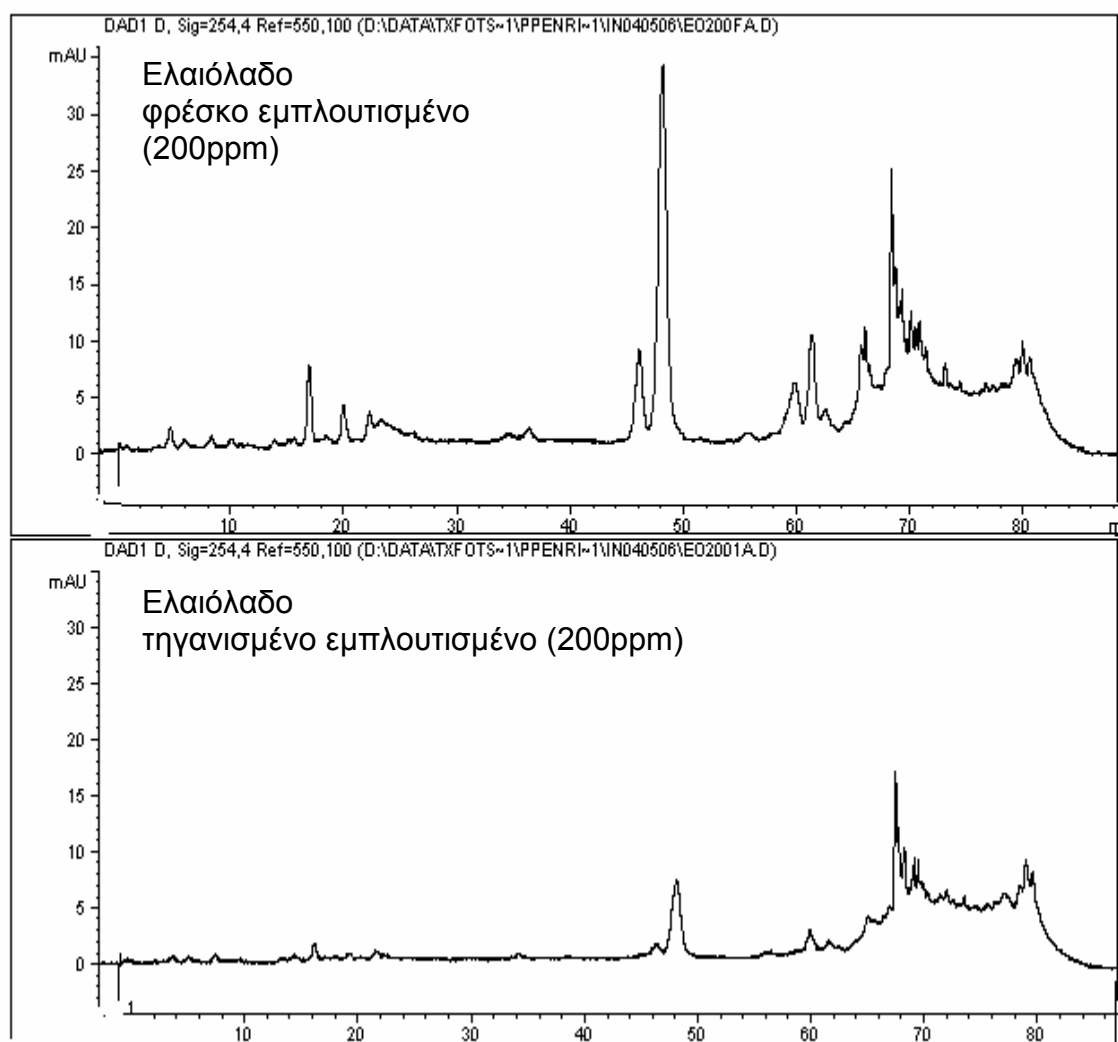
Σχήμα 6.3.2.3: Χρωματογράφημα GC / MS εκχυλίσματος τηγανισμένου ελαιόλαδου εμπλουτισμένου με 200 ppm πολυφαινολών.



Σχήμα 6.3.2.4: Χρωματογράφημα GC / MS εκχυλίσματος πατάτας τηγανισμένης σε ελαιόλαδο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών.



Σχήμα 6.3.2.5: Χρωματογράφημα HPLC προτύπου ολευρωπαΐνης και εκχυλίσματος πατάτας τηγανισμένης σε ηλιέλαιο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών.



Σχήμα 6.3.2.6: Χρωματογράφημα HPLC εκχυλισμάτων φρέσκου και τηγανισμένου ελαιόλαδου εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών.

Έλαια

Οι ολικές πολυφαινόλες του φρέσκου μη εμπλουτισμένου ελαιολάδου βρέθηκαν ίσες με 0,90 mg / 100 g ελαίου. Η αντίστοιχη τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 9,9 mg / 100 g ελαίου. Η τυροσόλη και η υδροξυ-τυροσόλη βρίσκονταν στη μεγαλύτερη συγκέντρωση (0,54 και 0,22 mg / 100 g ελαίου αντίστοιχα). Στα εμπλουτισμένα ελαιόλαδα οι πολυφαινόλες, που ανιχνεύθηκαν στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ήταν η ολεωρωπαΐνη, η υδροξυτυροσόλη, η κερκετίνη και η τυροσόλη. Πιο συγκεκριμένα, στο εμπλουτισμένο με πολυφαινόλες σε συγκέντρωση 100 ppm φρέσκο ελαιόλαδο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινολών βρέθηκε ίση με 9,73 mg / 100 g ελαίου (η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 11,9 mg / 100 g ελαίου), της ολεωρωπαΐνης 8,10 mg / 100 g ελαίου, της υδροξυτυροσόλης 0,20 mg / 100 g ελαίου, της κερκετίνης 0,09 mg / 100 g ελαίου και της τυροσόλης 1,01 mg / 100 g ελαίου. Στο εμπλουτισμένο με πολυφαινόλες σε συγκέντρωση 200 ppm φρέσκο ελαιόλαδο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινολών βρέθηκε ίση με 13,91 mg / 100 g ελαίου (η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 14,2 mg / 100 g ελαίου), της ολεωρωπαΐνης 11,14 mg / 100 g ελαίου, της υδροξυτυροσόλης 1,19 mg / 100 g ελαίου, της κερκετίνης 0,10 mg / 100 g ελαίου και της τυροσόλης 1,11 mg / 100 g ελαίου.

Όσον αφορά τα τηγανισμένα ελαιόλαδα, οι ολικές πολυφαινόλες του τηγανισμένου μη εμπλουτισμένου ελαιολάδου βρέθηκαν ίσες με 0,43 mg / 100 g ελαίου (η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 6,9 mg / 100 g ελαίου) με την τυροσόλη και την υδροξυ-τυροσόλη να βρίσκονται επίσης στη μεγαλύτερη αναλογία (0,26 και 0,05 mg / 100 g ελαίου αντίστοιχα). Στο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών τηγανισμένο ελαιόλαδο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινολών βρέθηκε ίση με 2,06 mg / 100 g ελαίου (η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 8,2 mg / 100 g ελαίου), της ολεωρωπαΐνης 1,06 mg / 100 g ελαίου, της υδροξυτυροσόλης 0,18 mg / 100 g ελαίου, της κερκετίνης 0,08 mg / 100 g ελαίου και της τυροσόλης 0,50 mg / 100 g ελαίου. Στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών τηγανισμένο ελαιόλαδο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινολών βρέθηκε ίση με 4,10 mg / 100 g ελαίου (η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 10,1 mg / 100 g ελαίου), της ολεωρωπαΐνης 2,84 mg / 100 g ελαίου, της υδροξυτυροσόλης 0,31 mg / 100 g ελαίου, της κερκετίνης 0,09 mg / 100 g ελαίου και της τυροσόλης 0,56 mg / 100 g ελαίου (**Πίνακας 6.3.2.1**).

Πίνακας 6.3.2.1: Πολυφαινόλες ελαιολάδου.

Πολυφαινόλες ελαιολάδου (mg / 100 g ελαίου)																					
	Φρέσκο	ολευρωπαίνη	OH-τυροσώλη	κερκετίνη	τυροσώλη	βανιλίνη	κινναμικό	p-OH-βενζοϊκό	p-OH-φαινυλοξικό	ομοβανιλική αλκοόλη	βανιλλικό	πρωτοκατεχικό	βανιλεθανοδιό-λη	συριγικό	p-κουμαρικό	φερουλικό	καφεϊκό	σινναπικό	καμφερόλη	Σύνολο	n
Εμπλουτισμός	0	nd	0,2 2 ± 0,0 8	nd	0,54 ± 0,03	0,02 ± 0,00	nd	nd	nd	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	nd	0,03 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	0,90 ± 0,13	2
	100ppm	8,10	0,2 0	0,09	1,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0,03	0,04	0,03	9,73 ± 0,00	1
	200ppm	11,1 4 ± 3,61	1,1 9	0,10	1,11	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,03	13,91 ± 3,61	1
	Τηγανισμέν ο																				
Εμπλουτισμός	0	nd	0,0 5 ± 0,0 1	nd	0,26 ± 0,01	0,01 ± 0,00	nd	nd	nd	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	nd	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	0,03 ± 0,00	0,43 ± 0,03	4
	100ppm	1,06 ± 0,12	0,1 8 ± 0,0 4	0,08 ± 0,01	0,50 ± 0,06	0,02 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,01	nd	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,02	0,01 ± 0,00	0,06 ± 0,03	0,02 ± 0,01	2,06 ± 0,34	3
	200ppm	2,84 ± 0,13	0,3 1 ± 0,0 2	0,09 ± 0,01	0,56 ± 0,06	0,02 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	nd	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,05 ± 0,00	nd	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,02 ± 0,01	4,10 ± 0,26	4

n:αριθμός δειγμάτων, nd : not detected, μη ανιχνεύσιμο

Στο φρέσκο μη εμπλουτισμένο ηλιέλαιο ανιχνεύθηκαν ίχνη πολυφαινολών και η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινολών ήταν ίση με 0,06 mg / 100 g ελαίου. Η αντίστοιχη τιμή Folin – Ciocalteau ήταν επίσης μηδενική. Στα εμπλουτισμένα ηλιέλαια οι πολυφαινόλες, που επίσης ανιχνεύθηκαν στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ήταν η ολεωρωπαΐνη, η υδροξυτυροσόλη, η κερκετίνη και η τυροσόλη. Πιο συγκεκριμένα, στο εμπλουτισμένο με πολυφαινόλες σε συγκέντρωση 100 ppm φρέσκο ηλιέλαιο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινολών βρέθηκε ίση με 9,50 mg / 100 g ελαίου (η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 8,2 mg / 100 g ελαίου) και της ολεωρωπαΐνης 8,94 mg / 100 g ελαίου, της υδροξυτυροσόλης 0,23 mg / 100 g ελαίου, της κερκετίνης 0,10 mg / 100 g ελαίου και της τυροσόλης 0,01 mg / 100 g ελαίου. Στο εμπλουτισμένο με πολυφαινόλες σε συγκέντρωση 200 ppm φρέσκο ηλιέλαιο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινολών βρέθηκε ίση με 21,91 mg / 100 g ελαίου (η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 16,3 mg / 100 g ελαίου) και της ολεωρωπαΐνης 20,94 mg / 100 g ελαίου, της υδροξυτυροσόλης 0,52 mg / 100 g ελαίου, της κερκετίνης 0,14 mg / 100 g ελαίου και της τυροσόλης 0,02 mg / 100 g ελαίου.

Οι ολικές πολυφαινόλες του τηγανισμένου μη εμπλουτισμένου ηλιελαίου βρέθηκαν ίσες με 0,09 mg / 100 g ελαίου, ενώ δεν ανιχνεύθηκαν πολυφαινόλες με κατά τη φωτομέτρηση του δείγματος στο οποίο είχε προηγηθεί η αντίδραση Folin – Ciocalteau. Στο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών τηγανισμένο ηλιέλαιο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινολών βρέθηκε ίση με 1,31 mg / 100 g ελαίου (η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 4,2 mg / 100 g ελαίου), της ολεωρωπαΐνης 1,21 mg / 100 g ελαίου, της υδροξυτυροσόλης 0,07 mg / 100 g ελαίου, της τυροσόλης 0,02 mg / 100 g ελαίου, ενώ δεν ανιχνεύθηκε καθόλου κερκετίνη. Στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών τηγανισμένο ηλιέλαιο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινολών βρέθηκε ίση με 3,01 mg / 100 g ελαίου (η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 6,0 mg / 100 g ελαίου), της ολεωρωπαΐνης 2,44 mg / 100 g ελαίου, της υδροξυτυροσόλης 0,17 mg / 100 g ελαίου, της κερκετίνης 0,14 mg / 100 g ελαίου και της τυροσόλης 0,02 mg / 100 g ελαίου (**Πίνακας 6.3.2.2**).

Πίνακας 6.3.2.2: Πολυφαινόλες ηλιελαίου.

Πολυφαινόλες ηλιελαίου (mg / 100 g ελαίου)																					
	Φρέσκο	ολευρωπαίνη	OH-τυροσώλη	κερκετίνη	τυροσώλη	βανιλίνη	κινναμικό	p-OH-βενζοϊκό	p-OH-φαινυλοξικό	ομοβανιλλική αλκοόλη	βανιλλικό	πρωτοκατεχικό	βανιλεθανοδιόλη	συριγικό	p-κουμαρικό	φερουλικό	καφεϊκό	σιναπικό	καμφερόλη	Σύνολο	n
Εμπλουτισμός	0	nd	nd	nd	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	nd	0,06 ± 0,00	2
	100ppm	8,94	0,23 ± 0,03	0,10 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	nd	0,02 ± 0,00	0,06 ± 0,02	nd	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,07 ± 0,00	nd	9,50 ± 0,08	2
	200ppm	20,94	0,52 ± 0,05	0,14 ± 0,01	0,02 ± 0,00	nd	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,09 ± 0,01	nd	0,02 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,07 ± 0,00	nd	21,91 ± 0,08	2
	Τηγανισμένο																				
Εμπλουτισμός	0	nd	nd	nd	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	0,01 ± 0,01	nd	nd	nd	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,02	0,09 ± 0,07	4
	100ppm	1,21 ± 0,17	0,07 ± 0,01	nd	0,02 ± 0,00	nd		0,01 ± 0,00	nd	nd	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	nd	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	nd	nd	1,31 ± 0,20	2
	200ppm	2,44 ± 0,17	0,17 ± 0,04	0,14 ± 0,07	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	0,01 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,02	nd	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,06 ± 0,02	nd	3,01 ± 0,37	3

n:αριθμός δειγμάτων, nd : not detected, μη ανιχνεύσιμο

Στο φρέσκο μη εμπλουτισμένο φοινικέλαιο εμφανίζονται επίσης ίχνη πολυφαινόλων, με τη συγκέντρωση των ολικών πολυφαινόλων να είναι ίση με 0,07 mg / 100 g ελαίου, ενώ η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν μη ανιχνεύσιμη. Στα εμπλουτισμένα φοινικέλαια οι πολυφαινόλες, που επίσης ανιχνεύθηκαν στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ήταν η ολεωρωπαΐνη, η υδροξυτυροσόλη, η κερκετίνη και η τυροσόλη. Πιο συγκεκριμένα, στο εμπλουτισμένο με πολυφαινόλες σε συγκέντρωση 100 ppm φρέσκο φοινικέλαιο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινόλων βρέθηκε ίση με 6,00 mg / 100 g ελαίου (η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 7,5 mg / 100 g ελαίου) και της ολεωρωπαΐνης 5,26 mg / 100 g ελαίου, της υδροξυτυροσόλης 0,48 mg / 100 g ελαίου, της κερκετίνης 0,07 mg / 100 g ελαίου και της τυροσόλης 0,02 mg / 100 g ελαίου. Στο εμπλουτισμένο με πολυφαινόλες σε συγκέντρωση 200 ppm φρέσκο φοινικέλαιο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινόλων βρέθηκε ίση με 8,00 mg / 100 g ελαίου (η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 8,9 mg / 100 g ελαίου), της ολεωρωπαΐνης 6,86 mg / 100 g ελαίου, της υδροξυτυροσόλης 0,90 mg / 100 g ελαίου, της κερκετίνης 0,07 mg / 100 g ελαίου και της τυροσόλης 0,03 mg / 100 g ελαίου.

Οι ολικές πολυφαινόλες του τηγανισμένου μη εμπλουτισμένου φοινικελαίου βρέθηκαν ίσες με 0,06 mg / 100 g ελαίου. Η τιμή Folin – Ciocalteau μη ανιχνεύσιμη. Στο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινόλων τηγανισμένο φοινικέλαιο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινόλων βρέθηκε ίση με 1,65 mg / 100 g ελαίου (η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 5,0 mg / 100 g ελαίου), της ολεωρωπαΐνης 1,31 mg / 100 g ελαίου, της υδροξυτυροσόλης 0,06 mg / 100 g ελαίου, της κερκετίνης 0,09 mg / 100 g ελαίου και της τυροσόλης 0,01 mg / 100 g ελαίου. Στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινόλων τηγανισμένο φοινικέλαιο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινόλων βρέθηκε ίση με 2,72 mg / 100 g ελαίου (η τιμή Folin – Ciocalteau ήταν 5,5 mg / 100 g ελαίου), της ολεωρωπαΐνης 2,29 mg / 100 g ελαίου, της υδροξυτυροσόλης 0,10 mg / 100 g ελαίου, της κερκετίνης 0,11 mg / 100 g ελαίου και της τυροσόλης 0,01 mg / 100 g ελαίου (**Πίνακας 6.3.2.3**).

Πίνακας 6.3.2.3: Πολυφαινόλες φοινικελαίου.

Πολυφαινόλες φοινικελαίου (mg / 100 g ελαίου)																					
	Φρέσκο	ολευρωπαίνη	OH-τυροσώλη	κερκετίνη	τυροσώλη	βανιλίνη	κινναμικό	p-OH-βενζοϊκό	p-OH-φαινυλοξικό	Ομοβανιλλική αλκοόλη	βανιλλικό	πρωτοκατεχικό	βανιλεθανοδιόλη	συριγικό	p-κουμαρικό	φερουλικό	καφεϊκό	σινναπικό	καμφορόλη	Σύνολο	n
Εμπλουτισμός	0	nd	nd	nd	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	nd	0,07 ± 0,01	2
	100ppm	5,26 ± 0,53	0,48	0,07	0,02	0,02	0,01	0,01	nd	nd	nd	0,02	0,02	0,01	nd	0,02	0,02	0,04	nd	6,00 ± 0,53	1
	200ppm	6,86 ± 0,54	0,90	0,07	0,03	0,02	nd	0,02	nd	nd	nd	0,02	0,03	0,01	nd	0,02	0,03	nd	nd	8,00 ± 0,54	1
	Τηγανισμένο																				
Εμπλουτισμός	0	nd	nd	nd	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	nd	0,06 ± 0,00	4
	100ppm	1,31 ± 0,27	0,06 ± 0,01	0,09 ± 0,02	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	nd	nd	nd	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,03 ± 0,00	nd	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,07 ± 0,00	nd	1,65 ± 0,31	4
	200ppm	2,29 ± 0,32	0,10 ± 0,01	0,11 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,04 ± 0,00	nd	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,06 ± 0,02	nd	2,72 ± 0,39	4

n:αριθμός δειγμάτων, nd : not detected, μη ανιχνεύσιμο

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι το σύνολο των πολυφαινολών στα φρέσκα έλαια αυξάνεται με τον εμπλουτισμό και στις τρεις περιπτώσεις ελαίων και μάλιστα η αύξηση του συνόλου των πολυφαινολών είναι μεγαλύτερη στα εμπλουτισμένα με 200 ppm συγκριτικά με αυτή στα 100 ppm. Ακόμη, αν και το σύνολο των πολυφαινολών στα έλαια μειώνεται μετά το τηγάνισμα, στα εμπλουτισμένα τηγανισμένα έλαια αυτό είναι μεγαλύτερο από ότι στα μη εμπλουτισμένα τηγανισμένα έλαια, ενώ συγχρόνως το συνολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο των τηγανισμένων εμπλουτισμένων ελαίων είναι μεγαλύτερο από αυτό των φρέσκων μη εμπλουτισμένων.

Η αναμενόμενη απώλεια που παρατηρείται στα τηγανισμένα έλαια οφείλεται αφενός στην καταστροφή των πολυφαινολών για την προστασία του ελαίου από την οξείδωση που υφίσταται κατά τις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται με τα τηγάνισμα και αφετέρου στην προσρόφηση τους από το τηγανισμένο τρόφιμο. Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι η μεγαλύτερη μείωση παρατηρείται στη συγκέντρωση της ολεωρωπαΐνης, που είναι η κύρια πολυφαινόλη του εκχυλίσματος εμπλουτισμού.

Αναφορικά με τη σύγκριση της τιμής του συνόλου των πολυφαινολών που ανιχνεύονται από το GC – MS με την τιμή Folin – Ciocalteu του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου, σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις των φρέσκων ελαίων αυτές είναι παρόμοιες, ενώ οι διαφορές που παρατηρούνται στα τηγανισμένα έλαια στα τηγανισμένα έλαια.

Πατάτες

Στις ωμές πατάτες το σύνολο των πολυφαινολικών ενώσεων ήταν ίσο με 0,41 mg / 100 g πατάτας (και ίσο με 0,12 mg / 100 g πατάτας εάν δεν συνυπολογιστεί το χλωρογενικό οξύ), με το χλωρογενικό οξύ να βρίσκεται στη μεγαλύτερη συγκέντρωση (0,29 mg / 100 g πατάτας). Το χλωρογενικό οξύ έχει αποδειχθεί ότι είναι η κύρια πολυφαινόλη των πατατών και από άλλες μελέτες (Friedman, 1997, Kalogeropoulos et al., in press). Στην συγκεκριμένη μελέτη, επειδή το χλωρογενικό οξύ προϋπήρχε στις πατάτες, και ανεξάρτητα με την πιθανή απώλεια που αυτό υπέστη κατά το τηγάνισμα, δεν συνυπολογίστηκε κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων στο άθροισμα των πολυφαινολών των τηγανισμένων πατατών καθώς το ενδιαφέρον αυτής της εργασίας αρχικά εστιάζεται στη μελέτη της μετανάστευσης πολυφαινολών

από το έλαιο στο τρόφιμο. Φυσικά για τη διατροφική αξιολόγηση του τηγανισμένου τροφίμου το περιεχόμενο χλωρογενικού οξύ συμβάλλει στη διατροφική αξία του τροφίμου και συνυπολογίζεται. Έτσι, στις περιπτώσεις που ακολουθούν το άθροισμα των πολυφαινόλων αναφέρεται σε όλες τις πολυφαινόλες πλην του χλωρογενικού οξέος.

Σε όλες τις τηγανισμένες πατάτες σε εμπλουτισμένα έλαια παρατηρείται αύξηση του συνόλου των πολυφαινόλων. Πιο συγκεκριμένα, στις πατάτες που τηγανίστηκαν με απλό ελαιόλαδο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινόλων ήταν ίση με 0,10 mg / 100 g πατάτας. Ακόμη, ανιχνεύθηκαν τυροσόλη (0,03 mg / 100 g πατάτας) και υδροξυτυροσόλη (0,02 mg / 100 g πατάτας). Στις πατάτες που τηγανίστηκαν με εμπλουτισμένο με πολυφαινόλες σε συγκέντρωση 100 ppm ελαιόλαδο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινόλων ήταν μεγαλύτερη και ίση με 1,33 mg / 100g πατάτας. Στις πατάτες αυτές ανιχνεύθηκαν επίσης εκτός από τυροσόλη (0,08 mg / 100 g πατάτας) και υδροξυτυροσόλη (0,13 mg / 100 g πατάτας), ολεωρωπαΐνη σε συγκέντρωση 0,87 mg / 100 g πατάτας και κερκετίνη σε συγκέντρωση 0,07 mg / 100 g πατάτας. Αναφορικά με το εμπλουτισμένο στα 200 ppm ελαιόλαδο, η συγκέντρωση του συνόλου των πολυφαινόλων ήταν ακόμη μεγαλύτερη και υπολογίστηκε ίση με 2,09 mg / 100 g πατάτας. Η συγκέντρωση της ολεωρωπαΐνης ήταν 1,57 mg / 100 g πατάτας, της υδροξυτυροσόλης 0,15 mg / 100 g πατάτας, της κερκετίνης 0,08 mg / 100 g πατάτας και της τυροσόλης 0,09 mg / 100 g πατάτας (**Πίνακας 6.3.2.4**). Πρέπει να σημειωθεί ότι στο σύνολο των πολυφαινόλων κάθε πατάτας δεν συνυπολογίστηκε η συγκέντρωση του χλωρογενικού οξέος.

Το τηγάνισμα πατατών σε παρθένο ελαιόλαδο έχει αποδειχθεί ότι οδηγεί στον εμπλουτισμό του τροφίμου σε πολυφαινόλες. Το άθροισμα των επιμέρους πολυφαινόλων που ανιχνεύθηκαν στις ωμές πατάτες ήταν ίσο με 0,26 mg / 100 g πατάτας, ενώ το αντίστοιχο των τηγανισμένων πατατών ήταν ίσο με 0,53 mg / 100 g πατάτας (και στις δύο τιμές συμπεριλαμβάνεται και η συγκέντρωση του χλωρογενικού οξέος) (Kalogeropoulos et al, in press).

Πίνακας 6.3.2.4: Πολυφαινόλες ωμών πατατών και πατατών τηγανισμένων σε ελαιόλαδο.

Πολυφαινόλες πατατών τηγανισμένες σε ελαιόλαδο (mg / 100 g νωπής πατάτας)																						
		ολευρωπαίνη	OH-τυροσόλη	κερκετίνη	τυροσόλη	βανιλίνη	κινναμικό	p-OH-βενζοϊκό	p-OH-φαινυλοξικό	βανιλικό	ομοβανιλλικό	πρωτοκατεχικό	βανιλεθανοδιό-λη	συριγικό	p-κουμαρικό	φερουλικό	καφεϊκό	σιναπικό	καμφερόλη	χλωρογενικό	Σύνολο*	n
	Ωμές	nd	nd	0,01 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	0,05 ± 0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,00 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,03	nd	nd	nd	0,29 ± 0,47	0,12 ± 0,13	12
	Τηγανισμένες σε ελαιόλαδο																					
Εμπλουτισμός	0	nd	0,02 ± 0,00	nd	0,03 ± 0,00	0,02 ± 0,00	nd	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10 ± 0,01	4
	100ppm	0,87 ± 0,15	0,13 ± 0,02	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,05 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	1,33 ± 0,22	4
	200ppm	1,57 ± 0,60	0,15 ± 0,04	0,08 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,04 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	2,09 ± 0,69

n:αριθμός δειγμάτων, nd : not detected, μη ανιχνεύσιμο

* : Το χλωρογενικό οξύ δεν συνυπολογίστηκε στο σύνολο των πολυφαινολών.

Στις πατάτες που τηγανίστηκαν με απλό ηλιέλαιο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινόλων ήταν ίση με 0,04 mg / 100 g πατάτας. Στις πατάτες που τηγανίστηκαν με εμπλουτισμένο με πολυφαινόλες σε συγκέντρωση 100 ppm ηλιέλαιο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινόλων ήταν ίση με 2,10 mg / 100g πατάτας. Στις πατάτες αυτές ανιχνεύθηκαν ολεωρωπαΐνη σε συγκέντρωση 1,59 mg / 100 g πατάτας, υδροξυτυροσόλη σε συγκέντρωση 0,17 mg / 100 g πατάτας, κερκετίνη σε συγκέντρωση 0,11 mg / 100 g πατάτας και τυροσόλη σε συγκέντρωση 0,02 mg / 100 g πατάτας. Η συγκέντρωση του συνόλου των πολυφαινόλων στο εμπλουτισμένο στα 200ppm ηλιέλαιο ήταν μεγαλύτερη και υπολογίστηκε ίση με 5,32 mg / 100 g πατάτας. Η συγκέντρωση της ολεωρωπαΐνης ήταν 4,34 mg / 100 g πατάτας, της υδροξυτυροσόλης 0,45 mg / 100 g πατάτας, της κερκετίνης 0,21 mg / 100 g πατάτας και της τυροσόλης 0,02 mg / 100 g πατάτας (**Πίνακας 6.3.2.5**). Κατά τον προσδιορισμό του συνόλου των πολυφαινόλων και αυτών των πατατών δεν συνυπολογίστηκε η συγκέντρωση του χλωρογενικού οξέος.

Πίνακας 6.3.2.5: Πολυφαινόλες ωμών πατατών και πατατών τηγανισμένων σε ηλιέλαιο.

Πολυφαινόλες πατατών τηγανισμένες σε ηλιέλαιο (mg / 100 g νωπής πατάτας)																						
		ολευρωπαΐνη	OH-τυροσόλη	κερκεΐνη	τυροσόλη	βανιλίνη	κινναμικό	p-OH-βενζοϊκό	p-OH-φαινυλοξικό	βανιλλικό	Ομοβανιλλικό	πρωτοκατεχικό	βανιλεθανοδιόλη	συριγνικό	p-κουμαρικό	φερουλικό	καφεϊκό	σινναπικό	καμφερόλη	χλωρογενικό	Σύνολο*	n
	Ωμές	nd	nd	0,01 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	0,05 ± 0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,00 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,03	nd	nd	nd	0,29 ± 0,47	0,12 ± 0,13	12
	Τηγανισμένες σε ηλιέλαιο																					
Εμπλουτισμός	0	nd	nd	nd	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	nd	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	nd	nd	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	nd	nd	0,17 ± 0,01	0,04 ± 0,01	4
	100ppm	1,59 ± 0,46	0,17 ± 0,03	0,11 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	nd	nd	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	2,51 ± 0,40	2,10 ± 0,52	4
	200ppm	4,34 ± 0,68	0,45 ± 0,14	0,21 ± 0,08	0,02 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,00 ± 0,01	nd	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,05 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00	2,72 ± 1,23	5,32 ± 0,98	4

n:αριθμός δειγμάτων, nd : not detected, μη ανιχνεύσιμο

* : Το χλωρογενικό οξύ δεν συυπολογίστηκε στο σύνολο των πολυφαινολών.

Τέλος, στις πατάτες που τηγανίστηκαν με απλό φοινικέλαιο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινολών ήταν ίση με 0,05 mg / 100 g πατάτας. Στις πατάτες που τηγανίστηκαν με εμπλουτισμένο με πολυφαινόλες σε συγκέντρωση 100ppm φοινικέλαιο η συγκέντρωση των ολικών πολυφαινολών ήταν ίση με 0,89 mg / 100g πατάτας. Στις πατάτες αυτές ανιχνεύθηκαν ολευρωπαΐνη σε συγκέντρωση 0,57 mg / 100 g πατάτας, υδροξυτυροσόλη σε συγκέντρωση 0,08 mg / 100 g πατάτας, κερκετίνη σε συγκέντρωση 0,07 mg / 100 g πατάτας και τυροσόλη σε συγκέντρωση 0,02 mg / 100 g πατάτας. Η συγκέντρωση του συνόλου των πολυφαινολών στο εμπλουτισμένο στα 200ppm φοινικέλαιο βρέθηκε ίση με 0,97 mg / 100 g πατάτας. Η συγκέντρωση της ολευρωπαΐνης ήταν 0,64 mg / 100 g πατάτας, της υδροξυτυροσόλης 0,11 mg / 100 g πατάτας, της κερκετίνης 0,07 mg / 100 g πατάτας και της τυροσόλης 0,02 mg / 100 g πατάτας (**Πίνακας 6.3.2.6**). Κατά τον προσδιορισμό του συνόλου των πολυφαινολών και αυτών των πατατών δεν συνυπολογίστηκε η συγκέντρωση του χλωρογενικού οξέος.

Πίνακας 6.3.2.6: Πολυφαινόλες ωμών πατατών και πατατών τηγανισμένων σε φοινικέλαια.

Πολυφαινόλες πατατών τηγανισμένες σε φοινικέλαια (mg / 100 g νωπής πατάτας)																						
		ολευρωπαϊνή	OH-τυροσώλη	κερκετίνη	τυροσώλη	βανιλίνη	κινναμικό	p-OH-βενζοϊκό	p-OH-φαινυλοξικό	βανιλλικό	Ομοβανιλλικό	πρωτοκατεχικό	βανιλεθανοδιό-λη	συριγγικό	p-κουμαρικό	φερουλικό	καφεϊκό	σινναπικό	καμφερόλη	χλωρογενικό	Σύνολο*	n
	Ωμές	nd	nd	0,01 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	0,05 ± 0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,00 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,03	nd	nd	nd	0,29 ± 0,47	0,12 ± 0,13	12
	Τηγανισμένες σε φοινικέλαιο																					
Εμπλουτισμός	0	nd	nd	nd	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	nd	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,20 ± 0,02	0,05 ± 0,10	4
	100ppm	0,57 ± 0,26	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,00 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	0,57 ± 0,06	0,89 ± 0,32	4
	200ppm	0,64 ± 0,20	0,11 ± 0,02	0,07 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,02	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,00 ± 0,01	nd	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	nd	0,01 ± 0,00	nd	nd	0,67 ± 0,14	0,97 ± 0,29	4

n:αριθμός δειγμάτων, nd : not detected, μη ανιχνεύσιμο

* : Το χλωρογενικό οξύ δεν συνυπολογίστηκε για το σύνολο των πολυφαινολών.

6.3.3. Ανάκτηση των πολυφαινολών κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος

Η ανάκτηση των πολυφαινολών υπολογίστηκε ως το πηλίκο της παραμένουσας πολυφαινόλης στο σύνολο του ελαίου τηγανίσματος και του τηγανισμένου τροφίμου προς το σύνολο της πολυφαινόλης που υπήρχε στο φρέσκο έλαιο και στην ωμή πατάτα πριν το τηγάνισμα. Η σύγκριση της περιεκτικότητας των τηγανισμένων ελαίων (τηγανισμένων και απορροφημένων) σε πολυφαινόλες με την αντίστοιχη των φρέσκων επιτρέπει την εκτίμηση των ποσοστών ανάκτησης αυτών των πολυφαινολών στα απορροφημένα και τα τηγανισμένα έλαια, αλλά και την έκταση της καταστροφής τους κατά το τηγάνισμα. Εκτός από την ανάκτηση του συνόλου των πολυφαινολών μελετήθηκε επίσης η ανάκτηση του συνόλου των πολυφαινολών που ανιχνεύθηκαν από το GC - MSD, της ολεωρωπαΐνης, της υδροξυτυροσόλης και της κερκετίνης ξεχωριστά. Στον **Πίνακα 6.3.3.1** δίνεται η ανάκτηση των παραπάνω κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος εκφρασμένη σε ποσοστό επί τις εκατό. Να σημειωθεί ότι για τον υπολογισμό του συνόλου των πολυφαινολών και του συνόλου των πολυφαινολών που ανιχνεύθηκαν από το GC – MSD των πατατών δεν συνυπολογίστηκε το χλωρογενικό οξύ.

Στις κάποιες περιπτώσεις η ανάκτηση των πολυφαινολών κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος εμφανίζεται να είναι μεγαλύτερη από 100 %. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι κατά την παραλαβή των πολυφαινολών με εκχύλιση από το φρέσκο ή το τηγανισμένο έλαιο (και πιθανόν και από το τρόφιμο) δεν επιτυγχάνεται ποσοτική παραλαβή των πολυφαινολών. Ακόμη, όσον αφορά στην ολεωρωπαΐνη και την υδροξυ - τυροσόλη, πρέπει να σημειωθεί ότι κατά το τηγάνισμα η πρώτη μπορεί να υποστεί υδρόλυση και υποπαραγωγή υδροξυτυροσόλης και ελενολικού οξέος, με αποτέλεσμα τα επίπεδά της να εμφανίζονται μειωμένα και της υδροξυτυροσόλης αυξημένα.

Γενικότερα, η μέση ανάκτηση κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος βρέθηκε ίση με $57,0 \% \pm 40,0$. Στα μη εμπλουτισμένα έλαια η μέση ανάκτηση ήταν $54,8 \% \pm 34,3$, στα εμπλουτισμένα με 100 ppm πολυφαινολών $61,1 \% \pm 38,1$ και στα εμπλουτισμένα με 200 ppm πολυφαινολών $55,8 \% \pm 45,3$. Ακόμη, η ανάκτηση των πολυφαινολών διαφέρει από έλαιο σε έλαιο και

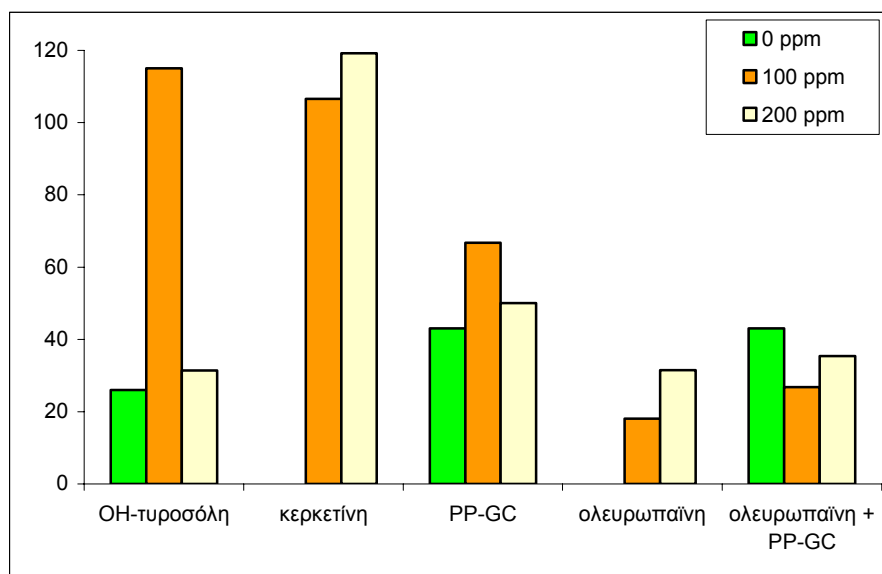
εξαρτάται από την ποσότητα των πολυφαινολών που προστέθηκαν κατά τον εμπλουτισμό.

Πίνακας 6.3.3.1: Ανάκτηση πολυφαινολών κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος.

Ανάκτηση πολυφαινολών κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος (%)						
	Ελαιόλαδο	Υδροξυτυροσόλη	Κερκετίνη	Σύνολο PP – GC*	Ολεωρωπαΐνη	Σύνολο PP**
Εμπλουτισμός	0	26,0 ± 5,7	0	43,1 ± 1,4	0	43,0 ± 1,4
	100 ppm	115,1 ± 14,7	106,6 ± 6,9	66,8 ± 4,4	18,0 ± 1,1	26,8 ± 0,6
	200 ppm	31,4 ± 2,4	119,2 8,9	50,0 ± 3,3	31,5 ± 2,8	35,3 ± 2,5
	Ηλιέλαιο					
Εμπλουτισμός	0	0	0	52,7 ± 29,2	0	53,5 ± 29,7
	100 ppm	70,4 ± 6,0	56,2 ± 3,3	67,0 ± 3,4	23,1 ± 4,7	26,3 ± 4,6
	200 ppm	77,3 ± 15,6	162,2 68,7	96,0 ± 19,8	22,1 ± 1,3	25,9 ± 2,0
	Φοινικέλαιο					
Εμπλουτισμός	0	0	0	43,7 ± 1,8	0	43,7 ± 1,8
	100 ppm	19,7 ± 2,4	143,4 ± 24,5	5,4 ± 5,0	28,4 ± 5,5	32,1 ± 5,4
	200 ppm	16,7 ± 1,8	163,4 ± 3,7	44,3 ± 2,5	35,4 ± 3,2	36,8 ± 2,9

*: Σύνολο PP – GC: Σύνολο των πολυφαινολών που ανιχνεύονται από το GC – MSD.

** : Σύνολο όλων των πολυφαινολών, δηλαδή των πολυφαινολών που ανιχνεύονται από το GC – MSD και της ολεωρωπαΐνης.

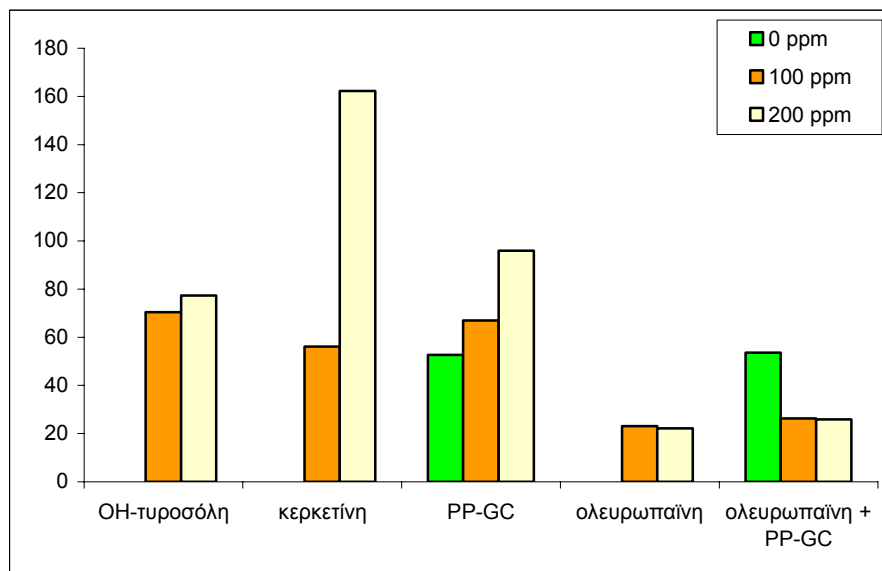


Σχήμα 6.3.3.1: % Ανάκτηση των πολυφαινολών κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος με ελαιόλαδο.

Στο **Σχήμα 6.3.3.1** φαίνεται το ποσοστό ανάκτησης των πολυφαινολών κατά το τηγάνισμα με ελαιόλαδο, δηλαδή το ποσοστό των πολυφαινολών που επιβίωσαν κατά το τηγάνισμα στο σύνολο του τηγανισμένου τροφίμου και του ελαίου τηγανίσματος. Αναφορικά με την ολευρωπαΐνη, αυτή ανακτάται σε ποσοστό 18,0 % κατά το τηγάνισμα με εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών ελαιόλαδο, ενώ το ποσοστό ανάκτησης κατά το τηγάνισμα με εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών ελαιόλαδο είναι μεγαλύτερο (31,5 %). Τέλος, η μεγαλύτερη ανάκτηση του συνόλου των πολυφαινολών παρατηρήθηκε κατά το τηγάνισμα με μη εμπλουτισμένο ελαιόλαδο (43 %). Η ανάκτηση των πολυφαινολών κατά το τηγάνισμα πατατών σε παρθένο ελαιόλαδο έχει βρεθεί ίση με 37,8 % (Kalogeropoulos et al, in press).

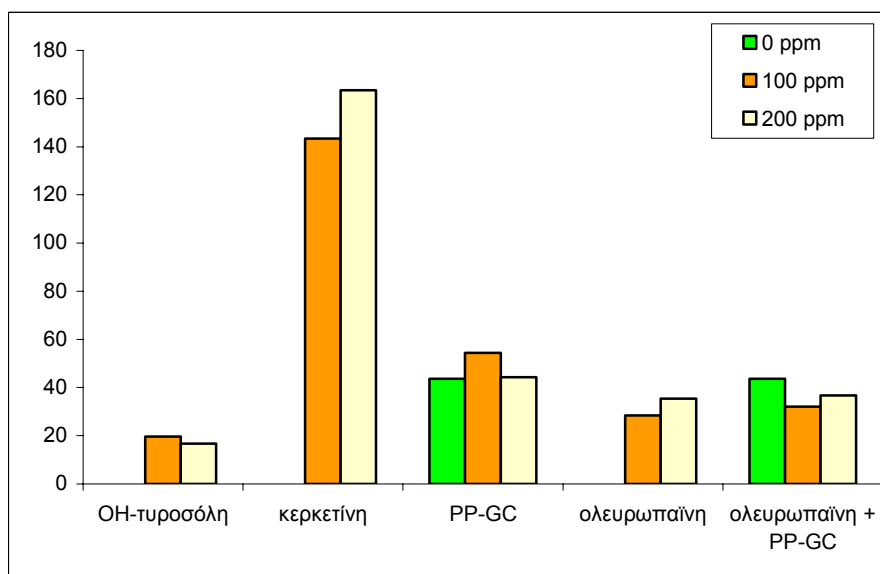
Στο ακόλουθο σχήμα (**Σχήμα 6.3.3.2**) φαίνεται η % ανάκτηση των πολυφαινολών κατά το τηγάνισμα με ηλιέλαιο. Τα μεγαλύτερα ποσοστά ανάκτησης ήταν αυτά της υδροξυ – τυροσόλης. Ανακτάται σε ποσοστό 70,4 % κατά το τηγάνισμα με εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών ηλιέλαιο, και σε ποσοστό 77,3 % κατά το τηγάνισμα με εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών ηλιέλαιο. Η ανάκτηση της ολευρωπαΐνης είναι σχεδόν ίδια και για τους δύο τύπους εμπλουτισμένου ηλιελαίου (23,1 % και 22,1 %). Η ανάκτηση του συνόλου των πολυφαινολών που ανιχνεύονται από το GC –

MSD αυξάνεται με το εμπλουτισμό του ηλιελαίου και κατά το τηγάνισμα με εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών είναι ίση με 96,0 %. Τέλος, η μεγαλύτερη ανάκτηση του συνόλου των πολυφαινολών σημειώθηκε στο μη εμπλουτισμένο ηλιέλαιο (53,5 %).



Σχήμα 6.3.3.2: % Ανάκτηση των πολυφαινολών κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος με ηλιέλαιο.

Τέλος, στο σχήμα που ακολουθεί (**Σχήμα 6.3.3.3**) φαίνεται το ποσοστό ανάκτησης των πολυφαινολών κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος με φοινικέλαιο. Εδώ η ανάκτηση της ολευρωπαΐνης είναι μεγαλύτερη στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών φοινικέλαιο (35,4 %) από ότι στο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών φοινικέλαιο (28,4 %). Ενώ η ανάκτηση της υδροξυτυροσόλης είναι μεγαλύτερη στο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών φοινικέλαιο (19,7 %) από ότι στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών φοινικέλαιο (16,7 %). Αναφορικά με το σύνολο των πολυφαινολών, η μεγαλύτερη ανάκτηση παρατηρήθηκε στο μη εμπλουτισμένο φοινικέλαιο (43,7 %), ενώ η ανάκτηση κατά το τηγάνισμα με εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών φοινικέλαιο ήταν 32,1 % και κατά το τηγάνισμα με εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών 36,8 %.



Σχήμα 6.3.3.3: % Ανάκτηση των πολυφαινολών κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος με φοινικέλαιο.

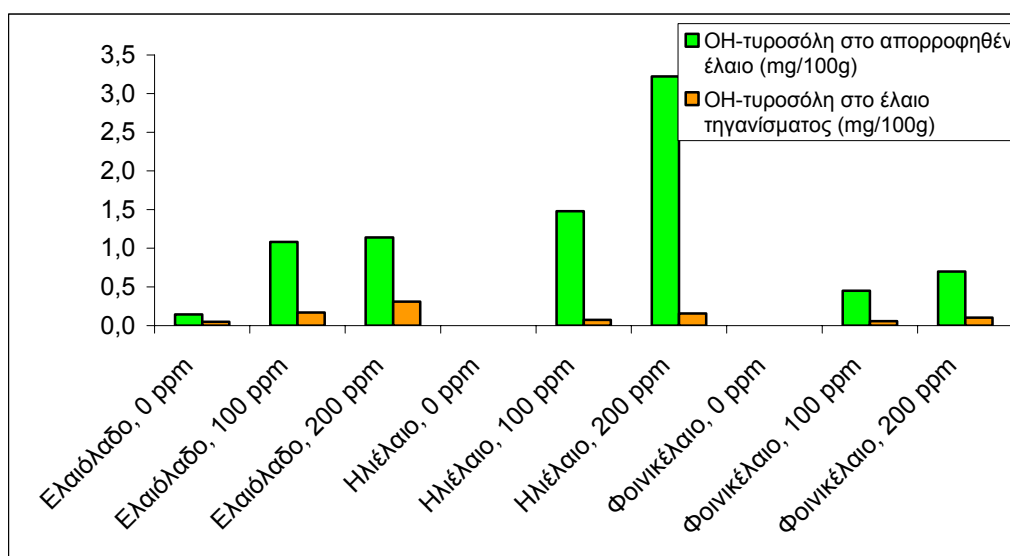
6.3.4. Κατανομή των πολυφαινολών μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρώσιμο ελαίου

Στα σχήματα που ακολουθούν δίνεται η κατανομή των πολυφαινολών μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρώσιμο ελαίου, εκφρασμένη σε mg / 100 g ελαίου. Να σημειωθεί ότι για την εκτίμηση του συνόλου των πολυφαινολών και του συνόλου των πολυφαινολών που ανιχνεύονται από το GC – MSD στις πατάτες δεν έχει ληφθεί υπόψη η συγκέντρωση του χλωρογενικού οξέος.

Στο σχήμα που ακολουθεί (**Σχήμα 6.3.4.1**) φαίνεται η κατανομή της υδροξυτυροσόλης μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρώσιμο ελαίου, εκφρασμένη σε mg / 100 g ελαίου. Η υδροξυτυροσόλη εμφανίζεται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στο απορροφηθέν από το τρώσιμο έλαιο σε όλους τους τύπους ελαίων. Ακόμη, η συγκέντρωση της υδροξυτυροσόλης αυξάνεται με τον εμπλουτισμό τόσο στο απορροφηθέν έλαιο όσο και στο έλαιο τηγανίσματος και στους τρεις τύπους ελαίων.

Η % διατήρηση της υδροξυτυροσόλης τόσο στο ελαιόλαδο όσο και στο φοινικέλαιο αυξάνεται με τον εμπλουτισμό. Πιο συγκεκριμένα, στο

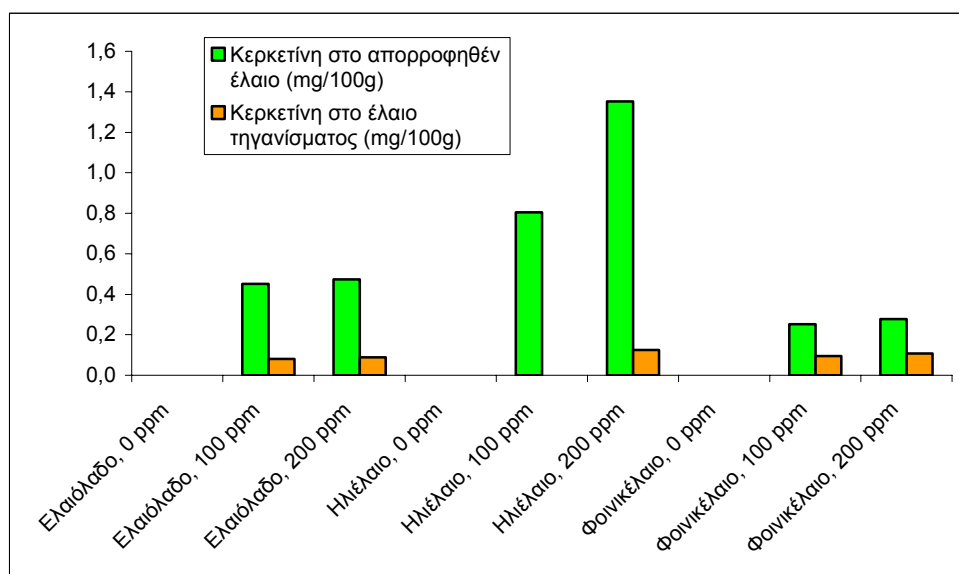
εμπλουτισμένο ελαιόλαδο με 100 ppm πολυφαινολών είναι ίση με 15,6 % και στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών 27,3 %. Στο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών φοινικέλαιο ισούται με 12,7 % και στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών φοινικέλαιο με 15,1 %. Στα εμπλουτισμένα ηλιέλαια η % διατήρηση της υδροξυτυροσόλης βρέθηκε σχεδόν ίση και για τους δύο τύπους, στο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών ήταν 4,9 % και στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών 4,8 %.



Σχήμα 6.3.4.1: Κατανομή της υδροξυτυροσόλης μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου (mg / 100 g).

Στο **Σχήμα 6.3.4.2** φαίνεται η κατανομή της κερκετίνης μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι κάποια ποσότητα κερκετίνης υπήρχε στις ωμές πατάτες, ενώ δεν υπήρχε στα φρέσκα μη εμπλουτισμένα έλαια. Αν και η κερκετίνη του τροφίμου πιθανότατα υπόκειται σε κάποια καταστροφή λόγω της θερμικής επεξεργασίας του τροφίμου, θεωρήθηκε ότι διατηρείται πλήρως και τα αποτελέσματα που αφορούν στη συγκέντρωση της κερκετίνης στο απορροφηθέν έλαιο αναφέρονται στη συγκέντρωση της κερκετίνης του απορροφηθέντος ελαίου από την οποία έχει αφαιρεθεί όλη η ποσότητα κερκετίνης που υπήρχε στο ωμό τρόφιμο. Εντούτοις, κατά το τηγάνισμα της πατάτας σε μη εμπλουτισμένο ελαιόλαδο, το οποίο δεν περιέχει κερκετίνη, η

συγκέντρωση της κερκετίνης στο τηγανισμένο τρόφιμο ήταν μηδενική παρότι στο αντίστοιχο ωμό η συγκέντρωση της κερκετίνης ήταν $0,01 \text{ mg} / 100 \text{ g} \pm 0,0$. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι κερκετίνη που περιέχεται στο ωμό τρόφιμο υφίσταται κάποια καταστροφή λόγω της θερμικής επεξεργασίας. Έτσι, τα αποτελέσματα που παρατίθενται στο **Σχήμα 6.3.4.2** είναι πιθανόν υποεκτιμημένα και σαφώς αφορούν σε διαδικασία προσρόφησης από το τρόφιμο κερκετίνης προερχόμενης από το έλαιο λόγω της διαδικασίας του τηγανίσματος.

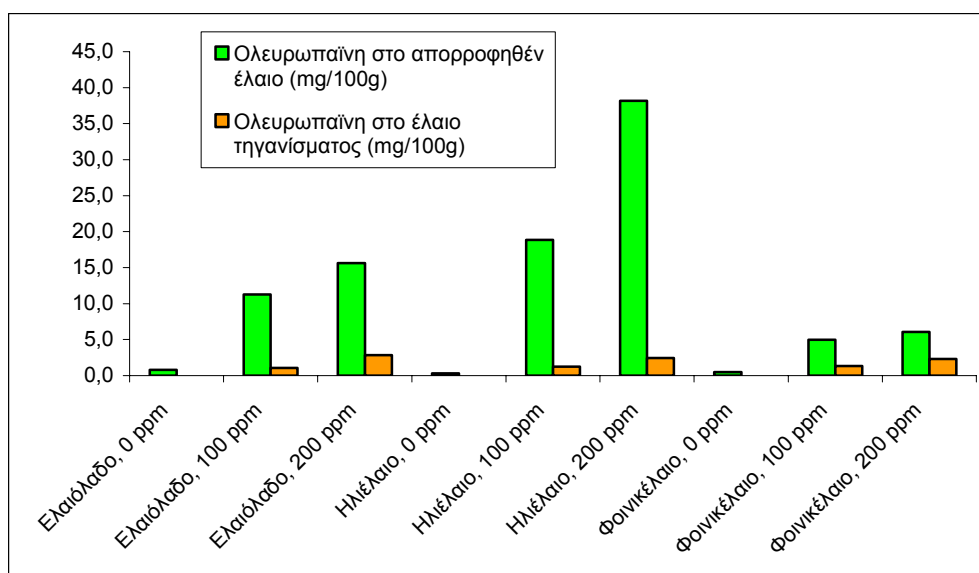


Σχήμα 6.3.4.2: Κατανομή της κερκετίνης μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου ($\text{mg} / 100 \text{ g}$).

Στο σχήμα που ακολουθεί (**Σχήμα 6.3.4.3**) φαίνεται η κατανομή της ολεωρωπαΐνης μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου, εκφρασμένη σε $\text{mg} / 100 \text{ g}$ ελαίου. Η ολεωρωπαΐνη εμφανίζεται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στο απορροφηθέν από το τρόφιμο έλαιο σε όλους τους τύπους ελαίων. Ακόμη, η συγκέντρωση της ολεωρωπαΐνης αυξάνεται με τον εμπλουτισμό τόσο στο απορροφηθέν έλαιο όσο και στο έλαιο τηγανίσματος και στους τρεις τύπους ελαίων.

Η % διατήρηση της ολεωρωπαΐνης τόσο στο ελαιόλαδο όσο και στο φοινικέλαιο αυξάνεται με τον εμπλουτισμό. Πιο συγκεκριμένα, στο εμπλουτισμένο ελαιόλαδο με 100 ppm πολυφαινολών είναι ίση με 9,3 % και στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών 18,2 %. Στο εμπλουτισμένο με

100 ppm πολυφαινολών φοινικέλαιο 26,4 % και στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών φοινικέλαιο 37,6 %. Στα εμπλουτισμένα ηλιέλαια η % διατήρηση της ολεωρωπαΐνης βρέθηκε σχεδόν ίση και για τα δύο εμπλουτισμένα έλαια, στο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών ήταν 6,6 % και στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών 6,4 %.

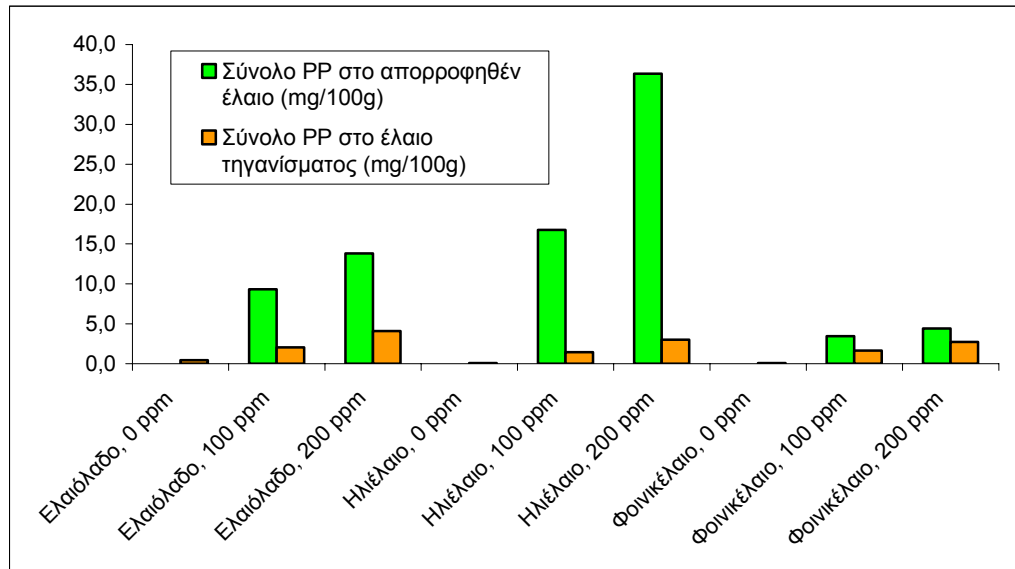


Σχήμα 6.3.4.3: Κατανομή της ολεωρωπαΐνης μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τροφίμου ελαίου (mg / 100 g).

Στο **Σχήμα 6.3.4.4** φαίνεται η κατανομή του συνόλου των πολυφαινολών μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου, εκφρασμένη σε mg / 100 g ελαίου. Το σύνολο των πολυφαινολών επίσης εμφανίζεται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στο απορροφηθέν από το τρόφιμο έλαιο από ότι στο έλαιο τηγανίσματος σε όλους τους τύπους ελαίου. Το σύνολο των πολυφαινολών αυξάνεται με τον εμπλουτισμό τόσο στο απορροφηθέν έλαιο όσο και στο έλαιο τηγανίσματος και στους τρεις τύπους ελαίων.

Αναφορικά με την % διατήρηση του συνόλου των πολυφαινολών τόσο στο ελαιόλαδο όσο και στο φοινικέλαιο αυξάνεται με τον εμπλουτισμό. Στο εμπλουτισμένο ελαιόλαδο με 100 ppm πολυφαινολών είναι ίση με 21,7 % και στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών 29,7 %. Στο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών φοινικέλαιο 47,8 % και στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών φοινικέλαιο 62,0 %. Στα εμπλουτισμένα ηλιέλαια η %

διατήρηση του συνόλου των πολυφαινολών βρέθηκε σχεδόν ίση και για τα δύο εμπλουτισμένα έλαια, στο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών ήταν 8,5 % και στο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών 8,2 %.



Σχήμα 6.3.4.4: Κατανομή του συνόλου των πολυφαινολών μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τροφίμου ελαίου (mg / 100 g).

6.4. Διατροφική αξιολόγηση πατατών τηγανισμένων σε εμπλουτισμένα έλαια ως προς το πολυφαινολικό τους περιεχόμενο

Η μερίδα εστιατορίου για τις τηγανητές πατάτες αντιστοιχεί σε 150g. Συνεπώς, η κατανάλωση μιας μερίδας τηγανητών πατατών σε κάθε ένα από τα έλαια που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη ως έλαια τηγανίσματος, έχει ως αποτέλεσμα την πρόσληψη των ποσοτήτων αντιοξειδωτικών και που δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Η πρόσληψη αντιοξειδωτικών από τις τηγανισμένες πατάτες συγκρίθηκε με την εκτιμώμενη ημερήσια πρόσληψη πληθυσμού των Ηνωμένων Πολιτειών (115 mg αντιοξειδωτικών) (Ross & Kasum, 2002) και με την τιμή που αναφέρεται στην μέση πρόσληψη φλαβονοειδών (118,6 mg) ως αποτέλεσμα της παραδοσιακής Ελληνικής δίαιτας βασισμένης στην κατανάλωση λαχανικών (Vasilopoulou et al, 2005).

Πίνακας 6.4.1: Διατροφική πρόσληψη πολυφαινολών κατά την κατανάλωση τηγανητών πατατών.

Διατροφική πρόσληψη πολυφαινολών										
		Ελαιόλαδο			Ηλιέλαιο			Φοινικέλαιο		
		Αντιοξειδωτικά (mg / 150 g)	% ΕΗΠ*		Αντιοξειδωτικά (mg / 150 g)	% ΕΗΠ*		Αντιοξειδωτικά (mg / 150 g)	% ΕΗΠ*	
			Η.Π.Α.	GR		Η.Π.Α.	GR		Η.Π.Α.	GR
Εμπλουτισμός (ppm)	0	0,34	0,3	0,3	0,32	0,3	0,3	0,38	0,3	0,3
	100	3,44	3,0	2,9	6,91	6,0	5,8	2,18	1,9	1,8
	200	3,93	3,4	3,3	12,05	10,5	10,2	2,46	2,1	2,1

* Αναφέρεται στο ποσοστό της ημερήσιας εκτιμώμενης πρόσληψης αντιοξειδωτικών ουσιών πληθυσμού των Ηνωμένων Πολιτειών και της Ολλανδίας και Δανίας που καλύπτει η κατανάλωση μιας μερίδας πατατών τηγανισμένων στο αντίστοιχο έλαιο τηγανίσματος.

Από τον παραπάνω πίνακα είναι εμφανές ότι η κατανάλωση μιας μερίδας τηγανισμένων πατατών σε κάποιο εμπλουτισμένο έλαιο είναι μεγαλύτερη από ότι σε κάποιο μη εμπλουτισμένο έλαιο και μάλιστα όσο πιο εμπλουτισμένο είναι ένα έλαιο με αντιοξειδωτικά τόσο μεγαλύτερη είναι και η πρόσληψη αντιοξειδωτικών που λαμβάνονται κατά την κατανάλωση μιας μερίδας πατατών που έχουν τηγανιστεί με αυτά τα έλαια. Αυτό παρατηρείται και στους τρεις τύπους ελαίων.

Βέβαια, η κατανάλωση μιας μερίδας πατατών τηγανισμένων σε εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινόλων ηλιέλαιο φαίνεται να οδηγεί στην μεγαλύτερη πρόσληψη αντιοξειδωτικών από ότι εάν οι πατάτες είχαν τηγανιστεί σε εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινόλων ελαιόλαδο ή φοινικέλαιο. Τέλος, η κατανάλωση μιας μερίδας πατατών τηγανισμένων σε ηλιέλαιο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινόλων έχει ως αποτέλεσμα και την μεγαλύτερη πρόσληψη αντιοξειδωτικών ουσιών (10,5 % και 10,2 % της εκτιμώμενης ημερήσιας πρόσληψης αντιοξειδωτικών από πληθυσμό των Ηνωμένων Πολιτειών και της παραδοσιακής Ελληνικής δίαιτας, αντίστοιχα) (Ross & Kasum, 2002). Η κατανάλωση μιας μερίδας πατατών τηγανισμένων σε παρθένο ελαιόλαδο έχει ως αποτέλεσμα την πρόσληψη 0,8 mg πολυφαινόλων (Kalogeropoulos et al, in press). Είναι εμφανές ότι η κατανάλωση μιας μερίδας πατατών τηγανισμένων σε οποιοδήποτε έλαιο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινόλων (2,18 – 6,91 mg) οδηγεί σε μεγαλύτερη πρόσληψη αντιοξειδωτικών από ότι εάν οι πατάτες είχαν τηγανιστεί σε παρθένο ελαιόλαδο (0,8 mg).

6.5. Προσδιορισμός Υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων

6.5.1. Ποσοτικός προσδιορισμός υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων των τροφίμων και των ελαίων τηγανίσματος

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων τόσο στα έλαια τηγανίσματος όσο και στις ωμές και τηγανισμένες πατάτες έγινε με GC – MSD μετά από εκχύλιση τους με μεθανόλη.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι συγκεντρώσεις των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων στο φρέσκο και τηγανισμένο ελαιόλαδο (εμπλουτισμένο και μη) καθώς επίσης και στις ωμές πατάτες και στις πατάτες που τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο (**Πίνακας 6.5.1**). Στο μη εμπλουτισμένο ηλιέλαιο και στα εμπλουτισμένα ηλιέλαια καθώς επίσης και στο μη εμπλουτισμένο φοινικέλαιο και στα εμπλουτισμένα φοινικέλαια, όπως και στις πατάτες που τηγανίστηκαν με τα παραπάνω έλαια δεν ανιχνεύθηκαν σημαντικές ποσότητες υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων.

Το άθροισμα των συγκεντρώσεων των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων στο φρέσκο μη εμπλουτισμένο ελαιόλαδο βρέθηκε ίσο με 7,82 mg / 100 g ελαίου, στο φρέσκο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών 14,75 mg / 100 g ελαίου και στο φρέσκο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών 18,61 mg / 100 g ελαίου. Στο τηγανισμένο μη εμπλουτισμένο ελαιόλαδο αυτό ήταν ίσο με 12,79 mg / 100 g ελαίου, στο τηγανισμένο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών 13,14 mg / 100 g ελαίου και στο τηγανισμένο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών 11,84 mg / 100 g ελαίου.

Αναφορικά με τις πατάτες, η συγκέντρωση των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων στις ωμές πατάτες ήταν πολύ χαμηλή και βρέθηκε ίση με 0,01 mg / 100 g πατάτας. Η συγκέντρωση αυτών στις τηγανισμένες σε μη εμπλουτισμένο ελαιόλαδο πατάτες ήταν ίση με 0,46 mg / 100 g πατάτας, στις τηγανισμένες σε εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών 0,79 mg / 100 g πατάτας και στις τηγανισμένες σε εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών 1,24 mg / 100 g πατάτας (**Πίνακας 6.5.1.1**).

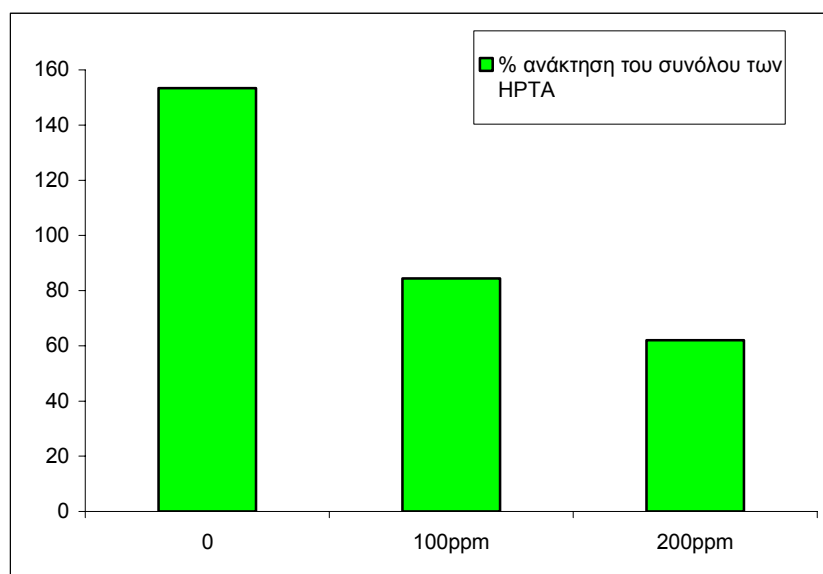
Πίνακας 6.5.1.1: Υδροξυπεντακυκλοτερπενικά οξέα ελαιολάδου, ωμών πατατών και πατατών τηγανισμένων σε ελαιόλαδο.

Υδροξυπεντακυκλοτερπενικά οξέα ελαιολάδου (mg / 100 g ελαίου)						
n	2	1	1	4	3	4
	Ελαιόλαδο φρέσκο			Ελαιόλαδο τηγανισμένο		
	Εμπλουτισμός (ppm)			Εμπλουτισμός (ppm)		
	0	100	200	0	100	200
ολεανολικό οξύ	6,57 ± 2,52	4,39	5,97	9,86 ± 1,41	7,23 ± 3,37	7,02 ± 1,84
ουρσολικό οξύ	0,46 ± 0,25	0,28	0,34	0,70 ± 0,11	0,52 ± 0,23	0,52 ± 0,07
μασλινικό οξύ	0,79 ± 2,98	10,08	12,30	2,24 ± 2,08	5,39 ± 4,77	4,30 ± 4,69
Σύνολο	7,82 ± 2,98	14,75	18,61	12,79 ± 3,60	13,14 ± 8,36	11,84 ± 6,60
Υδροξυπεντακυκλοτερπενικά οξέα πατατών τηγανισμένες σε ελαιόλαδο (mg / 100 g πατάτας)						
n	12	4	4	4		
	Ωμές	Τηγανισμένες σε ελαιόλαδο				
		Εμπλουτισμός (ppm)				
		0	100	200		
ολεανολικό οξύ	nd	0,31 ± 0,04	0,50 ± 0,10	0,90 ± 0,12		
ουρσολικό οξύ	0,01 ± 0,02	0,12 ± 0,00	0,26 ± 0,01	0,28 ± 0,02		
μασλινικό οξύ	nd	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,02	0,06 ± 0,01		
Σύνολο	0,01 ± 0,02	0,46 ± 0,06	0,79 ± 0,13	1,24 ± 0,16		

nd : not detected (μη ανιχνεύσιμο)

6.5.2. Ανάκτηση των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος

Η ανάκτηση υπολογίστηκε ως το πηλίκο των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων που παραμένουν στο σύνολο του ελαίου τηγανίσματος και του τηγανισμένου τροφίμου προς τα υδροξυπεντακυκλοτερπενικά οξέα που υπήρχαν στο σύνολο του φρέσκου ελαιολάδου και της ωμής πατάτας πριν τη διαδικασία τηγανίσματος.

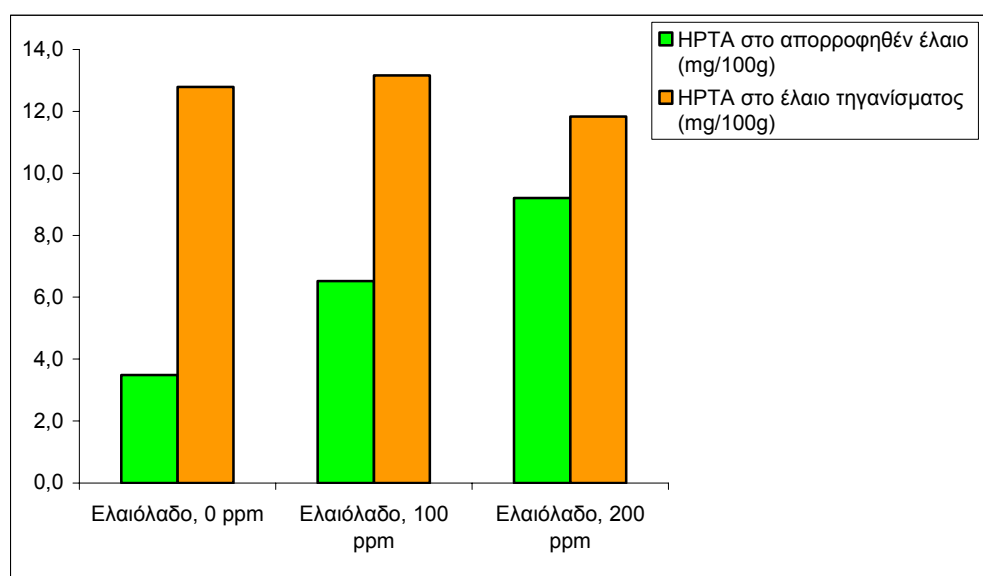


Σχήμα 6.5.2.1: % Ανάκτηση του συνόλου των HPTA κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος με ελαιόλαδο.

Στο **Σχήμα 6.5.2.1** παρουσιάζεται η % ανάκτηση του συνόλου των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος με ελαιόλαδο (μη εμπλουτισμένο, εμπλουτισμένο με 100ppm πολυφαινολών και εμπλουτισμένο με 200ppm πολυφαινολών). Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το μη εμπλουτισμένο ελαιόλαδο παρουσίασε την καλύτερη επιβίωση υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων συγκριτικά με τα εμπλουτισμένα. Αναφορικά με τα εμπλουτισμένα ελαιόλαδα, στο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών η επιβίωση των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων (84,4 %) ήταν μεγαλύτερη από αυτή στο εμπλουτισμένο με 200ppm πολυφαινολών (62,1 %).

6.5.3. Κατανομή των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου

Η κατανομή των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου υπολογίστηκε μόνο για το ελαιόλαδο και τις πατάτες που τηγανίστηκαν σε αυτό.



Σχήμα 6.5.3.1: Κατανομή του συνόλου των HPTA μεταξύ του ελαίου τηγανίσματος και του απορροφηθέντος από το τρόφιμο ελαίου.

Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα (**Σχήμα 6.5.3.1**) η συγκέντρωση των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων στο απορροφηθέν από την πατάτα έλαιο είναι μικρότερη από αυτή του ελαίου τηγανίσματος. Αυτό παρατηρείται για τα δύο εμπλουτισμένα ελαιόλαδα. Ο λόγος διατήρησης της συγκέντρωσης των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων στο απορροφηθέν έλαιο προς την αντίστοιχη στο έλαιο τηγανίσματος εκφραζόμενος ως ποσοστό % για το εμπλουτισμένο με 100 ppm ελαιόλαδο ήταν 49,5 % και για το εμπλουτισμένο με 200 ppm ήταν 77,7% και για το μη εμπλουτισμένο ελαιόλαδο 27,3 %.

Κεφάλαιο 7°

Συμπεράσματα

- Τόσο το ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο όσο και το άθροισμα των επιμέρους ταυτοποιημένων πολυφαινολών των φρέσκων ελαίων αυξάνεται με τον εμπλουτισμό και για τους τρεις τύπους ελαίων. Μάλιστα, η αύξηση που παρατηρείται για τα εμπλουτισμένα με 200 ppm πολυφαινολών έλαια είναι μεγαλύτερη από αυτή που παρατηρείται για τα εμπλουτισμένα με 100 ppm πολυφαινολών έλαια. Τα έλαια εμπλουτίστηκαν κυρίως σε ολεωρωπαΐνη, υδροξυτυροσόλη και κερκετίνη.
- Το τηγάνισμα αν και έχει ως αποτέλεσμα μείωση του ολικού πολυφαινολικού περιεχομένου και του αθροίσματος των επιμέρους ταυτοποιημένων πολυφαινολών των ελαίων, εντούτοις αυτά εξακολουθούν να είναι μεγαλύτερα από εκείνα των μη εμπλουτισμένων φρέσκων ελαίων.
- Το ολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο και το άθροισμα των επιμέρους ταυτοποιημένων πολυφαινολών των πατατών αυξάνεται μετά το τηγάνισμα σε όλες τις περιπτώσεις.
- Οι πατάτες που τηγανίστηκαν σε κάποιο εμπλουτισμένο έλαιο, αφενός είχαν μεγαλύτερο πολυφαινολικό περιεχόμενο από αυτές που τηγανίστηκαν σε κάποιο μη εμπλουτισμένο και αφετέρου εμπλουτίστηκαν σε ολεωρωπαΐνη, υδροξυτυροσόλη και κερκετίνη. Για πρώτη φορά δείχθηκε ότι η ολεωρωπαΐνη περνά στο τρόφιμο.
- Στο ελαιόλαδο και στο ηλιέλαιο υπήρξε δοσοεξάρτηση του πολυφαινολικού περιεχομένου των τηγανισμένων πατατών σε σχέση με τον εμπλουτισμό. Εξαίρεση αποτέλεσε το φοινικέλαιο.
- Η επιβίωση των πολυφαινολών στο σύνολο ελαίου τηγανίσματος και τροφίμου κυμάνθηκε από $25,9 \pm 2,0$ έως $53,5 \pm 29,7$ με την ολεωρωπαΐνη να παρουσιάζει τη μικρότερη ανάκτηση.
- Τόσο οι βασικές επιμέρους πολυφαινόλες του εμπλουτισμού (ολεωρωπαΐνη, υδροξυτυροσόλη και κερκετίνη) όσο και το σύνολο των

πολυφαινολών εμφανίζονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στο απορροφηθέν από τρώσιμο έλαιο συγκριτικά με το έλαιο τηγανίσματος. Οι μέγιστες τιμές παρατηρούνται στο ηλιέλαιο και ακολουθούν το ελαιόλαδο και το φοινικέλαιο.

- Η κατανάλωση μιας μερίδας τηγανισμένων πατατών σε κάθε ένα από τα εμπλουτισμένα έλαια που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη ως έλαια τηγανίσματος, έχει ως αποτέλεσμα την πρόσληψη μεγαλύτερων ποσοτήτων πολυφαινολών σε σχέση με την κατανάλωση μιας μερίδας πατατών τηγανισμένων σε κάποιο μη εμπλουτισμένο έλαιο. Μάλιστα, η ποσότητα των πολυφαινολών που προσλαμβάνεται κατά την κατανάλωση πατατών τηγανισμένων σε κάποιο έλαιο εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών είναι μεγαλύτερη από αυτή που παρατηρείται όταν οι πατάτες τηγανιστούν με το αντίστοιχο έλαιο που έχει εμπλουτιστεί με 100 ppm πολυφαινολών. Βέβαια η κατανάλωση μιας μερίδας πατατών τηγανισμένων σε ηλιέλαιο εμπλουτισμένο με 100 ppm πολυφαινολών έχει ως αποτέλεσμα την πρόσληψη μεγαλύτερης ποσότητας αντιοξειδωτικών από την πρόσληψη που θα επιτυγχανόταν αν οι πατάτες είχαν τηγανιστεί σε ελαιόλαδο ή φοινικέλαιο με 200 ppm πολυφαινολών. Η μεγαλύτερη πρόσληψη αντιοξειδωτικών επιτυγχάνεται με την κατανάλωση μιας μερίδας πατατών που έχουν τηγανιστεί σε εμπλουτισμένο με 200 ppm πολυφαινολών ηλιέλαιο.
- Στις πατάτες που τηγανίστηκαν στα ελαιόλαδα, εμπλουτισμένα και μη, ανιχνεύθηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν υδροξυπεντακυκλοτερπενικά οξέα. Καλύτερη επιβίωση των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων παρουσίασε το μη εμπλουτισμένο ελαιόλαδο, ενώ η συγκέντρωση των υδροξυπεντακυκλοτερπενικών οξέων ήταν μεγαλύτερη στο έλαιο τηγανίσματος από ότι στο απορροφηθέν από το τρώσιμο έλαιο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alarcón de la Lastra C., Barranco M. D., Motilva V., Herrerías J. M.. Mediterranean Diet and Health: Biological Importance of Olive oil. Current Pharmaceutical design. 2001; 7: 933-950.

Alim H., Morton I. D.. Deep fat frying and absorption by a fried product. J. Sci. Food Agric. 1974; 25: 1041 – 1042.

Andrikopoulos N. K., Dedoussis G. V. Z., Falirea A., Kalogeropoulos N., Hatzinikola H. S. 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.

Andrikopoulos N. K., Hasapidou M. N., Manoukas A. G.. The tocopherol content of Greek olive oils. J. Sci. Food Agric. 1989; 46: 503 – 509.

Andrikopoulos N. K., Kalogeropoulos N., Falirea A. & Barbagianni M. N.. 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.

Blumenthal M. M.. Understanding Frying. 2nd Edition Monograph Series, Libra Laboratories Inc., Piscataway N. J. (USA) 1987.

Boscou D.. Non – nutrient antioxidants and stability of frying oils. In Frying of Food, eds. D Boscou & I elmadfa, 1999pp. 183 – 204. Lancaster, PA: Technomic Publishing.

Boskou D., Frying Fats in Chemical and Functional Properties of Food Lipids, edited by Zdzislaw E. Sikorski, Anna Kalakowska, CRC Press, 2003.

Boscou D. Chemical and Functional Properties of Food Lipids. Chapter 16: Frying Fats.

Bouaziz M., Sayadi S. Isolation and evaluation of antioxidants from leaves of Tunisian cultivar olive tree, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2005; 107: 497 – 504.

Briante R., Patumi M., Terenziani S., Bismuto E., Febbraio F., Nucci R. *Olea europaea* L. Leaf extract and derivatives: Antioxidant properties. *J. Agric. Food Chem.* 2002; 50: 4934 – 4940

Che Man Y.B., Jaswir I., Effect of rosemary and sage extracts on frying performance of refined bleached and deodorized (RBD) palm olein during deep-fat frying. *Food Chem.* 2000; 69: 301 – 307.

Chow Ching K. Vitamin E and blood. *World Rev. Nutr. Diet.* 1985; 45: 133 – 166.

Devasagayam T. P., Tilac J. C., Bloor K. K., Sane K. S., Ghaskadbi S. S., Lele R. D. Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects. *J. Assoc. Physicians India.* 2004; 52: 794 – 804.

Dobarganes C., Márquez – Ruiz G., Velasco J. Interactions between fat and food during deep-frying. 2000; 102: 521 – 528.

Edem D. O. Palm oil: Biochemical, physiological, nutritional, hematological, and toxicological aspects: A review. *Plant Foods Human Nutr.* 2002; 57: 319 – 341.

Dryden G. W. Jr., Deaciuc I., Arteel G., McClain C. J. Clinical implications of oxidative stress and antioxidant therapy. *Curr. Gastroenterol Rep.* 2005; 7(4): 308 – 316.

Fernandez – Martinez J. M. et al. Sunflower mutant containing high levels of palmitic acid in high oleic acid background. 1997; *Euphytica* 97: 113 – 116.

Fresco P., Borges F., Diniz C., Marques M. P. New insights on the anticancer properties of dietary polyphenols. *Med. Res. Rev.* 2006.

Garcia O. B., Castillo J., Lorente J., Ortuno A., Rio Del J. A. Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea* L. Leaves. *Food Chem.* 2000; 68: 457 – 462.

Gertz Christian. Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fats. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2000; 102: 566 - 572.

Gómez-Alonso S., Fregapane G., Salvador M. D., Gordon M. H. Changes in phenolic composition and antioxidant activity of virgin olive oil during frying. *J. Agric. Food Chem.* 2003; 51; 667 – 672.

Grob J. Foodservice Frying: Operations and Maintenance, Chemistry and Technology of Deep – Fat Frying, Short Course Sponsored by the University of California at Davis, Davis CA (USA).

Guillaumin R. Kinetics of food penetration. In: *Frying of foods. Principles, Changes and New Approaches.* Eds. G. Varela, A. E. Bender, I. D. Morton. Ellis Horwood, Chichester (England) 1988; 82 – 90.

Guinda A., Dobarganes M. C., Ruiz – Mendez M. V., Mancha M. Chemical and physical properties of a sunflower oil with high levels of oleic and palmitic acids. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2003; 105: 130 – 137.

Hertog M. G., Kromhout D., Aravanis C., Blackburn H., Buzina, Fidanza F., et al. Flavonoid intake and longterm risk of coronary heart disease and cancer in the Seven Countries Study. *Arch. Int. Med.* 1995; 155: 381 – 386.

Houhoula D. P., Oreopoulou V., Tzia C. Antioxidant efficiency of oregano during frying and storage of potato chips. *J. Sci. Food Agric.* 2003; 83: 1499 – 1503.

Kalogeropoulos N., Mylona A., Chiou A., Ioannoy S. M., Andrikopoulos N. Retention and distribution of natural antioxidants (α – tocopherol, polyphenols and terpenic acids) after shallow frying of vegetables of virgin olive oil. LWT – Food Science and Technology. In press.

Kelly FJ. Use of antioxidants in the prevention and treatment of disease. J. Int. Fed. Clin. Chem. 1998; 10(1): 21 – 23.

Keys A. Mediterranean diet and public health: personal reflections. Am. J. Clin. Nutr. 1995; 61: 1321S – 1323S.

Kita A., Lisinska G., The influence of oil type and frying temperatures on the texture and oil content of French fries. J. Sci. Food Agric. 2005; 85: 2600 – 2604.

Kita A., Lisinska G., Powolny M.. The influence of frying medium degradation on fat uptake and texture of French fries. J Sci. Food Agric. 2005; 85: 1113 - 1118.

Kochbar S. P. Stabilisation of frying oils with natural antioxidative components. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2000; 102: 552 – 559.

Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C., Jiménez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. Am. J. Clinical Nutr. 2004; 79: 727 – 747.

McSavage J., Trevisan S.. The use and abuse of frying oil. Food Serv. Technol. 2001; 1: 85 – 92.

Meydani S.N., Lichtenstein A. H., White P. J., Goodnight S. H., Elson C. E., Woods M., Gorbach S. L., Schaefer E. J. Food use and health effects of soybean and sunflower oils. J. Am. Coll. Nutr. 1991; 10(5): 406 – 428.

Psomiadou E., Tsimidou M., Boskou D. Tocopherol content of Greek virgin olive oils. J. Agr. Food Chem. 1993; 48: 1770 – 1775.

Quiles L. Q., Ramírez – Tortosa M. C., Gómez J. A., Huertas J. R., Mataix J.. Role of vitamin E and phenolic compounds in the antioxidant capacity, measured by ESR, of virgin olive, olive and sunflower oils after frying. Food Chem. 2002; 76: 461 – 468.

Ross, J.A. & Kasum, C.M. . Dietary flavonoids: Bioavailability, metabolic effects, and safety. Ann. Rev. Nutr. 2002; 22: 19–34.

Salvador M. D., Aranda F.; Gómez-Alonso S.; Fregapane, G. Cornicabra. Virgin olive oil: a study of five crop seasons. Composition, quality and oxidative stability. Food Chem. 2001; 74: 267 – 274.

Savournin B. C., Baghdikian, R. Elias, D. F. Kesraoui, K. Boukef, G. Balansard: Rapid High performance liquid chromatography analysis for quantitative determination of oleuropein in Olea europaea Leaves. J. Agric. Food Chem. 2001; 49: 618 – 621.

Scalbert A., Manach C., Morand C., Remesy C., Jimenez L. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. Crit. Rev. Food Sci Nutr. 2005; 45(4): 287 – 306.

Shyamala B. N., Gupta S., Lakshmi A. J., Prakash J. Leafy vegetable extracts-antioxidant activity and effect on storage stability of heated oils. Innovative Food Science and Emerging Technology. 2005; 6: 239 – 245.

Simopoulos A., The Mediterranean Diet: What is so special About the diet of Greece? The Scientific Evidence. Am. Soc. Nutr Sci. 2001; 131: 3065S – 3073S.

Stier F. Richard. Chemistry of frying and optimization of deep-fat fried food – An introductory review. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2000; 102: 507 – 514.

Stier F. Richard. Frying as a science – An introduction. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2004; 106: 715 – 721.

Tabera J., Guinda A., Ruiz – Rodriguez A., Seronans J. F., Ibanez E., Albi T., Reglero G. Countercurrent supercritical fluid extraction and fractionation of high – added – value compounds from a hexane extract of olive leaves. J. Agric. Food Chem. 2004; 52: 4774 – 4779.

Takeoka R. G., Full H. G., Dao L. T.. Effect of heating on the characteristics and chemical composition of selected frying oils and fats. J. Agric. Food Chem. 1997; 45: 3244 - 3249.

Tutour Le B., Guedon D. Antioxidative activities of *Olea europaea* and related phenolic compounds. Phytochemistry. 1992; 31: 1173 – 1178.

Varela G.. Les grasses chauffees: contribution on l' etude des processus de la friture des aliments. Nutrit. Dieta. 1997; 25: 112 – 119.

Vasilopouloy E., Georga K., Joergensen M. B., Naska A., Trichopoulou A. The antioxidant properties of Greek foods and the flavonoid content of the Mediterranean menu. Current Medical Chemistry – Immunology, Endocrine & Metabolic Agents. 2005; 5: 33 – 45.

Visioli F., Galli C., Galli G., Caruso D. Biological Activities and metabolic fate of olive oil phenols. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2002; 104: 677 – 684.

Visioli F., Poli A., Galli C.. Biological Activities and metabolic fate of olive oil phenols. Med. Res. Rev. 2002; 22: 65 – 75.

Warner Kathleen. Chemistry of frying oils. [Jacson L. S., Knize M. G., Morgan J. N. Eds Plenum Publishers New York 1999; pp 205 - 221.

Warner Kathleen. Effects on the flavor and oxidative stability of stripped soybean and sunflower oils with added pure tocopherols. J. Agric. Food Chem. 2005; 53(26): 9906 – 9910.

Williamson G. and Manach C. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. II. Review of 93 intervention studies. Am. J. Clin. Nutr. 2005; 81(suppl): 243S – 255S.

Yanishlieva V. N., Marinova M. E. Stabilisation of edible oils with natural antioxidants. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2001; 103: 752 – 767.

Zandi P., Gordon H. M. Antioxidant activity of extracts from old tea leaves. Food Chem. 1999; 64: 285 – 288.

Ανδρικόπουλος Ν. Κ.. Σημειώσεις Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων. Τομος Ι. Κεφάλαια Θεωρίας. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Αθήνα 1999.

Δημόπουλος Κ. Α., Ανδρικόπουλος Ν. Κ.. Διατροφή. Εκδόσεις Μπιστικέα, Αθήνα 1996.

Ιωάννου Μαρία. Διατροφική πρόσληψη αντιοξειδωτικών ουσιών από τρόφιμα τηγανισμένα σε έλαια πλούσια σε φυτικά αντιοξειδωτικά. Πτυχιακή διατριβή. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Αθήνα 2004.

Krause's, L. Kathleen Mahan, Sylvia Escott – Stamp. Saunders, 11th edition, Elsevier, 2004.

Μπαμπινιώτης Γ. Λεξικό της νέας Ελληνικής γλώσσας. Β΄ Έκδοση 2005. Κυριτσάκης ΑΚ, 1993.

Μπόσκου Γ. Σημειώσεις Οργάνωσης και Διαχείρισης Μονάδων Διατροφής. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα 2005.

Μπόσκου Δ. Χημεία Τροφίμων. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη 1997.

Συντώσης Λ. Διατροφή και Μεταβολισμός II. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Αθήνα 2003.

Χίου Α. Φυτικοχημεία και Βιοχημεία Τροφίμων. Σημειώσεις Φροντιστηρίου. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Αθήνα 2003.

Διατροφικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου και της Βρώσιμης ελιάς, TDC OLIVE.

http://en.wikipedia.org/wiki/Olive_oil

www.olivebusiness.com, Kiritsakis K Apostolos,

http://en.wikipedia.org/wiki/Sunflower_oil

<http://www.sunflowernsa.com/oil/>, National Sunflower Association

<http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=48#descr>,

The World's Healthiest Food,

www.stockfood.com

www.food-image.com