

Περίληψη

Το τηγάνισμα είναι μία πολύ δημοφιλής μέθοδος μαγειρέματος, η οποία χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό τόσο σε οικιακό επίπεδο όσο και στις βιομηχανίες τροφίμων και τους χώρους μαζικής εστίασης. Ο κύριος λόγος που συμβαίνει αυτό είναι η σύντομη διάρκεια του και η νόστιμη γεύση που προσδίδει στα τηγανητά τρόφιμα. Από τα πιο αγαπητά τηγανητά τρόφιμα είναι οι πατάτες, οι οποίες καταναλώνονται με πολύ μεγάλη συχνότητα και υπάρχουν σε αφθονία όλο το έτος. Κατά το τηγάνισμα συμβαίνουν διάφορες ανεπιθύμητες αντιδράσεις, όπως η υδρόλυση, η οξείδωση και ο πολυμερισμός, οι οποίες προκαλούν την αλλοίωση τόσο του ελαίου τηγανίσματος όσο και του τηγανιζόμενου τροφίμου. Το τηγάνισμα πραγματοποιείται κυρίως με δύο μεθόδους, αυτή του ρηχού κι αυτή του βαθέως τηγανίσματος, ενώ τα συνήθως χρησιμοποιούμενα έλαια είναι τα ελαιόλαδο, ηλιέλαιο, βαμβακέλαιο, φοινικέλαιο και μίγμα σπορελαίων. Στα παραπάνω φυτικά έλαια, αλλά και στα περισσότερα φυτικά τρόφιμα, περιέχονται φυτοστερόλες με κυριότερες εκπροσώπους την β-σιτοστερόλη, την καμπεστερόλη, και την στιγμαστερόλη. Οι φυτοστερόλες έχει βρεθεί από πολλές έρευνες ότι μειώνουν τα επίπεδα της χοληστερόλης στο αίμα και ότι δρουν προληπτικά για κάποιες μορφές καρκίνου.

Η συγκεκριμένη εργασία είχε τους εξής στόχους:

- Μελέτη των διαφορών ανάμεσα στις δύο μεθόδους τηγανίσματος, ως προς τη διατήρηση των φυτοστερολών στο έλαιο τηγανίσματος και στις τηγανητές πατάτες.
- Μελέτη των μεταβολών στις περιεκτικότητες των ελαίων και των τηγανητών πατατών σε φυτοστερόλες κατά τα διαδοχικά τηγανίσματα.
- Σύγκριση των πέντε πιο διαδεδομένων ελαίων τηγανίσματος, τα οποία αναφέρονται παραπάνω, ως προς τη διατήρηση των φυτοστερολών.
- Σύγκριση της επιβίωσης των φυτοστερολών που παραμένουν στο έλαιο τηγανίσματος σε σχέση με αυτές που απορροφώνται από το τηγανιζόμενο τρόφιμο.

Για το σκοπό αυτό, έγιναν οχτώ διαδοχικά τηγανίσματα προτηγανισμένων πατατών με καθένα από τα πέντε έλαια της έρευνας και με τις δύο μεθόδους τηγανίσματος και

προσδιορίσθηκαν οι φυτοστερόλες στο ασαπωνοποίητο κλάσμα των ελαίων και των τηγανητών πατατών με αέρια χρωματογραφία.

Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων προέκυψαν τα ακόλουθα:

- α) Κατά τα διαδοχικά τηγανίσματα τόσο στο βαθύ όσο και στο ρηχό τηγάνισμα οι περιεκτικότητες των ελαίων και των πατατών σε φυτοστερόλες σταδιακά μειώνονται.
- β) Για τα έλαια τηγανίσματος βρέθηκε ότι τα βαμβακέλαιο, ηλιέλαιο και μίγμα σπορελαίων παρουσίασαν καλύτερη διατήρηση φυτοστερολών κατά το βαθύ τηγάνισμα, ενώ τα ελαιόλαδο και φοινικέλαιο δεν εμφάνισαν κάποια σαφή τάση.
- γ) Όσον αφορά στις πατάτες βρέθηκε ότι τα βαμβακέλαιο, ηλιέλαιο και φοινικέλαιο εμφάνισαν ψηλότερες συγκεντρώσεις φυτοστερολών κατά το βαθύ τηγάνισμα, ενώ τα ελαιόλαδο και μίγμα σπορελαίων κατά το ρηχό τηγάνισμα.
- δ) Μετά το πρώτο τηγάνισμα τα ηλιέλαιο και μίγμα σπορελαίων παρουσίασαν καλύτερη ανάκτηση κατά το ρηχό τηγάνισμα, ενώ τα βαμβακέλαιο και φοινικέλαιο κατά το βαθύ τηγάνισμα. Το ελαιόλαδο δεν παρουσίασε διαφορά ανακτήσεων ανάμεσα στο βαθύ και το ρηχό τηγάνισμα. Μετά το τελευταίο -8^ο- τηγάνισμα βρέθηκαν μεγαλύτερες ανακτήσεις φυτοστερολών κατά το βαθύ τηγάνισμα σε όλες τις περιπτώσεις.
- ε) Η κατανάλωση μίας μερίδας πατατών (150g) τηγανισμένων σε φρέσκο έλαιο καλύπτει το 5,4 έως το 34,3% της τυπικής ημερήσιας πρόσληψης (250mg) φυτοστερολών, ενώ στην περίπτωση τηγανίσματος σε έλαιο που έχει χρησιμοποιηθεί 8 φορές, η πρόσληψη καλύπτει 1,2 έως 25,9% της ημερήσιας πρόσληψης.
- στ) Σε όλες τις περιπτώσεις το βαμβακέλαιο ήταν το έλαιο που προσφέρει τη μεγαλύτερη ποσότητα φυτοστερολών, ενώ ανάμεσα στις δύο μεθόδους τηγανίσματος υπερτερεί το βαθύ τηγάνισμα.

Abstract

Frying is a fast and convenient method of food processing, widely used in industrial, catering and domestic cooking processes. Fried foods are consumed worldwide with increasing popularity due to their unique sensory properties, especially the fried flavor, the golden-brown color and the crispy texture. Among the foods usually consumed fried, French fries are the most popular. Frying is a cooking process in hot oil, whereas the oil undergoes deterioration due to various chemical and physical processes including oxidation, hydrolysis, polymerization, cyclization and isomerization, leading to the formation of undesirable secondary products. There are two main frying processes, pan frying and deep frying. Oils commonly used for frying are olive oil, sunflower oil, cottonseed oil, palm oil and a mix of seed-oils. These oils as well as most plant foods contain phytosterols among which beta-sitosterol, campesterol, and stigmasterol predominate. A lot of studies have shown that phytosterols decrease blood cholesterol levels and help in the prevention of certain types of cancer.

The aims of the present study were the following:

- to study differences on phytosterols retention in both frying oils and fried potatoes when the two frying processes are applied
- to study the changes in the frying oils and fried potatoes phytosterols contents during successive frying sessions.
- to compare the five most common frying oils as for the phytosterols retention.
- to compare the retention of phytosterols in the frying oil with that of the phytosterols absorbed by the fried food.

Eight successive frying sessions of pre-fried potatoes were performed with each of the five oils of this study, using both frying methods. Phytosterols were determined in the unsaponificated fraction of frying oils and French fries by gas chromatography. According to the results obtained:

- a) the successive frying sessions in both deep and pan frying processes resulted in a progressive decrease of both frying oils and French fries phytosterols concentrations.
- b) Concerning frying oils cottonseed oil, sunflower oil and the mix of seed-oils had a higher phytosterols retention during deep frying, while no specific trend was observed for olive oil and palm oil as far as the cooking process applied is concerned.

- c) French fries fried in cottonseed oil, sunflower oil and palm oil had higher phytosterols concentrations when deep fried, while when olive oil and the mix of seed-oils were used for frying phytosterols concentrations were higher during pan frying.
- d) After the first frying session sunflower oil and the mix of seed-oils had better phytosterols retention when pan fried, while cottonseed oil and palm oil when deep fried. Phytosterols retention in olive oil did not differentiate due to the cooking process. After the last -8th- frying session there higher phytosterols retention was observed when deep frying was applied.
- e) the consumption of a typical portion of the 1st frying session fried French fries (150g) will cover 5,4 - 34,3% of the typical daily phytosterol intake (250mg), while in the case of the 8th frying session the intake will cover 1,2-25,9% of DI. In all cases cottonseed oil provides the highest quantity of phytosterols, while between the two frying methods deep frying was found to be more protective.

ΣΚΟΠΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή μελέτη είχε τους εξής στόχους:

- I.** Να ερευνήσει την πιθανή ύπαρξη διαφορών στη διατήρηση των φυτοστερολών τόσο του ελαίου τηγανίσματος όσο και του τηγανιζόμενου τροφίμου ανάμεσα στις δύο πιο δημοφιλείς μεθόδους τηγανίσματος, που δεν είναι άλλες από το βαθύ και το ρηχό.
- II.** Να ερευνήσει τις μεταβολές στις περιεκτικότητες των ελαίων και των τροφίμων σε φυτοστερόλες κατά τα διαδοχικά τηγανίσματα, καθώς πολύ συχνά το ίδιο έλαιο χρησιμοποιείται πολλές φορές για την παρασκευή τηγανητών τροφίμων.
- III.** Να συγκρίνει και να μελετήσει τις διαφορετικές συμπεριφορές των πέντε πιο διαδεδομένων για τηγάνισμα ελαίων, που δεν είναι άλλα από τα: ηλιέλαιο, φοινικέλαιο, βαμβακέλαιο, ελαιόλαδο και ένα μίγμα σπορέλαιων.
- IV.** Να ερευνήσει κατά πόσον οι φυτοστερόλες επιβιώνουν καλύτερα στο απορροφηθέν από το τρόφιμο έλαιο. Να μελετήσει δηλαδή εάν οι φυτοστερόλες των διαφόρων ελαίων διατηρούνται καλύτερα όταν παραμένουν στο έλαιο τηγανίσματος ή όταν απορροφώνται από το τηγανιζόμενο τρόφιμο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαια

1.Εισαγωγή.....	σελ.09
1.1 Γενικά για τις στερόλες.....	σελ.09
1.2 Φυτοστερόλες και χοληστερόλη.....	σελ.10
2.Η σημασία των φυτοστερολών.....	σελ.12
2.1 Επίδραση των φυτοστερολών στα επίπεδα χοληστερόλη στο αίμα.....	σελ.12
2.2 Συμβολή των φυτοστερολών στην αντιμετώπιση του καρκίνου.....	σελ.13
3. Έλαια και συστάσεις.....	σελ.14
3.1 Ελαιόλαδο.....	σελ.14
3.2 Ηλιέλαιο.....	σελ.15
3.3 Φοινικέλαιο.....	σελ.16
3.4 Βαμβακέλαιο.....	σελ.16
4.Η πατάτα.....	σελ.18
4.1 Γενικά για την πατάτα.....	σελ.18
4.2 Η Διατροφική αξία της πατάτας.....	σελ.19
5.Τηγάνισμα.....	σελ.21
5.1 Γενικά χαρακτηριστικά του τηγανίσματος.....	σελ.21
5.2 Χρονικό σημείο λήξης του τηγανίσματος.....	σελ.24
5.3 Χημικές - Φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος.....	σελ.25
5.3.1 Φυσικές μεταβολές.....	σελ.25
5.3.2 Χημικές μεταβολές.....	σελ.25

5.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την αποσύνθεση του ελαίου.....σελ.29	σελ.29
5.5 Προϊόντα αποσύνθεσης.....σελ.29	σελ.29
5.6 Το τηγάνισμα ως μαγειρική μέθοδος.....σελ.30	σελ.30
5.7 Η διατροφική αξία του τηγανισμένου ελαίου και τροφίμουσελ.31	σελ.31
5.8 Απώλεια και αντικατάσταση υγρασίας στα τηγανισμένα τρόφιμα.....σελ.32	σελ.32
5.9 Πρόσληψη λίπους από τα τρόφιμα κατά το μαγείρεμα.....σελ.33	σελ.33
5.10 Σύσταση λιπαρών οξέων και χοληστερόλη στα ελαία τηγανίσματος.....σελ.35	σελ.35
6.Πειραματικό μέρος.....σελ.38	σελ.38
6.1 Τηγάνισμα.....σελ.38	σελ.38
6.2 Λυοφιλίωση.....σελ.39	σελ.39
6.3 Συντήρηση των δειγμάτων.....σελ.39	σελ.39
6.4 Απομόνωση φυτοστερολών από τις τηγανισμένες πατάτες....σελ.40	σελ.40
6.5 Μέθοδος παραλαβής φυτοστερολών από τα τηγανισμένα έλαιασελ.43	σελ.43
6.6 Σιλυλίωση.....σελ.46	σελ.46
6.7 Αεριοχρωματογραφικός προσδιορισμός των φυτοστερολών...σελ.47	σελ.47
7.Αποτελέσματα – Συζήτησησελ.49	σελ.49
7.1 Μεταβολές στις ποσότητες των φυτοστερολών στα διάφορα δείγματα ελαίων και πατατών στα διαδοχικά τηγανίσματα και στις δύο μεθόδους τηγανίσματος.....σελ.49	σελ.49
7.2 Σύγκριση της διατήρησης των φυτοστερολών στις διαφορετικές μεθόδους τηγανίσματος και της μεταβολής αυτών στα διαδοχικά τηγανίσματα.....σελ.62	σελ.62
7.2.1 Μίγμα σπορελαίων.....σελ.64	σελ.64
7.2.2 Ελαιόλαδο.....σελ.65	σελ.65
7.2.3 Βαμβακέλαιο.....σελ.66	σελ.66
7.2.4 Ηλιέλαιο.....σελ.68	σελ.68
7.2.5 Φοινικέλαιο.....σελ.69	σελ.69
7.3 Ανακτήσεις φυτοστερολών στο πρώτο και όγδοο τηγάνισμα για όλα τα έλαια και για τις δύο μεθόδους τηγανίσματος. Σύγκριση και σχολιασμός.....σελ.70	σελ.70

7.4 Σύγκριση ανάμεσα στο έλαιο τηγανίσματος και το απορροφηθέν έλαιο ως προς την διατήρηση των φυτοστερολών.....σελ.74	
7.5 Διατροφική αξιολόγηση μίας μερίδας τηγανητών πατατών.....σελ.77	
8.Συμπεράσματα.....σελ.80	
Βιβλιογραφία.....σελ.82	

Κεφάλαιο 1:

Εισαγωγή

1.1 Γενικά για τις στερόλες.

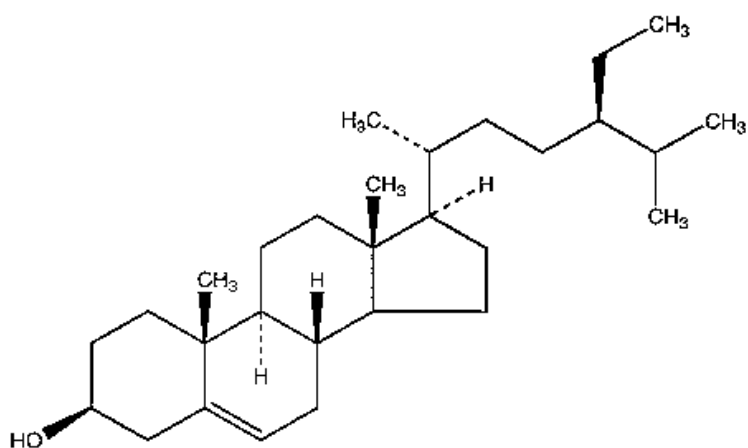
Στα λίπη και στα έλαια απαντούν διάφορες αλκοόλες, όπως στερόλες, άκυκλες αλκοόλες κ.α. Οι στερόλες είναι ενώσεις που σχετίζονται χημικώς με τα χολικά οξέα, τις σεξουαλικές ορμόνες, τους καρδιογλυκοζίτες, τις σαπωνίνες και την προβιταμίνη D. Όλες αυτές οι ενώσεις είναι παράγωγα του *κυκλοπέντανο-περυδροφαινανθρενίου*. Οι στερόλες είναι ευρύτατα διαδεδομένες στη φύση και ανήκουν στα **μη** σαπωνοποιήσιμα συστατικά πολλών λιπών και ελαίων, δηλαδή στα συστατικά τα οποία κατά την επίδραση διαλυμάτων αλκαλίων δε διασπώνται.^{1,16} Εκτός από τις στερόλες, στα μη-σαπωνοποιήσιμα συστατικά συμπεριλαμβάνονται το σκουαλένιο (πολυακόρεστος υδρογονάνθρακας), τα καροτενοειδή, κ.ά. Αντίθετα, τα μόνο-, δι- και τρι- γλυκερίδια, οι εστέρες των στερολών και οι εστέρες οργανικών οξέων με τις αλκοόλες (κηροί) ανήκουν στα σαπωνοποιήσιμα συστατικά, τα οποία κατά την επίδραση διαλυμάτων αλκαλίων διασπώνται σε σάπωνες και σε ένα ασαπωνοποίητο συστατικό (π.χ. γλυκερόλη των τριγλυκεριδίων).^{23,24}

Οι στερόλες βρίσκονται στη φύση είτε ελεύθερες είτε ενωμένες ως εστέρες ή γλυκοζίτες. Στις λιπαρές ύλες βρίσκονται στερόλες με 27-29 συνήθως άτομα άνθρακα και διακρίνονται ανάλογα με την προέλευση τους σε ζωικές και φυτικές στερόλες. Οι τελευταίες διακρίνονται περαιτέρω σε φυτοστερόλες και μυκοστερόλες (οι οποίες βρίσκονται στο λιπιδικό κλάσμα της μαγιάς). Τέλος υπάρχουν και οι στανόλες, οι οποίες είναι κορεσμένες στερόλες, που όμως σχεδόν απουσιάζουν από τις τυπικές διατροφές.¹

1.2 Φυτοστερόλες και χοληστερόλη

Από τις στερόλες που είναι άφθονες στη φύση ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η χοληστερόλη, η οποία απαντά στα ζωικά λίπη αλλά και στα φυτικά λιπαρά σε πολύ μικρές ποσότητες. Επίσης βρίσκεται σε όλα τα ανθρώπινα κύτταρα και έχει σπουδαίες βιολογικές λειτουργίες. Μερικές από αυτές είναι ότι χρησιμεύει ως πρόδρομη ένωση στο σχηματισμό βιταμίνης D, ενώ μαζί με τα χολικά οξέα συντελεί στην γαλακτωματοποίηση των λιπών της τροφής και κατ' επέκταση στην αφομοίωσή τους. Επίσης χρησιμοποιείται στη βιοσύνθεση σεξουαλικών ορμονών που είναι απαραίτητες για την διαμόρφωση των χαρακτηριστικών του γυναικείου και του αντρικού φύλου.¹

Διατροφικά πιστεύεται ότι οι στερόλες μπορούν να επηρεάσουν την υγεία του ανθρώπου και παρά το ότι δεν συμφωνούν όλοι οι ειδικοί ότι η υψηλή συγκέντρωση χοληστερόλης αποτελεί από μόνη της αθηροσκληρωτικό παράγοντα, είναι πολύ συχνό φαινόμενο να γίνονται συστάσεις για τη μείωση της πρόσληψής της μέσω της τροφής (<300 mg/ημέρα). Αντίθετα οι φυτοστερόλες πιστεύεται ότι έχουν ευεργετικές ιδιότητες και δρουν υποχοληστεριναιμικά.¹ Η δράση τους αυτή οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στη χημική τους δομή η οποία παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με αυτή της χοληστερόλης με αποτέλεσμα να μειώνουν την απορρόφηση της τελευταίας στο έντερο.²



Σχήμα 1.1: Δομή β-σιτοστερόλης

Εκτός όμως από τη μείωση των επιπέδων της χοληστερόλης στο αίμα, οι φυτοστερόλες έχει αποδειχτεί από διάφορες μελέτες ότι έχουν και άλλες ευεργετικές δράσεις για την ανθρώπινη υγεία. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι η συμβολή τους

στη θεραπεία της υπερπλασίας του προστάτη, της υπεργλυκαιμίας και του καρκίνου του παχέος εντέρου, καθώς και κάποιες αντιβακτηριακές, αντιφλεγμονώδεις, αντιμυκητιακές και αντικαρκινικές δράσεις.³ Περαιτέρω λόγος για τις δράσεις αυτές θα γίνει παρακάτω.

Οι φυτοστερόλες στη φύση ξεπερνούν σε αριθμό τις σαράντα όμως οι πιο σημαντικές είναι οι β-σιτοστερόλη, καμπεστερόλη και στιγμαστερόλη.⁴³ Γενικά οι φυτοστερόλες παρουσιάζουν ενδιαφέρον και από την άποψη του ποιοτικού ελέγχου γιατί αφενός σ' αυτές βασίζεται η διαπίστωση προσθήκης φυτικού λίπους σε ζωικό και αφετέρου γιατί η συνολική περιεκτικότητα των ελαίων σε στερόλες συνδέεται με την οξύτητα τους, καθώς υψηλή οξύτητα σημαίνει συνήθως και υψηλές τιμές στερολών.^{4,5} Ενδιαφέρον βέβαια παρουσιάζουν και από την άποψη της βιομηχανικής χρησιμότητας, η οποία αφορά στις ελαιουργικές βιομηχανίες που παράγουν φυτοστερόλες ως υποπροϊόντα, τα οποία αφού καθαριστούν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες για την παρασκευή υποχοληστεριναιμικών μαργαρινών (όπως το Becel).

Παρακάτω δίδεται ένας πίνακας με τις περιεκτικότητες διαφόρων ελαίων και λιπών σε ολικές στερόλες.

Πίνακας 1.1: περιεκτικότητες διαφόρων ελαίων σε ολικές στερόλες

Λιπαρή ύλη	% περιεκτικότητα σε στερόλες(mg/g)
Αραβοσιτέλαιο	0.58-1.00
Βαμβακέλαιο	0.26-0.31
Ελαιόλαδο	0.07-0.24
Έλαιο σπερμάτων καφέ	1.93
Ηλιέλαιο	0.39
Κραμβέλαιο	0.35-0.44
Πυρηνέλαιο	0.41-0.66
Βούτυρο κακάο	0.17-0.20

Κεφάλαιο 2:

Η σημασία των φυτοστερολών

2.1 Επίδραση των φυτοστερολών στα επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα.

Η κατανάλωση φυτοστερολών και φυτοστανολών εμποδίζει, όπως προαναφέρθηκε, την απορρόφηση της χοληστερόλης, τόσο της διαιτητικής όσο και της ενδογενούς (παραγόμενης από το ήπαρ) οδηγώντας με αυτόν τον τρόπο σε μείωση των επιπέδων της στο αίμα. Αξίζει να σημειωθεί ωστόσο, ότι σημαντική μείωση των επιπέδων της χοληστερόλης στο αίμα, έχει επιτευχθεί μόνον σε μελέτες όπου χρησιμοποιήθηκαν υψηλές δόσεις φυτοστερολών (1-3g ημερησίως), ποσότητα η οποία δεν μπορεί να επιτευχθεί μέσω της λήψης μόνο φυσικών τροφών. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η συνήθης ημερήσια πρόσληψη φυτοστερολών ανέρχεται στα 0,2-0,3g⁴³. Γενικά, η μείωση στα επίπεδα της ολικής χοληστερόλης (και ιδιαίτερα στις λιποπρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας- LDL) παρατηρήθηκε όταν χορηγήθηκαν ποσότητες στερολών έως και 2g ημερησίως, ενώ πάνω από την τιμή αυτή δεν επισημάνθηκε καμία περαιτέρω δράση.⁸ Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι η ημερήσια λήψη 2g φυτικών στερολών και στανολών, προκαλεί μείωση έως και 14% στη συγκέντρωση της χοληστερόλης των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (LDL), χωρίς όμως να επηρεάζει τη χοληστερόλη των λιποπρωτεϊνών υψηλής πυκνότητας (HDL) ή τα τριγλυκερίδια. Με αυτόν τον τρόπο μειώνει τον κίνδυνο για καρδιαγγειακά νοσήματα έως και 25%. Επίσης, φαίνεται ότι η μείωση στη συγκέντρωση χοληστερόλης είναι μεγαλύτερη σε ασθενείς που παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα και σε άτομα που καταναλώνουν τρόφιμα πλούσια σε χοληστερόλη.^{9,10} Τέλος έχει παρατηρηθεί σημαντική μείωση των λιπιδίων, με μια σχετικά χαμηλή ημερήσια πρόσληψη φυτοστερολών (περίπου 740 mg), σε άτομα που καταναλώνουν διατροφή υψηλή σε χοληστερόλη.¹¹ Επομένως, είναι πολύ πιθανό η ποσότητα των φυτοστερολών που λαμβάνεται με διατροφή πλούσια σε φυτικά έλαια, να προσφέρει πλεονεκτήματα όσον αφορά στη συγκέντρωση της χοληστερόλης στο αίμα και ιδιαίτερα σε υπερλιπιδαιμικούς ασθενείς ή σε άτομα που ακολουθούν διατροφή πλούσια σε χοληστερόλη.

2.2 Συμβολή των φυτοστερολών στην αντιμετώπιση του καρκίνου

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω (κεφάλαιο 1), οι φυτοστερόλες έχει βρεθεί ότι έχουν αντικαρκινική δράση και μάλιστα υπάρχουν αρκετές αναφορές για τις αντίογκογονικές επιδράσεις της β-σιτοστερόλης. Σε γενικές γραμμές οι μελέτες που ερευνούν τη σχέση μεταξύ των φυτικών στερολών και του καρκίνου στους ανθρώπους, είναι σχετικά περιορισμένες. Μια από αυτές είναι αυτή του De Stefani και των συνεργατών του, η οποία διεξήχθη στην Ουρουγουάη και έδειξε ότι υπάρχει μια αντίστροφη σχέση¹⁵ ανάμεσα στη συνολική λήψη φυτοστερολών και στον καρκίνο του στομάχου. Μία άλλη έρευνα είναι αυτή που πραγματοποίησαν ο Von Holtz και οι συνεργάτες του, οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση της β-σιτοστερόλης στην ανάπτυξη και απόπτωση ανθρώπινων καρκινικών κυττάρων του προστάτη. Η απόπτωση είναι ο προγραμματισμένος κυτταρικός θάνατος, ένας μηχανισμός δηλαδή με τον οποίο τα κύτταρα «αυτοκτονούν» προκειμένου να αποτραπεί η βλάβη στο σώμα. Αυτό που παρατήρησαν είναι ότι η αύξηση των καρκινικών κυττάρων του προστάτη στα οποία χορηγήθηκε β-σιτοστερόλη μειώθηκε κατά 24% και η αύξηση της απόπτωσης τετραπλασιάστηκε.²⁵ Επίσης από εργαστηριακά πειράματα, η β-σιτοστερόλη φαίνεται να είναι αποτελεσματική στην αγωγή της καλοήθους υπερπλασίας του προστάτη^{12,13} και να έχει επίσης ωφέλιμα αποτελέσματα στην αγωγή κατά του καρκίνου του εντέρου και του μαστού.¹⁴

Κεφάλαιο 3:

Έλαια και συστάσεις

3.1 Ελαιόλαδο

Το ελαιόλαδο είναι ένα έλαιο ιδιαίτερα πλούσιο σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και κυρίως σε ελαϊκό οξύ (Simopoulos, 2001). Επίσης περιέχει κάποια κορεσμένα λιπαρά οξέα (παλμιτικό και στεατικό οξύ) σε μέτριες ποσότητες και σε ακόμα μικρότερες ποσότητες κάποια πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (λινελαϊκό και α-λινολενικό οξύ). Η σύσταση του ελαιολάδου σε λιπαρά οξέα, η οποία διαφέρει ανάλογα με τη γεωγραφική προέλευση του ελαίου, δίδεται στον παρακάτω πίνακα (De la Lastra et al., 2001).

Πίνακας 3.1: 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
Αραχιδονικό	20:0	0,0 – 0,6
Εικοσενοϊκό	20:1n9	0,0 – 0,4
Βεχενικό	22:0	0,0 – 0,2
Λιγνοκερικό	24:0	0,0 – 0,2

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι πέραν του ελαιικού οξέος, το ελαιόλαδο περιέχει πολλά ακόμα πολύτιμα μικρο-συστατικά, ανάμεσα στα οποία είναι οι βιταμίνες α- και γ-τοκοφερόλη (βιταμίνη Ε) και το β-καροτένιο (βιταμίνη D). Περιέχει επίσης, φυτοστερόλες, διάφορες χρωστικές ουσίες, τερπενικά οξέα, σκουαλένιο και πολυφαινόλες. (Visioli et al., 2002)

3.2 Ηλιέλαιο

Το ηλιέλαιο είναι ένα έλαιο πολύ πλούσιο σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (69%) και περιέχει κυρίως λινελαϊκό οξύ. Η σύστασή του περιλαμβάνει επίσης τόσο μονακόρεστα όσο και κορεσμένα λιπαρά οξέα αλλά σε πολύ μικρότερες ποσότητες. Επιπλέον, το ηλιέλαιο είναι το πλουσιότερο έλαιο φυτικής προέλευσης σε βιταμίνη Ε. Η σύστασή του, η οποία εξαρτάται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, δίδεται στον παρακάτω πίνακα.^{41,42}

Πίνακας 3.2: Σύσταση ηλιελαίου σε λιπαρά οξέα

Λιπαρά οξέα (ονομασίες και συμβολισμοί)		Περιεκτικότητα ηλιελαίου (mol- %)
Μυριστικό	C 14:0	-
Παλμιτικό	C 16:0	6,4
Παλμιτελαϊκό	C 16:1	-
Στεατικό	C 18:0	5,0
Ελαϊκό	C 18:1	29,3
Λινελαϊκό	C 18:2	58,3
α-Λινολενικό	C 18:3	-
Αραχιδονικό	C 20:0	0,3
Εικοσενεϊκό	C 20:1	-
Βεχενικό	C 22:0	1,4

3.3 Φοινικέλαιο

Το φοινικέλαιο έχει υψηλή περιεκτικότητά σε παλμιτικό οξύ, το οποίο ανήκει στην κατηγορία των κορεσμένων λιπαρών οξέων. Είναι επίσης πλούσιο σε βιταμίνη Ε και καροτενοειδή (500 – 700 mg / L), με σημαντικότερα τα α- και β- καροτένιο. Όσον αφορά στις φυτοστερόλες το φοινικέλαιο έχει περιεκτικότητα, που κυμαίνεται από 364 σε 491 mg / L ενώ τέλος η παρουσία φαινολικών ενώσεων στο φοινικέλαιο είναι μικρότερη των 100 mg / L. (Edem, 2002). Παρακάτω δίδεται ένας πίνακας με τις περιεκτικότητες του φοινικέλαιου σε λιπαρά οξέα.^{41,42}

Πίνακας 3.3: Σύσταση φοινικέλαιου σε λιπαρά οξέα

Λιπαρά οξέα (ονομασίες και συμβολισμοί)		% Περιεκτικότητα φοινικέλαιου
Λαυρικό		0,2
Μυριστικό	C 14:0	1,1
Παλμιτικό	C 16:0	44,0
Στεατικό	C 18:0	4,5
Ελαϊκό	C 18:1	39,2
Λινελαϊκό	C 18:2	10,1
α-Λινολενικό	C 18:3	0,4
Αραχιδονικό	C 20:0	0,1
<i>Κορεσμένα</i>		49,9
<i>Μονοακόρεστα</i>		39,2
<i>Πολυακόρεστα</i>		10,5

3.4 Βαμβακέλαιο

Το βαμβακέλαιο δεν περιέχει καθόλου χοληστερόλη και trans λιπαρά οξέα. Βασικό του συστατικό είναι τα ω6 λιπαρά οξέα, τα οποία περιέχει σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50%, ενώ από τα πολύτιμα ω3 λιπαρά οξέα περιέχει μόνο ίχνη. Είναι ένα έλαιο ιδιαίτερα πλούσιο σε λινελαϊκό οξύ (πολυακόρεστο), στο οποίο η περιεκτικότητά του κυμαίνεται σε 49-58% ενώ υψηλή περιεκτικότητα (22-26%)

παρουσιάζει και στο παλμιτικό οξύ (κορεσμένο). Το βαμβακέλαιο χρησιμοποιείται πολύ συχνά για την βιομηχανική παρασκευή τσιπς και άλλων σνακ και η σύστασή του δίδεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 3.4: Σύσταση βαμβακελαίου σε λιπαρά οξέα

Λιπαρά οξέα (ονομασίες και συμβολισμοί)		% Περιεκτικότητα βαμβακελαίου
Μυριστικό	C 14:0	0,8
Παλμιτικό	C 16:0	23,7
Στεατικό	C 18:0	2,6
Ελαϊκό	C 18:1	18,4
Λινελαϊκό	C 18:2	53,0
α-Λινολενικό	C 18:3	0,1
Αραχιδονικό	C 20:0	0,3
<i>Κορεσμένα</i>		27,4
<i>Μονοακόρεστα</i>		18,4
<i>Πολυακόρεστα</i>		53,1

Κεφάλαιο 4:

Η Πατάτα

4.1 Γενικά για την πατάτα.

Η πατάτα είναι από τα πιο αγαπημένα λαχανικά των ανθρώπων όλων των ηλικιών και βρίσκεται πολύ συχνά στο τραπέζι των καταναλωτών, μαγειρεμένη με διάφορους τρόπους. Στην Ευρώπη ήρθε στις αρχές του 16^{ου} αιώνα από τους Ισπανούς, αλλά ως τρόφιμο πρωτοκαλλιεργήθηκε στις ορεινές περιοχές της τροπικής Αμερικής. Η πατάτα είναι από τα λαχανικά που υπάρχουν σε αφθονία ολόκληρο το χρόνο με αποτέλεσμα να αποτελεί σταθερή αξία στη σύγχρονη διατροφή ενώ χάρις στην υψηλή περιεκτικότητά της σε βιταμίνη C θεωρείται πολύ θρεπτικό λαχανικό.

Παρόλα αυτά όμως στο τέλος της δεκαετίας του '60, όταν ξεκίνησε να γίνεται μόδα η ιδέα της δίαιτας αδυνατίσματος, οι πατάτες θεωρήθηκαν παχυντικές και λανθασμένα πολύς κόσμος άρχισε να τις αποφεύγει και να τις καταναλώνει όλο και πιο σπάνια. Η αλήθεια είναι ότι η πατάτα είναι μία θαυμάσια τροφή ακόμη και για κάποιον που κάνει δίαιτα αδυνατίσματος και αυτό γιατί δεν περιέχει σχεδόν καθόλου λιπαρά, είναι χορταστική λόγω των σύνθετων υδατανθράκων της και εξασφαλίζει σε αυτόν που την καταναλώνει πολλά ωφέλιμα συστατικά όπως βιταμίνη B₆, σε μικρότερο βαθμό άλλες βιταμίνες της ομάδας B και βιταμίνη C. Όσον αφορά την τελευταία, ισχύει ότι όσο πιο ωμές είναι οι πατάτες, τόσο μεγαλύτερη περιεκτικότητά έχουν σε αυτή καθώς και ότι πρέπει να τρώγονται γρήγορα, γιατί οξειδώνονται πολύ εύκολα. Επίσης η φλούδα της πατάτας είναι πλούσια σε μέταλλα και κυρίως σε σίδηρο, φυτικές ίνες και κάλιο.¹⁸

Η πατάτα μαγειρεύεται με πολλούς τρόπους (τηγανητή, βραστή, ψητή κ.α.) αν και αδιαμφισβήτητα ο πιο αγαπημένος τρόπος παρασκευής της είναι το τηγάνισμα. Όποιος όμως και αν είναι ο τρόπος που θα μαγειρευτεί είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται χαμηλές θερμοκρασίες και σκεύη τέτοια που να αποτρέπουν όσο γίνεται την επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα ώστε να διατηρεί τα θρεπτικά της στοιχεία. Το τελευταίο προκύπτει από το Γραφείο Οικιακής Οικονομίας του Αμερικανικού Υπουργείου Γεωργίας, σύμφωνα με το οποίο, με τις συνηθισμένες

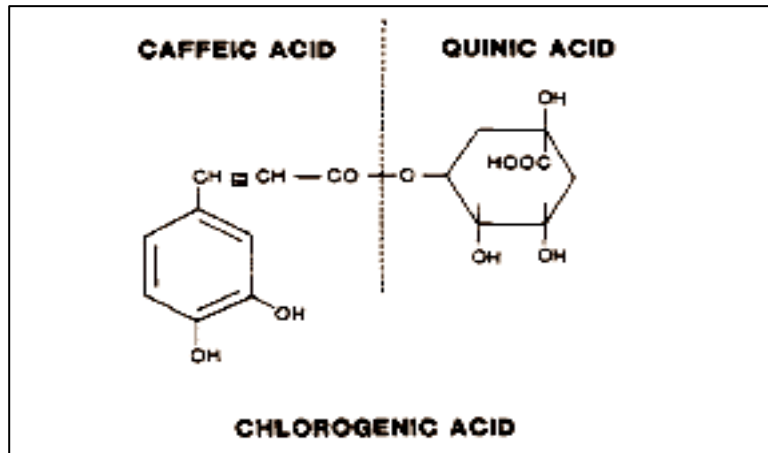
μεθόδους μαγειρέματος μπορεί να καταστραφεί το 1 - 76% των θρεπτικών στοιχείων, μετάλλων και βιταμινών του τροφίμου, λόγω της οξείδωσης, της υψηλής θερμοκρασίας και της διάλυσής τους στο νερό.¹⁷

4.2 Η Διατροφική αξία της πατάτας

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η πατάτα είναι σημαντική πηγή καλίου, βιταμίνης B6, βιταμίνης C και φυτικών ινών. Το κάλιο είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της ηλεκτρολυτικής και υδατικής ισορροπίας του ανθρώπινου οργανισμού, καθώς και για την ομαλή καρδιακή λειτουργία και την διατήρηση φυσιολογικής πίεσης στις αρτηρίες. Η βιταμίνη B₆ ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα, όπως άλλωστε και η βιταμίνη C, η οποία εκτός των άλλων προστατεύει από τον καρκίνο και τις καρδιόπαθειες. Τέλος, οι φυτικές ίνες βοηθούν στη σωστή λειτουργία του εντέρου και προστατεύουν με αυτόν τον τρόπο από τον καρκίνο του παχέος εντέρου και του ορθού. Άλλες ευεργετικές δράσεις της πατάτας περιλαμβάνουν τη θεραπεία της οξέωσης, της καταρροής, των παθήσεων του ουρικού οξέος, των νεφρών και του στομάχου, της ρευματοειδούς αρθρίτιδας¹⁹ καθώς και την αναπλήρωση των μεταλλικών στοιχείων του οργανισμού.¹⁷ Επίσης ο χυμός της πατάτας, σε μερικές χώρες χρησιμοποιείται κατά της δυσπεψίας.¹⁸ Μοναδικό ίσως μειονέκτημα της πατάτας είναι ο υψηλός γλυκαιμικός της δείκτης, συνέπεια του οποίου είναι η σχετικά γρήγορη αύξηση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα¹⁹.

Πειράματα στις αρχές της δεκαετίας του '60, έδειξαν ότι η φλούδα της πατάτας διαθέτει αντιοξειδωτική δράση κατά των ελεύθερων ριζών, που συμβάλουν στην διαδικασία της καρκινογένεσης, δηλαδή η πατάτα μπορεί να παρουσιάζει αντικαρκινικές ιδιότητες. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι η φλούδα της πατάτας περιέχει χλωρογενικό οξύ, μία πολυφαινόλη η οποία εμποδίζει τις κυτταρικές μεταλλάξεις που οδηγούν σε καρκίνο.

Σχήμα 3.1: Το Χλωρογενικό οξύ (αποτελεί περίπου το 90% των συνολικών φαινολικών συστατικών της βολβώδους ρίζας της πατάτας).



Κεφάλαιο 5:

Τηγάνισμα

5.1 Γενικά χαρακτηριστικά του τηγανίσματος.

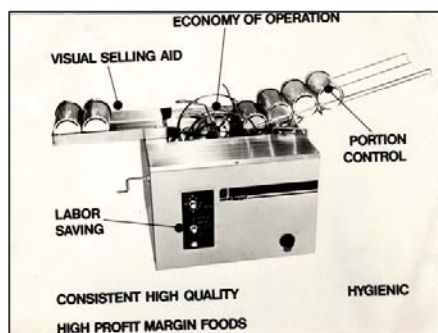
Το μαγείρεμα είναι μία πολύ σημαντική διαδικασία καθώς, εκτός του ότι βελτιώνει τη γεύση των τροφίμων, συμβάλλει και στην βελτίωση της ποιότητάς τους, αδρανοποιώντας τους παθογόνους μικροοργανισμούς και ενισχύοντας την πεπτικότητα τους και κατ' επέκταση τη βιολογική διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών τους στον ανθρώπινο οργανισμό.²⁰ Κατά το μαγείρεμα όμως, συντελούνται και κάποιες διεργασίες με ανεπιθύμητα αποτελέσματα, όπως η οξείδωση των ευαίσθητων βιταμινών, η απώλεια υδατοδιαλυτών μεταλλικών στοιχείων ²¹, και άλλα που θα αναφερθούν στη συνέχεια.

Το τηγάνισμα είναι μια από τις παλαιότερες και συνηθέστερες μεθόδους μαγειρέματος και όχι άδικα αφού βελτιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων, μέσω του σχηματισμού αρωματικών ενώσεων, ελκυστικού χρώματος και τραγανής υφής (κρούστας) ενώ αποτελεί ταυτόχρονα την πιο γρήγορη ίσως μορφή μαγειρέματος. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά έχουν ως συνέπεια το τηγάνισμα, παρά τις σύγχρονες συστάσεις υγείας που το θέλουν να χρησιμοποιείται σπάνια, να χρησιμοποιείται σε ολοένα και μεγαλύτερη συχνότητα καθώς συμβαδίζει με τις απαιτήσεις του σύγχρονου τρόπου ζωής. Τα γρήγορα και πρόχειρα τηγανητά φαγητά απευθύνονται σε εκείνους που δεν έχουν τον απαιτούμενο χρόνο για την προετοιμασία των γευμάτων τους ως μία νόστιμη και εύκολη εναλλακτική επιλογή.^{20,21}

Το τηγάνισμα χρησιμοποιείται ευρέως τόσο ως οικιακή μαγειρική μέθοδος, όσο και από τροφοδοτικές εταιρίες, καταστήματα μαζικής εστίασης και βιομηχανίες τροφίμων. Τα τηγανισμένα τρόφιμα καταναλώνονται παγκοσμίως και έχουν σταθερή δημοτικότητα λόγω της ιδιαίτερα νόστιμης γεύσης τους.²⁰

Υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι τηγανίσματος:

(α) τηγάνισμα σε φριτέζα (Deep-frying ή βαθύ τηγάνισμα) στην οποία τα τρόφιμα βρίσκονται πλήρως καλυμμένα μέσα στο έλαιο και όντας σκεπασμένα δεν έρχονται σε ιδιαίτερη επαφή με τον αέρα.



(β) τηγάνισμα σε τηγάνι (Pan-frying ή ρηχό τηγάνισμα) κατά το οποίο τα τρόφιμα δεν είναι πλήρως καλυμμένα και βρίσκονται σε σημαντική επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα.



(α) **Βαθύ Τηγάνισμα**

Αυτή η τεχνική απαιτεί τη χρήση μεγάλου όγκου ελαίου, ώστε να βυθίζεται η συνολική επιφάνεια των τροφίμων στο έλαιο. Μόνο ένα μικρό μέρος του ελαίου απορροφάται από το τρόφιμο, ενώ το υπόλοιπο είναι σε θέση να επαναχρησιμοποιηθεί. Η θερμοκρασία (175-190°C) στην οποία πραγματοποιείται το βαθύ τηγάνισμα είναι πολύ υψηλή, με αποτέλεσμα να συντελείται ταχύτατη μεταφορά θερμότητας και να αποτελεί μία πολύ γρήγορη μέθοδο τηγανίσματος. Θεωρείται μέθοδος στεγνού μαγειρέματος κι αυτό συμβαίνει επειδή δεν περιλαμβάνει τη χρήση νερού. Εάν το βαθύ τηγάνισμα γίνει με σωστό τρόπο (τα τρόφιμα πρέπει να τοποθετούνται στη φριτέζα όταν το λάδι είναι πολύ καυτό και να μην παραμένουν πολλή ώρα) τα τηγανητά τρόφιμα δεν είναι πολύ λιπαρά στην υφή, καθώς το νερό που περιέχουν αποτρέπει την προσρόφηση μεγάλης ποσότητας ελαίου.⁴⁵

(β) **Ρηχό Τηγάνισμα**

Το ρηχό τηγάνισμα, ως τεχνική, απαιτεί μικρότερη ποσότητα ελαίου από το βαθύ τηγάνισμα και μάλιστα η ποσότητα αυτή είναι τέτοια ώστε να καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος των τροφίμων αλλά να μην τα καλύπτει ολόκληρα. Το γεγονός αυτό, εκτός του ότι επιτρέπει την επαφή των ανώτερων μερών των τροφίμων με τον ατμοσφαιρικό αέρα, έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια μέρους της υγρασίας αυτών, κάτι που μπορεί να είναι επιθυμητό ή ανεπιθύμητο.⁴⁶ Αυτό που συμβαίνει ουσιαστικά κατά το ρηχό τηγάνισμα είναι ότι ένα μέρος (ή το σύνολο σε κάποιες περιπτώσεις) του ελαίου απορροφάται από τα τρόφιμα και η φυσική γεύση του ελαίου τηγανίσματος συμβάλλει στη διαμόρφωση της τελικής γεύσης των τηγανητών τροφίμων.²²

Όσον αφορά στη σύσταση του τηγανισμένου τροφίμου μπορούν να διακριθούν τρεις διαφορετικές περιοχές:²²

- *το εξωτερικό στρώμα (επίστρωμα),*
- *το ενδιάμεσο στρώμα (μεσόστρωμα) και*
- *η εσωτερική περιοχή (πυρήνας).*

Το εξωτερικό στρώμα βρίσκεται σε άμεση επαφή με το έλαιο που τηγανίζεται και είναι συνήθως τραγανό με χρυσοκαστανό έως καστανό χρώμα. Το ενδιάμεσο στρώμα, στο οποίο το έλαιο έχει διεισδύσει μερικώς, μπορεί να είναι ελαφρώς τραγανό και να παρουσιάζει κάποια αλλαγή στο χρώμα. Ο βαθμός στον οποίο θα συμβούν τα παραπάνω σχετίζεται με την περιεκτικότητα της συσκευής (τηγάνι, φριτέζα) σε έλαιο. Όσον αφορά στην εσωτερική περιοχή της τροφής, εκεί δεν υπάρχει διείσδυση του ελαίου. Η θερμοκρασία επίσης θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα τρόφιμα να έχουν μαγειρευτεί επαρκώς και να παράγεται ένα μικροβιακά ασφαλές προϊόν.²²

Σχετικά με την υγρασία του τηγανισμένου τροφίμου υπάρχει μια ευρεία κλίμακα η οποία κυμαίνεται από σχεδόν μηδενική στο εξωτερικό επίστρωμα, έως τα επίπεδα υγρασίας προ τηγανίσματος, στην εσωτερική περιοχή. Αυτό ισχύει για

τρόφιμα όπως οι τηγανητές πατάτες, όπου το μέσο επίπεδο υγρασίας τους είναι 40% και η περιεκτικότητα τους σε έλαιο μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 10 και 35%. Αντίθετα για αλλιά προϊόντα, όπως τα πατατάκια, η διαδικασία του τηγανίσματος μπορεί να συνεχίζεται, έως ότου παραμείνει μόνο το εξωτερικό επίστρωμα.⁴⁷

5.2 Χρονικό σημείο λήξης του τηγανίσματος

Για το σημείο λήξης του τηγανίσματος, ή το γενικό χρόνο τηγανίσματος των τροφίμων, δύο στοιχεία είναι σημαντικά:

- (1) ο σχηματισμός ελκυστικής και χαρακτηριστικής καστανής επιφάνειας, κρούστας, ωραίου αρώματος, και
- (2) ο «εσωτερικός» βαθμός μαγειρέματος, που απεικονίζεται από το εσωτερικό χρώμα, γεύση και σύσταση των τροφίμων, π.χ. τρυφερή σύσταση στις πατάτες.²¹

Η θερμοκρασία τηγανίσματος (170-190°C) έχει επίπτωση στη σταθερότητα και κατ' επέκταση την ποιότητα των ελαίων, ιδιαίτερα όταν συμβαίνει επαναλαμβανόμενη χρήση τους. Διάφορες συγκριτικές μελέτες έχουν δείξει, ότι για το τηγάνισμα θερμοκρασίες μικρότερες των 130°C είναι ανεπαρκείς ενώ η μέγιστη θερμοκρασία τηγανίσματος αγγίζει τους 190°C Σύμφωνα με τον A. Bognar υπάρχουν πέντε στάδια για την ολοκλήρωση της διαδικασίας του τηγανίσματος, τα οποία παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.²¹

Πίνακας 5.1: Στάδια ολοκλήρωσης της διαδικασίας του τηγανίσματος σύμφωνα με το βαθμό αμαύρωσης του τροφίμου

Στάδια τηγανίσματος	Χρώμα επιφάνειας
A	καμία αμαύρωση
B	εν μέρει σκούρα, άρα πολύ λεπτή κρούστα
Γ	βέλτιστη αμαύρωση, χρυσοκαστανό χρώμα, όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφο
Δ	εν μέρει σκούρο καστανό χρώμα, εν μέρει μη ομοιόμορφο, τοπικά καστανόμαυρη χρώση
E	Καμένο, πολύ σκούρο καστανό έως μαύρο χρώμα

5.3 Χημικές και Φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος.

Κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος στους 190° C, θερμοκρασία στην οποία τα έλαια αποσυντίθενται, παράγονται σταθερά και μη προϊόντα που μεταβάλλουν τα λειτουργικά, διατροφικά και αισθητικά χαρακτηριστικά των ελαίων. Οι φυσικές και χημικές μεταβολές που λαμβάνουν χώρα στα έλαια τηγανίσματος παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα και στη συνέχεια επεξηγούνται αναλυτικότερα.⁴⁴

Πίνακας 4.2: Φυσικές και χημικές μεταβολές των ελαίων τηγανίσματος.⁴⁴

Φυσικές μεταβολές
<u>Αύξηση</u> πυκνότητας, ιξώδους, χρώματος και αφρισμού
<u>Μείωση</u> σημείου εξάτμισης και σημείου καπνού
Χημικές μεταβολές
<u>Αύξηση</u> ελεύθερων λιπαρών οξέων, καρβονυλίων και προϊόντων μεγάλου μοριακού βάρους, καθώς και πολικών προϊόντων διάσπασης των τριγλυκεριδίων
<u>Μείωση</u> ακορεστότητας, ποιότητας γεύσης και θρεπτικής αξίας

5.3.1 Φυσικές μεταβολές

Το τηγάνισμα είναι μία διαδικασία μαγειρέματος σε καυτό έλαιο με ταυτόχρονη μεταφορά μάζας και θερμότητας. Καθώς μεταφέρεται θερμότητα από το καυτό έλαιο στο τρόφιμο, εξατμίζεται μία ποσότητα νερού από το τελευταίο και ταυτόχρονα απορροφάται μία ποσότητα ελαίου. Στις μεταφορές αυτές επιδρούν πολλοί παράγοντες συμπεριλαμβανομένων της θερμοκρασίας του ελαίου, του σχήματος και του μεγέθους του τροφίμου και των γενικότερων φυσικών ιδιοτήτων του τελευταίου.

44

5.3.2 Χημικές μεταβολές

Καθώς τα έλαια τηγανίζονται, μεταφέρουν θερμότητα στα τρόφιμα που μαγειρεύονται και βοηθούν στην παραγωγή της χαρακτηριστικής γεύσης των τηγανητών τροφίμων. Αναπόφευκτα, με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να ευθύνονται κάποιες φορές για την παραγωγή ανεπιθύμητης γεύσης εάν το έλαιο είναι είτε πολλές φορές χρησιμοποιημένο είτε απλά κακής ποιότητας. Κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος πραγματοποιούνται πολλές αλλοιωτικές χημικές διεργασίες (όπως, υδρόλυση, οξείδωση, πολυμερισμός κτλ) και τα έλαια τα οποία αποσυντίθενται παράγουν πτητικά προϊόντα και μη πτητικά, μονομερή και πολυμερή παράγωγα. Με συνεχή θέρμανση τα παράγωγα αυτά συνεχίζουν να αποσυντίθενται μέχρι το σημείο στο οποίο σχηματίζονται δυσάρεστες οσμές και τοξικές ουσίες, οι οποίες καθιστούν το έλαιο ακατάλληλο για περαιτέρω τηγάνισμα και κατανάλωση. Οι ποσότητες αυτών των βλαβερών ουσιών και οι χημικές τους δομές εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, ανάμεσα στους οποίους αναφέρονται ο τύπος των τροφών και των ελαίων, οι συνθήκες τηγανίσματος και η διαθεσιμότητα του οξυγόνου.⁴⁴

Υδρόλυση

Καθώς τα τρόφιμα τοποθετούνται στο έλαιο σε θερμοκρασία τηγανίσματος, ο αέρας και το νερό διεγείρουν μία σειρά αλληλοεξαρτώμενων αντιδράσεων. Το νερό και ο ατμός υδρολύουν τα τριγλυκερίδια τα οποία παράγουν αρχικά μόνο- και διγλυκερίδια και εν τέλει ελεύθερα λιπαρά οξέα και γλυκερόλη. Η γλυκερόλη εξατμίζεται κατά ένα μέρος καθώς το σημείο βρασμού της ανέρχεται στους 150° C,

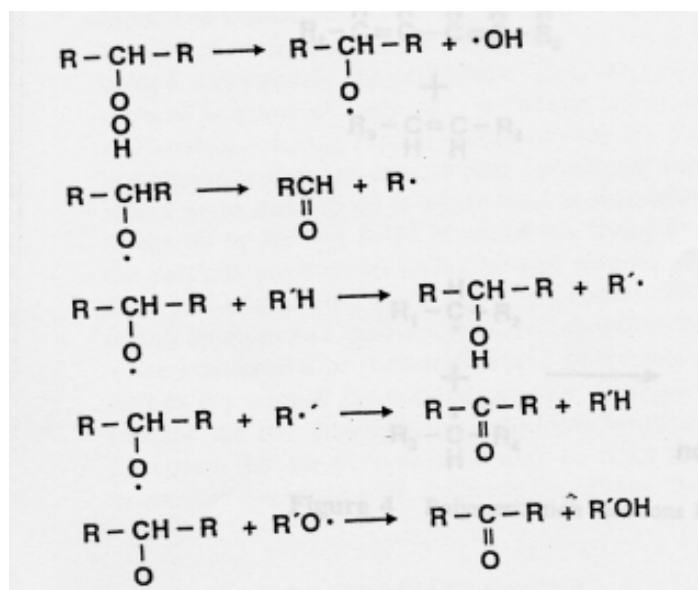
με αποτέλεσμα η ισορροπία της αντίδρασης να μετατοπίζεται ευνοώντας την παραγωγή και άλλων υδρολυτικών παραγόντων. Η έκταση της συνολικής υδρόλυσης εξαρτάται από μια ποικιλία παραγόντων όπως η θερμοκρασία του ελαίου, η έκταση της επιφάνειας επαφής του ελαίου και της υδατικής φάσης καθώς και οι ποσότητες του νερού και του ατμού, αφού το νερό υδρολύει το έλαιο γρηγορότερα απ' ότι ο ατμός.

Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα και τα οξειδωτικά προϊόντα μικρού μοριακού βάρους από την οξείδωση των λιπών, παρουσία ατμού, προωθούν περαιτέρω την υδρόλυση κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος. Τα υδρολυτικά προϊόντα τέλος, μειώνουν τη σταθερότητα των ελαίων που χρησιμοποιούνται στο τηγάνισμα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες για τον υπολογισμό της “ζωής” αυτών, πχ. ελεύθερα λιπαρά οξέα.⁴⁴

Οξείδωση

Το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα έρχεται σε επαφή με το έλαιο και το τρόφιμο που τηγανίζονται και προκαλεί μία σειρά αντιδράσεων στις οποίες εμπλέκονται ο σχηματισμός ελευθέρων ριζών, υδρουπεροξειδίων και διενοϊκών οξέων. Οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της οξείδωσης συμβάλλουν στο σχηματισμό τόσο πτητικών όσο και μη πτητικών προϊόντων αποικοδόμησης.

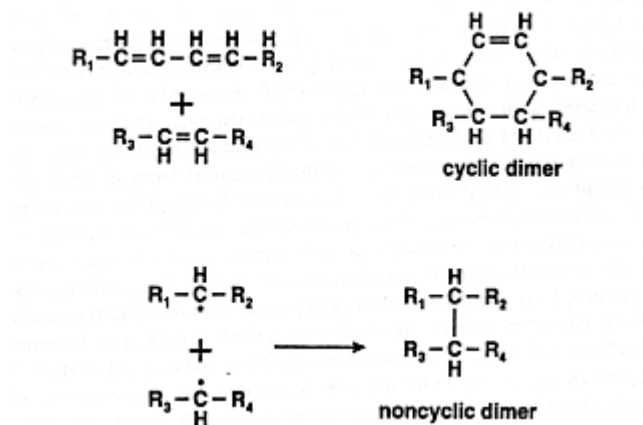
Σχήμα 5.1: Αντιδράσεις οξείδωσης



Για παράδειγμα η οξείδωση του λινελαϊκού οξέος οδηγεί στο σχηματισμό υδροϋπεροξειδίων τα οποία μπορούν με τη σειρά τους να σχηματίσουν προϊόντα με μη κυκλικές ανθρακικές αλυσίδες ή μπορούν να σχηματίσουν υπεροξειδικά πολυμερή μέσω της κυκλοποίησης. Ο μηχανισμός της οξείδωσης στα έλαια που τηγανίζονται μοιάζει με την αυτοοξείδωση στους 25° C με τη διαφορά ότι στους 190° C τα πρώιμα και ασταθή προϊόντα της οξείδωσης (δηλ. τα υδροϋπεροξειδία) αποικοδομούνται γρήγορα σε δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης, όπως αλδεΐδες και κετόνες. Τα πτητικά δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης συνεισφέρουν στην ανάπτυξη της χαρακτηριστικής οσμής του ελαίου και της γεύσης των τηγανητών τροφίμων. Στην περίπτωση που τα δευτερογενή προϊόντα της οξείδωσης είναι οι ακόρεστες αλδεΐδες 2,4-δεκαδιενάλη, 2,4-εννιαδενιάλη, 2,4-οκταδιενάλη, 2-επτενάλη και 2-οκτενάλη, αυτές συμβάλλουν στην ανάπτυξη της χαρακτηριστικής και επιθυμητής γεύσης των τηγανισμένων ελαίων. Αντίθετα οι αλδεΐδες εξανάλη, επτανάλη, οκτανάλη, εννεανάλη και 2-δεκενάλη έχουν μία χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή.⁴⁴

Πολυμερισμός

Σχήμα 5.2: Μηχανισμός πολυμερισμού



Οι αντιδράσεις πολυμερισμού που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος οδηγούν στην έναρξη μίας μεγάλης ποικιλίας χημικών αντιδράσεων οι οποίες καταλήγουν στο σχηματισμό παραγώγων με μεγάλο μοριακό βάρος και μεγάλη πολικότητα. Τα πολυμερή μπορούν να σχηματιστούν από ελεύθερες ρίζες ή τριγλυκερίδια από την αντίδραση Diels-Alder. Κυκλικά λιπαρά οξέα μπορούν να σχηματιστούν με ένα λιπαρό οξύ ενώ τα πολυμερή μπορούν να σχηματιστούν με τον εξής τρόπο: τα διμερή λιπαρά οξέα σχηματίζονται από δύο μονομερή που βρίσκονται είτε στο ίδιο είτε σε διαφορετικά τριγλυκερίδια και καθώς αυτή η διαδικασία συνεχίζεται αυξάνεται το μήκος της ανθρακικής αλυσίδας και κατά συνέπεια και το μοριακό βάρος. Καθώς αυξάνεται η ποσότητα των πολυμερισμένων παραγώγων στο έλαιο που τηγανίζεται αυξάνεται και η πυκνότητά του.⁴⁴

5.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την αποσύνθεση του ελαίου.

Ο μηχανισμός της θερμικής αλλοίωσης του ελαίου κατά το τηγάνισμα επηρεάζεται από πολλές μεταβλητές όπως η ακορεστότητα των λιπαρών οξέων, η θερμοκρασία του ελαίου, η απορρόφηση οξυγόνου, η περιεκτικότητα του ελαίου και του υποστρώματος σε μέταλλα και η φύση του τροφίμου. Παρακάτω δίνεται ένας

συγκεντρωτικός πίνακας των παραγόντων που επιδρούν στην οξείδωση, τον πολυμερισμό και την υδρόλυση των ελαίων κατά το τηγάνισμα και οι οποίοι κατ' επέκταση επηρεάζουν το βαθμό αποσύνθεσης τους.⁴⁴

Πίνακας 5.3 : Παράγοντες που επιδρούν στην οξείδωση, τον πολυμερισμό και την υδρόλυση των ελαίων κατά το τηγάνισμα.⁴⁴

<i>ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ- ΠΡΟΣΘΕΤΑ</i>	<i>ΠΟΡΕΙΑ</i>
Ακορεστότητα λιπαρών οξέων Τύπος ελαίου Είδος τροφίμου Μέταλλα που περιέχονται στο τρόφιμο/έλαιο Αρχική ποιότητα ελαίου Προϊόντα αποσύνθεσης στο έλαιο Αντιοξειδωτικά Αντιαφριστικά πρόσθετα	Θερμοκρασία ελαίου Χρόνος τηγανίσματος Αερισμός/απορρόφηση οξυγόνου Εξοπλισμός τηγανίσματος Συνεχής ή διακεκομμένη θέρμανση Βαθμός τηγανίσματος Μεταφορά θερμότητας Φιλτράρισμα ελαίου

5.5 Προϊόντα αποσύνθεσης.

Κατά το τηγάνισμα, όπως προαναφέρθηκε, παράγονται τόσο πτητικά όσο και μη πτητικά προϊόντα, από τα οποία κάποια διεισδύουν στο τηγανισμένο τρόφιμο. Στην περίπτωση που το έλαιο που χρησιμοποιήθηκε στο τηγάνισμα ήταν αλλοιωμένο το αποτέλεσμα είναι να μειώνεται η ασφάλεια και η ποιότητα της γεύσης του τροφίμου και να αλλοιώνεται το χρώμα και η υφή του. Παρά το ότι τα πτητικά παράγωγα είναι αυτά τα οποία ευθύνονται πρωτίστως για τη γεύση του τροφίμου, είτε αυτή είναι ευχάριστη είτε όχι, τα θερμικά πολυμερή επηρεάζουν και αυτά τη ποιότητα της γεύσης αλλά όχι απ' ευθείας. Τα τελευταία είναι δυνατόν να βρίσκονται σ' ένα τρόφιμο προς βρώση, αλλά οι συνθήκες που οδηγούν στο σχηματισμό τους δεν συναντιούνται συχνά στην κοινή πρακτική. Τα μη πτητικά παράγωγα αποτελούν ένα καστανό, διαυγές και πυκνό υγρό το οποίο είναι ενδεικτικό της ύπαρξης ενός σημαντικού ποσού προϊόντων αποσύνθεσης μέσα στο έλαιο.⁴⁴

Πίνακας 5.4 : Πτητικά και μη πτητικά προϊόντα⁴⁴

Μη πτητικά	Πτητικά
Μονοακυλογλυκερόλες Διακυλογλυκερόλες Οξειδωμένες τριακυλογλυκερόλες Διμερή , τριμερή και πολυμερή παράγωγα τριακυλογλυκερολών Ελεύθερα λιπαρά οξέα	Υδροκαρβονικές ενώσεις Κετόνες Αλδεϋδες Αλκοόλες Εστέρες Λακτόνες

5.6 Το τηγάνισμα ως μαγειρική μέθοδος.

Το τηγάνισμα αποτελεί μια από τις κυριότερες μεθόδους παρασκευής τροφίμων, στις μονάδες μαζικής εστίασης και στις βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων. Είναι μία πολύ πρακτική μέθοδος, καθώς είναι γρήγορη και απαιτεί μικρή προετοιμασία. Ένας άλλος λόγος που το τηγάνισμα προτιμάται ιδιαίτερα ως μέθοδος μαγειρέματος είναι ότι παράγει πολύ εύγευστα τρόφιμα λόγω της υψηλής περιεκτικότητας αυτών σε λίπος αλλά και λόγω της τραγανής τους υφής.

Ταυτόχρονα με τις παραπάνω επιθυμητές γευστικές αλλαγές εμφανίζονται και κάποιες ανεπιθύμητες μεταβολές στη σύσταση των τροφίμων, όπως η απώλεια θρεπτικών ουσιών και ειδικά βιταμινών. Αυτές οι απώλειες θρεπτικών συστατικών, που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των τροφίμων, αποτελούν αντικείμενο ανησυχίας καθώς οι καταναλωτές ευαισθητοποιούνται όλο και περισσότερο σχετικά με την εφαρμογή μιας υγιεινής διαίτας, και ιδιαίτερα με τον περιορισμό της κατανάλωσης λίπους και χοληστερόλης.

Οι μέθοδοι κατεργασίας των τροφίμων (θέρμανση, κονσερβοποίηση, ψύξη και κατάψυξη), έχουν γίνει αντικείμενο πολλών μελετών, σχετικά με τη διατήρηση των θρεπτικών συστατικών, αλλά σχετικά λίγοι ερευνητές έχουν εξετάσει τις θρεπτικές ιδιότητες και τα φαινόμενα που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος.

Στο παρελθόν, το τηγάνισμα, κατηγορήθηκε από τους διατροφολόγους ως μία μέθοδος μαγειρικής μη σωστή θρεπτικά. Ωστόσο σήμερα είναι γνωστό πως αν πραγματοποιείται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (όχι υπερβολικές θερμοκρασίες,

χρήση ελαιόλαδου, μικροί χρόνοι τηγανίσματος κλπ.) μπορεί να αποτελεί έναν υγιεινό τρόπο μαγειρέματος. Ο λόγος για τον οποίο μπορεί να συμβαίνει αυτό, είναι η παρουσία αντιοξειδωτικών ενώσεων (τοκοφερολών, φαινολικών ενώσεων και σκουαλένιου) στο ελαιόλαδο και κατ' επέκταση στην τηγανητή τροφή που έχει απορροφήσει το έλαιο. Παρόλα αυτά, το ελαιόλαδο δεν χρησιμοποιείται συχνά στο τηγάνισμα, ούτε στους χώρους μαζικής εστίασης (ταβέρνες, εστιατόρια κτλ), ούτε στις βιομηχανίες τροφίμων αλλά ούτε και στα σπίτια των καταναλωτών, κυρίως λόγω του υψηλού του κόστους.²⁷

5.7 Η διατροφική αξία του τηγανισμένου ελαίου και τροφίμου.

Το τηγάνισμα αποτελεί κατά βάση μια διαδικασία αφυδάτωσης, με τέσσερα διαφορετικά χαρακτηριστικά έναντι άλλων μαγειρικών μεθόδων:

- 1. Η υψηλή θερμοκρασία του ελαίου (170-190⁰ C) επιτρέπει τη γρήγορη μεταφορά θερμότητας με αποτέλεσμα το μαγείρεμα να ολοκληρώνεται σε πολύ σύντομο χρόνο (μόνο μερικά λεπτά).²⁷*
- 2. Η θερμοκρασία μέσα στο τρόφιμο δεν υπερβαίνει συνήθως τους 100⁰C.²⁶*
- 3. Δεν χρησιμοποιείται νερό, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει σημαντική απώλεια υδατοδιαλυτών ενώσεων.*
- 4. Σε αντικατάσταση ή σε ανταλλαγή του νερού που χάνεται λόγω εξάτμισης απορροφάται από το τρόφιμο ποσότητα τηγανισμένου ελαίου.²⁷*

Από διατροφικής πλευράς το τηγάνισμα έχει αποκτήσει πολύ κακή φήμη και συχνά θεωρείται ως ο πιο ανθυγιεινός τρόπος μαγειρέματος λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας των τροφών που παρασκευάζονται σε θερμίδες και λιπαρά. Παρόλα αυτά όμως κατά τη διάρκεια περιορισμένου αριθμού τηγανισμάτων²⁸ δεν έχει βρεθεί να πραγματοποιείται κάποια αξιοσημείωτη αύξηση των trans λιπαρών οξέων (κυρίως C18:1, Δ9t), τα οποία άλλωστε είναι αυτά που έχουν κατηγορηθεί, από επιδημιολογικές μελέτες²⁹ ότι συμβάλουν στην αύξηση των καρδιαγγειακών παθήσεων στον Ευρωπαϊκό πληθυσμό. Σχετικά με την θρεπτική αξία και τις αλλαγές στη θρεπτική σύσταση των τηγανισμένων τροφίμων έχουν πραγματοποιηθεί συγκριτικά λίγες μελέτες²⁷, οι οποίες έχουν δείξει ότι η διαδικασία τηγανίσματος έχει

την ίδια ή ακόμα και μικρότερη επίδραση στις θρεπτικές απώλειες των τροφίμων, σε σχέση με άλλες μεθόδους μαγειρέματος.

5.8 Απώλεια και αντικατάσταση υγρασίας στα τηγανισμένα τρόφιμα.

Οι μεταβολές στο βάρος των τροφίμων κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος αντιστοιχούν συνήθως στη μεταβολή της περιεκτικότητας τους σε νερό και λίπος.^{30,31}

Στις πατάτες, κατά το μαγείρεμα, συμβαίνουν οι ακόλουθες μεταβολές :

(α) απώλειες νερού και υδατανθράκων κατά το βράσιμο.

(β) απώλειες νερού και απορρόφηση λίπους κατά το τηγάνισμα.²¹

Καθώς το νερό μετατρέπεται σε ατμό και απομακρύνεται από το τρόφιμο, σχηματίζονται στην επιφάνεια του τελευταίου πόροι οι οποίοι επιτρέπουν στο έλαιο να εισέλθει στο εσωτερικό του τροφίμου. Η μεγαλύτερη ποσότητα ελαίου απορροφάται, κατά τη διάρκεια των πρώτων 20 δευτερολέπτων του τηγανίσματος.^{32,33}

5.9 Πρόσληψη λίπους από τα τρόφιμα κατά το μαγείρεμα.

Κατά τη διάρκεια των διάφορων τύπων μαγειρέματος το λίπος των τροφίμων μπορεί να μειωθεί, να αυξηθεί ή να παραμείνει αμετάβλητο. Αυτό προκύπτει από τα στοιχεία της βιβλιογραφίας, σχετικά με την μεταβολή της περιεκτικότητας των τροφίμων σε λίπος (πίνακας 5.5).^{21,}

Πίνακας 5.5: Αλλαγές στην πρόσληψη λίπους και στην ενεργειακή πυκνότητα φυτικών και ζωικών τροφίμων, τηγανισμένων σε φριτέζα στους 175⁰C (Makinson JH et al. 1987).³⁴

Φυτικά Τρόφιμα	Πρόσληψη λίπους (g λίπους / 100g ξηρού βάρους)	Αύξηση ενέργειας (kcal / 100g φρέσκου βάρους)
Άσπρο ψωμί	+ 56,3	+ 297
Μανιτάρι	+ 74,0	+ 354
Κρεμμύδι	+ 34,5	+ 122
Πατάτα	+ 18,7	+ 142
Ζωικά Τρόφιμα		
Μοσχαρίσια μπριζόλα, μπούτι	+ 7,2	+ 9,8
Φτερούγες κοτόπουλου	+ 9,1	+ 120
Χοιρινή μπριζόλα, άπαχη	+ 6,8	+ 105
Σάλτσα βοδινού	- 11,6	- 1

Το μέγεθος της πρόσληψης λίπους, κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

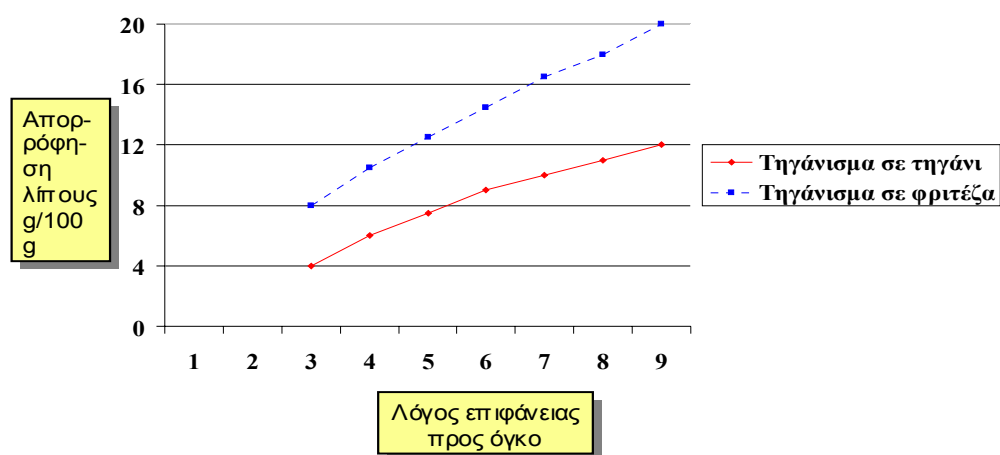
- ❖ τις συνθήκες στις οποίες πραγματοποιείται το τηγάνισμα (σκεύος, θερμοκρασία κτλ)
- ❖ τον τύπο και την ποιότητα του λίπους που χρησιμοποιείται και
- ❖ τα χαρακτηριστικά του τροφίμου που πρόκειται να τηγανιστεί (μέγεθος, αρχική σύσταση κτλ).

Η αρχική σύσταση των τροφίμων (περιεκτικότητα σε νερό και λίπος) έχει μεγάλη επίδραση στην πρόσληψη λίπους κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος. Ο Makinson και οι συνεργάτες του, αναφέρουν ότι τα φυτικά τρόφιμα, τα οποία αρχικά έχουν περιεκτικότητα υψηλή σε νερό και χαμηλή σε λιπαρά, απορρόφησαν περισσότερο λίπος απ' ό τι τα ζωικά τρόφιμα κατά το τηγάνισμα.³⁴ Προκύπτει επομένως το συμπέρασμα ότι τα φυτικά τρόφιμα παρουσιάζουν μεγαλύτερη ικανότητα, στην απορρόφηση λίπους, επειδή ακριβώς η αρχική περιεκτικότητα τους σε λίπος είναι πολύ χαμηλή.

Το έλαιο που απορροφάται από τα τηγανητά τρόφιμα, γίνεται μέρος της ανθρώπινης διατροφής και μάλιστα σημαντικό εάν αυτά καταναλώνονται συχνά. Πιο συγκεκριμένα, στις τηγανητές πατάτες το έλαιο που απορροφάται κατά το τηγάνισμα αποτελεί ποσοστό 5.5-13.0%³⁶ (ανά 100g νωπού τροφίμου) και εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο τηγανίσματος (φριτέζα ή τηγάνι).^{35,36} Για πατάτες που τηγανίστηκαν σε τηγάνι το ποσοστό αυτό ήταν 5.7-6.5% ενώ για πατάτες που τηγανίστηκαν σε φριτέζα το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 10.9-12.8%. Παρά τη μεγάλη διαφορά που παρατηρήθηκε στην απορρόφηση λίπους ανάμεσα στους δύο διαφορετικούς τύπους τηγανίσματος, οι αντίστοιχες διαφορές που παρατηρήθηκαν ανάμεσα στους διαφορετικούς τύπους μαγειρικού ελαίου ήταν μικρές.

Άλλα χαρακτηριστικά που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εξέταση της απορρόφησης λίπους στο τηγάνισμα είναι το μέγεθος και η γεωμετρία των νωπών τροφίμων που πρόκειται να τηγανιστούν. Αυτό είναι πολύ λογικό αν αναλογιστούμε ότι το μεγαλύτερο μέρος του ελαίου που προσλαμβάνεται από τα τηγανισμένα τρόφιμα, βρίσκεται στην επιφάνεια (κρούστα) τους. Σε μια μελέτη των Greenfield et al για την απορρόφηση λίπους από τις τηγανητές πατάτες, διαπιστώθηκε ότι όσο πιο μικρό ήταν το μέγεθος τους, τόσο αυξανόταν η περιεκτικότητά τους σε λίπος και μάλιστα η σχέση αυτή ήταν γραμμική (σχήμα 5.3).³⁷

Σχήμα 5.3: Επίδραση του μεγέθους των τηγανιτών πατατών στην απορρόφηση λίπους (Greenfield H et al. 1984).



5.10 Σύσταση λιπαρών οξέων και χοληστερόλης στα ελαία τηγανίσματος.

Τα φυτικά τρόφιμα είναι, με ελάχιστες εξαιρέσεις, σχεδόν πλήρως άπαχα με αποτέλεσμα κατά το τηγάνισμα η μεταβολή στην περιεκτικότητά τους σε λίπος να είναι πολύ έντονη και η σύσταση τους σε λιπαρά οξέα μετά το τηγάνισμα να είναι παρόμοια με αυτή του ελαίου στο οποίο τηγανίστηκαν³⁷ (Sebedio et al). Αντίθετα τα ζωικά τρόφιμα περιέχουν εξ αρχής σημαντική ποσότητα λίπους και η μεταβολή στην περιεκτικότητά τους σε λίπος μετά το τηγάνισμα είναι λιγότερο έντονη³⁹.

Πίνακας 5.6: Σύσταση λιπαρών οξέων σε προτηγανισμένες πατάτες πριν και μετά το τέλος του τηγάνισματος (Sebedio JL et al. 1990)

Λιπαρά οξέα	Πριν το τηγάνισμα		Μετά το 1 ^ο Τηγάνισμα		Μετά το 11 ^ο τηγάνισμα	
	Προτηγανισμένες πατάτες	Έλαιο φιστικιού	Τηγανητές πατάτες	Έλαιο φιστικιού	Τηγανητές πατάτες	Έλαιο φιστικιού
C16:0	12,8	11,5	11,0	11,3	11,1	11,4
C18:0	20,6	3,5	4,5	3,6	4,0	4,0
C18:1	59,4	48,5	48,7	48,8	49,6	49,4
C18:2	3,3	29,4	28,3	29,1	27,7	27,4
C18:3	0,8	Ίχνη	0,2	ΔΑ	ΔΑ	ΔΑ
C20:0	0,6	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6
C20:1	-	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C22:0	0,3	2,8	2,7	2,8	2,9	2,8
ΔΑ = δεν ανιχνεύθηκε						

Αυτό που τελικά προκύπτει ως συμπέρασμα είναι ότι τα τρόφιμα που έχουν υψηλή αρχική περιεκτικότητα σε λίπος παρουσιάζουν μικρές μόνο αλλαγές στη σύσταση των λιπαρών οξέων μετά το τηγάνισμα, επειδή η πρόσληψη λίπους από αυτά είναι πολύ περιορισμένη. Αντίθετα τα τρόφιμα που έχουν χαμηλή αρχική περιεκτικότητα σε λίπος παρουσιάζουν μεγάλες αλλαγές στη σύσταση των λιπαρών οξέων και μάλιστα τέτοιες ώστε να αντανακλάται η σύσταση του ελαίου στο οποίο τηγανίστηκαν (πίνακας 5.7). Συνεπώς, από θρεπτικής απόψεως, θα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στον τύπο και την ποιότητα του ελαίου που χρησιμοποιείται στο τηγάνισμα καθώς η σύσταση του αντανακλάται και στο τρόφιμο.²⁷

Όσον αφορά στη χοληστερόλη, το τηγάνισμα είτε σε τηγάνι είτε σε φριτέζα, έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της περιεκτικότητας των ζωικών τροφίμων σε αυτή³⁹ ενώ στην περίπτωση των φυτικών τροφίμων εμφανίζονται δύο πιθανότητες, ανάλογα με το είδος του ελαίου στο οποίο τηγανίζονται. Εάν πρόκειται για φυτικό έλαιο δεν παρατηρείται κάποια μεταβολή στη σύσταση τους σε χοληστερόλη (εξάλλου η περιεκτικότητα των φυτικών ελαίων σε χοληστερόλη είναι σχεδόν μηδενική) ενώ αν πρόκειται για ζωικό λίπος, η περιεκτικότητα του τροφίμου σε χοληστερόλη αυξάνεται.

Πίνακας 5.7: Περιεκτικότητα νωπών και προτηγανισμένων πατατών τηγανισμένων σε ελαιόλαδο στις κύριες τάξεις λιπαρών οξέων. *SFA*= κορεσμένα, *MUFA*= μονοακόρεστα και *PUFA*= πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Varela G Ruiz-Roso B. 1992).

	ΠΑΤΑΤΕΣ ΩΜΕΣ	ΠΑΤΑΤΕΣ ΤΗΓΑΝΙΣΜΕΝΕΣ
Συνολικό λίπος	0,16	16,5 ^a
SFA (κορεσμένο)	23,1 %	13,2 % ^a
MUFA (μονοακόρεστο)	3,1 %	78,2 % ^a
PUFA (πολυακόρεστο)	73,1 %	8,4 % ^a
^a = σημαντικό όταν συγκρίνεται με το ωμό ($p<0,5$)		

Κεφάλαιο 6:

Πειραματικό μέρος

6.1. Τηγάνισμα

Είδη ελαίων

- ✓ Ελαιόλαδο
- ✓ Ηλιέλαιο
- ✓ Βαμβακέλαιο
- ✓ Φοινικέλαιο
- ✓ Εμπορικό μίγμα τηγανίσματος (με ηλιέλαιο, βαμβακέλαιο και φοινικέλαιο)

Διαδικασία βαθέως τηγανίσματος

Έλαιο (2 L) τοποθετήθηκε σε φριτέζα οικιακού τηγανίσματος (Kenwood, Havant, UK) και θερμάνθηκε στους 170°C σύμφωνα με την ένδειξη του θερμοστάτη που ελεγχόταν και με τη χρήση υδραργυρικού θερμομέτρου. Έλαβαν χώρα 8 διαδοχικά τηγανίσματα με το ίδιο έλαιο. Οι πατάτες ήταν προτηγανισμένες, εμπορικά διαθέσιμες και για κάθε τηγάνισμα χρησιμοποιήθηκαν 400g πατάτας. Η διάρκεια του τηγανίσματος ήταν ~9 λεπτά και μετά την ολοκλήρωση του τηγανίσματος οι πατάτες παρέμειναν μερικά λεπτά στο δικτυωτό καλάθι της φριτέζας για την απομάκρυνση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποσότητας επιφανειακά συγκρατημένου ελαίου. Το έλαιο της φριτέζας αφηνόταν να κρυώσει για να ακολουθήσει το επόμενο τηγάνισμα.

Διαδικασία ρηχού τηγανίσματος

Έλαιο (0,3 L) τοποθετήθηκε σε ρηχό τηγάνι και θερμάνθηκε στους 160°C σύμφωνα με την ένδειξη θερμομέτρου σε εστία ηλεκτρικής κουζίνας. Έγιναν 8 τηγανίσματα με το ίδιο έλαιο. Οι πατάτες ήταν προτηγανισμένες, εμπορικά διαθέσιμες και για κάθε τηγάνισμα χρησιμοποιήθηκαν 200g πατάτας. Η διάρκεια του τηγανίσματος ήταν 6 λεπτά. Το έλαιο αφηνόταν να κρυώσει για να ακολουθήσει το επόμενο τηγάνισμα.

6.2. Λυοφιλίωση (απομάκρυνση της υγρασίας από τις τηγανισμένες πατάτες).

Αντιδραστήρια- όργανα

- Συσκευή λυοφιλίωσης
- Ζυγός ακριβείας

Αναλυτική πορεία

Η λυοφιλίωση είναι μία μέθοδος αφυδάτωσης των τροφίμων σε ήπιες συνθήκες, με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος καταστροφής των ευαίσθητων συστατικών του δείγματος. Η μέθοδος εφαρμόστηκε σε δείγματα πατατών πριν και μετά το τηγάνισμα για την απομάκρυνση της υγρασίας όπως περιγράφεται στη συνέχεια. Προζυγισμένη ποσότητα δείγματος πατάτας τοποθετείται στις προζυγισμένες φιάλες του λυοφιλιωτή και οδηγείται για λυοφιλίωση. Στον λυοφιλοποιητή η πίεση είναι <1 mbar και η θερμοκρασία -50 έως -40° C . Η όλη διαδικασία διαρκεί 24 ώρες και η διαφορά βάρους πριν και μετά τη λυοφιλίωση αντιστοιχεί στην περιεχόμενη αρχικά υγρασία.

6.3. Συντήρηση των δειγμάτων.

Τα λυοφιλωμένα δείγματα των πατατών (ανάμεσα τους και ποσότητα νωπής πατάτας) φυλάχτηκαν σε σακούλες τροφίμων που κλείνουν αεροστεγώς. Επίσης φυλάχτηκαν ποσότητες τόσο από τα νωπά όσο και από τα τηγανισμένα έλαια, τα οποία τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες που πωματίζονται, με βιδωτό πώμα. Όλα τα δείγματα φυλάχτηκαν σε βαθιά κατάψυξη (-40°C) μέχρι να αναλυθούν. Πριν χρησιμοποιηθούν για τις αναλύσεις αποψύχονταν και ομογενοποιούνταν με ανακίνηση.

6.4. Απομόνωση φυτοστερολών από τις τηγανισμένες πατάτες

ο Όργανα

- ✓ Ζυγός ακριβείας 0.1mg

- ✓ Δοκιμαστικοί σωλήνες με βιδωτά πώματα
- ✓ Σπάτουλα
- ✓ Πιπέτες Pasteur
- ✓ Ρυθμιζόμενες πιπέτες 100-1000μL
- ✓ Φυγόκεντρος
- ✓ Φυγοκεντρική συσκευή εξάτμισης (speed-vac)
- ✓ Υδατόλουτρο
- ✓ Φιαλίδια GC (vials) και πώματα (cups)
- ✓ Εργαλείο ειδικό για το σφράγισμα των vials

Ο Αντιδραστήρια

- ✓ Διαιθυλαιθέρας
- ✓ Διάλυμα KOH / MeOH 0.5M
- ✓ BF₃/MeOH 14% (w/v)
- ✓ Διάλυμα κορεσμένου NaCl
- ✓ Εξάνιο χρωματογραφικής καθαρότητας
- ✓ Εσωτερικό πρότυπο 5α-χολεστάνιο

Πορεία:

Σε ζυγό ακριβείας ζυγίζουμε περίπου 0,5g από τα δείγματα των λυοφιλιωμένων πατατών και τοποθετούμε αυτές τις ποσότητες σε δοκιμαστικούς σωλήνες, καλά πλυμένους και εντελώς στεγνούς. Στην συνέχεια ζυγίζουμε ισάριθμους δοκιμαστικούς σωλήνες, άδειους αυτή τη φορά στους οποίους θα συλλέξουμε τα συνολικά λίπη των δειγμάτων και ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία:

1. Προσθέτουμε σε κάθε σωλήνα 4ml διαιθυλαιθέρα και αναταράσσουμε με vortex, ώστε να επιτευχθεί καλή ανάμιξη.
2. Φυγοκεντρούμε τους σωλήνες επί 6-7 min στις 3000 στροφές.
3. Παραλαμβάνουμε τον διαλύτη με τη βοήθεια πιπετών Pasteur (μία για κάθε δείγμα) και μεταφέρουμε στους άδειους προζυγισμένους σωλήνες
4. Οι σωλήνες τοποθετούνται στη συσκευή Speed-vac επί 15 min στους 30°C προς απομάκρυνση του αιθέρα.
5. Παράλληλα προσθέτουμε άλλα 4ml διαιθυλαιθέρα στους αρχικούς σωλήνες που περιέχουν τα δείγματα της πατάτας και επαναλαμβάνουμε τα στάδια 1-3.

6. Τα προζυγισμένα σωληνάκια επανατοποθετούνται στη συσκευή speed-vac, αλλά αυτή τη φορά σε θερμοκρασία 30°C για 25min περίπου.
7. Ζυγίζουμε τους σωλήνες. Μετά την απομάκρυνση του διαλύτη η ουσία που πλέον περιέχεται σ' αυτούς είναι πρακτικά το σύνολο των λιπαρών της πατάτας.
8. Προσθέτουμε στα δείγματά μας από 2ml KOH/MeOH 0.5M
9. Αναταράσσουμε με vortex, ώστε να επιτευχθεί καλή ανάμιξη.
10. Τοποθετούμε τα δείγματα σε υδατόλουτρο 90°C για 15 min.
11. Αφού κρυώσουν τα δείγματα, προσθέτουμε 1,5ml BF₃/MeOH στο καθένα.
12. Αναταράσσουμε με vortex, ώστε να επιτευχθεί καλή ανάμιξη
13. Τοποθετούμε τα δείγματα σε υδατόλουτρο 90°C για 2 min.
14. Αφού κρυώσουν οι σωλήνες προστίθενται (α) 5ml κορεσμένο NaCl και (β) 2ml εξάνιο
15. Αναταράσσουμε με vortex, ώστε να επιτευχθεί καλή ανάμιξη
16. Φυγοκεντρούμε τους σωλήνες επί 6-7 min στις 3000 στροφές
17. Παραλαμβάνουμε με μεγάλη προσοχή και ρυθμισμένη πιπέτα, 500μl από την υπερκείμενη στιβάδα τα οποία τοποθετούμε σε vials αέριας χρωματογραφίας.
18. Στα vials προσθέτουμε και 200μl διαλύματος 5-α χολεστάνιου (εσωτερικό πρότυπο) και τα σφραγίζουμε με τη χρήση του ειδικού εργαλείου.
19. Τα δείγματα τοποθετούνται στην κατάψυξη (-40°C) μέχρι τη σιλυλίωσή τους.

Πίνακας 6.1: *Βάρη δειγμάτων πατάτας και % απορροφηθέν έλαιο.*

Μίγμα σπορελαίων-βαθύ τηγάνισμα			Μίγμα σπορελαίων-ρηχό τηγάνισμα		
Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	% απορροφηθέν έλαιο	Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	% απορροφηθέν έλαιο
1	0,5494	13,7	1	0,5022	9,9
2	0,5984	17,8	2	0,5064	15,9
3	0,5122	18,3	3	0,4926	16,2
4	0,503	14,3	4	0,532	14,6
5	0,5379	14,0	5	0,5037	16,6
6	0,538	14,9	6	0,4935	18,3
7	0,5474	14,0	7	0,5186	17,1
8	0,5386	13,4	8	0,5112	18,6

Ελαιόλαδο-βαθύ τηγάνισμα			Ελαιόλαδο-ρηχό τηγάνισμα		
Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	% απορροφηθέν έλαιο	Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	% απορροφηθέν έλαιο
1	0,5	14,4	1	0,5384	13,9
2	0,506	20,3	2	0,5023	13,1
3	0,4972	19,8	3	0,5249	15,8
4	0,5091	21,1	4	0,4894	14,4
5	0,5069	18,9	5	0,5242	20,7
6	0,5084	15,7	6	0,5544	19,5
7	0,4965	16,6	7	0,5223	18,9
8	0,504	15,6	8	0,4946	20,2

Βαμβακέλαιο-βαθύ τηγάνισμα			Βαμβακέλαιο-ρηχό τηγάνισμα		
Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	% απορροφηθέν έλαιο	Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	% απορροφηθέν έλαιο
1	0,4828	12,1	1	0,5484	10,3
2	0,5148	15,2	2	0,5264	20,4
3	0,5206	15,3	3	0,5782	17,5
4	0,5251	17,1	4	0,5164	19,3
5	0,5393	17,4	5	0,5615	18,7
6	0,525	15,3	6	0,5252	19,5
7	0,5373	15,5	7	0,5154	17,9
8	0,5278	15,6	8	0,4906	19,1

Ηλιέλαιο-βαθύ τηγάνισμα			Ηλιέλαιο-ρηχό τηγάνισμα		
Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	% απορροφηθέν έλαιο	Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	% απορροφηθέν έλαιο
1	0,5052	9,0	1	0,5727	9,9
2	0,509	17,3	2	0,4766	13,9
3	0,5077	12,4	3	0,4856	15,7
4	0,5034	12,7	4	0,4828	16,4
5	0,4984	13,5	5	0,5238	16,1
6	0,5164	13,6	6	0,4624	15,5
7	0,5074	16,9	7	0,5532	15,9
8	0,5107	16,8	8	0,5637	16,8

Φοινικέλαιο-βαθύ τηγάνισμα			Φοινικέλαιο-ρηχό τηγάνισμα		
Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	% απορροφηθέν έλαιο	Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	% απορροφηθέν έλαιο
1	0,4912	5,4	1	0,4821	10,6
2	0,5063	14,6	2	0,5229	16,1
3	0,5221	14,5	3	0,5116	13,3
4	0,5254	14,9	4	0,5179	20,7
5	0,5056	15,0	5	0,4871	14,3
6	0,4968	17,0	6	0,4855	16,2
7	0,5039	17,8	7	0,5336	18,5
8	0,4984	16,7	8	0,5191	18,9

6.5. Μέθοδος παραλαβής φυτοστερολών από τα τηγανισμένα έλαια

ο Όργανα

- ✓ Ζυγός ακριβείας 1mg
- ✓ Δοκιμαστικοί σωλήνες με βιδωτά πώματα
- ✓ Πιπέτες Pasteur
- ✓ Ρυθμιζόμενη πιπέτα 100-1000μL
- ✓ Φυγόκεντρος
- ✓ Υδατόλουτρο
- ✓ Φιαλίδια GC (vials) και πώματα (cups)
- ✓ Εργαλείο ειδικό για το σφράγισμα των vials

Ο Αντιδραστήρια

- ✓ Διάλυμα KOH / MeOH 0.5M
- ✓ BF₃/MeOH 14% (w/v)
- ✓ Διάλυμα κορεσμένου NaCl
- ✓ Εξάνιο χρωματογραφικής καθαρότητας
- ✓ Εσωτερικό πρότυπο 5α-χολεστάνιο

Πορεία:

Σε ζυγό ακριβείας 0,1mg ζυγίζουμε περίπου 0,1 γρ από τα δείγματα των τηγανητών ελαίων και τοποθετούμε αυτές τις ποσότητες σε δοκιμαστικούς σωλήνες, καλά πλυμένους και εντελώς στεγνούς και ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία:

1. Προσθέτουμε στα δείγματά μας από 2ml KOH/MeOH 0.5M
2. Αναταράσσουμε με vortex, ώστε να επιτευχθεί καλή ανάμιξη.
3. Τοποθετούμε τα δείγματα σε υδατόλουτρο 90° C για 15 min.
4. Αφού κρυώσουν τα δείγματα, προσθέτουμε 1,5 ml BF₃/MeOH στο καθένα.
5. Αναταράσσουμε με vortex, ώστε να επιτευχθεί καλή ανάμιξη
6. Τοποθετούμε τα δείγματα σε υδατόλουτρο 90° C για 2 min.
7. Αφού κρυώσουν οι σωλήνες προστίθενται (α) 5ml κορεσμένο NaCl και (β) 2ml εξάνιο
8. Αναταράσσουμε με vortex, ώστε να επιτευχθεί καλή ανάμιξη
9. Φυγοκεντρούμε τους σωλήνες επί 6-7 min στις 3000 στροφές
10. Παραλαμβάνουμε με μεγάλη προσοχή και ρυθμισμένη πιπέτα, 500μl από την υπερκείμενη στιβάδα τα οποία τοποθετούμε σε vials αέριας χρωματογραφίας.
11. Στα vials προσθέτουμε και 200μl διαλύματος 5-α χολεστάνιου (εσωτερικό πρότυπο) και τα σφραγίζουμε με τη χρήση του ειδικού εργαλείου.
12. Τα δείγματα τοποθετούνται στην κατάψυξη (-40° C) μέχρι τη σιλυλίωσή τους

Πίνακας 6.2: Βάρη δειγμάτων ελαίων τηγανίσματος

Μίγμα σπορελαίων - βαθύ τηγάνισμα		Μίγμα σπορελαίων - ρηχό τηγάνισμα	
Δείγμα	Βάρος	Δείγμα	Βάρος
	δείγματος (g)		δείγματος (g)
φρέσκο	0,1102	φρέσκο	0,1102

1	0,1045	1	0,1
2	0,1033	2	0,1
3	0,1158	3	0,1
4	0,1128	4	0,1
5	0,111	5	0,1
6	0,1044	6	0,1
7	0,1056	7	0,1
8	0,1213	8	0,1

Ελαιόλαδο-βαθύ τηγάνισμα		Ελαιόλαδο-ρηχό τηγάνισμα	
Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)
φρέσκο	0,1019	φρέσκο	0,1019
1	0,1019	1	0,1079
2	0,1101	2	0,0964
3	0,1062	3	0,0956
4	0,097	4	0,1065
5	0,1012	5	0,1039
6	0,1052	6	0,1016
7	0,0966	7	0,1085
8	0,1082	8	0,1056

Βαμβακέλαιο-βαθύ τηγάνισμα		Βαμβακέλαιο-ρηχό τηγάνισμα	
Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)
φρέσκο	0,1034	φρέσκο	0,1034
1	0,1072	1	0,0993
2	0,1086	2	0,1079
3	0,1141	3	0,1066
4	0,1067	4	0,101
5	0,1009	5	0,1019
6	0,1126	6	0,0949
7	0,1084	7	0,1135
8	0,1078	8	0,11

Ηλιέλαιο - βαθύ τηγάνισμα		Ηλιέλαιο - ρηχό τηγάνισμα	
Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)
φρέσκο	0,1	φρέσκο	0,1

1	0,1008	1	0,1094
2	0,1098	2	0,1004
3	0,1034	3	0,1096
4	0,0999	4	0,1045
5	0,1	5	0,1073
6	0,1143	6	0,1043
7	0,1041	7	0,1116
8	0,1045	8	0,1133

Φοινικέλαιο-βαθύ τηγάνισμα		Φοινικέλαιο-ρηχό τηγάνισμα	
Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)	Δείγμα	Βάρος δείγματος (g)
φρέσκο	0,1	φρέσκο	0,1
1	0,1072	1	0,1073
2	0,1086	2	0,1053
3	0,1102	3	0,1016
4	0,1056	4	0,0979
5	0,1014	5	0,1001
6	0,1092	6	0,1003
7	0,1115	7	0,0992
8	0,1013	8	0,1

6.6. Σιλυλίωση

ο Όργανα

- ✓ Δοκιμαστικοί σωλήνες
- ✓ Ρυθμιζόμενη πιπέτα 100-1000μL
- ✓ Υδατόλουτρο
- ✓ Πώματα για φιαλίδια (vials) GC
- ✓ Εργαλείο ειδικό για το κλείσιμο των vials

ο Αντιδραστήρια

- ✓ Διάλυμα BSTFA (bis-(trimethylsilyl)-trifluoroacetamide, δις-τριμεθυλσιλυλ-τριφθοροακεταμίδιο) σε πυριδίνη

Πορεία:

1. Βγάζουμε τα δείγματα από την κατάψυξη και αφού τα αφήσουμε λίγο σε θερμοκρασία δωματίου ανοίγουμε τα vials, στα οποία περιέχονται, με το ειδικό εργαλείο.
2. Τοποθετούμε τα vials σε ρεύμα αζώτου ώστε να επιτευχθεί εξάτμιση μέχρι ξηρού και στη συνέχεια προσθέτουμε σε καθένα από αυτά 250μL BSTFA, με ιδιαίτερη προσοχή, φορώντας γάντια σε απαγωγό.
3. Σφραγίζουμε ξανά τα vials και τα βάζουμε μέσα σε δοκιμαστικούς σωλήνες, χωρίς καπάκια, τους οποίους στη συνέχεια τους τοποθετούμε στο υδατόλουτρο στους 70 για 20 λεπτά, ώστε να ολοκληρωθεί η σιλυλίωση.
4. Αφού κρυώσουν τα vials είναι έτοιμα για προσδιορισμό στερολών με αέρια χρωματογραφία

6.7. Αεριοχρωματογραφικός προσδιορισμός των φυτοστερολών.

ο Όργανα

- ✓ Αέριος χρωματογράφος Agilent (Wallborn, Germany) HP σειρά GC 6890, με αυτόματο δειγματολήπτη HP 6890
- ✓ Ανιχνευτής: ιονισμού φλόγας με φλόγα αέρα-υδρογόνου
- ✓ Στήλη: τριχοειδής στήλη BPX50 (SGE, Melbourne, Australia) μήκους 30m και εσωτερικής διαμέτρου 0.25mm, καλυμμένη εσωτερικά με 50% PH phenylmethylpolysiloxane σε στρώμα πάχους 250 μm.

ο Αντιδραστήρια

- ✓ Πρότυπες ουσίες: β-σιτοστερόλη, στιγμαστερόλη, καμπεστερόλη

Πορεία:

Ποσότητα 1 μL από το κάθε σιλυλιωμένο δείγμα εισάγεται στον αέριο χρωματογράφο, με αναλογία δείγματος προς φέρον αέριο (split ratio) 1:20. Ως φέρον αέριο χρησιμοποιείται ήλιο με ροή 1 ml min⁻¹. Ο εισαγωγέας και ο ανιχνευτής ρυθμίζονται στους 140°C και 290°C αντίστοιχα. Η θερμοκρασία φούρνου αυξάνεται βάσει προγράμματος από τους 100 στους 300 °C με ρυθμό 20°C / min και παραμένει

στην τελική θερμοκρασία για 15 min. Η ταυτοποίηση των φυτοστερολών έγινε με βάση το χρόνο κατακράτησης (± 0.05 RT) της κάθε φυτοστερόλης. Η ποσοτικοποίηση έγινε με χρήση καμπύλης αναφοράς με πρότυπα φυτοστερολών που περιείχαν όλα την ίδια ποσότητα εσωτερικού προτύπου και είχαν τον ίδιο όγκο με τα προς ανάλυση δείγματα [Kalogeropoulos et al, 2006b].

Κεφάλαιο 7:

Αποτελέσματα και Συζήτηση

7.1 Μεταβολές στις ποσότητες των φυτοστερολών στα διάφορα δείγματα ελαίων και πατατών στα διαδοχικά τηγανίσματα και στις δύο μεθόδους τηγανίσματος.

Τα αποτελέσματα που αφορούν στις περιεκτικότητες σε φυτοστερόλες (στιγμαστερόλη, σιτοστερόλη, καμπεστερόλη) τόσο των πατατών όσο και των ελαίων τηγανίσματος που μελετήθηκαν δίδονται στους παρακάτω πίνακες, όπου γίνεται διαχωρισμός μεταξύ των δύο μεθόδων τηγανίσματος (βαθύ – ρηχό). Στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων οι τιμές που παρατίθενται είναι οι μέσοι όροι δύο μετρήσεων και μόνον σε ένα πολύ μικρό αριθμό δειγμάτων οι προσδιορισμοί φυτοστερολών έλαβαν χώρα μια φορά. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι έγινε υπολογισμός των ποσοτήτων του ελαίου που απορροφήθηκε από τις πατάτες στη διάρκεια των τηγανισμάτων και των περιεκτικότητων αυτών στις προαναφερθείσες φυτοστερόλες.

Στους πρώτους δύο πίνακες βλέπουμε τις **περιεκτικότητες των πατατών** στις τρεις φυτοστερόλες στα διαδοχικά τηγανίσματα, στο ρηχό και το βαθύ τηγάνισμα χωριστά, ενώ στο τέλος δίνονται και οι αντίστοιχες περιεκτικότητες για την φρέσκια πατάτα .

Πίνακας 7.1: Περιεκτικότητα σε φυτοστερόλες των δειγμάτων πατάτας για το ρηχό τηγάνισμα.

ΡΗΧΟ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑ				
<i>Βαμβακέλαιο</i>				
Διαδοχικά τηγανίσματα	Στιγμαστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Σιτοστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Καμπεστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/Kg πατάτας)
1	9,3	428,5	42,0	479,8
2	8,7	410,8	41,6	461,1
3	8,3	393,5	41,7	443,5
4	8,0	391,3	41,2	440,5
5	7,8	352,4	39,8	400,0
6	7,6	333,0	39,4	380,0
7	7,4	332,3	38,7	378,4
8	7,1	312,4	38,7	358,2
<i>Ελαιόλαδο</i>				
Διαδοχικά τηγανίσματα	Στιγμαστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Σιτοστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Καμπεστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/Kg πατάτας)
1	4,6	212,9	11,5	229,1
2	4,4	117,7	9,8	131,8
3	3,8	127,5	8,9	140,3
4	4,7	104,6	7,6	116,9
5	3,8	159,5	11,1	174,4
6	5,7	122,3	9,8	137,8
7	4,8	156,5	13,7	175,0
8	5,6	140,9	15,6	162,2
<i>Μίγμα σπορελαίων</i>				
Διαδοχικά τηγανίσματα	Στιγμαστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Σιτοστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Καμπεστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/Kg πατάτας)
1	32,2	336,3	46,8	415,3
2	17,7	168,2	23,5	209,4
3	17,2	163,3	22,4	202,9
4	16,2	156,4	21,4	193,9
5	5,3	47,5	5,8	58,6
6	14,5	140,3	20,0	174,8
7	13,2	101,6	13,7	128,4
8	5,0	49,3	7,6	61,9

<i>Ηλιέλαιο</i>				
Διαδοχικά τηγανίσματα	Στιγμαστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Σιτοστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Καμπεστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/Kg πατάτας)
1	5,9	75,6	8,7	90,2
2	5,8	75,1	8,6	89,5
3	5,7	73,6	8,6	87,8
4	5,2	71,0	8,1	84,2
5	4,3	61,3	6,6	72,1
6	2,6	21,4	3,2	27,3
7	4,2	60,3	7,2	71,7
8	4,0	57,9	6,2	68,0
<i>Φοινικέλαιο</i>				
Διαδοχικά τηγανίσματα	Στιγμαστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Σιτοστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Καμπεστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/Kg πατάτας)
1	12,9	79,0	17,4	109,3
2	12,1	72,3	24,0	108,4
3	11,5	64,1	20,6	96,2
4	9,6	53,5	27,0	90,0
5	8,7	49,2	12,4	70,3
6	7,0	40,7	15,8	63,4
7	13,4	79,8	29,4	122,6
8	3,0	14,7	4,0	21,6

Πίνακας 7.2: Περιεκτικότητα σε φυτοστερόλες των δειγμάτων πατάτας για το βαθύ τηγάνισμα.

ΒΑΘΥ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑ				
<i>Βαμβακέλαιο</i>				
Διαδοχικά τηγανίσματα	Στιγμαστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Σιτοστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Καμπεστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/Kg πατάτας)
1	20,8	493,1	57,7	571,6
2	13,2	481,1	48,6	542,9
3	11,4	475,2	47,5	534,0
4	9,8	470,2	46,5	526,4
5	8,6	456,6	45,9	511,1
6	7,8	429,9	45,6	483,3
7	7,3	415,2	43,2	465,7
8	7,1	383,5	41,6	432,2
<i>Ελαιόλαδο</i>				
Διαδοχικά τηγανίσματα	Στιγμαστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Σιτοστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Καμπεστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/Kg πατάτας)
1	11,1	132,4	7,0	150,6
2	10,9	126,3	13,2	150,3
3	4,8	100,9	3,8	109,5
4	4,45	59,4	4,2	68,0
5	3,5	67,2	4,6	75,3
6	3,4	60,4	5,3	69,1
7	2,9	60,3	11,4	74,5
8	2,2	48,3	4,8	55,4
<i>Μίγμα σπορελαίων</i>				
Διαδοχικά τηγανίσματα	Στιγμαστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Σιτοστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Καμπεστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/Kg πατάτας)
1	5,7	79,2	10,7	95,6
2	4,6	67,7	7,8	80,0
3	4,6	56,8	7,8	69,2
4	7,6	101,1	12,6	121,3
5	7,6	87,5	11,6	106,7
6	4,5	58,8	7,5	70,8
7	9,4	153,7	19,4	182,5
8	10,1	139,0	19,3	168,4
<i>Ηλιέλαιο</i>				

Διαδοχικά τηγανίσματα	Στιγμαστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Σιτοστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Καμπεστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/Kg πατάτας)
1	34,6	349,4	40,7	424,7
2	32,3	341,7	38,3	412,3
3	32,1	337,3	38,2	407,5
4	30,1	328,8	32,5	391,3
5	24,0	245,7	28,8	298,5
6	23,8	243,1	28,4	295,3
7	23,1	230,3	27,8	281,2
8	21,5	217,5	25,9	264,9
Φοινικέλαιο				
Διαδοχικά τηγανίσματα	Στιγμαστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Σιτοστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Καμπεστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/Kg πατάτας)
1	16,3	134,7	42,1	193,1
2	12,5	86,9	27,5	126,9
3	10,8	81,4	22,6	114,7
4	10,3	80,4	21,5	112,2
5	9,6	78,8	20,3	108,8
6	9,1	67,5	20,1	96,7
7	8,2	63,5	19,3	91,1
8	7,1	55,5	15,6	78,2

Πίνακας 7.3: Περιεκτικότητα της φρέσκιας πατάτας σε φυτοστερόλες.

Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Σιτοστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Καμπεστερόλη (mg/Kg πατάτας)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/Kg πατάτας)
Πατάτα φρέσκια	6,4	38,3	4,5	49,2

Οι επόμενοι πίνακες αφορούν στις περιεκτικότητες σε φυτοστερόλες των απορροφηθέντων από τις πατάτες ελαίων, κατά το ρηχό και βαθύ τηγάνισμα, όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του πίνακα 6.1. Καθώς η πατάτα που χρησιμοποιήθηκε ήταν προτηγανισμένη, δίδεται επίσης η ποσότητα φυτοστερολών που περιεχόταν στο απορροφηθέν από την προτηγανισμένη πατάτα έλαιο το οποίο υπολογίστηκε με εκχύλιση λαμβάνοντας υπόψη ότι η περιεκτικότητα της φρέσκιας πατάτας σε έλαιο είναι της τάξεως του 0,1%.

Πίνακας 7.4: Περιεκτικότητα σε φυτοστερόλες του απορροφηθέντος από τις τηγανητές πατάτες ελαίου για το ρηχό τηγάνισμα.

ΡΗΧΟ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑ

Μίγμα σπορελαίων

Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Σιτοστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Καμπεστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg απορροφ. ελαίου)
1	33	3394	472	4191
2	112	1060	148	1320
3	106	1007	138	1251
4	111	1073	147	1331
5	32	287	35	354
6	79	768	110	957
7	77	594	80	751
8	27	265	41	332

Ελαιόλαδο

Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Σιτοστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Καμπεστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg απορροφ. ελαίου)
1	33	1531	83	1647
2	33	898	75	1006
3	24	808	57	888
4	33	728	53	814
5	18	771	54	843
6	29	627	50	707
7	25	828	73	925
8	28	698	78	804

Βαμβακέλαιο

Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Σιτοστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Καμπεστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg απορροφ. ελαίου)
1	90	4150	407	4647
2	43	2011	204	2257
3	48	2252	239	2538
4	42	2033	214	2288
5	42	1889	214	2145
6	39	1706	202	1946
7	41	1861	217	2120
8	37	1637	203	1877

Ηλιέλαιο

Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Σιτοστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Καμπεστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg απορροφ. ελαίου)
1	60	761	87	901
2	42	542	62	646
3	36	468	54	558
4	31	433	49	514
5	26	380	41	447
6	17	138	21	176
7	26	380	45	451
8	23	344	37	405
Φοινικέλαιο				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Σιτοστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Καμπεστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg απορροφ. ελαίου)
1	122	748	165	1034
2	75	450	149	674
3	86	481	155	722
4	46	259	130	435
5	61	344	87	492
6	43	251	97	391
7	72	432	159	664
8	16	78	21	114

Πίνακας 7.5: Περιεκτικότητα σε φυτοστερόλες του απορροφηθέντος από τις τηγανητές πατάτες ελαίου για το βαθύ τηγάνισμα.

ΒΑΘΥ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑ				
<i>Μίγμα σπορελαίων</i>				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Σιτοστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Καμπεστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg απορροφ. ελαίου)
1	41	576	78	696
2	26	381	44	451
3	25	311	43	379
4	53	709	88	851
5	54	623	83	760
6	30	395	51	475
7	68	1102	139	1308
8	75	1036	144	1255
<i>Ελαιόλαδο</i>				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Σιτοστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Καμπεστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg απορροφ. ελαίου)
1	77	917	49	1043
2	54	621	65	740
3	24	510	19	553
4	21	282	20	323
5	18	355	25	398
6	22	385	34	441
7	18	364	69	450
8	14	310	31	356
<i>Βαμβακέλαιο</i>				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Σιτοστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Καμπεστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg απορροφ. ελαίου)
1	172	4068	476	4716
2	87	3160	319	3566
3	75	3112	311	3498
4	57	2754	272	3083
5	50	2624	264	2937
6	51	2813	299	3162
7	47	2680	279	3005
8	45	2461	267	2773

<i>Ηλιέλαιο</i>				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Σιτοστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Καμπεστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg απορροφ. ελαίου)
1	384	3880	452	4716
2	186	1973	221	2381
3	258	2714	307	3279
4	237	2585	255	3077
5	178	1823	214	2215
6	175	1782	208	2164
7	137	1366	165	1668
8	128	1296	154	1578
<i>Φοινικέλαιο</i>				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Σιτοστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Καμπεστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg απορροφ. ελαίου)
1	304	2503	5645	8451
2	85	596	586	1267
3	74	562	513	1148
4	69	539	461	1069
5	64	524	423	1011
6	54	397	316	766
7	46	357	261	665
8	43	333	257	633

Πίνακας 7.6: Περιεκτικότητα σε φυτοστερόλες του απορροφηθέντος ελαίου από το δείγμα προτηγανισμένης πατάτας.

Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Σιτοστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Καμπεστερόλη (mg/kg απορροφ. ελαίου)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg απορροφ. ελαίου)
Πατάτα φρέσκια	120	717	83	920

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε πίνακες οι περιεκτικότητες των ελαίων τηγανίσματος σε καμπεστερόλη, σιτοστερόλη και στιγμαστερόλη, στα οχτώ διαδοχικά τηγανίσματα ,χωριστά στις δύο μεθόδους τηγανίσματος και οι αρχικές περιεκτικότητες τους στις τρεις φυτοστερόλες (φρέσκο δείγμα).

Πίνακας 7.7: Περιεκτικότητα σε φυτοστερόλες των ελαίων τηγανίσματος για το ρηχό τηγάνισμα.

ΡΗΧΟ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑ				
Μίγμα Ηλιόρουαίων				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg)	Σιτοστερόλη (mg/kg)	Καμπεστερόλη (mg/kg)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg)
Φρέσκο	168	1879	269	2446
1	1792	28964	193	3106
2	1761	20111	143	2104
3	1689	15723	184	18277
4	1601	17406	99	18292
5	1590	17585	93	19080
6	1637	18069	108	1902
7	66	743	108	899
8	60	638	1484	898
Φόκιόελαδο				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg)	Σιτοστερόλη (mg/kg)	Καμπεστερόλη (mg/kg)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg)
Φρέσκο	29	17412	254	1846
1	125	13775	186	1455
2	24	15068	161	15259
3	24	15830	668	17749
4	62	15899	170	1694
5	61	916	164	940
6	60	908	139	987
7	20	860	151	963
8	20	824	161	898
Βαμβακέλαιο				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg)	Σιτοστερόλη (mg/kg)	Καμπεστερόλη (mg/kg)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg)
Φρέσκο	66	3315	340	3720
1	40	1662	179	1881
2	37	1516	164	1717
3	32	1380	156	1567
4	30	1339	154	1523
5	29	1239	149	1417
6	27	1252	145	1424
7	25	1172	138	1336
8	23	866	114	1003

Πίνακας 7.8 : Περιεκτικότητα σε φυτοστερόλες των ελαίων τηγανίσματος για το βαθύ τηγάνισμα.

ΒΑΘΥ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑ				
Μίγμα σπορελαίων				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg)	Σιτοστερόλη (mg/kg)	Καμπεστερόλη (mg/kg)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg)
Φρέσκο	202	2873	359	3434
1	186	2424	294	2905
2	146	2080	264	2491
3	144	2035	251	2430
4	139	1957	271	2367
5	137	2076	259	2471
6	137	2087	318	2542
7	137	1945	22	2344
8	69	1093	157	1318
Ελαιόλαδο				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg)	Σιτοστερόλη (mg/kg)	Καμπεστερόλη (mg/kg)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg)
Φρέσκο	25	1410	111	1546
1	22	1413	71	1506
2	19	1361	68	1449
3	19	1207	65	1291
4	18	1199	65	1282
5	18	1184	66	1268
6	14	641	59	714
7	14	626	54	694
8	10	525	41	577
Βαμβάκελαιο				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg)	Σιτοστερόλη (mg/kg)	Καμπεστερόλη (mg/kg)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg)
Φρέσκο	75	3495	369	3939
1	62	3164	334	3561
2	54	3365	322	3741
3	59	3171	296	3527
4	58	3313	353	3724
5	56	3098	279	3433
6	56	2561	262	2879
7	47	2972	248	3268
8	35	2136	229	2399

Ηλιέλαιο				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg)	Σιτοστερόλη (mg/kg)	Καμπεστερόλη (mg/kg)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg)
Φρέσκο	168	1770	208	2146
1	47	553	65	664
2	128	1495	168	1790
3	119	1466	162	1747
4	113	1194	148	1454
5	105	1113	141	1360
6	88	1069	139	1297
7	80	1029	126	1234
8	77	1032	119	1228
Φοινικέλαιο				
Δείγμα	Στιγμαστερόλη (mg/kg)	Σιτοστερόλη (mg/kg)	Καμπεστερόλη (mg/kg)	Συνολικές φυτοστερόλες (mg/kg)
Φρέσκο	99	712	254	1066
1	96	646	243	985
2	69	626	167	861
3	105	614	160	878
4	88	591	150	829
5	44	408	150	602
6	49	355	145	550
7	44	359	130	534
8	42	350	126	518

Από τη μελέτη των παραπάνω πινάκων προκύπτουν διάφορα συμπεράσματα σχετικά με τη συμπεριφορά των φυτοστερολών στο τηγάνισμα, τόσο στα διαδοχικά τηγανίσματα, όσο και στις δύο διαφορετικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται (ρηχό= τηγάνι, βαθύ= φριτζά). Για να μπορέσουν όμως να γίνουν πιο κατανοητά τα συμπεράσματα αυτά είναι αρκετά χρήσιμη η παράθεση κάποιων σχεδιαγραμμάτων, με τα οποία θα μπορεί ο αναγνώστης εύκολα να παρατηρήσει τις διακυμάνσεις των φυτοστερολών που επιτελούνται, στα διαδοχικά τηγανίσματα, στα διαφορετικά έλαια και στους διαφορετικούς τρόπους τηγανίσματος.

7.2 Σύγκριση της διατήρησης των φυτοστερολών στις διαφορετικές μεθόδους τηγανίσματος και της μεταβολής αυτών στα διαδοχικά τηγανίσματα.

Η διατήρηση των φυτοστερολών σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο τηγανίσματος και με την αρχική περιεκτικότητα του ελαίου σε αυτές. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο (κεφ.4:Τηγάνισμα), κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος συμβαίνουν διάφορες αντιδράσεις και διεργασίες που οδηγούν στη σταδιακή αλλοίωση του ελαίου και τη μείωση της θρεπτικής του αξίας. Τέτοιες αντιδράσεις είναι η οξείδωση, ο πολυμερισμός και η υδρόλυση που σχετίζονται με τις υψηλές θερμοκρασίες οι οποίες αναπτύσσονται κατά το τηγάνισμα και με την επαφή του ελαίου και του τροφίμου με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Οι δύο αυτοί παράγοντες που μόλις αναφέρθηκαν μαζί με τη φύση του τηγανιζόμενου τροφίμου είναι αυτοί που κυρίως επηρεάζουν το βαθμό στον οποίο θα συντελεστούν οι ανεπιθύμητες αντιδράσεις της οξείδωσης και της υδρόλυσης κι επομένως το βαθμό αλλοίωσης και μείωσης της θρεπτικής αξίας του ελαίου και του τηγανητού τροφίμου.

Οι δύο μέθοδοι τηγανίσματος που εξετάστηκαν, το ρηχό και το βαθύ, πραγματοποιούνται σε ίδιες σχεδόν θερμοκρασίες (170-190°C), κι επομένως ο παράγοντας της υψηλής θερμοκρασίας δε λαμβάνει κάποιον αξιοσημείωτο ρόλο στις διαφορές που παρατηρούνται ανάμεσά τους. Αντίθετα ο παράγοντας της επαφής με τον ατμοσφαιρικό αέρα είναι ο αναμενόμενος κυριότερος λόγος που οι φυτοστερόλες συμπεριφέρονται διαφορετικά στα δύο είδη τηγανίσματος, εφόσον το είδος του τηγανιζόμενου τροφίμου παραμένει το ίδιο.

Εάν ξαναδούμε τις περιγραφές του ρηχού και του βαθέως τηγανίσματος (κεφ.5, σελ.20,21) διαπιστώνουμε ότι η βασική τους διαφορά έγκειται στην ποσότητα του ελαίου τηγανίσματος που χρησιμοποιείται, αλλά και στο μαγειρικό σκεύος. Για το βαθύ τηγάνισμα χρησιμοποιείται φριτέζα της οποίας η χωρητικότητα σε έλαιο είναι αρκετά μεγάλη ώστε τα τρόφιμα που τηγανίζονται, στη συγκεκριμένη έρευνα οι πατάτες, να καλύπτονται πλήρως από αυτό και ως συνέπεια να μην έχουν άμεση επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Το ρηχό τηγάνισμα από την άλλη γίνεται στο απλό τηγάνι, του οποίου η χωρητικότητα σε έλαιο είναι αρκετά μικρότερη με αποτέλεσμα τα τρόφιμα που τηγανίζονται σε αυτό να μην καλύπτονται πλήρως από το έλαιο και να έχουν σημαντική επαφή με τον αέρα της ατμόσφαιρας.

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη του κάποιος τα παραπάνω, θα περίμενε ότι ανάμεσα στις δύο μεθόδους τηγανίσματος, η χρήση της φριτέζας είναι αυτή που

εξασφαλίζει μεγαλύτερη διατήρηση φυτοστερολών, καθώς με αυτήν ο παράγοντας «επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα», ο οποίος είναι υπεύθυνος για την οξείδωση και τις μεταβολές που αυτή επιφέρει, είναι πολύ πιο περιορισμένος.

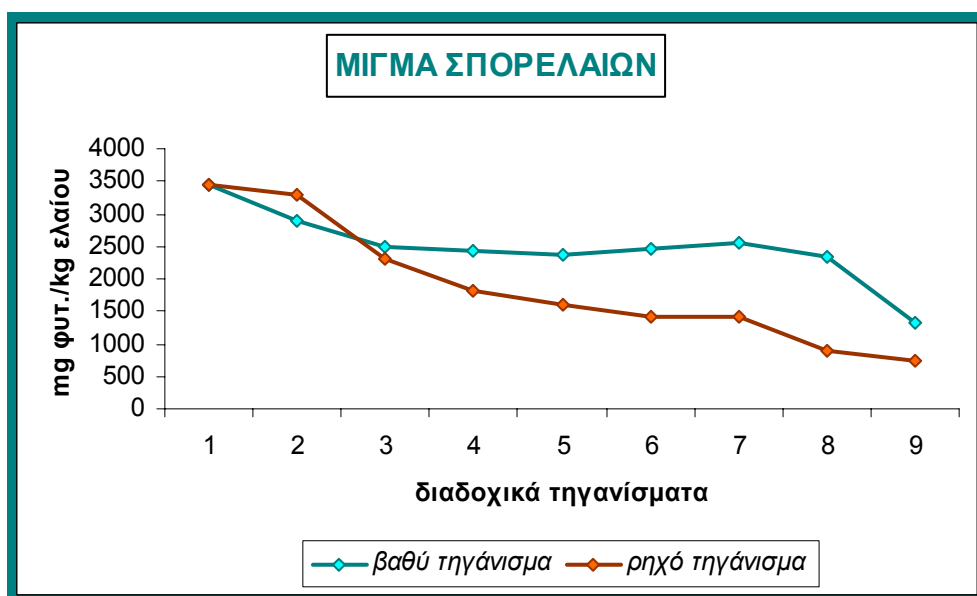
Η διαδοχική χρήση του ίδιου ελαίου για το τηγάνισμα είναι κάτι που συμβαίνει σε όλα τα μέρη μαζικής εστίασης, όπως εστιατόρια, ταβέρνες, καταστήματα γρήγορου φαγητού (fast food), ξενοδοχεία και άλλα, και πολλές φορές τα τηγανίσματα φτάνουν σε αριθμό τα οχτώ. Γι' αυτόν το λόγο λοιπόν έχει ενδιαφέρον να δούμε πως μεταβάλλονται οι ποσότητες των φυτοστερολών κατά τα διαδοχικά τηγανίσματα. Εξάλλου πολύ συχνά συμβαίνει ακόμη και σε επίπεδο νοικοκυριού να χρησιμοποιείται το ίδιο λάδι για πολλαπλά τηγανίσματα (συνήθως γύρω στα τέσσερα).

Η ποσότητα των φυτοστερολών στα τηγανισμένα έλαια και τρόφιμα εξαρτάται σε κάποιο βαθμό από την περιεκτικότητα του ελαίου και του τροφίμου σε αυτές πριν από κάθε τηγάνισμα. Αυτό είναι λογικό να ισχύει καθώς όσο περισσότερες φυτοστερόλες υπάρχουν στο έλαιο και στο τρόφιμο πριν το τηγάνισμα τόσο περισσότερες θα καταφέρουν να «επιζήσουν» μετά από αυτό. Το παραπάνω γεγονός, σε συνδυασμό με το ότι η υψηλή θερμοκρασία και η επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα που χαρακτηρίζουν το τηγάνισμα συμβάλλουν στη καταστροφή μέρους των φυτοστερολών, άμεσα μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι όσο πιο πολλές φορές έχει χρησιμοποιηθεί η ίδια ποσότητα ελαίου για τηγάνισμα τόσο λιγότερες φυτοστερόλες περιέχει και κατ' επέκταση τόσο λιγότερες προσφέρει στο τηγανιζόμενο τρόφιμο μέσω της απορρόφησής του από αυτό.

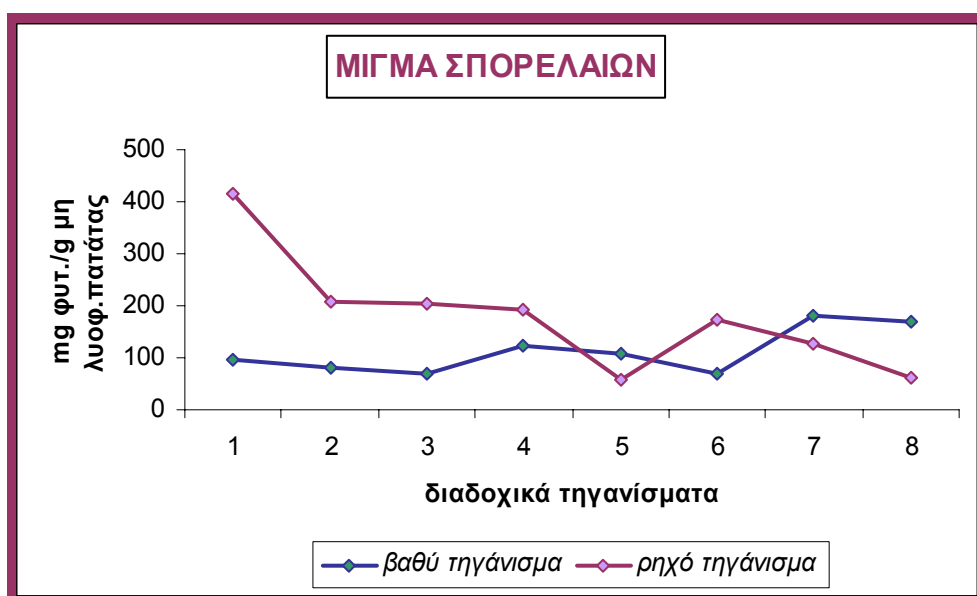
Καθώς λοιπόν αυξάνεται ο αριθμός των τηγανισμάτων που έχει υποστεί μία συγκεκριμένη ποσότητα ελαίου, η συνολική περιεκτικότητα του σε φυτοστερόλες μειώνεται και ταυτόχρονα μειώνεται και η αντίστοιχη ποσότητα φυτικών στερολών που περνούν στο τρόφιμο που τηγανίζεται, όταν αυτό απορροφά έλαιο.

Στη συνέχεια δίδονται και σχολιάζονται τα σχεδιαγράμματα με τις μεταβολές των φυτοστερολών κατά τη διάρκεια των διαδοχικών τηγανισμάτων, τόσο για τα δείγματα ελαίου όσο και για αυτά της πατάτας και στις δύο μεθόδους τηγανίσματος.

7.2.1 Μίγμα σπορελαίων.



Σχήμα 7.1: Μεταβολές φυτοστερολών στο έλαιο τηγανίσματος

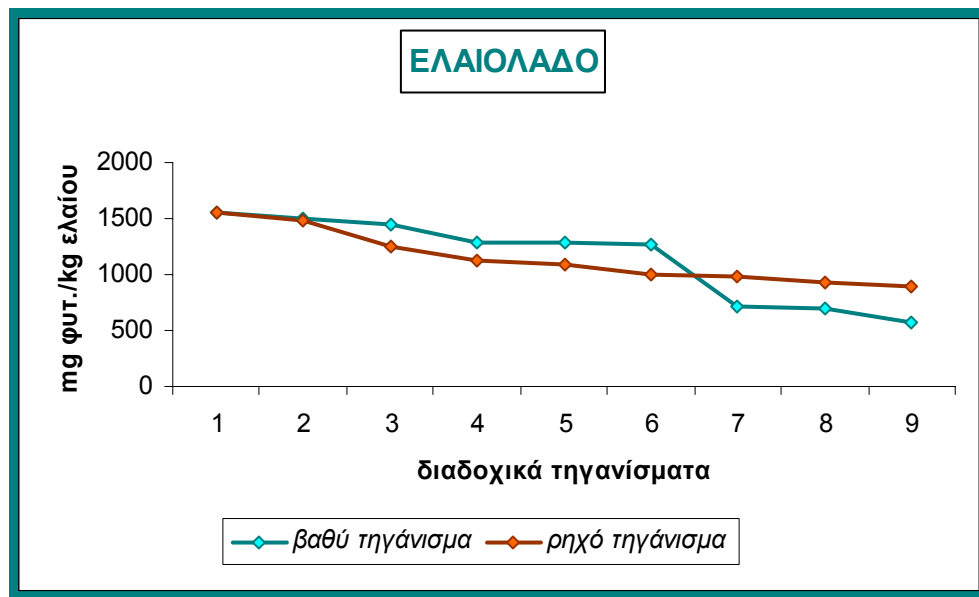


Σχήμα 7.2: Μεταβολές φυτοστερολών στα δείγματα πατάτας

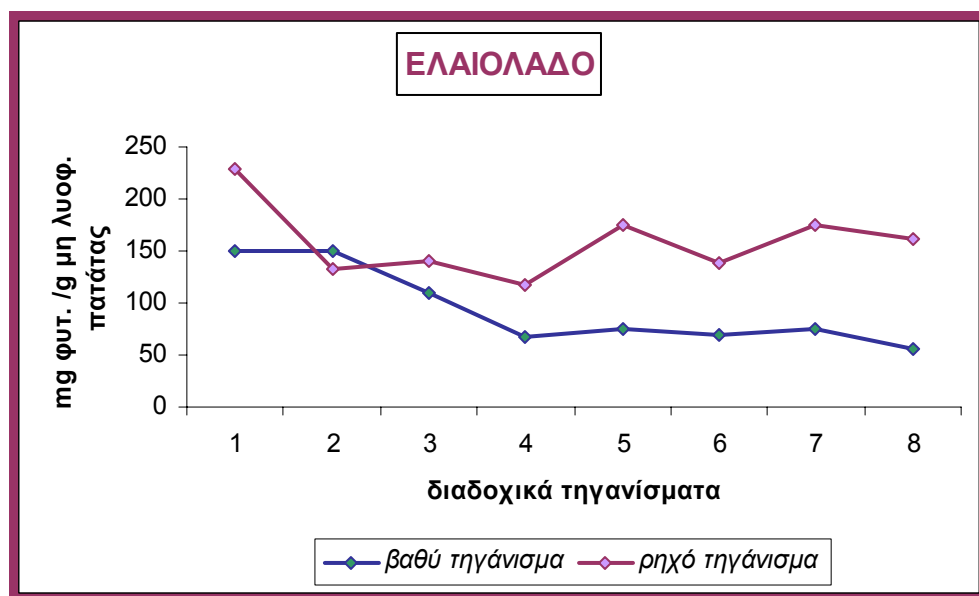
Όσον αφορά πρώτα στο έλαιο, σαν γενική εικόνα μπορούμε να πούμε ότι χωρίς καμία αμφιβολία το βαθύ τηγάνισμα είναι αυτό που ευνοεί περισσότερο τη διατήρηση των φυτικών στερολών, με μια μικρή εξαίρεση στο πρώτο τηγάνισμα. Αντιθέτως, για την πατάτα τα πράγματα είναι πολύ διαφορετικά. Αυτό που παρατηρούμε στα δείγματα της πατάτας είναι ότι ενώ κατά το ρηχό τηγάνισμα οι φυτοστερόλες σταδιακά μειώνονται, κατά το βαθύ τηγάνισμα υπάρχει ένδειξη αύξησης. Το γεγονός αυτό της αύξησης των φυτοστερολών θα μπορούσε πιθανώς να

αποδοθεί σε πειραματικό σφάλμα (πχ στο στάδιο υπολογισμού των απορροφηθέντων ελαίων). Μία άλλη εξήγηση θα μπορούσε να είναι ότι καθώς με την πάροδο των διαδοχικών τηγανισμάτων το έλαιο σταδιακά υποβαθμίζεται δημιουργείται μία εύνοια όσον αφορά στη μετανάστευση των φυτοστερολών από το έλαιο στη πατάτα.

7.2.2 Ελαιόλαδο..



Σχήμα 7.3: Μεταβολές φυτοστερολών στο έλαιο τηγανίσματος

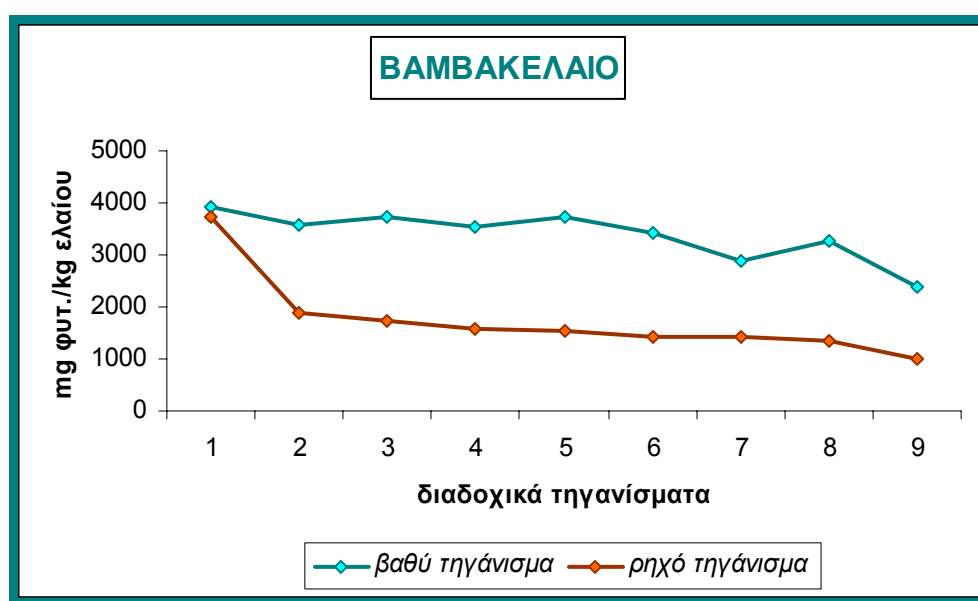


Σχήμα 7.4: Μεταβολές φυτοστερολών στα δείγματα πατάτας

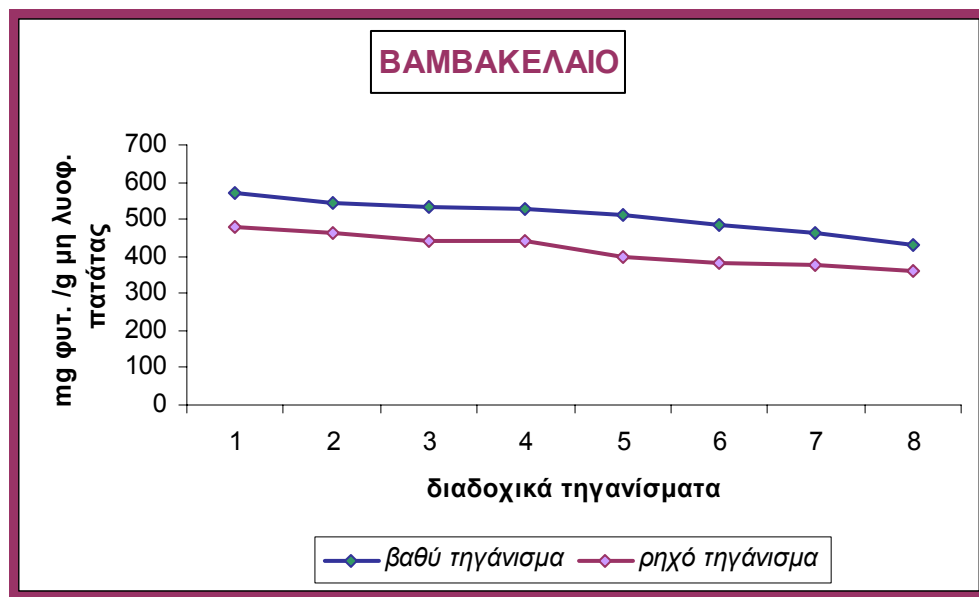
Στο σχήμα 7.3 παρατηρούμε ότι για το έλαιο τηγανίσματος οι διαφορές ως προς τις μεταβολές των φυτοστερολών ανάμεσα στο βαθύ και το ρηχό τηγάνισμα είναι πολύ μικρές. Δεν εκδηλώνεται επομένως κάποια σαφής τάση όσον αφορά στο ποια μέθοδος τηγανίσματος ευνοεί περισσότερο τη διατήρηση των φυτοστερολών. Για τα δείγματα της πατάτας όμως τα πράγματα είναι πιο ξεκάθαρα: παρατηρούμε ότι με το ρηχό τηγάνισμα οι φυτοστερόλες κατά τα διαδοχικά τηγανίσματα περνούν σε μεγαλύτερες ποσότητες στις πατάτες συγκριτικά με το βαθύ. Πάντως τόσο για το έλαιο και την πατάτα όσο και για τις δύο μεθόδους τηγανίσματος ισχύει ότι κατά τα διαδοχικά τηγανίσματα οι ποσότητες των φυτοστερολών μειώνονται.

7.2.3 Βαμβακέλαιο.

Από τα σχήματα που ακολουθούν φαίνεται ότι και για το έλαιο αλλά και για την πατάτα, η ευνοϊκότερη μέθοδος τηγανίσματος είναι η χρήση της φριτέζας. Ιδιαίτερα για το έλαιο τηγανίσματος οι διαφορές ανάμεσα στις δύο μεθόδους είναι μεγάλες. Πρέπει επίσης να τονιστεί ότι και στα δείγματα του βαμβακέλαιου η πορεία των περιεκτικοτήτων σε φυτοστερόλες με την πάροδο των διαδοχικών τηγανισμάτων είναι καθοδική.

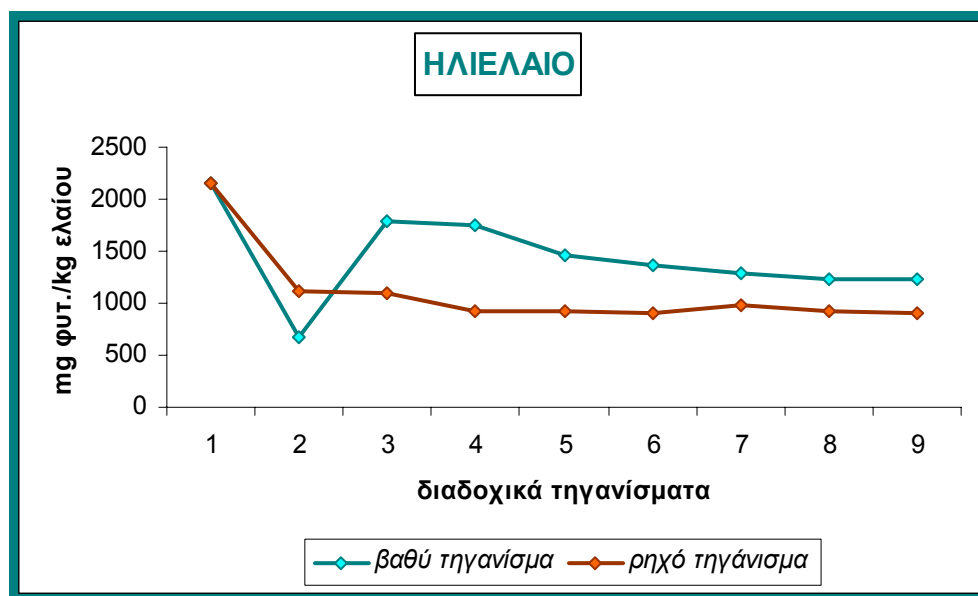


Σχήμα 7.5: Μεταβολές φυτοστερολών στο έλαιο τηγανίσματος

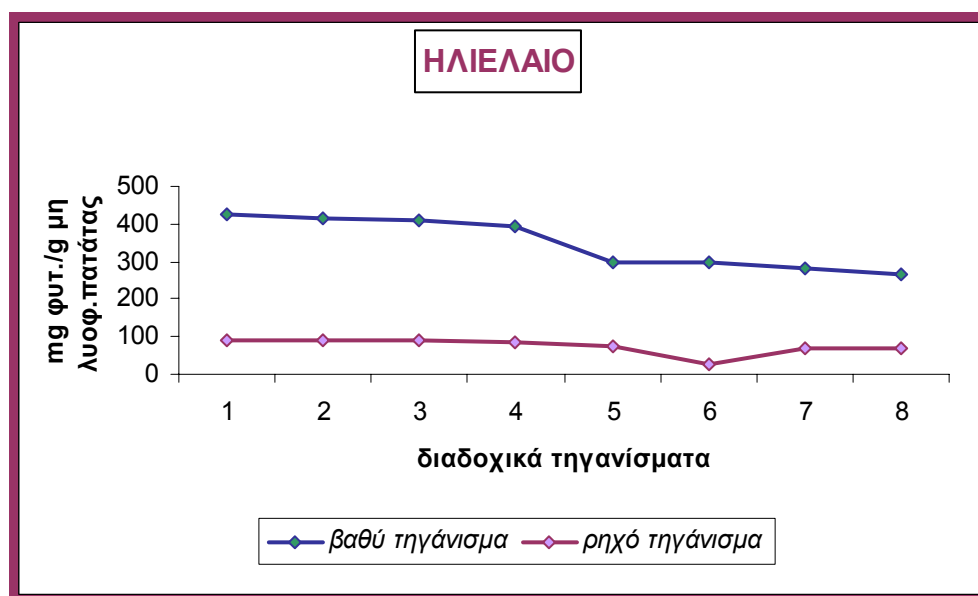


Σχήμα 7.6: Μεταβολές φυτοστερολών στα δείγματα πατάτας

7.2.4 Ηλιέλαιο.



Σχήμα 7.7: Μεταβολές φυτοστερολών στο έλαιο τηγανίσματος

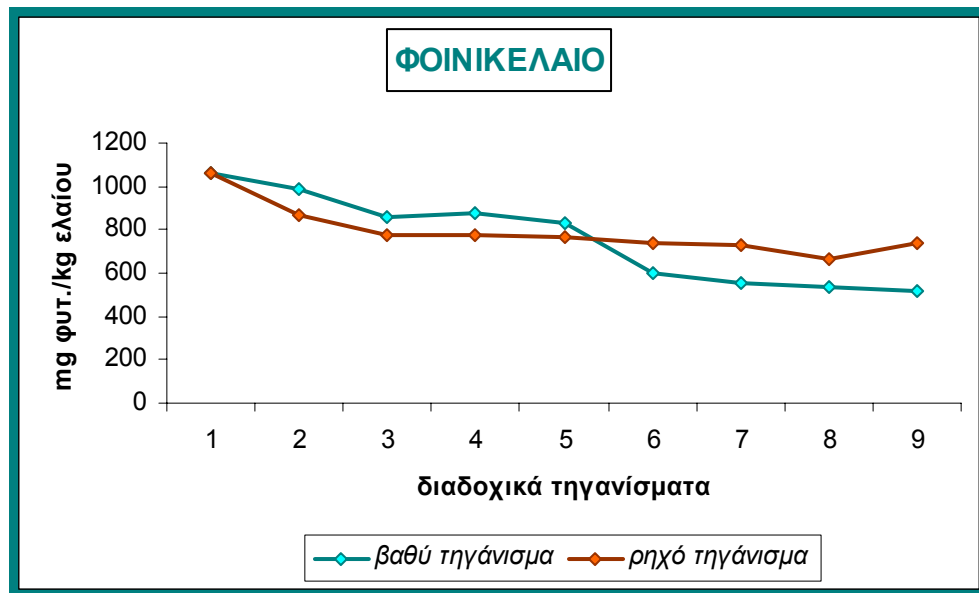


Σχήμα 7.8: Μεταβολές φυτοστερολών στα δείγματα πατάτας

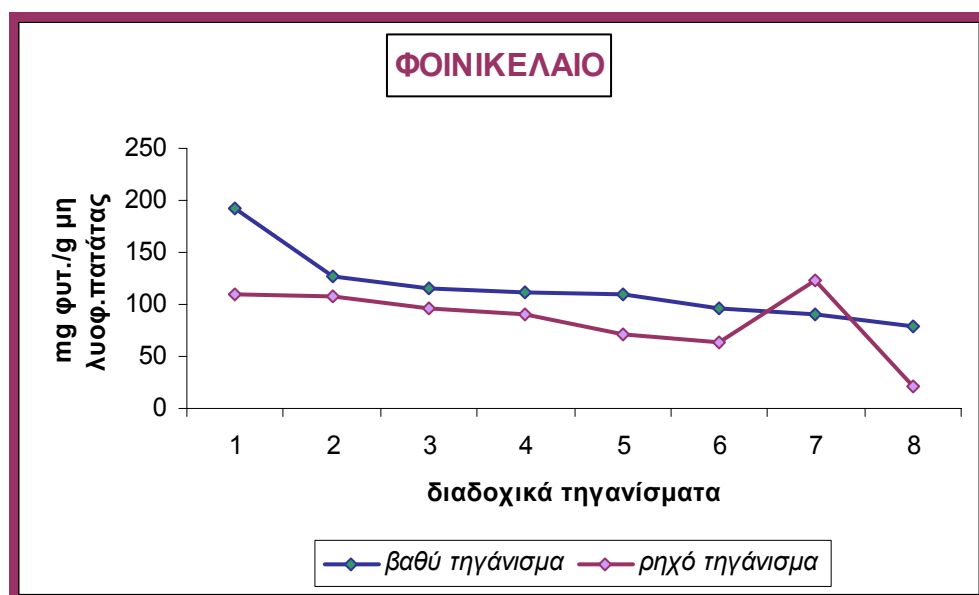
Το ηλιέλαιο, όπως φαίνεται από τα σχήματα 7.7 και 7.8, έχει παρόμοια συμπεριφορά με το βαμβακέλαιο. Τόσο για το έλαιο τηγανίσματος όσο και για την πατάτα ο ρυθμός μείωσης της περιεκτικότητας τους σε φυτοστερόλες είναι σημαντικά μικρότερος κατά το βαθύ τηγάνισμα, αν και στα δείγματα της πατάτας η διαφορά αυτή είναι πιο έντονη. Τέλος, στην περίπτωση του ελαίου τηγανίσματος πρέπει να

επισημανθεί ότι η τιμή που αντιστοιχεί στο πρώτο τηγάνισμα είναι κατά πάσα πιθανότητα αποτέλεσμα πειραματικού σφάλματος.

7.2.5 Φοινικέλαιο.



Σχήμα 7.9: Μεταβολές φυτοστερολών στο έλαιο τηγανίσματος



Σχήμα 7.10: Μεταβολές φυτοστερολών στα δείγματα πατάτας

Όσον αφορά στο φοινικέλαιο παρατηρούμε το εξής:

στην περίπτωση του ελαίου τηγανίσματος φαίνεται ότι στα πρώτα τέσσερα τηγανίσματα το βαθύ τηγάνισμα είναι αυτό που προστατεύει ελαφρώς καλύτερα τις φυτοστερόλες και τις διατηρεί σε υψηλότερα επίπεδα από ότι το ρηχό τηγάνισμα. Από το 5^ο ως και το 8^ο τηγάνισμα όμως βλέπουμε να ισχύει το αντίστροφο. Καθώς ούτως ή άλλως οι διαφορές είναι μικρές μπορούμε να πούμε ότι δεν επικρατεί κάποια σαφής τάση και ότι οι δύο μέθοδοι τηγανίσματος δρουν εξίσου ευνοϊκά στη διατήρηση των φυτοστερολών. Στην περίπτωση τώρα της πατάτας παρατηρούμε ότι ισχύει το ίδιο συμπέρασμα που ίσχυε στα δύο προηγούμενα δείγματα (ηλιέλαιο, βαμβακέλαιο), δηλαδή ότι το τηγάνισμα με το απλό τηγάνι (ρηχό) δεν δρα εξίσου ευνοϊκά με το βαθύ .ως προς τις περιεκτικότητες των πατατών σε φυτοστερόλες. Αν και παρατηρείται μία εξαίρεση στο 7^ο τηγάνισμα, αυτό οφείλεται πιθανότατα σε πειραματικό σφάλμα κι έτσι το γενικό συμπέρασμα είναι ότι το τηγάνισμα με φριτέζα είναι αυτό που επιφέρει καλύτερες περιεκτικότητες φυτοστερολών στα δείγματα πατάτας.

7.3 Ανακτήσεις φυτοστερολών στο πρώτο και όγδοο τηγάνισμα για όλα τα έλαια και για τις δύο μεθόδους τηγανίσματος. Σύγκριση και σχολιασμός.

Τα διάφορα έλαια που χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη μελέτη , ελαιόλαδο, ηλιέλαιο, βαμβακέλαιο, φοινικέλαιο και μίγμα σπορελαίων, διαφέρουν τόσο στην αρχική τους σύσταση και περιεκτικότητα σε φυτοστερόλες όσο και στη συμπεριφορά τους στα διαδοχικά τηγανίσματα και στις διαφορετικές μεθόδους τηγανίσματος.

Όσον αφορά στις αρχικές τους περιεκτικότητες πιο πλούσιο σε φυτοστερόλες είναι το βαμβακέλαιο, το οποίο ακολουθείται από το μίγμα σπορελαίων, και το ηλιέλαιο. Τις λιγότερες φυτοστερόλες περιέχουν το ελαιόλαδο και το φοινικέλαιο, με παρόμοιες περιεκτικότητες. Ο λόγος για τον οποίο μας ενδιαφέρουν οι περιεκτικότητες των ελαίων ,όταν αυτά είναι ακόμα φρέσκα είναι ο εξής: καθώς το τηγάνισμα, μέσω της οξείδωσης και της υδρόλυσης, καταστρέφει μέρος των φυτοστερολών είναι μάλλον αναμενόμενο ότι το έλαιο που περιέχει τις περισσότερες φυτοστερόλες πριν τηγανιστεί θα συνεχίσει να έχει τις περισσότερες φυτοστερόλες και μετά το τηγάνισμα, συγκριτικά με τα υπόλοιπα.

Η παραπάνω υπόθεση όμως πρέπει πρώτα να διαπιστωθεί και πειραματικά για να ισχυριστούμε με σιγουριά ότι ισχύει. Ένας από τους παράγοντες που θα μπορούσε να απορρίψει αυτή την υπόθεση είναι η ανάκτηση των ελαίων. Ο όρος «**ανάκτηση**» περιγράφει ουσιαστικά το ποσοστό των αρχικών φυτοστερολών που «επιβιώνει» μετά το πρώτο και μετά το όγδοο τηγάνισμα.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εύρεση της ανάκτησης είναι η εξής:

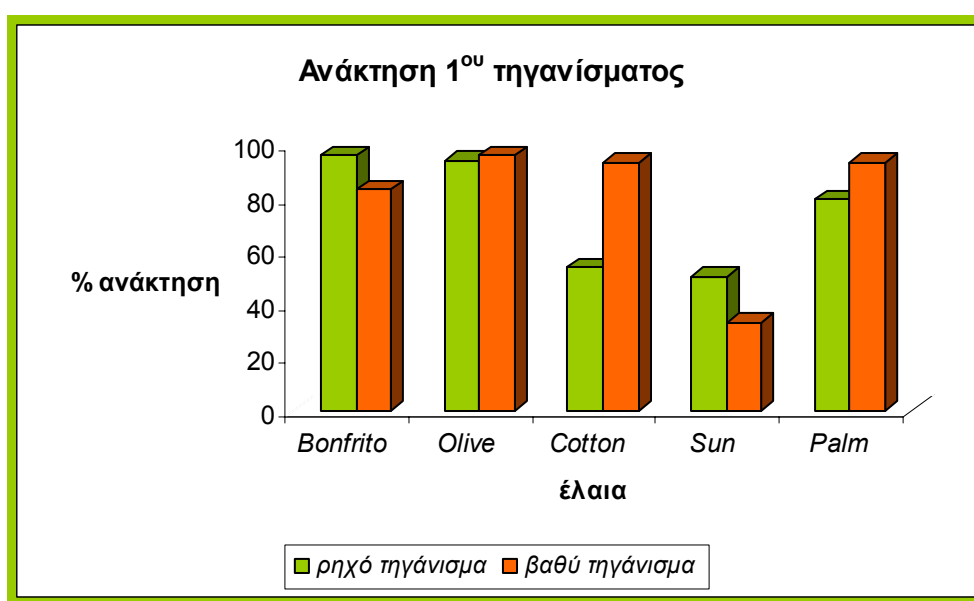
1. υπολογισμός συνολικών φυτοστερολών για τα διαδοχικά τηγανίσματα, δηλαδή των φυτοστερολών που περιέχονται στο έλαιο τηγανίσματος και αυτών που περιέχονται στο δείγμα της πατάτας. Γνωρίζοντας ,από τον αεριοχρωματογραφικό προσδιορισμό των φυτοστερολών, την περιεκτικότητα τόσο των διαφόρων ελαίων όσο και των δειγμάτων μη λυοφιλοποιημένης πατάτας σε φυτοστερόλες (σε mg/kg), αλλά και τα βάρη των δειγμάτων, υπολογίστηκαν με πολύ απλές πράξεις οι συνολικές περιεκτικότητες σε φυτοστερόλες για τα διαφορετικά δείγματα και τους διαφορετικούς τρόπους τηγανίσματος (βάρος δείγματος πατάτας και ελαίου * περιεκτικότητα αυτών σε φυτοστερόλες και πρόσθεση τους).

2. υπολογισμός ανάκτησης 1^{ov} και 8^{ov} τηγανίσματος, με την παρακάτω διαίρεση

$$\frac{\text{Συνολικές φυτοστερόλες μετά το } 1^o \text{ τηγάνισμα}}{\text{Συνολικές φυτοστερόλες πριν το τηγάνισμα}} * 100\%$$

Και

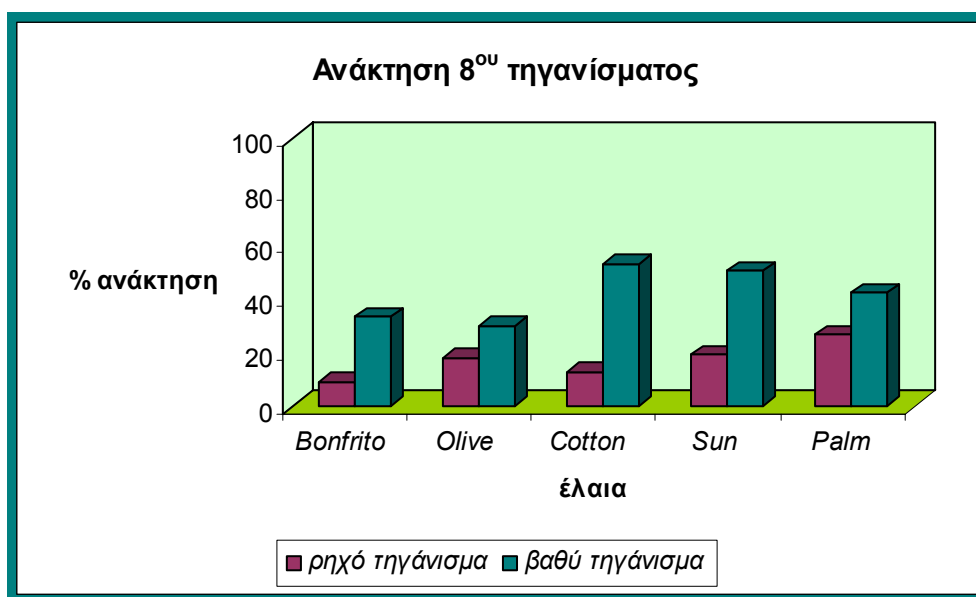
Παρακάτω δίδονται δύο διαγράμματα, ένα με την ανάκτηση του 1^{ου} τηγανίσματος κι ένα με την ανάκτηση του 8^{ου} τηγανίσματος, όπου παρουσιάζονται σε παράθεση οι δύο μέθοδοι τηγανίσματος που χρησιμοποιήθηκαν, ώστε να είναι εύκολη η παρατήρηση των διαφορών που υπάρχουν μεταξύ τους.



Σχήμα 7.11: Ανάκτηση 1^{ου} τηγανίσματος

Στο σχήμα 7.11, αυτό που παρατηρείται είναι ότι για διαφορετικά δείγματα υπάρχει και διαφορετική συμπεριφορά των φυτοστερολών αλλά και διαφορετική επίδραση των δύο μεθόδων τηγανίσματος στην ανάκτηση αυτών. Επομένως, για το μίγμα σπορελαίων και το ηλιέλαιο η ανάκτηση του 1^{ου} τηγανίσματος είναι μεγαλύτερη στο ρηχό τηγάνισμα απ' ό τι στο βαθύ. Αντίθετα για τα ελαιόλαδο, φοινικέλαιο και βαμβακέλαιο η ανάκτηση του 1^{ου} τηγανίσματος είναι μεγαλύτερη στο βαθύ τηγάνισμα, αν και για το ελαιόλαδο η διαφορά είναι μικρή. Όσον αφορά στο ρηχό τηγάνισμα πρώτα, το μίγμα σπορελαίων και το ελαιόλαδο έχουν ανακτήσεις πάνω από 90%, ενώ το βαμβακέλαιο, που όπως προαναφέρθηκε είναι το πιο πλούσιο από τα πέντε σε φυτοστερόλες, παρουσιάζει ανάκτηση περίπου 60%. Το φοινικέλαιο από την άλλη, που είναι το φτωχότερο από τα έλαια που μελετήθηκαν σε

φυτοστερόλες, στο πρώτο τηγάνισμα έχει ανάκτηση σχεδόν 80%! Το ηλιέλαιο τέλος, μετά το πρώτο τηγάνισμα ανακτά το 50% των φυτοστερολών του και είναι αυτό με τη μικρότερη ανάκτηση από όλα. Περνώντας τώρα στο βαθύ τηγάνισμα βλέπουμε τα ελαιόλαδο, βαμβακέλαιο και φοινικέλαιο με την ίδια σχεδόν ανάκτηση η οποία ξεπερνά το 90% και στη συνέχεια το μίγμα σπορελαίων με 80%. Το ηλιέλαιο έχει και πάλι τη μικρότερη ανάκτηση από όλα με ποσοστό μόλις 30%. Σαν γενική εικόνα μπορούμε να πούμε ότι το βαθύ τηγάνισμα είναι η μέθοδος με την οποία επιτυγχάνονται καλύτερες ανακτήσεις στο 1^ο τηγάνισμα, καθώς αυτό ισχύει για τα τρία από τα πέντε έλαια (ελαιόλαδο, βαμβακέλαιο, φοινικέλαιο). Παρόλα αυτά όμως για το ηλιέλαιο και το μίγμα σπορελαίων τα αποτελέσματα είναι αντίθετα υποδεικνύοντας ότι η όλη διαδικασία παρουσιάζει εξάρτηση από το είδος του ελαίου. Βέβαια θα ήταν αναμενόμενο τα έλαια με την υψηλότερη ακορεστότητα (ηλιέλαιο και μίγμα σπορελαίων) να παρουσιάζουν καλύτερη διατήρηση κατά το τηγάνισμα σε φριτέζα, κάτι που δεν επιβεβαιώθηκε.



Σχήμα 7.12: Ανάκτηση 8^{ου} τηγανίσματος

Μελετώντας τώρα το σχεδιάγραμμα 712, εύκολα παρατηρεί κανείς ότι για όλα τα δείγματα οι φυτοστερόλες στο 8^ο τηγάνισμα έχουν την ίδια “προτίμηση”, εάν μπορούμε να αποκαλέσουμε έτσι την τάση τους να επιβιώνουν καλύτερα, στο βαθύ τηγάνισμα. Η μεγαλύτερη ανάκτηση ανήκει στο βαμβακέλαιο, στο οποίο πάνω από το 50% των αρχικών φυτοστερολών εξακολουθεί να “ζει” μετά το πέρας του όγδοου

τηγανίσματος. Οι αποκλίσεις των ανακτήσεων ανάμεσα στο ρηχό και το βαθύ τηγάνισμα είναι για όλα τα δείγματα σημαντικές και κυμαίνονται από 10% έως 40% (για το ελαιόλαδο και το βαμβακέλαιο αντίστοιχα). Ξεκινώντας από το ρηχό τηγάνισμα βλέπουμε ότι το μίγμα σπορελαίων εμφανίζει τη μικρότερη ανάκτηση όλων, με ποσοστό περίπου 10%. Το φοινικέλαιο από την άλλη εξακολουθεί να εμφανίζει υψηλή ανάκτηση, και μάλιστα τη μεγαλύτερη όλων, με ποσοστό 30%. Το ηλιέλαιο που στο πρώτο τηγάνισμα εμφάνιζε τη μικρότερη ανάκτηση, τώρα έρχεται δεύτερο μαζί με το ελαιόλαδο, με ποσοστό ανάκτησης που φτάνει το 25%. Τέλος, το βαμβακέλαιο παραμένει σταθερά τρίτο με ανάκτηση 15%. Για το βαθύ τηγάνισμα τώρα οι ανακτήσεις έχουν ως εξής: το ελαιόλαδο, που στο πρώτο τηγάνισμα είχε μία από τις μεγαλύτερες ανακτήσεις τώρα έχει τη μικρότερη, η οποία δε ξεπερνά το 30-35%. Το βαμβακέλαιο από την άλλη παραμένει στην πρώτη θέση με ανάκτηση που αγγίζει το 55%, ενώ το ηλιέλαιο, που στο πρώτο τηγάνισμα η ανάκτησή του δε ξεπερνούσε το 30%, τώρα εμφανίζεται δεύτερο με ποσοστό 50%, γεγονός που πιθανότατα οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα. Ακολουθούν το φοινικέλαιο και το μίγμα σπορελαίων, τα οποία ανακτούν το 40-45% των αρχικών τους φυτοστερολών.

Συμπερασματικά, παρά το ότι η αρχική περιεκτικότητα ενός ελαίου σε φυτοστερόλες επηρεάζει ως ένα βαθμό τη διατήρηση αυτών, δεν είναι ενδεικτική του βαθμού ανάκτησης, καθώς για διάφορους λόγους, που πιθανόν έχουν να κάνουν με τη σύσταση του κάθε ελαίου, η ανάκτηση εμφανίζεται να ποικίλει ανάμεσα στο ρηχό και το βαθύ τηγάνισμα αλλά και ανάμεσα στα διαδοχικά τηγανίσματα.

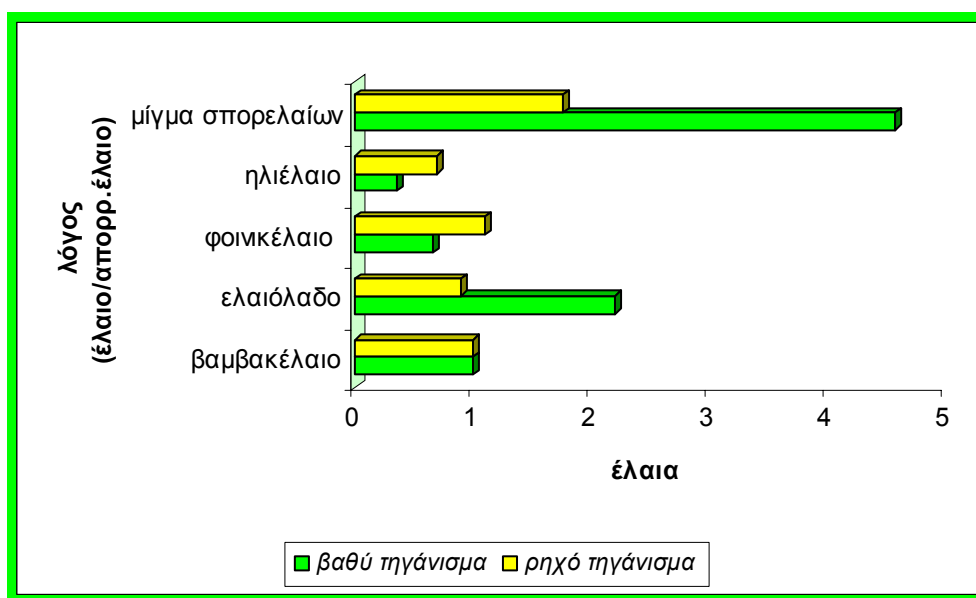
7.4 Σύγκριση ανάμεσα στο έλαιο τηγανίσματος και το απορροφηθέν έλαιο ως προς την διατήρηση των φυτοστερολών.

Μελετώντας τη συμπεριφορά των φυτοστερολών στο τηγάνισμα αναπόφευκτα γεννιέται το ερώτημα αν αυτές επιβιώνουν καλύτερα στο έλαιο που χρησιμοποιείται για το τηγάνισμα ή στο έλαιο που απορροφάται από τα τηγανιζόμενα τρόφιμα. Είναι δηλαδή για τις φυτοστερόλες το εσωτερικό του τροφίμου προστατευτικό απέναντι στην οξείδωση και τις άλλες καταστροφικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά το τηγάνισμα? Με σκοπό να απαντηθεί αυτό το ερώτημα υπολογίστηκε ο εξής λόγος:

Φυτοστερόλες στο έλαιο τηγανίσματος (mg/kg)

Φυτοστερόλες στο απορροφηθέν έλαιο (mg/kg)

Το παραπάνω κλάσμα υπολογίστηκε για όλα τα έλαια, χωριστά για τις δύο μεθόδους τηγανίσματος, και για όλα τα διαδοχικά τηγανίσματα. Έπειτα, για κάθε έλαιο και μέθοδο τηγανίσματος βρέθηκε ο μέσος όρος των οκτώ τηγανισμάτων και δημιουργήθηκε το παρακάτω σχεδιάγραμμα, όπου μπορούμε εύκολα να διακρίνουμε σε ποιες περιπτώσεις και για ποια έλαια το εσωτερικό του τροφίμου ,κι επομένως το απορροφηθέν έλαιο, δρα περισσότερο προστατευτικά.



Σχήμα 7.13: Σύγκριση φυτοστερολών στο έλαιο του τηγανίσματος και στο απορροφηθέν έλαιο.

Στο σχήμα 7.13 στο οποίο δίδονται οι λόγοι για τα πέντε έλαια που μελετήθηκαν, για το βαθύ και το ρηχό τηγάνισμα ξεχωριστά, αυτό που φαίνεται είναι ότι οι φυτοστερόλες δεν έχουν την ίδια συμπεριφορά ούτε ανάμεσα στο διαφορετικά έλαια, ούτε ανάμεσα στο ίδιο έλαιο και τις διαφορετικές μεθόδους τηγανίσματος.

Για το βαμβακέλαιο παραδείγματος χάριν , τόσο για το βαθύ όσο και για το ρηχό τηγάνισμα, ο λόγος παίρνει τιμή κοντά στο 1, που σημαίνει ότι δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στο έλαιο και το απορροφηθέν έλαιο όσον αφορά στο που οι φυτοστερόλες επιβιώνουν καλύτερα.

Από την άλλη ,στο μίγμα σπορελαίων, ο λόγος παίρνει τιμές μεγαλύτερες του 1 και για τους δύο τρόπους τηγανίσματος, και μάλιστα όσον αφορά στο βαθύ

τηγάνισμα ο λόγος αυτός είναι σχεδόν πέντε, γεγονός που δείχνει ξεκάθαρα ότι για το συγκεκριμένο έλαιο οι φυτοστερόλες επιζούν σημαντικά περισσότερο στο έλαιο τηγανίσματος συγκριτικά με το έλαιο που απορροφάται από το τρόφιμο.

Εντελώς διαφορετική είναι η συμπεριφορά των φυτοστερολών του ηλιελαίου, για το οποίο ο λόγος παίρνει τιμές μικρότερες του 1, και στις δύο μεθόδους τηγανίσματος, αν και για το ρηχό τηγάνισμα η τιμή του λόγου φαίνεται να πλησιάζει τη μονάδα, πράγμα που σημαίνει ότι για τη συγκεκριμένη μέθοδο δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά ανάμεσα στο έλαιο τηγανίσματος και το απορροφηθέν έλαιο. Για το ηλιέλαιο λοιπόν, το έλαιο που απορροφάται από τις πατάτες στο βαθύ τηγάνισμα διατηρεί καλύτερα και σε μεγαλύτερη ποσότητα τις φυτοστερόλες, ενώ όσον αφορά στο ρηχό τηγάνισμα δεν παρουσιάζεται κάποια αξιοσημείωτη διαφορά ανάμεσά τους. Το ίδιο ισχύει και για το φοινικέλαιο, για το οποίο ο λόγος στο βαθύ τηγάνισμα έχει τιμή μικρότερη της μονάδας ενώ για το ρηχό η τιμή του είναι πολύ κοντά σε αυτή.

Συνοπτικά λοιπόν, αυτό που παρατηρεί κανείς από το σχεδιάγραμμα είναι ότι για το ρηχό τηγάνισμα οι λόγοι κυμαίνονται κοντά στη μονάδα για τα περισσότερα έλαια, γεγονός που υποδεικνύει ότι όταν χρησιμοποιείται το απλό τηγάνι οι φυτοστερόλες «επιβιώνουν» εξίσου στο έλαιο τηγανίσματος και στο απορροφηθέν έλαιο. Εξαίρεση αποτελεί το ηλιέλαιο και το μίγμα σπορελαίων, από τα οποία το πρώτο εμφανίζει καλύτερη διατήρηση φυτοστερολών στο απορροφηθέν έλαιο και το δεύτερο στο έλαιο. Από την άλλη, για το βαθύ τηγάνισμα δε φαίνεται να υπάρχει κάποια κοινή συμπεριφορά ανάμεσα στα διάφορα έλαια. Για τα ελαιόλαδο και μίγμα σπορελαίων, ο λόγος ξεπερνά αρκετά τη μονάδα, οπότε για τα δύο αυτά έλαια το έλαιο τηγανίσματος διατηρεί καλύτερα τις φυτοστερόλες, ενώ για τα ηλιέλαιο και φοινικέλαιο φαίνεται να ισχύει το αντίστροφο. Τέλος, για το βαμβακέλαιο ο λόγος παίρνει ξανά τιμή κοντά στο 1 (όπως και στο ρηχό τηγάνισμα).

7.5 Διατροφική αξιολόγηση μίας μερίδας τηγανητών πατατών.

Οι τηγανητές πατάτες είναι πολύ αγαπητές από τον περισσότερο κόσμο και αποτελούν πολύ συχνά κομμάτι του καθημερινού μας τραπέζιού. Συνήθως συνοδεύουν άλλα φαγητά αλλά δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που αποτελούν οι ίδιες το κύριο γεύμα.

Η πατάτα ,όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο (τέταρτο) είναι μία εξαιρετική τροφή αλλά μπορεί να χάσει πολλά από τα θρεπτικά της συστατικά ανάλογα με τον τρόπο που θα μαγειρευτεί. Το τηγάνισμα που είναι η συνηθέστερη μέθοδος παρασκευής της, έχει αρκετές αρνητικές συνέπειες επάνω στα ευαίσθητα μικροσυστατικά της, όπως είναι η βιταμίνη C. Από την άλλη όμως, μέσω του τηγανίσματος η πατάτα εμπλουτίζεται με αρκετή ποσότητα ελαίου και ως συνέπεια αποκτά και μέρος των θρεπτικών του συστατικών. Έτσι λοιπόν, καθώς οι αγαπημένες μας πατάτες τηγανίζονται αποκτούν από τη μία περισσότερο λίπος και θερμίδες κι από την άλλη πολύτιμα μικροθρεπτικά συστατικά, όπως οι φυτοστερόλες. Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας ,όπου αναγράφονται οι περιεκτικότητες μίας τυπικής μερίδας τηγανητών πατατών σε ολικές φυτοστερόλες και η % κάλυψη των ημερήσιων αναγκών σε αυτές.

Πίνακας 7.1: Διατροφική αξιολόγηση μίας τυπικής μερίδας τηγανητών πατατών (150g) ως προς την επί τις εκατό (%) κάλυψη των ημερήσιων αναγκών σε φυτοστερόλες (ΗΠ).

<u>ΡΗΧΟ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑ</u>					
<i>1^ο τηγάνισμα</i>			<i>8^ο τηγάνισμα</i>		
Έλαια	Ποσότητα φυτοστερολών ανά μερίδα τηγανητών πατατών(mg/150g)	%ΗΠ*	Έλαια	Ποσότητα φυτοστερολών ανά μερίδα τηγανητών πατατών(mg/150g)	%ΗΠ*
Μίγμα σπορελαίων	62,3	24,9	Μίγμα σπορελαίων	9,3	3,7
Ελαιόλαδο	34,4	13,75	ελαιόλαδο	24,3	9,7
Βαμβακέλαιο	72,0	28,8	βαμβακέλαιο	53,7	21,5
Ηλιέλαιο	13,5	5,4	ηλιέλαιο	10,2	4,1
Φοινικέλαιο	16,4	6,6	φοινικέλαιο	3,2	1,3
<u>ΒΑΘΥ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑ</u>					
<i>1^ο τηγάνισμα</i>			<i>8^ο τηγάνισμα</i>		
Έλαια	Ποσότητα φυτοστερολών ανά	%ΗΠ*	Έλαια	Ποσότητα φυτοστερολών ανά	%ΗΠ*

	μερίδα τηγανητών πατατών(mg/150g)			μερίδα τηγανητών πατατών(mg/150g)	
Μίγμα σπορελαίων	14,3	5,7	Μίγμα σπορελαίων	25,3	10,1
Ελαιόλαδο	22,6	9,0	ελαιόλαδο	8,3	3,3
Βαμβακέλαιο	85,7	34,3	βαμβακέλαιο	64,8	25,9
Ηλιέλαιο	63,7	25,5	ηλιέλαιο	39,8	15,9
Φοινικέλαιο	29,0	11,6	φοινικέλαιο	11,7	4,7
* η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη φυτοστερολών εκτιμάται στα 250mg ⁴⁸					

Όπως φαίνεται από τον πίνακα αυτό, καταναλώνοντας μία τυπική μερίδα τηγανητών πατατών μπορεί να καλυφθεί το 3 έως το 34% των ημερήσιων αναγκών σε φυτοστερόλες. Τα ποσοστά ποικίλουν ανάμεσα στα διάφορα έλαια, τα διαφορετικά τηγανίσματα και τις διαφορετικές μεθόδους τηγανίσματος. Η μεγαλύτερη πρόσληψη φυτοστερολών επιτυγχάνεται με το βαθύ τηγάνισμα όταν το έλαιο τηγανίσματος είναι το βαμβακέλαιο και φτάνει το 34,3% της *HPI*.

Όσον αφορά στο ηλιέλαιο, το οποίο χρησιμοποιείται πολύ συχνά για το τηγάνισμα, το μεγαλύτερο όφελος επιτυγχάνεται και πάλι με το βαθύ τηγάνισμα και αγγίζει το 25,5% της *HPI*. Πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι και για το ρηχό τηγάνισμα τη μεγαλύτερη ποσότητα φυτοστερολών προσφέρουν οι πατάτες που έχουν τηγανιστεί σε βαμβακέλαιο(28,8% *HPI*) Όσον αφορά τώρα στο όγδοο τηγάνισμα τα πράγματα δεν διαφέρουν. Το μεγαλύτερο ποσοστό κάλυψης της *HPI* (25,9%) σε φυτοστερόλες επιτυγχάνεται όταν το τηγάνισμα γίνεται σε φριτέζα με βαμβακέλαιο. Το ίδιο ισχύει και για το ρηχό τηγάνισμα, όπου το % *HPI* ανέρχεται σε 21,5%. Το έλαιο των Μεσογειακών χωρών, το ελαιόλαδο ,δεν αποτελεί ιδιαίτερα καλή πηγή φυτοστερολών όταν χρησιμοποιείται για το τηγάνισμα καθώς η % κάλυψη της ημερήσιας πρόσληψης από αυτό κυμαίνεται από 3 έως 14%.

Κεφάλαιο 8:

Συμπεράσματα

- Κατά τα διαδοχικά τηγανίσματα οι περιεκτικότητες των ελαίων σε φυτοστερόλες σταδιακά μειώνονται λόγω των αρνητικών επιδράσεων του τηγανίσματος (οξειδωση, υδρόλυση), είτε αυτό πρόκειται για βαθύ είτε για ρηχό τηγάνισμα.
- Παρόμοια συμπεριφορά παρουσιάζουν και οι περιεκτικότητες των πατατών σε φυτοστερόλες, οι οποίες με μοναδική εξαίρεση το μίγμα σπορελαίων κατά το βαθύ τηγάνισμα, εμφανίζουν σαφώς καθοδική τάση με το πέρας των διαδοχικών τηγανισμάτων.
- Όσον αφορά στις διαφορετικές μεθόδους τηγανίσματος, οι συμπεριφορές των φυτοστερολών ποικίλουν, ανάμεσα στα διαφορετικά δείγματα ελαίων και πατατών αλλά και ανάμεσα στα διαδοχικά τηγανίσματα. Για τα έλαια τηγανίσματος παρατηρούμε ότι:

- Τα βαμβακέλαιο, ηλιέλαιο και μίγμα σπορελαίων διατηρούν καλύτερα τις φυτοστερόλες που περιέχουν όταν τηγανίζονται με τη μέθοδο του βαθέως τηγανίσματος.
- Τα ελαιόλαδο και φοινικέλαιο δεν παρουσιάζουν κάποια σαφή τάση κι επομένως το ρηχό και το βαθύ τηγάνισμα επιδρούν εξίσου ευνοϊκά στις περιεκτικότητες των φυτοστερολών

Για τα δείγματα πατατών ισχύει ότι:

- Τα βαμβακέλαιο, ηλιέλαιο και φοινικέλαιο εξασφαλίζουν μεγαλύτερες περιεκτικότητες σε φυτοστερόλες για τις πατάτες όταν τηγανίζονται με τη μέθοδο του βαθέως τηγανίσματος.
 - Το ελαιόλαδο και το μίγμα σπορελαίων εμφανίζουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις φυτοστερολών κατά το ρηχό τηγάνισμα.
- Κατά το πρώτο τηγάνισμα οι ανακτήσεις ποικίλουν και βλέπουμε ότι οι φυτοστερόλες στο ηλιέλαιο και το μίγμα σπορελαίων ανακτώνται καλύτερα με το ρηχό τηγάνισμα, σε ποσοστά σχεδόν 100% και 50% αντίστοιχα. Τα βαμβακέλαιο και φοινικέλαιο από την άλλη παρουσιάζουν μεγαλύτερες

ανακτήσεις κατά το βαθύ τηγάνισμα ,σε ποσοστό περίπου 90%. Το ελαιόλαδο τέλος ανακτά το 90-100% των φυτοστερολών του τόσο στο ρηχό όσο και στο βαθύ τηγάνισμα.

- Κατά το όγδοο τηγάνισμα όλα τα δείγματα παρουσιάζουν μεγαλύτερες ανακτήσεις με το βαθύ τηγάνισμα, ενώ τη μεγαλύτερη ανάκτηση όλων εμφανίζει το βαμβακέλαιο με ποσοστό 60%.
- Μία μερίδα τηγανητές πατάτες, όταν τηγανίζεται σε φρέσκο έλαιο, προσφέρει, ανάλογα με το είδος του ελαίου, από 13,5 έως 85,7 mg φυτοστερολών. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ΗΠ (34,3%) καλύπτεται όταν ακολουθείται η μέθοδος του βαθέως τηγανίσματος και χρησιμοποιείται βαμβακέλαιο ενώ το μικρότερο (5,4%), όταν ακολουθείται η μέθοδος του ρηχού τηγανίσματος και χρησιμοποιείται ηλιέλαιο.
- Όταν η μερίδα τηγανητών πατατών που καταναλώνεται έχει τηγανιστεί σε οχτώ φορές τηγανισμένο έλαιο οι ποσότητες φυτοστερολών που μπορεί να προσφέρει στον καταναλωτή της κυμαίνονται από 3,2 σε 64,8 mg. Και σε αυτή τη περίπτωση το μεγαλύτερο ποσοστό της ΗΠ (25,9%) καλύπτεται μέσω του βαθέως τηγανίσματος και της χρήσης βαμβακελαίου. Το μικρότερο ποσοστό (1,2%) όμως αυτή τη φορά αντιστοιχεί στο ρηχό τηγάνισμα και στο φοινικέλαιο.

Βιβλιογραφία

1. Μπόσκου Δ. *Χημεία τροφίμων*. Εκδόσεις Γαρταγάνη: Θεσσαλονίκη 1997.
2. Joana S. Amaral, Susana Casal, Jose A. Pereira, Rosa M. Seabra, Beatritz P.P. Oliveira. *Determination of sterol and fatty acid compositions, oxidative, stability, and nutritional value of six walnut cultivars grown in Portugal*. J Agric. Food Chem. 2003.
3. Thomas H.J. Beveridge, Thomas S.C. Li and John C.G. Drover *Phytosterol content in American ginseng seed oil*. J Agric. Food Chem. 2002.
4. Boskou D. *Olive oil composition. In olive oil. Chemistry and technology*, ed. D. Boskou champaign, IL: AOCS Press 1996;52-83.
5. Patterson HBW. *Handling and storage of oilseeds, oils, fats and meal*. Elsevier applied science London 1989.
6. Kirck RS, Sawyer R. *Pearson's composition and analysis of foods*. Ninth edition Longman, Edimburg Gate 1991.
7. Μπαλατσούρας ΓΔ. *Σύγχρονη ελαιοκομία* (το ελαιόδεντρο-το ελαιόλαδο-η επιτραπέζια ελιά) Τόμος II *Το ελαιόλαδο*, Αφοι Φραγκούδη, Αθηνά 1997.
8. Plat J, Kerckhoffs DA, Mensink RP. *Therapeutic potential of plant sterols and stanols*. Curr Opin Lipidol 2000;1:571-576.
9. Jones PJ, MacDougall DE, Ntanios F, Vanstone CA. *Dietary phytosterols as cholesterol-lowering agents in humans*. Can J Physiol Pharmacol 1997;75:217-27.
10. Law MR. *Plant sterol and stanol margarines and health*. West J Med 2000;173:43-47.

11. Pelletier X, Belbraouet S, Mirabel D. *A diet moderately enriched in phytosterols lowers plasma cholesterol concentrations in normocholesterolemic humans.* Ann Nutr. Metab. 1995;39:291-295.
12. Klippel KF, Hiltl DM, Schipp B. *A multicentric, placebo-controlled, double-blind clinical trial of beta-sitosterol (phytosterol) for the treatment of benign prostatic hyperplasia.* German BPH-phyto study group. Br J Urol 1997;80:427-432
13. Wilt TJ, MacDonald R, Ishani A. *Beta-sitosterol for the treatment of benign prostatic hyperplasia: a systematic review.* BJU Int 1999;83:976-983.
14. Awad AB, Chen YC, Fink CS, Hennessey T. *Beta-sitosterol inhibits HT-29 human colon cancer cell growth and alters membrane lipids.* Anticancer Res 1996;16:2797-2804.
15. de Stefani E, Boffetta P, Ronco AL. *Plant sterols and risk of stomach cancer: a case-control study in Uruguay.* Nutr.Cancer 2000;37:140-144.
16. Edward G. Perkins, Michael D. Erickson. *DEEP FRYING. Chemistry, nutrition and practical applications.* AOCS Press Champaign, Illinois, 1996
17. Jensen B. *Food that heal.* Ed.Dioptra London 1998:26-88.
18. Mindell E. *Foods as medicine.* Ed Pataki, New York 2002:47-96.
19. Carper J. *The food pharmacy.* Ed, Modern Times, New York 2004:37-63.
20. Mintel International group. *Adult snacks.* Mintel International group: London, 1995.
21. Bogнар A. *Comparative study of frying to other cooking techniques influence on the nutritive value.* Grassas Aceites 1998;49:250-260.
22. McSavage J, Trevisan S. *The use and abuse of frying oil.* Food Serv. Technol (Editorial) 2000;1:85-92.
23. Ανδρικόπουλος ΝΚ. *Οργανική Χημεία και Δομική Βιοχημεία.* Τόμος Ι Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα 1998.

24. Ανδρικόπουλος ΝΚ. *Χημεία και τεχνολογία τροφίμων*. Τόμος Ι Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα 1998.
25. Von Holtz RL, Fink CS, Awad AB. *Beta-sitosterol activates the sphigomyelin cycle and induces apoptosis in LNCaP human prostate cancer cells*. Nutr Cancer 1998;32:8-12.
26. Califano AN, Carvello G. *Thermal conductivity of potato between 50 and 100*. C.J Food Sci 1999;56(2):586-589.
27. Fillion L, Henry CJK. *Nutrient losses and gains during frying: a review*. Int Journal Food Sci Nutr 1998;49:157-168.
28. Andrikopoulos NK, Tzamtzis VA, Giannopoulos GA, Kalantzopoulos GK & Demopoulos CA. *Deterioration of some vegetable oils. I. During heating or frying of several foods*. Rev Fr Corps Gras 1989;36:127-129.
29. Van de Vijver LPL, Kardinaal AFM, Couet C, Aro A, Kafatos A, Steingrimsdottir L, Amorin Cruz JA, Moreiras O, Becker W, Van Amelsvoort, Vidal-Jessel S, Salminen I, Moschanreas J, Sigfusson N, Martins I, Carbajal A, Ytterfors A, Van Poppel G. *Association between trans fatty acid intake and cardiovascular risk factors in Europe: the TRANSFAIR study*. Eur J Clin Nutr 2000;54:126-135.
30. Gall KL, Orwell Ja, Koburger JA, Appledorf H. *Effects of four cooking methods on the proximate mineral and fatty acid composition of fish fillets*. J Foods Sci 1983;48:1068-1074.
31. Bergstrom L. *Nutrient losses and gains in the preparation of food. EUROFOOD-ENFANT Project*. National Food Administration Uppsala 1995;9.
32. McDonough C, Gomez MH, Lee JK, Wanishka RD, Rooney LW. *Enviromental scanning electron microscopy evaluation of tortilla chip microstructure during deep fat frying*. Food Sci 1993;58:199-203.

33. Moreira RG, Sun X, Chen Y. *Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep fat frying*. J Food Engineer 1997;31(4):485-498.
34. Makinson JH, Greenfield ML, Wong ML, Wills RBH. *Fat uptake during fat frying of coated and uncoated foods*. J Food Comp Anal 1987;93-101.
35. Andrikopoulos NK, Dedoussis GVZ, Falirea A, Kalogeropoulos N, Hatzinikola HS. *Deterioration of natural antioxidant species of vegetable edible oils during the domestic deep-frying and pan-frying of potatoes*. Int J Food Sci Nutr 2002;53:351-363.
36. Goburdhum D, Jhurree B. *Effect of deep frying on fat oxidation in soybean oil*. Int J Foods Scii Nut 1995;46:363-371.
37. Greenfield H, Makinson J, Wills RBH. *Lipids in French fries a retail and laboratory study*. J Food Technol 1984;19(2):239-245.
38. Sebedio J-L, Bonpunt A, Grandgirard A, Prevost J. *Deep-fat frying of frozen prefried French fries: influence of the amount of linolenic acid in the frying*. Anal Food Chem 38(9):1862-1867.
39. Mai J, Shimp J, Weihrauch J, Kinsela JE. *Lipid of fish fillets: changes following cooking by different methods*. J Food Sci 1978;43:1669-1674.
40. Varela G, Ruiz-Roso B. *Some effects of deep-frying on dietary fat intake*. Nutr Rev 1992;50:256-262.
41. http://en.wikipedia.org/wiki/sunflower_oil.
42. National Sunflower Association, <http://www.sunflowernsa.com/oil/>.
43. Law M. Plant sterol and stanol margarines and health. BMJ:2000;320:861-864.
44. Warner Kathleen. *Chemistry of frying oils*. US Department of Agriculture, Peoria Illinois
45. http://en.wikipedia.org/wiki/Deep_frying

46. http://en.wikipedia.org/wiki/Pan_frying
47. Vitrac O, Trystram G, Paolt-Wack A. *Deep frying of food: transfer (heat and mass), transformations and reactions inside the material*. 3rd International symposium on deep frying. Hagen, Germany 2000
48. Nick Kalogeropoulos N., Grigorakis D., Anastasia Mylona Angeliki Falirea, Nikolaos k. Andrikopoulos. *Dietary evaluation of vegetables pan-fried in virgin olive oil following the Greek traditional culinary practice*. Ecology of Food and Nutrition, 45: 105–123, 2006

