



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Προσδιορισμός Λιπαρών Οξέων και εκτίμηση της  
ποιότητας λίπους σε αρτοσκευάσματα  
(της πόλης της Καβάλας)**

**ΕΥΜΟΡΦΙΑ ΓΙΑΝΝΑΚΗ  
ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΠΟΥΛΗ**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2009**

**Προσδιορισμός Λιπαρών Οξέων και εκτίμηση της ποιότητας λίπους  
σε αρτοσκευάσματα (της πόλης της Καβάλας)**

Ευμορφία Γιαννάκη  
Αικατερίνη Πουλή

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης (ΑΤΕΙ)  
Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη ΤΘ 141

Υποβολή Πτυχιακής διατριβής που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή Πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

**Ημερομηνία Παρουσίασης**

**Εισηγητής: Δημήτριος Τριανταφύλλου**

## Προσδιορισμός Λιπαρών Οξέων και εκτίμηση της ποιότητας λίπους σε αρτοσκευάσματα (της πόλης της Καβάλας)

Ευμορφία Γιαννάκη

Αικατερίνη Πουλή

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης (ΑΤΕΙ) Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη ΤΘ 141,

### Περίληψη

Στην παρούσα εργασία αναλύθηκαν ως προς την σύσταση τους σε λιπαρά οξέα 14 δείγματα μπισκότων της αγοράς της πόλης της Καβάλας με την αέρια χρωματογραφία. Από τα 14 συνολικά δείγματα μπισκότων τα επτά δείγματα προέρχονται από τα αρτοποιεία και τα υπόλοιπα επτά από ζαχαροπλαστεία.

Από την ανάλυση προέκυψαν τα εξής: Στα δείγματα αρτοσκευασμάτων της κατηγορίας «αρτοποιεία» οι συγκεντρώσεις των ολικών κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα παρουσιάζοντας μεγάλη διακύμανση τιμών από 46,9 - 82,1%. Οι περιεκτικότητες των μονοακόρεστων (MUFA) και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυμάνθηκαν επίσης σε μεγάλο εύρος τιμών από 6,8 - 40, 8% και 5,5 - 42,7% αντίστοιχα.

Παρόμοια εικόνα εμφανίζουν και τα δείγματα αρτοσκευασμάτων της κατηγορίας «ζαχαροπλαστεία» όπου η περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA) κυμαίνεται από 38,2% - 86,4%, των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) από 8,9% - 37,2% και των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) από 4,4% - 28,4%.

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των λιπαρών οξέων στα δείγματα αρτοσκευασμάτων που προέρχονται από αρτοποιεία και ζαχαροπλαστεία.

Η ποιότητα του λίπους που αφορά τη σχέση SFA/MUFA/PUFA τόσο στα αρτοποιεία (5/2,3/1) όσο και στα ζαχαροπλαστεία (6,1/1,8/1) διαφέρει πολύ από την διατροφικά προτεινόμενη αναλογία 1/2/1 ή 1/1/1.

Για όσα δείγματα υπολογίστηκε η σχέση ω-6/ω-3 λιπαρά οξέα (8,89 έως 13,27 για τα αρτοποιεία και 11,3 έως 34,5 για τα ζαχαροπλαστεία) παρατηρήθηκε ότι απέχει πολύ από την προτεινόμενη αναλογία 1/1 έως το πολύ 5/1.

Σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με ανάλογες έρευνες άλλων χωρών έδειξαν ότι η περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA) κυμαίνεται είτε σε παρόμοια επίπεδα (Ισπανία, Ιταλία και Ν. Ζηλανδία) είτε σε πολύ διαφορετικά (Τουρκία, Βραζιλία). Όσον αφορά τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFA), οι περιεκτικότητες κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα με αυτά της έρευνας της Ισπανία και της Ν. Ζηλανδίας, ενώ διαφορετικές περιεκτικότητες παρατηρήθηκαν στην Τουρκία, στην Ιταλία, και στην Βραζιλία.

Τέλος οι περιεκτικότητες σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) είναι σε παρόμοια επίπεδα με αυτά της Ιταλίας, ενώ σε Τουρκία, Ισπανία, Ν. Ζηλανδία και Βραζιλία παρατηρήθηκαν περιεκτικότητες σε διαφορετικά επίπεδα.

Λέξεις κλειδιά: Αρτοσκευάσματα, ποιότητα λίπους, λιπαρά οξέα

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	2
2.1 Τα μπισκότα ως τρόφιμα.....	2
2.1.1 Συστατικά μπισκότων.....	2
2.1.2 Φυσικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά των μπισκότων.....	7
2.1.3 Στάδια παρασκευής.....	8
2.2 Κατανάλωση μπισκότων στην Ελλάδα.....	11
2.3. Λίπη και έλαια.....	13
2.3.1 Ιδιότητες λιπών και ελαίων.....	13
2.3.2 Τριγλυκερίδια.....	15
2.3.3 Τα φωσφολιπίδια.....	16
2.3.4 Τα γλυκεροφωσφολιπίδια.....	17
2.3.5 Οι σφιγγομυελίνες.....	18
2.3.6 Τα γλυκολιπίδια.....	19
2.3.7 Τα γλυκερογλυκολιπίδια.....	19
2.3.8 Τα σφιγγογλυκελιπίδια.....	19
2.3.9 Οι προσταγλαδίνες.....	20
2.3.10 Οι στερόλες.....	20
2.3.11 Τα χολικά οξέα.....	21
2.3.12 Οι κήροι.....	21
2.3.13 Τα παράγωγα του ισοπρενίου.....	21
2.3.14 Λιπαρά οξέα.....	21
2.3.14.1 Ιδιότητες των λιπαρών οξέων.....	21
2.3.14.2 Κορεσμένα και ακόρεστα λιπαρά οξέα.....	28
2.3.14.3 Απαραίτητα λιπαρά οξέα.....	30
2.3.14.4. Μεταβολισμός λιπαρών οξέων.....	31
2.3.14.4.1 Τα λιπαρά οξέα συντίθεται και αποικοδομούνται από διαφορετικές πορείες.....	32
2.3.14.4.2 Η οξείδωση των κορεσμένων λιπαρών οξέων.....	33
2.3.14.4.3 Η οξείδωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων.....	33
2.4. Αλλοιώσεις λιπών και ελαίων.....	34

2.4.1	Επεξεργασία λιπών και ελαίων .....	37
2.5.	Λιπαρά οξέα και υγεία .....	39
2.5.1	Λιπαρά οξέα και μεταβολισμός της χοληστερόλης.....	39
2.5.2	Κορεσμένα λιπαρά οξέα .....	40
2.5.2.1	Κορεσμένα λιπαρά οξέα και καρδιαγγειακά.....	40
2.5.2.2	Κορεσμένα λιπαρά οξέα και καρκίνος .....	41
2.5.3	Trans λιπαρά οξέα (TFA).....	42
2.5.3.1	Trans λιπαρά οξέα και καρδιαγγειακά.....	42
2.5.3.2	Trans λιπαρά οξέα και καρκίνος .....	46
2.5.3.3	Trans λιπαρά οξέα και διαβήτης .....	47
2.5.4	Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα .....	49
2.5.5	Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα.....	49
2.5.5.1	$\omega$ -6 λιπαρά οξέα .....	50
2.5.5.2	$\omega$ -3 λιπαρά οξέα .....	50
2.5.6	Κατανάλωση λιπαρών οξέων σύμφωνα με την TRANSFAIR Έρευνα ..	52
3.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	64
3.1	Υλικά .....	64
3.1.1	Δείγματα μπισκότων.....	64
3.1.2	Αντιδραστήρια.....	65
3.2	Μέθοδοι.....	65
3.2.1	Εκχύλιση λίπους.....	66
3.2.1.1	Απομόνωση της λιπαρής φάσης.....	66
3.2.2	Μετεστεροποίηση λιπαρών οξέων .....	67
3.2.3	Προσδιορισμός λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία.....	68
3.2.3.1	Συνθήκες λειτουργίας της αέριας χρωματογραφίας κατά τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων των δειγμάτων .....	71
3.2.3.2	Συνθήκες λειτουργίας αέριου χρωματογράφου .....	71
3.2.3.3	Χρωματογραφική στήλη.....	72
3.2.4	Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.....	72
4.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	74
4.1	Περιεκτικότητα λιπαρών οξέων σε δείγματα αρτοσκευασμάτων από την κατηγορία «Αρτοποιεία».....	74
4.2	Περιεκτικότητα λιπαρών οξέων σε δείγματα αρτοσκευασμάτων από την κατηγορία «Ζαχαροπλαστική».....	77

4.3 Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.....	80
4.3.1 Έλεγχος για τα λιπαρά οξέα από C 4:0 -C 14:0 (Βουτυρικό, Καπρονικό, Καπρίλικό, Καπρινικό & Λαουρικό οξύ) .....	80
4.3.2 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 16:0 (Παλμιτικό οξύ) .....	80
4.3.3 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 16:1 (Παλμιτελαϊκό οξύ).....	80
4.3.4 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 18:0 (Στεατικό οξύ) .....	81
4.3.5 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 18:1 cis (Ελαϊκό οξύ) .....	81
4.3.6 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 18:2 cis (Λινελαϊκό οξύ) .....	82
4.3.7 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 18:3(Λινολενικό οξύ).....	82
4.3.8 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 20:0 (Αραχιδικό οξύ) .....	82
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .....	83
5.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων της εργασίας.....	83
5.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με αποτελέσματα άλλων ερευνών .....	85
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	87
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	88

## ΠΙΝΑΚΕΣ

Σελίδα

Πίνακας 1: Εγχώρια φαινομενική κατανάλωση μπισκότων την περίοδο 1990-2005, σε τόνους.....	13
Πίνακας 2: Σύνθεση σε λιπαρά οξέα διαφόρων τριγλυκεριδίων (Mole %). .....	16
Πίνακας 3: Εμπειρικά ονόματα των φωσφολιπιδίων.....	17
Πίνακας 4: Δομές των κυριότερων λιπαρών οξέων.....	22
Πίνακας 5: Αφομοίωση λιπαρών υλών από τον άνθρωπο. ....	23
Πίνακας 6: Λιπαρά οξέα – δομή, λειτουργίες και πηγές.....	24
Πίνακας 7: Περιεκτικότητα (%β/β) λιπαρών οξέων σε έλαια φυτικής προέλευσης στην Αυστρία. ....	25
Πίνακας 8: Περιεκτικότητα % λιπαρών οξέων σε έλαιο ινδικής καρύδας και φοινικέλαιο. ....	26
Πίνακας 9: Περιεκτικότητα (%β/β) λιπαρών οξέων σε μερικές φυσικές λιπαρές ύλες.....	27
Πίνακας 10: Περιεκτικότητα(%β/β) λιπαρών οξέων σε μερικές φυσικές λιπαρές ύλες(συνέχεια).....	28
Πίνακας 11: Περιεκτικότητα σε τοκοφερόλες ορισμένων λιπαρών υλών. ....	36
Πίνακας 12: Εκτιμήσεις της μείωσης του κινδύνου για ισχαιμία σε σχέση με τη μείωση της ολικής χοληστερόλης σε ανθρώπους ηλικίας 60 χρονών.....	45
Πίνακας 13: Τα επίπεδα λιπιδίων και λιποπρωτεϊνών μετά από κατανάλωση ελαϊκού οξέος,trans και κορεσμένων λιπαρών οξέων. ....	48
Πίνακας 14: Τα επίπεδα λιπιδίων και λιποπρωτεϊνών μετά από κατανάλωση λινελαϊκού, trans και στεατικού οξέος. ....	48
Πίνακας 15: Διατροφικές συστάσεις Trans και κορεσμένων λιπαρών οξέων στις ΗΠΑ. ....	51
Πίνακας 16: Περιεκτικότητα λιπαρών οξέων (ποσοστό %) σε λίπη και έλαια της Ελλάδας. ....	52
Πίνακας 17: Συμβολή (%) των μπισκότων στην πρόσληψη λίπους κατά την TRANSFAIR έρευνα σε ευρωπαϊκές χώρες.....	55
Πίνακας 18: Συμβολή (%) των λιπών και ελαίων στην πρόσληψη λιπαρών οξέων και ολικού λίπους κατά την TRANSFAIR έρευνα σε ευρωπαϊκές χώρες. ....	56
Πίνακας 19: Ημερήσια κατανάλωση ολικού λίπους και trans λιπαρών οξέων (g/μεθυλεστέρον/ημέρα) ανάμεσα σε άνδρες από διαφορετικές χώρες κατά την	



TRANSFAIR έρευνα σε Ευρωπαϊκές χώρες. ....	57
Πίνακας 20: Ημερήσια κατανάλωση ολικού λίπους και trans λιπαρών οξέων (g/μεθυλεστέρων/ημέρα) ανάμεσα σε γυναίκες από διαφορετικές χώρες κατά την TRANSFAIR έρευνα σε Ευρωπαϊκές χώρες. ....	58
Πίνακας 21: Σύσταση λιπαρών οξέων (% μεθυλικών εστέρων) σε μπισκότα σε διάφορες χώρες. ....	60
Πίνακας 22: Δείγματα μπισκότων κατηγορία «ΑΡΤΟΠΟΙΕΙΑ». ....	64
Πίνακας 23: Δείγματα μπισκότων κατηγορία «ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΕΙΑ». ....	64
Πίνακας 24: Αναλογία NaOH και BF <sub>3</sub> -MeOH που πρέπει να προστίθονται ανάλογα με την ποσότητα του λίπους. ....	68
Πίνακας 25: Περιεκτικότητες λιπαρών οξέων σε αρτοσκευάσματα αρτοποιείων. ....	74
Πίνακας 26: Περιεκτικότητες λιπαρών οξέων σε αρτοσκευάσματα ζαχαροπλαστέων. ....	77
Πίνακας 27: Περιεκτικότητα σε κορεσμένα, μονοακόρεστα, πολυακόρεστα λιπαρά οξέα σε δείγματα αρτοσκευασμάτων από διάφορες χώρες. ....	85

## ΣΧΗΜΑΤΑ

	Σελίδα
Σχήμα 1: Δομή τριγλυκεριδίων.....	15
Σχήμα 2: Η φωσφορική ρίζα.....	16
Σχήμα 3: Οι συντακτικοί τύποι ορισμένων αλκοολών.....	17
Σχήμα 4: 3-8η-Φωσφατιδικά οξέα .....	17
Σχήμα 5: Η σφιγγοσύνη.....	18
Σχήμα 6: Το κεραμίδιο .....	18
Σχήμα 7: Η σφιγγομυελίνη .....	19
Σχήμα 8: Γλυκερό - γλυκό - λιπίδιο .....	19
Σχήμα 9: Σφιγγο - γλυκό - λιπίδιο.....	19
Σχήμα 10: Το ισοπρένιο .....	21
Σχήμα 11: Μεταβολικές συνθέσεις από τα απαραίτητα λιπαρά οξέα.....	31
Σχήμα 12: Υδρόλυση τριγλυκεριδίων .....	34
Σχήμα 13: Τυπικό διάγραμμα ροής σε αναλυτικό αέριο χρωματογράφο .....	69
Σχήμα 14: Απεικόνιση του σημείου εισόδου του υγρού δείγματος στον αέριο χρωματογράφο. ....	70

## ΓΡΑΦΗΜΑ

	Σελίδα
Γράφημα 1: Μέσοι όροι λιπαρών οξέων σε αρτοσκευάσματα αρτοποιείων.....	76
Γράφημα 2: Μέσοι όροι λιπαρών οξέων σε αρτοσκευάσματα ζαχαροπλαστέων .....	79

## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Τα αρτοσκευάσματα αποτελούν ένα είδος τροφίμου της κατηγορίας «σνακ» που καταναλώνεται ευρύτατα από όλο τον πληθυσμό τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως.

Η ετήσια κατανάλωση μπισκότων στην Ελλάδα το 2005 ήταν 25.600 τόνοι, ενώ από το 1990 έχει παρατηρηθεί ανοδική πορεία (22.350 τόνοι) (ICAP, 2006). Σημαντικό συστατικό τους είναι το λίπος που χρησιμοποιείται κατά την παρασκευή τους. Είναι πολύ σημαντικό για κάθε καταναλωτή να γνωρίζει την ποιότητα του λίπους που προκύπτει από την περιεκτικότητα των αρτοσκευασμάτων σε λιπαρά οξέα, αφού η κακή ποιότητα του λίπους έχει συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο ασθενειών όπως η παχυσαρκία και τα καρδιαγγειακά νοσήματα.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός λιπαρών οξέων σε δείγματα αρτοσκευασμάτων αρτοποιείων και ζαχαροπλαστείων της πόλης της Καβάλας με τη χρήση της αέριας χρωματογραφίας και ο σχολιασμός της ποιότητας του λίπους που προσδιορίζεται σε αυτά. Στο τέλος της εργασίας γίνεται σχολιασμός των ευρημάτων της παρούσας εργασίας με αυτά άλλων χωρών.

## **2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

### **2.1 Τα μπισκότα ως τρόφιμα**

Τα μπισκότα ως τρόφιμα έχουν μακρά ιστορία. Ήδη από το 8000 π.Χ. εμφανίζεται μια πρώτη μορφή μπισκότου, ένα αποξηραμένο μείγμα δημητριακών. Το 2500 π.Χ. περίπου πρώτοι οι Αιγύπτιοι συνέλαβαν την ιδέα να ψήνουν τα μπισκότα και οι Ρωμαίοι πρώτοι προχώρησαν σε διπλό ψήσιμο των γλυκών τους, ώστε να διατηρούνται περισσότερο και να διευκολύνεται έτσι η τροφοδοσία των λεγεώνων τους. Η ονομασία "bis-cuit" (μπισκότο) σημαίνει "διπλό-ψημένο".

Μέχρι τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, συναντούμε δύο είδη μπισκότων: τα απλά και ξηρά, τα οποία διατηρούνταν περισσότερο και είχαν διατροφικά οφέλη, και τα μπισκότα που προορίζονταν για την υψηλή κοινωνία και κυκλοφορούσαν σε μεγάλη ποικιλία.

Μόλις το 1850 αναπτύχθηκε η μαζικότερη παραγωγή των μπισκότων, με την χρησιμοποίηση αποδοτικών μηχανών. Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκε η μείωση των τιμών και τα μπισκότα έγιναν προσιτά στο ευρύ κοινό.

Το μικρό τους βάρος, η μεγάλη ενεργειακή τους πυκνότητα και η ποικιλία στη σύνθεσή τους, προσφέρουν μεγάλη ευελιξία και καλύπτουν ένα εκτεταμένο πεδίο κατανάλωσης.

#### **2.1.1 Συστατικά μπισκότων**

Τα συστατικά που μαλακώνουν την υφή της ζύμης των μπισκότων είναι η ζάχαρη και τα σιρόπια, ο κρόκος των αυγών, η αμμωνία, η σόδα και τα λοιπά χημικά διογκωτικά μέσα, το άμυλο και το λίπος. Τα συστατικά που σκληραίνουν την υφή είναι το νερό, το κακάο, τα ασπράδια των αυγών, ολόκληρα αυγά, τα στερεά του γάλακτος και τα οξέα. Οι αρωματικές ύλες δεν χρησιμοποιούνται συνήθως σε μεγάλες ποσότητες ώστε να επηρεάσουν την υφή. Το αλάτι θεωρείται ότι αυξάνει τη συνεκτικότητα. Παρακάτω παρατίθενται στοιχεία για τη σημασία των συστατικών των μπισκότων:

#### **• Αλευρα**

Για την παρασκευή μαλακών μπισκότων χρησιμοποιείται δυνατό αλεύρι. Το δυνατό αλεύρι είναι ακατάλληλο για τη παρασκευή μαλακών μπισκότων γιατί παρεμποδίζει το άπλωμα της ζύμης, και την κρατάει συνεκτική και σφιχτή, με

αποτέλεσμα τα μπισκότα να έχουν μικρότερη επιφάνεια και μικρότερο πάχος σε σύγκριση με άλλα που προέρχονται από αδύνατο αλεύρι. Η επιφάνεια των μπισκότων από αδύνατο αλεύρι έχει τη χαρακτηριστική χονδρόκοκκη υφή, ενώ από δυνατό αλεύρι τη λεία. Η περιεκτικότητα πρωτεΐνης του αλεύρου είναι 8-13%.

#### • Λίπος

Αναφέρεται ότι η ιδανική σχέση λίπους και ζάχαρης, στα 100 μέρη αλευριού, έχει ως εξής:

- Μπισκότα που σχηματίζονται με κοπή, χρειάζονται 15% λίπος και όχι καθορισμένη αναλογία ζάχαρης.
- Μπισκότα που σχηματίζονται σε καλούπια χρειάζονται 30% λίπος και 30%ζάχαρη.
- Μπισκότα που σχηματίζονται με εξώθηση, χρειάζονται 50% λίπος και 50% ζάχαρη.

Κατά την ανάμιξη των συστατικών της ζύμης, αν το λίπος επικαλύψει τα σωματίδια του αλεύρου πριν αυτά ενυδατωθούν, εμποδίζεται η ανάπτυξη του γλουτεϊνικού πλέγματος. Όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα σε λίπος τόσο μαλακότερη γίνεται η ζύμη και μειώνεται η συνοχή της %. Υπερβολική ποσότητα λίπους μπορεί να δημιουργήσει ένα προϊόν που λαδώνει εύκολα και είναι ευαίσθητο στην τάγγιση.

Το λίπος χρησιμοποιείται στη ζύμη, στην επιφάνεια των μπισκότων με ψεκασμό, στην κρέμα γεμίσματος των μπισκότων και στην επικάλυψη αυτών. Στις ζύμες, έχουμε τη παρουσία του λίπους ως μίγμα βουτύρου που επιδρά στην υφή των μπισκότων, κάνοντας τα λιγότερο σκληρά (Faridi, 1994).

Λίπη που χρησιμοποιούνται συνήθως για την παρασκευή μπισκότων είναι:

**Το λίπος βοοειδών**, έχει ανοιχτό κίτρινο χρωματισμό εξαιτίας των καροτινοειδών που προέρχονται από την ζωοτροφή. Είναι εύθρυπτο, εύθραυστο και τήκεται μεταξύ 45 και 50°C. Χρησιμοποιείται από τις βιομηχανίες μαργαρίνης και τις βιομηχανίες αρτοποιίας. Έχει τυπικό άρωμα και γεύση βοδινού και η περιεκτικότητά του σε ελεύθερα λιπαρά οξέα δεν υπερβαίνει το 1.5%.

**Το χοιρινό λίπος**, ονομάζεται λαρδί. Μετά το λίπος (βοδινό και πρόβειο) και το βούτυρο, το λαρδί είναι το ζωικό λίπος με τη μεγαλύτερη κατανάλωση. Σε σύγκριση με το βοδινό λίπος, το χοιρινό αποθηκευτικό λίπος περιέχει τα κορεσμένα

λιπαρά οξέα κυρίως στη θέση sn-2.

**Βούτυρο γάλακτος.** Το βούτυρο περιέχει 81-85% λίπος, 14-16% νερό, 0.5-4% στερεά άνευ λίπους και 1.2% NaCl, όταν πρόκειται για αλατισμένο βούτυρο. Είναι ένα γαλάκτωμα, η συνεχής φάση του οποίου είναι υγρό λίπος γάλακτος μέσα στο οποίο είναι παγιδευμένοι κρυσταλλωμένοι κόκκοι λίπους, σταγονίδια νερού και αεροφουσαλίδες. Η συνεκτικότητα του βουτύρου καθορίζεται από την αναλογία ελεύθερου υγρού λίπους προς το στερεό λίπος. Τα προϊόντα που προέρχονται από βούτυρο είναι:

**Το τηγμένο βούτυρο,** περιέχει τουλάχιστον 99.3% λίπος γάλακτος.

**Διαχωρισμένο βουτυρολίπος.** Το βούτυρο διαχωρίζεται με κλασματική κρυστάλλωση σε κλάσματα χαμηλού και υψηλού σημείου τήξης.

**Μείγματα με φυτικά λάδια «butterine».** Τα προϊόντα αυτά έχουν ικανότητα επάλειψης.

**Το βούτυρο κακάο (έλαια πλούσια σε παλμιτικό και στεατικό οξύ).** Το βούτυρο και τα λίπη του κακάο (στερεά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος), ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία με τα τελευταία να αναφέρονται ως υποκατάστατα του βουτύρου κακάο. Είναι σχετικά σκληρά και έχουν αρκετές κρυσταλλικές μορφές (πολυμορφικά). Το λιώσιμο του βουτύρου κακάο στο στόμα συνοδεύεται από μια ευχάριστη αίσθηση δροσιάς. Αυτό χαρακτηρίζει μερικούς μόνο τύπους τριγλυκερολών που βρίσκονται σε λίπη που περιέχουν κυρίως παλμιτικό, ελαϊκό και στεατικό οξύ. Το φύτρο του περιέχει μέχρι και 50-58% του λίπους, το οποίο παραλαμβάνεται ως παραπροϊόν κατά την παρασκευή του κακάο.

**Το ελαιόλαδο,** παραλαμβάνεται από την ελαιοζύμη, (πολτό) του καρπού του ελαιόδεντρου. Πέρα από τις συνθήκες που χρησιμοποιούνται για την παραλαβή του ελαιόλαδου, η ποιότητα του εξαρτάται από την ωριμότητα του καρπού, (δεν προτιμούνται οι υπερώριμοι καρποί) και από την διάρκεια αποθήκευσης. Στα παρθένα ελαιόλαδα υπάρχει σχέση μεταξύ των οργανοληπτικών ιδιοτήτων και την περιεκτικότητα σε ελεύθερα λιπαρά οξέα.

**Βαμβακέλαιο.** Παραλαμβάνεται από τους σπόρους πολλών ποικιλιών βαμβακιού. Το φυτό αυτό καλλιεργείται ευρέως. Το ακατέργαστο λάδι είναι σκούρο, συνήθως σκούρο κόκκινο και έχει μια μοναδική οσμή. Περιέχει μια επικίνδυνη φαινόλη, την γκοσσυπόλη η οποία απομακρύνεται κατά το ραφινάρισμα.

**Αραβοσιτέλαιο.** Όλα τα σιτηρά περιέχουν σημαντικές ποσότητες ελαίου στο φύτρο τους. Μπορούν να εξαχθούν μετά το διαχωρισμό του φύτρου κατά την

επεξεργασία των σιτηρών. Το αραβοσιτέλαιο είναι το πιο σημαντικό. Είναι κατάλληλο για την παρασκευή μαργαρίνης και μαγιονέζας αλλά χρησιμοποιείται κατά προτίμηση ως λάδι για σαλάτες και ως μαγειρικό λάδι.

**Σογιέλαιο**, το οποίο βρίσκεται αυτήν την στιγμή στην κορυφή της παγκόσμιας παραγωγής βρώσιμων ελαίων φυτικής προέλευσης. Το ραφιναρισμένο λάδι έχει ανοιχτό κίτρινο χρώμα και ήπια γεύση.

**Σησαμέλαιο**, αυτό το έλαιο παραλαμβάνεται από έναν αρχαίο ελαιόσπορο το οποίο καλλιεργείται ευρέως στην Ινδία, Κίνα, Ανατολική Αφρική. Στη ραφιναρισμένη του μορφή το λάδι είναι σχεδόν απόλυτα διάφανο και έχει καλή διατηρησιμότητα. Πέρα από μια σημαντική ποσότητα τοκοφερολών, περιέχει ακόμα ένα φαινολικό αντιοξειδωτικό, τη σησαμόλη.

**Κραμβέλαιο**, το οποίο παράγεται από τους σπόρους δυο ειδών *brassica*: το *B.napus* και το *B. Campestris*. Οι παλιές ποικιλίες κράμβης είχαν μεγάλες ποσότητες ερουκικού οξέος (45-50%κβ) το οποίο είναι επικίνδυνο για ανθρώπινη κατανάλωση. Έχουν αναπτυχθεί ποικιλίες με «μηδέν» ερουκικό οξύ (22:1<5% κβ), ονομαζόμενες *canola* ενώ πρόσφατα έχουν αναπτυχθεί ποικιλίες με «διπλό μηδέν», με χαμηλές συγκεντρώσεις σε ερουκικό, σε λάδι.

**Αραχιδέλαιο**. Η σύσταση του αραχιδέλαιου (φοινικέλαιου) σε λιπαρά οξέα επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την περιοχή όπου φυτρώνουν τα φιστίκια. Το περιεχόμενο σε αραχιδονικό (22:0), εικοσιενικό (20:1), βεχενικό (22:0), ερουκικό (22:1) και λιγνοκερικό (24:0) οξέα είναι χαρακτηριστικά του φυστικέλαιου ( Belitz et al., 2004).

**Το κοκκέλαιο**, (coconut oil) χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα στη παρασκευή μπισκότων τόσο ως λίπος ψεκασμού, όσο και στα γεμίσματα και στις επικαλύψεις. Το βούτυρο του κακάο είναι βασικό συστατικό των γεμισμάτων και επιχρισμάτων από σοκολάτα (Καζάζης,1994).

Όταν το βούτυρο και η μαργαρίνη (τα οποία είναι γαλακτώματα λίπους και γάλακτος μέσα στη φάση του νερού κατά 15-16%) χρησιμοποιούνται, συνήθως επεξεργάζονται σε θερμοκρασίες γύρω στους 18°C έτσι ώστε το γαλάκτωμα να μη σπάσει έντονα και τα κομμάτια που θα δημιουργηθούν, να μπορούν εύκολα να υποστούν μεταχείριση (Nibset, 1986).

- **Αυγά**

Όταν χρησιμοποιούνται ολόκληρα καταψυγμένα αυγά, σε σύγκριση με

αφυδατωμένα αυγά, τα πρώτα, δίνουν πολλές φορές καλύτερη δομή και υφή. Όταν χρησιμοποιούνται κρόκοι για μερική ή ολική αντικατάσταση των ολόκληρων αυγών, παρασκευάζεται ένα μαλακό προϊόν, με εξαιρετικές γενικά οργανοληπτικές ιδιότητες, ενδέχεται όμως η εσωτερική του δομή και υφή να μειονεκτεί, σε σύγκριση με προϊόντα που παρασκευάζονται με ολόκληρα αυγά.

#### • Γαλακτωματοποιητές

Οι γαλακτωματοποιητές που περιέχονται στα τρόφιμα δρουν με τους παρακάτω τρόπους:

1. Σταθεροποιούν το λάδι σε γαλακτώματα νερού.
2. Σταθεροποιούν το νερό σε γαλακτώματα λαδιού .
3. Τροποποιούν την κρυστάλλωση του λίπους
4. Τροποποιούν τη συνοχή της ζύμης, την κολλητικότητα και την όψη ζελέ του αμύλου σχηματίζοντας σύμπλοκα με άμυλο, πρωτεΐνες και σάκχαρα.
5. Λιπαίνουν ζύμες με χαμηλή σε λίπος περιεκτικότητα.

Οι κύριοι γαλακτωματοποιητές που χρησιμοποιούνται είναι η λεκιθίνη, τα μονό και διγλυκερίδια λιπιδίων, οι εστέρες πολυγλυκερόλης, οι εστέρες της σακχαρόζης και σορβιτόλης και άλλες ενώσεις (Faridi, 1994).

Η λεκιθίνη, ενεργεί βασικά σαν ομογενοποιητική ουσία. Αυξάνει την τάση του λίπους να καλύπτει ή να απλώνεται ανάμεσα σε ελάχιστα διωγραθέντα τεμαχίδια ζάχαρης, αλεύρου κλπ, τα οποία διαφορετικά θα απωθούσαν το λίπος. Επειδή επιταχύνει τη διασπορά των λιπόφιλων και υδρόφιλων συστατικών της ζύμης, μειώνεται ο χρόνος αναμίξεως.

Μεγάλες ποσότητες λεκιθίνης χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες τροφίμων που χρησιμοποιούν κακάο. Ελάχιστη ποσότητα λεκιθίνης μειώνει σημαντικά το ιξώδες της λιωμένης σοκολάτας, με αποτέλεσμα να φορμάρεται ευκολότερα η σοκολάτα και να απελευθερώνει γρήγορα τον παγιδευμένο αέρα (Καζάζης, 1994).

#### • Ζάχαρη

Η ποσότητα και ποιότητα των γλυκαντικών υλών στα μπισκότα έχουν σημαντικές επιδράσεις στις ρεολογικές ιδιότητες, στην υφή, εμφάνιση και γεύση των τελικών προϊόντων. Ακόμη, επηρεάζονται και οι μηχανικές ιδιότητες της ζύμης και η συμπεριφορά της κατά το ψήσιμο (Faridi, 1994). Για να ρυθμιστεί το άπλωμα και η μηχανική κατεργασία της ζύμης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ζάχαρη χοντρή,



λεπτή, άχνη ή και συνδυασμός τους. Ζύμη με λεπτότερη ζάχαρη, σε σύγκριση με χοντρότερη, χρειάζεται λιγότερη ανάμιξη και κολλάει λιγότερο στα τοιχώματα, ενώ αν χρησιμοποιηθούν σακχαρούχα σιρόπια, παρουσιάζονται αντίθετα αποτελέσματα. Υπερβολική ποσότητα ζάχαρης δημιουργεί σκλήρυνση στο προϊόν και υπερβολική γλυκύτητα.

#### • **Γάλα**

Διαπιστώθηκε ότι το καλύτερο ποσοστό σκόνης άπαχου γάλακτος για ενσωμάτωση στα μπισκότα είναι 5%. Με την προσθήκη γάλακτος, το επιφανειακό χρώμα βελτιώνεται και τα πρωτεϊνικά συστατικά, δεσμεύουν νερό και καθιστούν τη ζύμη πιο σφιχτή και πιο κολλώδη.

#### • **Αλάτι**

Στα περισσότερα μπισκότα προσθέτουμε 1-1.5 % αλάτι. Μερικοί προτείνουν μέχρι 3% του βάρους του λίπους. Στα ποσοστά αυτά δεν παρατηρείται καμία δυσάρεστη αλμυρή γεύση στα τελικά προϊόντα. Σε ζύμες με ξηρούς καρπούς μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μεγαλύτερη ποσότητα (Καζάζης,1994).

### **2.1.2 Φυσικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά των μπισκότων**

Μία λεπτομερής έρευνα πάνω στην επίδραση τριών συστατικών στη ζύμη για μπισκότα (ζάχαρη, λίπος και νερό) και στη περιεκτικότητα του αλεύρου σε πρωτεΐνη επέτρεψε τον καθορισμό των επιδράσεων τους κατά την ανάμιξη, την ρεολογική τους συμπεριφορά, το μέγεθος του μπισκότου μετά το ψήσιμο και τις μηχανικές τους ιδιότητες. Η προσθήκη της ζάχαρης στη φόρμουλα, μειώνει το ιξώδες της ζύμης καθώς και το χρόνο παραμονής της (relaxation time). Προάγεται το μήκος των μπισκότων και μειώνεται η συνεκτικότητα τους και το βάρος τους. Μπισκότα που είναι πλούσια σε ζάχαρη χαρακτηρίζονται από υψηλή κολλώδη κατασκευή. Η προσθήκη λίπους μαλακώνει τη ζύμη και μειώνει το ιξώδες της ζύμης, καθώς και το χρόνο παραμονής της ζύμης. Το λίπος ομοίως, συμβάλλει στην αύξηση του μήκους των μπισκότων και στη μείωση της συνεκτικότητας και του βάρους τους, τα οποία χαρακτηρίζονται από μία εύθραυστη κατασκευή, και τα οποία εύκολα σπάνε. Αύξηση της ποσότητας του νερού, οδηγεί σε σημαντική μείωση του ιξώδους της ζύμης και σε μικρή μείωση του χρόνου παραμονής. Τα μπισκότα διαστέλλονται κατά μήκος, με μικρότερη συνεκτικότητα. Τελικά,

μεταβάλλοντας την περιεκτικότητα της πρωτεΐνης στο αλεύρι μεταξύ 14-20% προκαλούνται μεγάλες αλλαγές, κατά το στάδιο της ανάμιξης, στις ρεολογικές ιδιότητες της ζύμης και στις διαστάσεις και στην υφή των μπισκότων (Zoulinkha et al., 1998).

### **2.1.3 Στάδια παρασκευής**

Στην κατηγορία των προϊόντων αρτοποιίας, τα μπισκότα αποτελούν μια ομάδα προϊόντων τα οποία περιέχουν αξιοσημείωτο ποσοστό λίπους και η τελική ποιότητα τους καθορίζεται άμεσα από τον τύπο του λίπους. Τα κύρια συστατικά είναι αλεύρι, ζάχαρη και λίπος (Wehrle et al., 1999). Γενικά, τα μπισκότα είναι προϊόντα που παρασκευάζονται από μαλακά και αδύνατα άλευρα με μικρή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (8-11%). Έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη και λίπος και χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό ( $13.5\% \pm 0.4\%$ ) οπότε, η ζύμη είναι συνεκτική κι εύπλαστη, χωρίς να λαμβάνει χώρα σχηματισμός γλουτεϊνικού πλέγματος (Faridi, 1994). Κατά την παρασκευή των μπισκότων απαιτούνται 12-22 μέρη νερού για κάθε 100 μέρη αλεύρου (Manley, 1991).

Οι μεταβολές της συγκέντρωσης των κυρίων συστατικών και το μεγάλο εύρος δευτερευόντων συστατικών, όπως αρωματικές ύλες και σοκολάτα, επιτρέπουν την παραγωγή μεγάλης ποικιλίας ειδών μπισκότων. Τα βασικά βήματα της επεξεργασίας είναι η ανάμιξη της ζύμης, η μορφοποίηση και το ψήσιμο.

Τα κύρια διαδοχικά στάδια κατά την παραγωγή απλών, σφαιρικών μπισκότων είναι η καταμέτρηση συστατικών, η ανάμιξη της ζύμης, η μορφοποίηση της ζύμης σε φύλλα, η ανάπαυση των φύλλων της ζύμης, η μορφοποίηση σε μπισκότα, το ψήσιμο, η ψύξη και συσκευασία των μπισκότων (Wehrle et al., 1999). Είναι οπωσδήποτε επιθυμητή η παρασκευή μπισκότων πανομοιότυπων διαστάσεων και σταθερού βάρους (Cronin & Preis, 2000).

#### **α) Η ανάμιξη:**

Για την ανάμιξη των συστατικών και τη παρασκευή της ζύμης υπάρχουν δύο μέθοδοι:

1. Η μέθοδος παρασκευής κρέμας.
2. Η μέθοδος ταυτόχρονης προσθήκης

Η μέθοδος παρασκευής κρέμας που χρησιμοποιείται είναι η κλασική μέθοδος παρασκευής ζύμης. Αναμιγνύεται πρώτα το λίπος και η ζάχαρη μέχρι να

σηματισθεί μια ομοιογενής κρέμα. Προστίθενται οι χρωστικές και τα αρτύματα. Κατά τη παρασκευή της κρέμας διαλύονται οι χημικές διογκωτικές ουσίες και το αλάτι σε μία ποσότητα νερού και προστίθενται μαζί με το γάλα. Μετά από σύντομη ανάμειξη προστίθεται το αλεύρι και κατά τη διάρκεια της αναμείξεως τους το υπόλοιπο νερό. Η ανάμειξη συνεχίζεται μέχρι να σχηματισθεί μία ζύμη με κατάλληλη συνεκτικότητα.

Στη μέθοδο ταυτόχρονης προσθήκης προστίθενται ταυτόχρονα όλα τα βασικά συστατικά και κατά τη διάρκεια της αναμείξεως τους προστίθενται το διάλυμα των διογκωτικών ουσιών, του αλατιού, των χρωστικών και των αρτυμάτων, όπως επίσης και το υπόλοιπο νερό. Με τη μέθοδο αυτή η ζύμη είναι πιο πυκνή και σφιχτή, σε σύγκριση με την προηγούμενη (Καζάζης, 1994).

Στο ζυμωτήριο όλα τα υλικά μαζί αναμιγνύονται και μετατρέπονται σε ζύμη. Η ζύμη αυτή πρέπει να παραμείνει συνήθως για μικρό διάστημα, ούτως ώστε να σταθεροποιηθεί και να μορφοποιηθεί. Για την παραγωγή τρυφερών μπισκότων είναι επιθυμητή ελάχιστη ανάπτυξη της γλουτένης, η οποία επιτυγχάνεται με τη διεξαγωγή της διαδικασίας της ανάμειξης σε δύο ή τρία στάδια (Faridi, 1994).

Κατά τη διάρκεια της ανάμειξης της ζύμης υπάρχει ένας ανταγωνισμός για την επιφάνεια γύρω από το αλεύρι μεταξύ της υδατικής και της λιπαρής φάσης. Το νερό ή το διάλυμα ζάχαρης αλληλεπιδρούν με τη πρωτεΐνη του αλευριού για τη δημιουργία της γλουτένης, η οποία συμβάλλει στη δημιουργία ενός συνεκτικού υλικού. Όταν μικρή ποσότητα λίπους σκεπάσει το αλεύρι, αυτή η διεργασία διακόπτεται με αποτέλεσμα τα μπισκότα μετά το ψήσιμο να εμφανίζονται λιγότερο σκληρά, μικρότερα και λειώνουν περισσότερο εύκολα στο στόμα. Όταν η περιεκτικότητα σε λίπος είναι υψηλή, η αίσθηση της λίπανσης μέσα στη ζύμη είναι τόσο έντονη ώστε να απαιτείται λίγο ή καθόλου νερό για την απόκτηση της επιθυμητής συνοχής και δημιουργείται λίγη ποσότητα γλουτένης (Nisbet, 1986).

Μετά την ανάμειξη, η ζύμη αφήνεται να μαλακώσει ή ζυμώνεται για ποικίλα χρονικά διαστήματα, 30 έως 45 λεπτά για τη ζύμη που προορίζεται για τη παρασκευή μπισκότων. Σε αυτό το στάδιο η ζύμη αναμιγνύεται είτε σε κλασικούς κάδους για αξονικούς αναμείκτες, είτε σε μεταφορικούς κάδους για υψηλής ταχύτητας αναμείκτες, ή σε συνεχείς αναμείκτες. Χωρίς αμφιβολία, οι καταλληλότεροι αναμείκτες για τη παρασκευή ζυμών θεωρούνται οι συνεχείς αναμείκτες (Faridi, 1994).

## **β) Η μορφοποίηση:**

Κατά τα στάδια της μορφοποίησης της ζύμης σε φύλλα και έπειτα σε μπισκότα, η ζύμη περνάει διαμέσου ενός ελασματοποιητή και μιας σειράς από κυλίνδρους μέτρησης ποσοτήτων και διαστάσεων κι έπειτα το κομμάτι ζύμης αποκόπτεται με τη βοήθεια μηχανής μορφοποίησης (Cronin & Preis, 2000). Για σκληρά μπισκότα, η ζύμη περνάει πάνω σε κυλιόμενη ταινία, μέσα από μεγάλους κυλίνδρους για να γίνει σε μορφή φύλλου. Μετά μπορεί να κοπεί στο επιθυμητό σχήμα. Για τα μαλακά μπισκότα, η διαδικασία είναι διαφορετική, το σχήμα ή μορφοποιείται σε καλούπι ή γίνεται από ένα μηχάνημα το οποίο εγχαράσσει το σχέδιο πάνω στο φύλλο ζύμης και στη συνέχεια το κόβει σε ανάλογο μέγεθος.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι για να δοθεί σχήμα στις ζύμες που προορίζονται για μπισκότα. Ανάλογα με τη διεργασία που χρησιμοποιείται, τα μπισκότα εντάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Μπισκότα εναποθέσεως και κοπής με σύρμα
- Μπισκότα που παίρνουν μορφή με κοπή
- Μπισκότα που παίρνουν μορφή με τη χρήση καλουπιών (Faridi,1994)

Στα μπισκότα εναποθέσεως και κοπής με σύρμα η ζύμη πρέπει να είναι τόσο συνεκτική, όσο χρειάζεται για να μπορεί να εξωθείται από το στόμιο και να μην είναι κολλώδης ώστε να κόβεται ομαλά με το σύρμα. Τα πλεονεκτήματα αυτών των προϊόντων, σε σύγκριση με τα μπισκότα που σχηματοποιούνται με καλούπια, είναι ότι έχουν περισσότερο ανοιχτή δομή και πιο μαλακή υφή. Τα μειονεκτήματα τους είναι ότι δεν υπάρχει δυνατότητα να γίνουν επιφανειακά σχέδια και επιπλέον έχουν μικρότερη ομοιομορφία ως προς το σχήμα και το μέγεθος.

Στα μπισκότα που παίρνουν μορφή με κοπή η ζύμη παίρνει τη μορφή φύλλου με ομοιόμορφο πάχος από το οποίο αποκόβονται τα μπισκότα με κυλινδρική ή οριζόντια μηχανή. Η μηχανή διαθέτει κοπτήρες κατάλληλων σχημάτων π/χ. κύκλων, παραλληλογράμμων, τριγώνων κλπ. Η ζύμη πρέπει να είναι σφιχτή και να έχει ικανοποιητική ελαστικότητα.

Στα μπισκότα που παίρνουν μορφή με τη χρήση καλουπιών η ζύμη πρέπει να έχει κατάλληλη συνεκτικότητα ώστε να γεμίζει αμέσως, τελείως και ομοιόμορφα τα καλούπια χωρίς η ζύμη να παρουσιάζει ελαστική επαναφορά στο αρχικό της σχήμα. Πρέπει επίσης να προσκολλάται καταρχάς στον κύλινδρο με τα καλούπια και στη συνέχεια να βγαίνει και να προσκολλάται στη μεταφορική ταινία χωρίς να σκίζεται ή να παραμορφώνεται. Η ζύμη γενικά πρέπει να είναι μαλακή με υψηλό

ποσοστό ζάχαρης και χαμηλή σε υγρασία και η ανάπτυξη της γλουτένης οπωσδήποτε δεν είναι επιθυμητή (Καζάζης, 1994).

**γ) Το ψήσιμο:**

Κατά τη διάρκεια του ψησίματος, η ζύμη των μπισκότων παρουσιάζει την τάση να απλώνεται. Τα ωμά μπισκότα τοποθετούνται σε φούρνο μήκους περίπου 60-100 μέτρων και ψήνονται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 200°C. Το χρονικό διάστημα ψησίματος κυμαίνεται από 5 έως 20 λεπτά, ανάλογα με το είδος του μπισκότου. Στη συνέχεια, τα μπισκότα αφήνονται να κρυώσουν πριν την επικάλυψη και τη διακόσμηση τους.

**δ) Η γέμιση:**

Η γέμιση ετοιμάζεται σε ειδικούς αναμείκτες και στη συνέχεια τοποθετείται μεταξύ δύο μπισκότων με ειδικό μηχάνημα σε μορφή σάντουιτς.

**ε) Επικάλυψη:**

Η επικάλυψη σοκολάτας, όπου είναι επιθυμητή, προετοιμάζεται σε ζεστά δοχεία (μέχρι 45°C). Στην υγρή σοκολάτα επάνω τοποθετείται το μπισκότο που αποκτά κατάλληλη εμφάνιση, οσμή και γεύση. Στη συνέχεια ψύχεται για μεγάλο χρονικό διάστημα ώστε η σοκολάτα να στερεοποιηθεί και να προσκολληθεί στο μπισκότο. Στα απλά μπισκότα προστίθεται επικάλυψη παραγώγων γάλακτος η οποία τους προσδίδει χρώμα και γυαλάδα.

**στ) Η συσκευασία:**

Η μηχανή που συσκευάζει τα μπισκότα έχει τη δυνατότητα να παίρνει τον ίδιο πάντα αριθμό μπισκότων ανά πακέτο και να τα κλείνει αεροστεγώς, διασφαλίζοντας τα από εξωτερικούς παράγοντες όπως υγρασία, οσμές κλπ. Ακολουθεί η τοποθέτηση των πακέτων σε χαρτοκιβώτια, ώστε να είναι έτοιμα για διανομή (Faridi, 1994).

## **2.2 Κατανάλωση μπισκότων στην Ελλάδα**

Η παραγωγή μπισκότων στην Ελλάδα, έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια, λόγω της αυξανόμενης ζήτησης των καταναλωτών. Έτσι, τα μπισκότα αποτελούν σημαντική πηγή λίπους. Το μέγεθος της εγχώριας αγοράς μπισκότων

κυμάνθηκε μεταξύ 22.000-25.600 τόνων ετησίως. Το 2005, η συνολική αγορά μπισκότων, σε αξία, εκτιμάται σε 130 εκ. €.

Οι εισαγωγές μπισκότων και συναφών ειδών αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής παρουσίασαν συνεχή ανοδική πορεία από το 2001 ως το 2005 (με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 15.6%). Το 2005 διαμορφώθηκαν σε 30.850 τόνους από το 17.102 τόνους το 2001, παρουσιάζοντας αύξηση κατά 78.8%. Η κυριότερη χώρα προέλευσης το 2005 ήταν η Γερμανία, η οποία κάλυψε το 35.4% των εισαγωγών από την Ε.Ε. και το 31.9% των συνολικών εισαγωγών. Ακολούθησε η Ιταλία με αντίστοιχα μερίδια 22.7% και 20.4%.

Η εγχώρια κατανάλωση μέχρι το 1999 εμφάνιζε ανοδική πορεία, προσεγγίζοντας το 30% του κοινοτικού μέσου όρου. Την επόμενη πενταετία (μέχρι το 2005) παρουσίασε διαχρονική αύξηση, με μέσο ετήσιο ρυθμό της τάξης του 3.3%. Το 2004 η εξεταζόμενη αγορά εκτιμάται ότι ανήλθε σε 25.100 τόνους, ενώ το 2005 διαμορφώθηκε σε 25.600 τόνους (αύξηση 2%).

Ο Έλληνας καταναλωτής δείχνει σαφή προτίμηση στα γλυκά μπισκότα, τα οποία εκτιμάται ότι καλύπτουν το 90% του συνόλου της κατανάλωσης, ενώ τα αλμυρά το υπόλοιπο 10%. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται ανά έτος η παραγωγή, οι εισαγωγές, οι εξαγωγές και η φαινομενική κατανάλωση μπισκότων κατά την περίοδο 1990-2005 (ICAP, 2006).

Πίνακας 1: Εγχώρια φαινομενική κατανάλωση μπισκότων την περίοδο 1990-2005, σε τόνους.

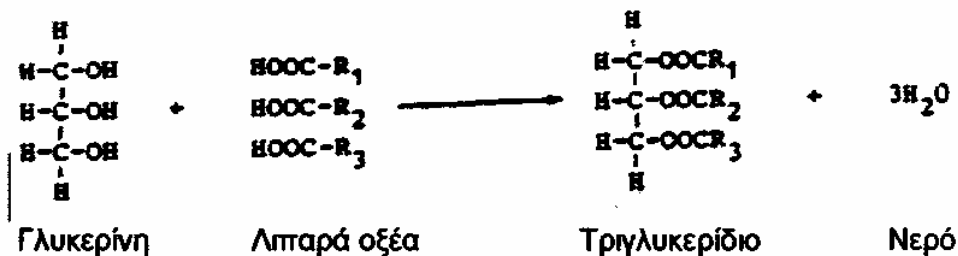
ΕΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΕΙΣΑΓΩΓΕΣ	ΕΞΑΓΩΓΕΣ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ
1990	23.700	1.250	2.600	22.350
1991	23.400	1.300	2.700	22.000
1992	23.800	1.500	2.900	22.400
1993	24.000	1.550	3.000	22.550
1994	23.500	2.200	3.250	22.450
1995	23.300	2.700	3.500	22.500
1996	23.550	2.900	3.800	22.650
1997	23.450	2.900	4.300	22.050
1998	24,200	2.950	4.500	22.650
1999	24,500	2.900	4.600	22800
2000	24.600	2.700	5.300	22.000
2001	25.400	2.900	5.800	22.500
2002	26.000	3.000	5.200	23.800
2003	26.700	3.400	5.200	24.900
2004	27.300	4.300	6.500	25.100
2005	28.000	4.600	7.000	25.600

(ICAP, 2006)

## 2.3. Λίπη και έλαια

### 2.3.1 Ιδιότητες λιπών και ελαίων

Ο ορισμός των λιπών είναι δύσκολος και αυτό γιατί αποτελούν μια ανομοιογενή ομάδα οργανικών ενώσεων. Ως ορισμός μπορεί να δοθεί ότι είναι ουσίες αδιάλυτες στο νερό, ζωικής ή φυτικής προέλευσης, αποτελούμενες κυρίως από εστέρες της γλυκερίνης, με τα λιπαρά οξέα. Οι εστέρες αυτοί είναι γνωστοί σαν τριγλυκερίδια και συντίθενται σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Ένα τριγλυκερίδιο το οποίο είναι υγρό σε θερμοκρασία δωματίου αναφέρεται ως έλαιο, ενώ ένα τριγλυκερίδιο που είναι σε στερεή ή ημι-στερεή κατάσταση καλείται λίπος (Nibset, 1986).

Εκτός από τους όρους λίπη και έλαια υπάρχει και ο όρος λιπίδια. Ο όρος αυτός περιλαμβάνει μία ευρύτερη ομάδα λιπαρών ουσιών που βρίσκονται στη φύση. Εδώ ανήκουν εκτός από τα τριγλυκερίδια τα μόνο και διγλυκερίδια, τα φωσφατίδια, οι κερεβροζίτες, οι στερόλες, οι τερπενικές ενώσεις, οι αλκοόλες, τα λιπαρά οξέα, οι λιποδιαλυτές βιταμίνες και ορισμένες άλλες ενώσεις (Κυριτσάκης, 1991).

Γενικά τα λίπη, είναι ανοιχτόχρωμα και σε θερμοκρασία δωματίου εμφανίζονται ως υγρά ή στερεά σώματα. Η κατάσταση, στην οποία βρίσκονται εξαρτάται από τη δομή και το μέγεθος του μορίου τους. Η υφή τους (λεπτόρευση ή παχύρευση) εξαρτάται από το Μοριακό τους Βάρος. Τα σημεία πήξης και τήξης, εξαρτώνται από το μέγεθος της υδρογονανθρακικής αλυσίδας και από το βαθμό κορεσμού τους. Το ίδιο συμβαίνει και με τη διαλυτότητα τους σε οργανικούς διαλύτες. Ενώ, η διαλυτότητα τους με το νερό (H<sub>2</sub>O), αυξάνει με τη θερμοκρασία. Το σημείο καύσης τους βρίσκεται πάνω από τους 100°C.

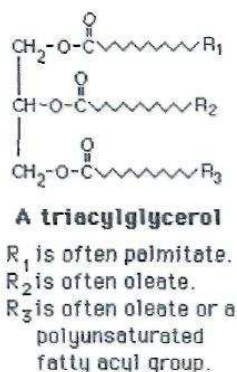
Τα λιπαρά οξέα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τον αριθμό των διπλών δεσμών που περιέχουν. Συγκεκριμένα, τα κορεσμένα λιπαρά οξέα είναι αυτά που δεν περιέχουν κανένα διπλό δεσμό, τα μονοακόρεστα, περιέχουν ένα διπλό δεσμό και είναι τα επικρατέστερα στον ανθρώπινο οργανισμό και τέλος τα πολυακόρεστα που περιέχουν πάνω από δύο διπλούς δεσμούς και εμφανίζονται σε μικρότερες συγκεντρώσεις στον οργανισμό. Κάθε διπλός δεσμός μπορεί να είναι της μορφής ενός από δύο ισομερών, ανάλογα με τα αν τα άτομα υδρογόνου τα οποία είναι ενωμένα με τα δυο άτομα άνθρακα του διπλού δεσμού, βρίσκονται στο ίδιο μέρος (cis ισομερές), ή σε αντίθετο μέρος (trans ισομερές). Αξίζει να σημειωθεί ότι τα λιπαρά οξέα βρίσκονται στη φύση στη cis μορφή τους (Κατσίκας, 1999).



### 2.3.2 Τριγλυκερίδια

Είναι τριεστέρες της γλυκερίνης με λιπαρά οξέα, χαρακτηρίζονται ως ουδέτερα λίπη και αποτελούν την πιο άφθονη μορφή λιπών στη φύση. Τα περισσότερα φυσικά τριγλυκερίδια είναι μικτά, έχουν δηλαδή στο ίδιο μόριο της γλυκερίνης εστεροποιημένα διαφορετικά οξέα. Συνήθως το ένα τουλάχιστον από τα λιπαρά οξέα είναι κορεσμένο, ενώ το ελαϊκό είναι το πιο κοινό στα τριγλυκερίδια ζώων και φυτών.

Το σημείο τήξης των λιπών και ελαίων εξαρτάται από τη σύσταση τους σε λιπαρά οξέα. Τα φυτικά έλαια είναι πιο πλούσια σε ακόρεστα από τα ζωικά λίπη. Το βούτυρο περιέχει σε μεγάλη αναλογία κορεσμένα οξέα, καθώς επίσης και οξέα του μεγέθους 4 μέχρι 10 ατόμων άνθρακα. Η μελέτη στα λίπη και έλαια έχει πολύ βοηθηθεί από την αέρια χρωματογραφία. Άλλη τεχνική που χρησιμοποιείται στη μελέτη των λιπών είναι η χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας.



Σχήμα 1: Δομή τριγλυκεριδίων

Όπου R<sub>1</sub>, είναι συνήθως το παλμιτικό, R<sub>2</sub>, το ελαϊκό και το R<sub>3</sub>, συνήθως το ελαϊκό ή κάποιο πολυακόρεστο λιπαρό οξύ.

Οι κύριες πηγές τριγλυκεριδίων, είναι τα λιπίδια της διατροφής μας, αλλά και η ενδογενής σύνθεση τους, που παίρνει μέρος στο ήπαρ, το λιπώδη ιστό και το μαστό.

Η λειτουργική σημασία των τριγλυκεριδίων έγκειται στην απόδοση στον οργανισμό ελεύθερων λιπαρών οξέων (ΕΛΟ), τα οποία καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών του οργανισμού. Η περίσσεια των ΕΛΟ αποθηκεύεται στο λιπώδη ιστό με τη μορφή των τριγλυκεριδίων, για να χρησιμοποιηθούν και πάλι επί αύξησης των ενεργειακών αναγκών.

Πίνακας 2: Σύνθεση σε λιπαρά οξέα διαφόρων τριγλυκεριδίων (Mole %).

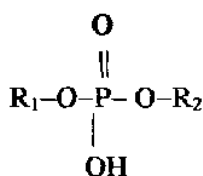
Τύπος Τριγλυκεριδίου	Χοίρου	Προβάτου	Μόσχου
<u>Κορεσμένα</u>			
Παλμιτο-στεατικό	5	5	17
Μονοελαϊκό			
Διπαλμιτικό	5	13	15
Παλμιτικό-στεατικό	27	28	32
Διστεατικό	0	1	2
Διελαϊκό			
Παλμιτικό	53	46	23
Στεατικό	7	7	11
Τριελαϊκό	3	0	0

(Κατσίκας, 1999)

### 2.3.3 Τα φωσφολιπίδια

Περιέχουν μια εστεροποιημένη φωσφορική ρίζα γι' αυτό και είναι πολικά λιπίδια. Όλα τα κύτταρα περιέχουν φωσφολιπίδια. Σε συνθήκες πείνας τα αποθέματα σε ουδέτερα λίπη μειώνονται ή και μηδενίζονται, αλλά η ποσότητα των πολικών λιπιδίων παραμένει αμετάβλητη, γιατί αποτελούν το βασικό δομικό συστατικό των μεμβρανών.

Η φωσφορική ρίζα είναι συνήθως διπλά εστεροποιημένη (σχήμα 2):



Σχήμα 2: Η φωσφορική ρίζα

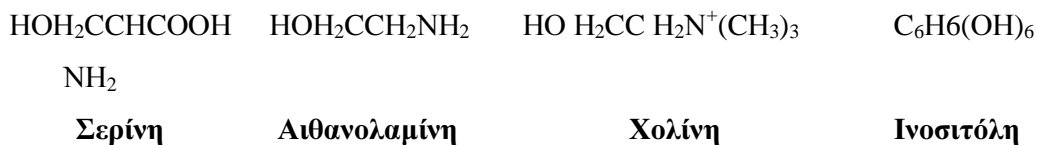
Όπου R1 και R2, είναι ομάδες που προέρχονται από αλκοόλες.

Η μια από τις δύο αλκοόλες είναι παράγωγο της γλυκερίνης ή σφιγγοσίνης. Η δεύτερη αλκοόλη είναι χολίνη, αιθανολαμίνη, σερίνη ή ινοσιτόλη. Τα εμπειρικά ονόματα των φωσφολιπιδίων δίνονται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3: Εμπειρικά ονόματα των φωσφολιπιδίων.

Πρώτη αλκοόλη	Δεύτερη αλκοόλη	Εμπειρικό όνομα
Διγλυκερίδιο	-	Φωσφατιδικά οξέα
Διγλυκερίδιο	Χολίνη	Λεκιθίνες
Διγλυκερίδιο	Αιθανολαμίνη	Κεφαλίνες
Διγλυκερίδιο	Σερίνη	Κεφαλίνες
Διγλυκερίδιο	Ινοσιτόλη	Κεφαλίνες
Αιθέρας μονογλυκεριδίων	Χολίνη	Πλασμαλογόνα
Αιθέρας μονογλυκεριδίων	Αιθανολαμίνη	Πλασμαλογόνα
Κεραμίδιο	Χολίνη	Σφιγκομυελίνες

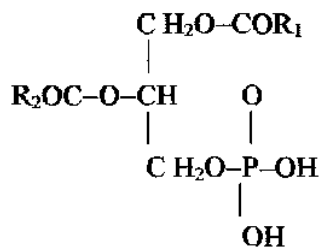
(Κατσίκας, 1999)



Σχήμα 3: Οι συντακτικοί τύποι ορισμένων αλκοολών

### 2.3.4 Τα γλυκεροφωσφολιπίδια

Είναι παράγωγα της γλυκερίνης και ειδικότερα των φωσφατιδικών οξέων. Τα φωσφατιδικά οξέα θεωρούνται οι μητρικές ενώσεις των γλυκεροφωσφολιπιδίων και έχουν γενικό τύπο, αυτόν του ακόλουθου σχήματος (σχήμα 4):



Σχήμα 4: 3-8η-Φωσφατιδικά οξέα

Οι λεκιθίνες είναι εστέρες της χολίνης με φωσφατιδικά οξέα. Είναι ενώσεις διαδεδομένες στα φυτά και τα ζώα. Πλούσιες πηγές λεκιθινών είναι ο κρόκος του αυγού και η σόγια. Δεν διαλύονται στο νερό, αλλά ενυδατώνονται σχηματίζοντας

διάφορες ενυδατωμένες μορφές. Σε ουδέτερα διαλύματα η ομάδα της χολίνης και η φωσφορική ρίζα είναι ιονισμένες, οπότε το μόριο εμφανίζεται ως διπολικό ιόν. Το χαρακτηριστικό αυτό μαζί με την αδιαλυτότητα στο νερό των ανθρακικών αλυσίδων των λιπαρών οξέων καθιστούν τις λεκιθίνες πολύ ισχυρούς γαλακτοματοποιητές. Υδρολύονται από τις διάφορες φωσφολιπάσες σε διάφορες θέσεις.

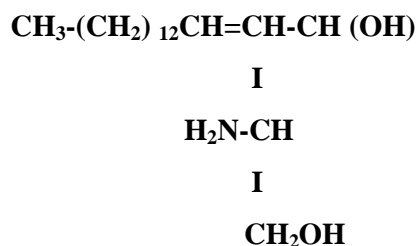
Οι φωσφολιπάσες A, βρίσκονται στα δηλητήρια των φιδιών και στο κεντρί των μελισσών. Τα προϊόντα της δράσης των φωσφολιπασών ονομάζονται λυσολεκιθίνες και είναι ισχυρά αιμολυτικά. Φωσφολιπάσες A βρίσκονται επίσης στο παγκρεατικό υγρό, ενώ οι φωσφολιπάσες C και D βρέθηκαν σε φυτά και βακτήρια.

Οι κεφαλίνες μοιάζουν πολύ με τις λεκιθίνες εκτός του ότι αντί χολίνης, περιέχουν αιθανολαμίνη, σερίνη ή ινοσιτόλη.

Οι καρδιολιπίνες απομονώθηκαν για πρώτη φορά από μιτοχόνδρια της καρδιάς. Στο μόριο τους περιέχουν τρία μόρια γλυκερίνης και δύο ρίζες φωσφορικού οξέος.

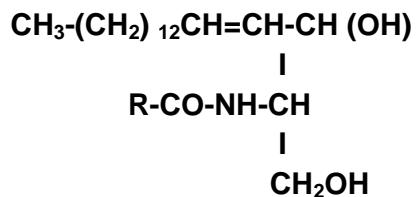
### 2.3.5 Οι σφιγγομυελίνες

Η βασική δομή του μορίου δεν προέρχεται από τη γλυκερίνη, αλλά τη σφιγγοσίνη (σχήμα 5):



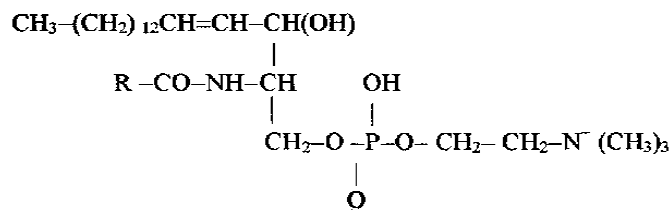
Σχήμα 5: Η σφιγγοσίνη

Με αμιδική σύνδεση ενός λιπαρού οξέος στη σφιγγοσίνη σχηματίζεται το κεραμίδιο, που θεωρείται η μητρική ένωση όλων των σφιγγολιπιδίων (σχήμα 6):



Σχήμα 6: Το κεραμίδιο

Οι σφιγγομυελίνες, έχουν τον ακόλουθο γενικό τύπο (σχήμα 7):



Σχήμα 7: Η σφιγγομυελίνη

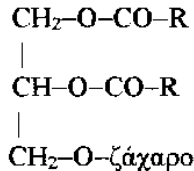
Στη θέση της χολίνης μπορεί να βρίσκεται και η αιθανολαμίνη. Βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στις μεμβράνες των κυττάρων του εγκεφάλου και των νεύρων.

### 2.3.6 Τα γλυκολιπίδια

Είναι και αυτά πολικά λιπίδια και δίνονται σε παράγωγα της γλυκερίνης και παράγωγα της σφιγγοσίνης.

### 2.3.7 Τα γλυκερογλυκολιπίδια

Έχουν το γενικό τύπο της σχήμα 8:

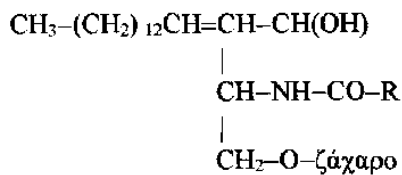


Σχήμα 8: Γλυκερό - γλυκό - λιπίδιο

Στη θέση του ζαχάρου μπορεί να υπάρχει μονοζάχαρο ή ολιγοζαχαρίτης. Υδροξύλια των ζαχάρων, είναι ελεύθερα ή εστεροποιημένα με θειικό οξύ.

### 2.3.8 Τα σφιγγογλυκελιπίδια

Έχουν τον γενικό τύπο της σχήμα 9:



Σχήμα 9: Σφιγγο - γλυκό - λιπίδιο

Στη θέση του ζαχάρου μπορεί να υπάρχει μονοζάχαρο ή ολιγοζαχαρίτης με

δύο, τρία ή και περισσότερα μόρια ζαχάρου, με υδροξύλια ελεύθερα ή εστεροποιημένα με θειϊκό οξύ. Τα παράγωγα αυτά είναι γνωστά ως ουδέτερα γλυκοσφιγγολιπίδια ή κερεβροζίτες. Τα σφιγγολιπίδια αυτά αποτελούν συστατικά της κυτταρικής μεμβράνης και σχετίζονται με το μηχανισμό αναγνώρισης των κυττάρων, παραδείγματος χάρη καθορίζουν την ομάδα αίματος. Αντίθετα, τα όξινα γλυκοσφιγγολιπίδια ή γαγγλιοζίτες στην ολιγοζαχαρική αλυσίδα περιέχουν μία ή περισσότερες μονάδες σιαλικών οξέων. Η τάξη αυτή των λιπιδίων αποτελεί σημαντικό ποσοστό των λιπιδίων της φαιάς ουσίας του εγκεφάλου.

### **2.3.9 Οι προσταγλαδίνες**

Ανακαλύφθηκαν στη δεκαετία του 1930 αρχικά στο σπερματικό υγρό του ανθρώπου. Το όνομα τους οφείλεται στην υπόθεση, ότι παράγονται από τον προστάτη. Σήμερα ξέρουμε ότι οι προσταγλαδίνες βρίσκονται σ' όλους τους ιστούς και συμμετέχουν σε πολλές λειτουργίες εκτός της αναπαραγωγής. Θεωρούνται ότι παράγονται από το προστανιϊκό οξύ, με τρεις κυρίως εισαγωγές:

1. Ομάδων  $>C = O$  και  $-OH$  στον πενταμελή δακτύλιο.
2. Διπλών δεσμών στην ανθρακική αλυσίδα.
3. Ομάδων  $-OH$  στην ανθρακική αλυσίδα.

Το αραχιδονικό είναι αυτό που χρησιμοποιείται πιο συχνά και θεωρείται ότι προέρχεται από τα φωσφολιπίδια της μεμβράνης του ενδοπλασματικού δικτύου. Το ένζυμο «κλειδί» για τη σύνθεση, είναι η συνθετάση των προσταγλαδινών που βρίσκεται στη μεμβράνη του ενδοπλασματικού δικτύου, είναι ένα πολυενζυμικό συγκρότημα και έχει ως δραστικό αναστολέα την ασπιρίνη.

### **2.3.10 Οι στερόλες**

Περιέχουν στο στερανικό πυρήνα ένα  $-OH$  και μερικές φορές ένα διπλό δεσμό, ενώ στον άνθρακα 17 υπάρχει μια ανθρακική αλυσίδα. Η χοληστερόλη είναι η σπουδαιότερη στερόλη των ζώων και ανήκει στα πολικά λιπίδια. Παρόλα αυτά υπάρχει η σιτοστερόλη, που είναι οι πιο κοινή φυτική στερόλη, η εργοστερόλη, η οποία βρέθηκε σε ζύμες και μύκητες και η κοπροστερόλη, που αποτελεί το προϊόν μετασχηματισμού της χοληστερόλης.

### 2.3.11 Τα χολικά οξέα

Στα ανώτερα ζώα τα χολικά οξέα είναι το χολικό (3,7,12-τρι-υδροξύ) οξύ, το χηνοδεοξυχολικό οξύ (3,7-δι-υδροξύ), το λιθοχολικό οξύ (3-υδροξύ) και το δεοξυχολικό οξύ (3,12-δι-υδροξύ). Σχηματίζουν άλατα με αλκάλια.

Στη χολή βρίσκονται ως συζευγμένα χολικά οξέα με γλυκίνη ( $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ ) ή ταυρίνη ( $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3\text{H}$ ).

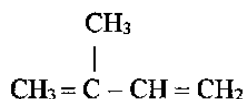
Η σύζευξη γίνεται από το καρβοξύλιο των χολικών οξέων και την αμινομάδα της γλυκίνης ή ταυρίνης οπότε σχηματίζεται αντίστοιχα γλυκοχολικό ή ταυροχολικό οξύ. Τα παράγωγα αυτά είναι ισχυροί γαλακτοματοποιητές.

### 2.3.12 Οι κήροι

Οι εστέρες των λιπαρών οξέων με αλειφατικές αλκοόλες μεγάλου μοριακού βάρους ή στερόλες, ονομάζονται κήροι. Βρίσκονται στην επιφάνεια του δέρματος, του τριχώματος, των πούπουλων και του εξωσκελετού ορισμένων ζωικών οργανισμών, καθώς και στην επιφάνεια των φύλλων και των φρούτων ανώτερων φυτών.

### 2.3.13 Τα παράγωγα του ισοπρενίου

Στην κατηγορία αυτή των λιπιδίων, ανήκουν τα τερπένια και τα στεροειδή. Όλα τα τερπένια και τα στεροειδή προέρχονται είτε αποκλειστικά από τον πενταμελή ακόρεστο υδρογονάνθρακα ισοπρένιο ή περιέχουν στο μόριο τους μια ή περισσότερες ομάδες ισοπρενίου (Κατσίκας, 1999).



Σχήμα 10: Το ισοπρένιο

### 2.3.14 Λιπαρά οξέα




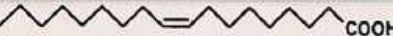


#### 2.3.14.1 Ιδιότητες των λιπαρών οξέων

Τα λίπη διασπώνται στον πεπτικό σωλήνα σε γλυκερίνη και λιπαρά οξέα από τα ένζυμα που εκκρίνονται σ' αυτόν. Τα λιπαρά οξέα, αποτελούν το μεγαλύτερο και κυριότερο μέρος των λιπών. Πλήρης υδρόλυση γίνεται σε ποσοστό 30 – 45%, παρόμοιο ποσοστό υδρολύεται σε μονογλυκερίδια ενώ τα υπόλοιπα παραμένουν

ως λιπίδια μεγέθους περίπου 0,5 μ. Κατά την απορρόφησή τους στις λάχνες του εντέρου υδρολύονται πλήρως και τόσο η γλυκερίνη όσο και τα λιπαρά οξέα χρησιμοποιούνται στις λάχνες για ανασύνθεση λίπους του οργανισμού ενώ άλλα και ιδιαίτερα τα λιπαρά οξέα με άτομα άνθρακος λιγότερα από 12 (C 12:0 και κάτω) πηγαίνουν απ' ευθείας στο ήπαρ όπου μεταβολίζονται χωρίς να χρησιμοποιηθούν για σχηματισμό λιπών (Ζερφυρίδης, 1996).

Από τα λιπαρά οξέα μεγαλύτερο ενδιαφέρον στην τεχνολογία των λιπαρών τροφίμων έχουν τα ευθείας αλειφατικής αλυσίδας, με άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα και με μια απλή καρβοξυλική ομάδα.

Πίνακας 4: Δομές των κυριότερων λιπαρών οξέων.

Συντομογραφικός προσδιορισμός	Δομή <sup>α</sup>	Κοινή ονομασία	Αναλογία (%) <sup>β</sup>
14:0		Μυριστικό οξύ	2
16:0		Παλμιτικό οξύ	11
18:0		Στεατικό οξύ	4
18:1 (9)		Ελαϊκό οξύ	34
18:2 (9,12)		Λινελαϊκό οξύ	34
18:3 (9,12, 15)		Λινολενικό οξύ	5

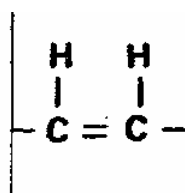
(Belitz et al., 2004)

Στη φύση υπάρχουν πολλά και διάφορα λιπαρά οξέα τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον αριθμό των ατόμων άνθρακα και των διπλών δεσμών τα οποία περιέχουν. Τα κορεσμένα δεν έχουν κανένα διπλό δεσμό και παρουσιάζουν σταθερότητα στις μεταβολές τους ενώ τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και περισσότερο τα πολυακόρεστα τα οποία έχουν δύο και πλέον διπλούς δεσμούς, οξειδώνονται βαθμιαία από τον αέρα οπότε το λίπος ταγκίζει. Το ποσοστό κορεσμένων και ακόρεστων λιπαρών οξέων σε ένα λίπος, εξαρτάται από την προέλευσή του. Μεγάλη αναλογία πολυακόρεστων, κάνει το λίπος υγρό στην κοινή θερμοκρασία, γι' αυτό και τα λίπη αυτά λέγονται έλαια. Η ιδιότητα αυτή οφείλεται στο χαμηλό σημείο τήξης των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και επηρεάζεται

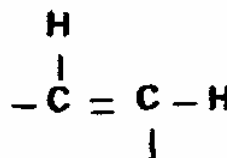


επίσης από το μοριακό βάρος των κορεσμένων λιπαρών οξέων, καθόσον τα μικρότερου μοριακού βάρους λιπαρά οξέα έχουν και χαμηλότερο σημείο τήξης. Η ελεγχόμενη υδρογόνωση των διπλών δεσμών με την οποία τα ακόρεστα λιπαρά οξέα γίνονται κορεσμένα, μεταβάλλει τα υγρά έλαια σε στερεά λίπη όπως κατά την παραγωγή της μαργαρίνης. Σε στερεά επίσης κατάσταση βρίσκεται το βούτυρο, τα λίπη κρεάτων και το κοκκολίπος . Τόσο τα λίπη όσο και τα έλαια, η ενέργεια την οποία παρέχουν είναι ανάλογη με την λιποπεριεκτικότητά τους. Από την άποψη αυτή πρέπει να σημειωθεί ότι τα έλαια είναι εξ' ολοκλήρου λίπος ενώ η μαργαρίνη και το βούτυρο είναι 80-82% λίπος και κατά το υπόλοιπο είναι υγρασία (Ζερφυρίδης, 1996).

Στα ακόρεστα λιπαρά οξέα υπάρχουν δύο πιθανές διατάξεις γύρω από τη θέση του διπλού δεσμού, γνωστές ως cis και trans:



**Δομ**



**Δομή**

Γενικά, ο βαθμός αφομοίωσης (πεπτικότητας) συνδέεται με το σημείο τήξης των λιπαρών υλών. Έτσι λίπη και λάδια τα οποία έχουν σημείο τήξης πολύ μεγαλύτερο από τη θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος, αφομοιώνονται πιο δύσκολα από εκείνα τα οποία έχουν χαμηλότερο (Πίνακας 5) (Κυριτσάκης, 1993).

Η αφομοίωση των υδρογονωμένων λιπαρών από τον άνθρωπο κυμαίνεται από 79% έως 98%. Στα ποντίκια ο συντελεστής απορρόφησης του ελαιϊκού οξέος (9-trans-18:1) είναι 95,6% (Mead et al., 1986).

Πίνακας 5: Αφομοίωση λιπαρών υλών από τον άνθρωπο.

Είδος λιπαρής ύλης	Αφομοίωση (%)
Ελαιόλαδο	93,4
Σογιέλαιο	91,2
Λινέλαιο	82,9
Σησαμέλαιο	74,6
Κοκκολίπος	72,4

(Κυριτσάκης, 1993)

Πίνακας 6: Λιπαρά οξέα – δομή, λειτουργίες και πηγές

Κατηγορίες λιπαρών οξέων	Δομή	Βιολογικές λειτουργίες	Πηγές
<b>Κορεσμένα λιπαρά οξέα</b>			
Βουτυρικό	C 4:0		Λίπος βουτύρου
Καπρονικό	C 6:0		
Καπρυλικό	C 8:0		
Καπρινικό	C 10:0		Λίπος καρύδας
Λαουρικό	C 12:0	Αυξάνουν την ολική, LDL και HDL χοληστερόλη και αυξάνουν κάποιους θρομβωτικούς παράγοντες	Βούτυρο, Λίπος καρύδας
Μυριστικό	C 14:0		Σχεδόν όλα τα λίπη και έλαια
Παλμιτικό	C 16:0		Σχεδόν όλα τα λίπη και έλαια, βούτυρο, κακάο, υδρογονοποιημένα φυτικά έλαια
Στεατικό	C 18:0	Δεν αυξάνει την ολική, LDL και HDL χοληστερόλη	Χοιρινό λίπος
Αραχιδικό	C 20:0		
<b>Μονοακόρεστα</b>			
<u>Cis-διαμόρφωση</u>			
Παλμιτικό	C 16:1	Μειώνουν την ολική, και LDL χοληστερόλη όταν αντικαθιστούν το κορεσμένο λίπος και μειώνουν την ολική χοληστερόλη συγκριτικά με τους υδατανθρακες	Λίπη από ψάρια και κρέας
Ελαϊκό	C 18:1		Τα περισσότερα λίπη και έλαια, ξηροί καρποί, ελαιόσποροι, αβοκάντο
<u>Trans- διαμόρφωση</u>			
Ελαιδικό	C 18:1	Αυξάνει την ολική, και LDL χοληστερόλη όπως και το κορεσμένο λίπος, μειώνει την HDL αντίθετα και αυξάνει την σχέση ολικής προς HDL χοληστερόλης περισσότερο από το κορεσμένο.	Μερικώς υδρογονοποιημένα φυτικά λίπη
<b>Πολυακόρεστα</b>			
<u>ω-6 λιπαρά οξέα</u>			
Λινελαϊκό	C 18:2	Μειώνει ολική και LDL χοληστερόλη	Υγρά φυτικά έλαια. Ξηροί καρποί, ελαιόσποροι
Αραχιδονικό	C 20:4	Πρόδρομος των εικοσανοειδών (προγλαδίνες)	Κρέας. Κοτόπουλο, ψάρια, αυγά
<u>ω-3 λιπαρά οξέα</u>			
α- λινολενικό	C 18:3	Μειώνει τον κίνδυνο καρδιαγγειακών	Λιναρόσπορος, , σογιέλαιο, καρύδια
Εικοσαπεντανοϊκό	C 20:5	Μειώνουν τον κίνδυνο ξαφνικού θανάτου και παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του νευρικού συστήματος	Λίπος από ψάρια
Δοκοσαπεντανοϊκό	C 22:5		
Δοκοσαεξανοϊκό	C 20:6		

(ADA report, 2007)

Ο λιπώδης ιστός βοηθά στην προστασία των ζωτικών οργάνων και αποτελεί πηγή ενέργειας για παρατεταμένη άσκηση. Όταν η κατανάλωση πρωτεϊνών και υδατανθράκων υπερβαίνει την απαιτούμενη από τον οργανισμό, ο ανθρακικός

σκελετός των θρεπτικών συστατικών αυτών μετατρέπεται σε λιπαρά οξέα και αποθηκεύεται ως τριγλυκερίδια στον λιπώδη ιστό. Τα λιπίδια των τροφίμων επίσης, αποτελούν πηγή λιποδιαλυτών βιταμινών, όπως οι A,D,E και K. Τα φυτικά έλαια είναι πλούσιες πηγές τοκοφερολών, συμπεριλαμβανόμενης και της βιταμίνης E και καροτενίων, όπως η προβιταμίνη A, ουσιών που αποτελούν σημαντικά φυσικά αντιοξειδωτικά του οργανισμού. Τα ζωικά λίπη και τα ιχθυέλαια αποτελούν πηγή βιταμίνης D. Τα ζωικά λίπη γενικά περιέχουν κορεσμένα λιπαρά οξέα σε μεγαλύτερη αναλογία απ' ότι τα λίπη φυτικής προέλευσης ενώ, τα τελευταία περιέχουν υψηλότερα ποσοστά ακόρεστων λιπαρών οξέων σε σχέση με τα ζωικά λίπη (Bailey, 1996).

Στους πίνακες 7, 8, 9 και 10 αναφέρονται οι περιεκτικότητες λιπαρών οξέων (% β/β) σε δείγματα ελαίων φυτικής προέλευσης της Αυστρίας και της Ελλάδας αντίστοιχα. Από τους πίνακες και είναι φανερό ότι οι λιπαρές ύλες φυτικής προέλευσης και στην Αυστρία αλλά και στην Ελλάδα, περιέχουν λιπαρά οξέα με ανθρακική αλυσίδα που αποτελείται από 16 και περισσότερα άτομα άνθρακα.

Πίνακας 7: Περιεκτικότητα (%β/β) λιπαρών οξέων σε έλαια φυτικής προέλευσης στην Αυστρία.

<i><b>ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ</b></i>								
<b>ΦΥΤΙΚΑ ΕΛΑΙΑ</b>	14:0	16:0	18:0	18:1	18:2 n6	18:3 n3	20:0	TFA
Κραμβέλαιο	0.0	4.9	1.4	59.6	21.1	9.4	0.7	0.2
Αραβοσιτέλαιο	0.0	10.5	1.8	27.4	57.3	0.7	0.6	0.8
Ελαιόλαδο	0.0	10.5	4.7	75.2	7.0	0.6	0.4	0.1
Λινέλαιο	0.0	5.4	3.8	17.5	15.0	57.2	0.2	0.05
Ηλιέλαιο	0.0	6.0	3.9	23.2	64.6	0.3	0.3	0.1

(Wagner et al., 2000)

Πίνακας 8: Περιεκτικότητα % λιπαρών οξέων σε έλαιο ινδικής καρύδας και φοινικέλαιο.

<b>ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ</b>	<b>Τύπος</b>	<b>Έλαιο ινδικής καρύδας</b>	<b>Φοινικέλαιο</b>
Βουτυρικό	C 4:0		
Καπρονικό	C 6:0		
Καπρυλικό	C 8:0	7.8	
Καπρινικό	C 10:0	6.7	
Λαουρικό	C 12:0	47.5	0.1
Μυριστικό	C 14:0	18.1	1.0
Παλμιτικό	C 16:0	8.8	44.3
Παλμιτελαϊκό	C 16:1		0.2
Στεαρικό	C 18:0	2.7	4.5
Ελαϊκό	C 18:1	6.2	38.7
Λινελαϊκό	C 18:2	1.6	10.5
Λινολενικό	C 18:3	Ίχνη	0.3
Αραχιδικό	C 20:0	0.1	0.3

(Manley, 1991)

Πίνακας 9: Περιεκτικότητα (%β/β) λιπαρών οξέων σε μερικές φυσικές λιπαρές ύλες.

<b>ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ</b>	<b>Ελαιόλαδο</b>	<b>Αραχιδέλαιο</b>	<b>Κραμβέλαιο</b>	<b>Αραβοσιτέλαιο</b>	<b>Βαμβακέλαιο</b>
C 4:0	-	-	-	-	-
C 6:0	-	-	-	-	-
C 8:0	-	-	-	-	-
C 10:0	-	-	-	-	-
C 12:0	-	-	-	-	-
C 14:0	-	-	-	-	0.8-1.2
C 16:0	7.5-16.0	9.1-12.5	2.6-6.0	10.1-15.8	17.1
C 16:1	0.4-2.3	0.2-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3	-
C 18:0	1.4-3.8	2.9-4.9	1.0-1.3	1.5-2.7	0.9-2.7
C 18:1	67.6-79.9	39.7-49.0	28.0-31.0	27.5-43.0	18.0-44.2
C 18:2	6.1-15.6	29.3-37.4	10.0-17.5	42.0-60.0	33.9-55.0
C 18:3	0.2-1.8	-	2.0-8.5	0.1-0.9	0.1-2.1
C 20:0	0.1-0.6	1.4-2.5	0.4-0.5	0.1-1.0	0.1-0.3
C 20:1	0.1-0.4	0.9-1.5	11.1-16.0	0.1-0.3	-
C 22:0	-	3.2-4.8	-	-	-
C 22:1	-	-	24.9-31.0	-	-
C 24:0	-	1.2	2.5	-	-

(Ηλιόπουλος, 1997)

Πίνακας 10: Περιεκτικότητα(%β/β) λιπαρών οξέων σε μερικές φυσικές λιπαρές ύλες (συνέχεια).

ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ	Σησαμέλαιο	Σογιέλαιο	Βούτυρο κακάο	Βούτυρο γάλακτος	Λίπος Βοοειδών	Χοιρινό λίπος
C 4:0	-	-	-	2,8-5,0	-	-
C 6:0	-	-	-	1,1-3,0	-	-
C 8:0	-	-	-	1,0-2,1	-	-
C 10:0	-	-	-	2,1-3,9	0,04-0,06	0,03-0,10
C 12:0	-	-	-	2,6 -4,2	0,06-0,12	0,04-0,10
C 14:0	-	-	-	8,2- 14,5	2,7-3,3	1,30-1,50
C 16:0	24,8	9,9	25,0-29,6	22,0-37,5	24,5-27,5	24,6 -32,6
C 16:1	-	0,2-0,4	0,0-0,8	1,9-2,6	2,2-3,4	1,8-2,8
C 18:0	2,0-4,0	1,3-4,8	32,7-35,	6,6 -13,5	15,9-28,1	15,1-24,3
C 18:1	37,0-50,5	22,5-31,2	33,0-34,5	16,2-34,5	31,6 -41,8	37,0-44,1
C 18:2	37,5-47,0	48,9-54,7	2,5-3,8	1,3-2,9	1,0-3,9	3,3-6,1
C 18:3	0,1-1,0	5,2-8,5	-	0,7-4,8	0,4-1,8	0,2-0,7
C 20:0	-	-	0,0-1,0	0,0-0,3	0,2-0,6	0,2-0,5
C 20:1	-	-	-	-	0,2-0,6	0,5-1,0
C 22:0	-	-	-	-	-	-
C 22:1	-	-	-	-	-	-
C 24:0	-	-	-	-	-	-

(Ηλιόπουλος, 1997)

#### 2.3.14.2 Κορεσμένα και ακόρεστα λιπαρά οξέα

Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα είναι σχετικά χημικώς σταθερά σώματα. Το οξικό, προπιονικό και βουτυρικό οξύ αναμιγνύονται με το νερό. Η διαλυτότητα μειώνεται καθώς μεγαλώνει η ανθρακική αλυσίδα. Διαλύονται σε μη πολικούς διαλύτες, είναι ασθενή οξέα. Στη φύση υπάρχουν διάφορα λιπαρά οξέα τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον αριθμό των ατόμων C και των διπλών δεσμών των οποίων περιέχουν (Ζερφυρίδης,1996).

Τα μη διακλαδισμένα, ευθύγραμμη αλυσίδα μόρια με περιττό αριθμό ατόμων C είναι κυρίαρχα μεταξύ των κορεσμένων λιπαρών οξέων. Τα μικρής

αλυσίδας χαμηλού μοριακού βάρους λιπαρά οξέα (<14:0) είναι συστατικά των τριγλυκεριδίων μόνο στο λίπος και στο έλαιο του γάλακτος της καρύδας και των φοινικόσπορων. Στην ελεύθερη μορφή ή την εστεροποιημένη με χαμηλού μοριακού βάρους αλκοόλες, εμφανίζονται στη φύση σε μικρά ποσά ιδιαίτερα στα φυτικά τρόφιμα και τα τρόφιμα που υποβάλλονται σε επεξεργασία με τη βοήθεια μικροοργανισμών όπου βρίσκονται ως ουσίες αρώματος.

Από τα κορεσμένα λιπαρά οξέα το παλμιτικό και στεατικό είναι τα πλέον διαδεδομένα στη φύση και αποτελούν τα κύρια συστατικά των σκληρών λιπών όπως το λαρδί και το λίπος κρεάτων. Το βουτυρικό οξύ αν και αποτελεί το 2,8% των λιπαρών οξέων του αγελαδινού γάλακτος και του βουτύρου εν τούτοις έχει έντονη μυρωδιά και συμβάλλει πολύ στην γεύση του βουτύρου. Όταν το βούτυρο θερμανθεί σε υψηλές θερμοκρασίες το βουτυρικό οξύ ελευθερώνεται και δίνει τη χαρακτηριστική μυρωδιά του καιόμενου βουτύρου.

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, που κυριαρχούν στα λιπίδια περιέχουνε μία, δύο ή τρεις αλλυλικές ομάδες στο ακυλικό τμήμα. Οξέα με απομονωμένους διπλούς δεσμούς (μία ομάδα μεθυλενίου παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο cis-διπλών δεσμών) ονομάζονται συνήθως μη συζυγιακά λιπαρά οξέα. Η δομική σχέση που υπάρχει μεταξύ των ακόρεστων μη συζευγμένων λιπαρών οξέων που προέρχονται από κοινή βιοσυνθετική οδό αποκαλύπτεται όταν καθορίζεται η θέση του διπλού δεσμού με αριθμηση από το μεθυλικό άκρο της αλυσίδας, (πρέπει να δοθεί έμφαση ότι ο προσδιορισμός θέσης που χρησιμοποιεί αυτή τη μέθοδο απαιτεί το πρόσφυμα ‘ω’ ή ‘n’). Τα οξέα με τα ίδια μεθυλικά άκρα συνδυάζονται έπειτα σε ομάδες. Άρα υπάρχουν τρεις οικογενειακές ομάδες: ω-3 (λινολενικός τύπος), ω-6 (λινελαϊκός τύπος) και ω-9 (ελαϊκού οξέος) (Belitz et al., 2004).

Όσον αφορά τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, στη φύση βρίσκονται μόνο αδιάλυτα στο νερό, μη αποσταζόμενα με υδρατμούς μέλη. Είναι όλα υγρά και οι διπλοί δεσμοί έχουν cis διαμόρφωση. Έχουν μεγαλύτερη τάση για αντιδράσεις από τα κορεσμένα. Από τα ακόρεστα λιπαρά οξέα τα κυριότερα είναι:

**Ελαϊκό οξύ**, με 18 άτομα άνθρακος και ένα διπλό δεσμό, δηλαδή μονοακόρεστο (18:1,cis- $\Delta^9$ , δεκαοκταενοϊκό). Βρίσκεται σε όλα τα λίπη και ειδικά στο ελαιόλαδο όπου αποτελεί το 70% των λιπαρών οξέων.

**Λινελαϊκό ή λινολεϊκό οξύ**, με 18 άτομα άνθρακος και δύο διπλούς (18:2, cis- $\Delta^9$ , 12 δεκαοκταδιενοϊκό). Βρίσκεται κυρίως στα σπορέλαια και σε μικρές ποσότητες σε ζωικά λίπη όπως το χοιρινό.

**Λινολενικό οξύ**, με 18 άτομα άνθρακος και τρεις διπλούς δεσμούς (18:3, cis- $\Delta^{9,12,15}$  δεκαοκτατριενοϊκό). Βρίσκεται σε μικρές ποσότητες σε φυτικά λίπη ιδίως στο λιναρόσπορο.

**Αραχιδονικό οξύ**, με 20 άτομα άνθρακος και τέσσερις διπλούς δεσμούς (20:4, cis- $\Delta^{5,8,11,14}$  εικοσατετραενοϊκό). Βρίσκεται σε πολύ μικρές ποσότητες σε ορισμένα ζωικά λίπη. Μπορεί να σχηματισθεί στο σώμα ενηλίκων από λινελαϊκό οξύ.

Λιπαρά οξέα με περισσότερους διπλούς δεσμούς βρίσκονται στα ιχθυέλαια (Ζερφυρίδης, 1996).

#### 2.3.14.3 Απαραίτητα λιπαρά οξέα

Ο ανθρώπινος οργανισμός παρ' όλον ότι έχει ανάγκη από λιπαρά οξέα για ανάπτυξη, συντήρηση και καλή λειτουργία φυσιολογικών δράσεων εν τούτοις δεν έχει τη δυνατότητα να συνθέτει αυτά ενδογενώς ή τα συνθέτει σε ανεπαρκείς ποσότητες. Πρέπει κατ' ανάγκη να τα προμηθεύεται κατ' ευθείαν από τα τρόφιμα γι' αυτό και λέγονται απαραίτητα λιπαρά οξέα.

Από τα ακόρεστα λιπαρά οξέα που θεωρούνται μητρικές ενώσεις {παλμιτελαϊκό (16:1), ελαϊκό (18:1) λινελαϊκό (18:2) και  $\alpha$ -λινολενικό (18:3)}, όλων των άλλων λιπαρών οξέων, το παλμιτελαϊκό και το ελαϊκό, σχηματίζονται με τις διαδικασίες αποκορεσμού και επιμήκυνσης του παλμιτικού. Τα πιο σπουδαία από τα απαραίτητα λιπαρά οξέα είναι το λινελαϊκό (18:2  $\omega$ 6), λινολενικό (18:3  $\omega$ 3) και αραχιδονικό (20:4  $\omega$ 6). Το αραχιδονικό μπορεί να συντεθεί στο σώμα του ενήλικου από το λινελαϊκό, που συνήθως βρίσκεται στον υποδόριο ιστό αλλά για τα νήπια είναι απαραίτητο να περιέχεται στις τροφές τους (Ζερφυρίδης, 1996).

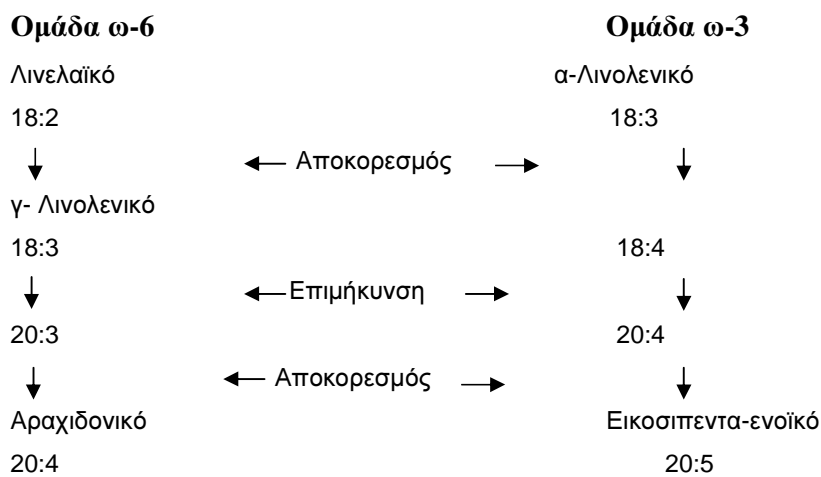
Τα λιπαρά οξέα με trans διπλούς δεσμούς έχουν υψηλότερα σημεία τήξεως απ' ότι τα cis ισομερή τους, γεγονός που οφείλεται στο ότι στα TFA η γωνία του διπλού δεσμού είναι μικρότερη απ' ότι των cis ισομερών.

Αυτό οδηγεί στην παραγωγή λιπών και ελαίων ενισχυμένης σταθερότητας και πλαστικότητας και καλύτερης υφής που παρουσιάζουν εντονότερη αντίσταση στην οξειδωση (Bailey, 1996). Ως αποτέλεσμα, ο σχηματισμός τους επιθυμείται κατά την παραγωγή ειδικών ελαίων, ιδιαίτερα αυτών που προορίζονται για τη βιομηχανία ειδών ζαχαροπλαστικής, όπως είναι οι μαργαρίνες και οι πρώτες ύλες στην παρασκευή μαγειρικών λιπών και λιπών επικάλυψης (Rossel & Pritchard 1991). Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα έχουν υψηλότερο σημείο τήξης απ' ότι τα ακόρεστα λιπαρά οξέα ίσου μήκους ανθρακικής αλυσίδας. Όλα τα λιπαρά οξέα



περιέχουν ένα μεθυλικό άκρο (-CH<sub>3</sub>) το οποίο συχνά αναφέρεται ως ωμέγα άκρο. Το αντίθετο (αντικρινό) άκρο του μορίου τους ονομάζεται καρβοξυλικό άκρο (-COOH).

Στα λιπαρά οξέα που βρίσκονται στα λιπίδια των τροφίμων το μήκος της ανθρακικής τους αλυσίδας ποικίλει από 4 ως 24 άτομα άνθρακα (Πίνακας 9 & 10). Τα κύρια λιπαρά οξέα των τροφίμων είναι αυτά που αποτελούνται από 16, 18, 20 και 22 άτομα άνθρακα. Τα πιο συνηθισμένα λιπαρά οξέα στα λιπίδια των τροφίμων συχνά ονομάζονται με την κοινή τους ονομασία, όπως παλμιτικό, ελαϊκό, λινελαϊκό και άλλα (Bailey, 1996).



Σχήμα 11: Μεταβολικές συνθέσεις από τα απαραίτητα λιπαρά οξέα

#### 2.3.14.4. Μεταβολισμός λιπαρών οξέων

Τα λιπαρά οξέα έχουν τρεις κύριους φυσιολογικούς ρόλους. Πρώτον, είναι δομικοί λίθοι των φωσφολιπιδίων και των γλυκολιπιδίων. Αυτές οι αμφιπαθείς ενώσεις, είναι σπουδαία συστατικά των βιολογικών μεμβρανών. Δεύτερον, τα παράγωγα των λιπαρών οξέων χρησιμεύουν ως ορμόνες και ως ενδοκυτταρικοί αγγελιοφόροι. Τρίτον, τα λιπαρά οξέα είναι καύσιμα μόρια. Αποθηκεύονται στη μορφή τριακυλογλυκερολών, οι οποίες είναι μη φορτισμένοι εστέρες της γλυκερόλης. Οι τριακυλογλυκερόλες καλούνται επίσης και ουδέτερα λίπη ή τριγλυκερίδια.

Η κατανάλωση λίπους από ενήλικες κυμαίνεται από 120 έως 150g την ημέρα. Το λίπος αυτό είναι κυρίως υπό μορφή τριγλυκεριδίων και σε υγιή άτομα απορροφάται πλήρως από τον ανθρώπινο οργανισμό. Στο στομάχι, το λίπος

μετατρέπεται σε γαλάκτωμα και περνάει στο δωδεκαδάκτυλο όπου κατά την ανάμιξη του με χολή και παγκρεατικό υγρό, μερικώς υδρολύεται σε ελεύθερα λιπαρά οξέα, 2-μονογλυκερόλες και γλυκερόλη. Το μεγαλύτερο μέρος της γλυκερόλης και των ελεύθερων λιπαρών οξέων μαζί με οξέα μικρής ανθρακικής αλυσίδας (<10 άτομα άνθρακα) περνάει στο αίμα. Τα μονογλυκερίδια και τα ελεύθερα λιπαρά οξέα εισέρχονται στη βλενώδη μεμβράνη των σπλάχνων όπου γίνεται επανασύνθεση των τριγλυκεριδίων και συνένωση τους με πρωτεΐνες στα χυλομικρά. Τα τελευταία περνούν στο γενικό κυκλοφοριακό σύστημα μέσω του θωρακικού αγωγού και μεταφέρονται κατά τη ροή του αίματος στο συκώτι (περίπου κατά 30%), σε χώρους αποθήκευσης λίπους (περίπου κατά 30%) και στο μυϊκό ιστό και σε άλλα όργανα (κατά 40%). Το αίμα περιέχει τριγλυκερίδια και ελεύθερα λιπαρά οξέα (σε σύμπλοκα αλβουμίνης) που προέρχονται από το συκώτι και τους χώρους αποθήκευσης λίπους

#### *2.3.14.4.1 Τα λιπαρά οξέα συντίθεται και αποικοδομούνται από διαφορετικές πορείες*

Η σύνθεση των λιπαρών οξέων δεν είναι απλώς και μόνο μία αντίστροφη της αποικοδόμησής τους. Μερικά σημαντικά χαρακτηριστικά της βιοσύνθεσης των λιπαρών οξέων είναι:

1. Η σύνθεση λαμβάνει χώρα στο κυτταροδιάλυμα, σε αντίθεση με την αποικοδόμηση η οποία λαμβάνει χώρα στη μιτοχονδρική μήτρα.
2. Οι ενδιάμεσες ενώσεις κατά τη σύνθεση των λιπαρών οξέων είναι ομοιοπολικά συνδεδεμένες σε σουλφυδρυλομάδες μίας ακυλοφέρουσας πρωτεΐνης, ενώ τα ενδιάμεσα κατά την αποικοδόμηση είναι συνδεδεμένα με το συνένζυμο A.
3. Τα ένζυμα της σύνθεσης των λιπαρών οξέων στους ανώτερους οργανισμούς είναι ενωμένα σε μία μοναδική πολυπεπτιδική αλυσίδα που ονομάζεται συνθάση, των λιπαρών οξέων. Αντίθετα, τα ένζυμα της αποικοδόμησης δεν φαίνονται να είναι συνδεδεμένα.
4. Η αυξανόμενη αλυσίδα λιπαρών οξέων επιμηκύνεται με τη διαδοχική προσθήκη μονάδων δύο ατόμων άνθρακα προερχόμενων από το ακετυλο-CoA. Ο ενεργοποιημένος δότης των μονάδων δύο ατόμων άνθρακα στο στάδιο της επιμήκυνσης είναι η μηλονυλο-ACP. Η αντίδραση επιμήκυνσης προάγεται με την απελευθέρωση του CO<sub>2</sub>.
5. Το αναγωγικό κατά τη σύνθεση λιπαρών οξέων είναι το NADPH.

Η επιμήκυνση από το σύμπλοκο της σύνθεσης των λιπαρών οξέων σταματά

με τον σχηματισμό του παλμιτικού (C16:0). Η περαιτέρω επιμήκυνση και η δημιουργία διπλών δεσμών φέρονται εις πέρας από άλλα ενζυμικά συστήματα (Gunstone & Norris, 1983).

#### 2.3.14.4.2 Η οξείδωση των κορεσμένων λιπαρών οξέων

Ο καταβολισμός, η βιοχημική, δηλαδή, αποικοδόμηση των κορεσμένων λιπαρών οξέων επιτυγχάνεται με διάφορους μηχανισμούς, όπως είναι η α-οξείδωση, η β-οξείδωση και η ω-οξείδωση. Από τις βιοχημικές αυτές διεργασίες, η β-οξείδωση αποτελεί τον σπουδαιότερο μηχανισμό αποικοδομήσεως των λιπαρών οξέων.

Ένα κορεσμένο ακυλο-CoA καταβολίζεται με μία επαναλαμβανόμενη αλληλουχία τεσσάρων αντιδράσεων: οξείδωση από το φλαβινο-αδενινουκλεοτίδιο (FAD), ενυδάτωση, οξείδωση από το NAD<sup>+</sup> και θειόλυση από το CoA. Το ακυλο-CoA μικραίνει κατά δύο άτομα άνθρακα εξ αιτίας αυτών των αντιδράσεων, και συγχρόνως παράγονται FADH<sub>2</sub>, NADH και ακέτυλο-CoA.

#### 2.3.14.4.3 Η οξείδωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων

Η οξειδωτική αποικοδόμηση του κορεσμένου τμήματος της αλυσίδας των ακόρεστων λιπαρών οξέων γίνεται σταδιακά με το μηχανισμό της β-οξειδώσεως (Ηλιόπουλος, 1993).

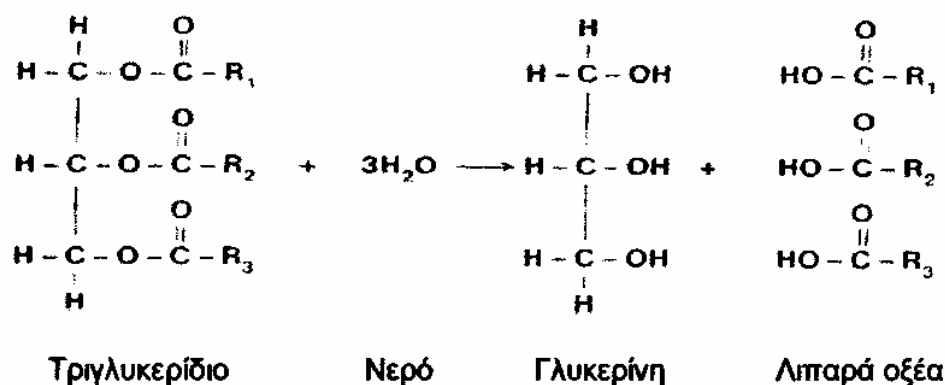
Οι περισσότερες των αντιδράσεων είναι οι ίδιες με αυτές των κορεσμένων λιπαρών οξέων. Στην πραγματικότητα μόνο δύο πρόσθετα ένζυμα -μία ισομεράση και μία επιμεράση- απαιτούνται για την αποικοδόμηση της πλειοψηφίας των ακόρεστων λιπαρών οξέων.

Ας θεωρήσουμε την οξείδωση του παλμιτελαϊκού οξέος (C 16:0). Αυτό το ακόρεστο λιπαρό οξύ, που διαθέτει έναν διπλό δεσμό μεταξύ των 0-9 και 0-10, ενεργοποιείται και μεταφέρεται δια μέσου της μιτοχονδριακής μεμβράνης με τον ίδιο τρόπο όπως τα κορεσμένα λιπαρά οξέα. Το παλμιτελαιύλο-CoA τότε υφίσταται τρεις κύκλους αποικοδόμησης, οι οποίοι φέρονται εις πέρας από τα ίδια ένζυμα όπως και στην οξείδωση των κορεσμένων λιπαρών οξέων. Εν τούτοις, το σχηματιζόμενο cis- $\Delta_3$ -ενοϋλο-ακυλο -CoA στον τρίτο κύκλο δεν αποτελεί υπόστρωμα για την αφυδρογονάση του ακυλο- CoA. Η παρουσία ενός διπλού δεσμού μεταξύ των C-3 και C-4 παρεμποδίζει τον σχηματισμό ενός άλλου διπλού δεσμού μεταξύ των C-2 και C-3. Αυτό το αδιέξοδο λύνεται με μία νέα αντίδραση η οποία αλλάζει τη θέση και τη διαμόρφωση του διπλού δεσμού cis- $\Delta^3$ . Μία

ισομεράση μετατρέπει αυτόν τον διπλό δεσμό σε διπλό δεσμό cis- $\Delta^2$ . Οι επόμενες αντιδράσεις είναι αυτές του κύκλου οξείδωσης των κορεσμένων λιπαρών οξέων (Gunstone & Norris, 1983).

#### 2.4. Αλλοιώσεις λιπών και ελαίων

Μία από τις σημαντικότερες αλλοιώσεις των λιπών και ελαίων είναι η υδρόλυση. Γενικά, η υδρόλυση διακρίνεται ανάλογα με το αίτιο ή τα αίτια που την προκαλούν σε: μικροβιακή και ενζυμική λιπόλυση. Ο βαθμός του υδρολυτικής τάγγισης εκτιμάται με τον υπολογισμό της οξύτητας. Η ακόλουθη αντίδραση δείχνει την υδρόλυση ενός μεικτού τριγλυκεριδίου σε γλυκερίνη και λιπαρά οξέα:



Σχήμα 12: Υδρόλυση τριγλυκεριδίων

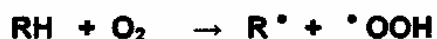
Τα λίπη που περιέχουν λαουρικό οξύ επί το πλείστον χρησιμοποιούνται στις κρέμες γεμίσματος των μπισκότων και είναι περισσότερο ευάλωτα στην υδρολυτική τάγγιση απ' ό τι στην οξείδωση. Υπάρχει ανησυχία ότι γεύση σαπουνιού μπορεί να εκδηλωθεί αν τέτοια λίπη χρησιμοποιηθούν. Παρόλα αυτά η εμφάνιση υδρολυτικής τάγγισης είναι εξαιρετικά απίθανη εκτός εάν υπάρχουν ένζυμα και υγρασία.

Εκτός από την υδρόλυση, άλλη μία σημαντική αλλοίωση των λιπών και ελαίων είναι η οξείδωση. Για να αρχίσει η οξείδωση είναι απαραίτητη η παρουσία ελευθέρων ριζών λιπαρών οξέων οι οποίες σχηματίζονται από την απόσπαση ενός ατόμου υδρογόνου από το μόριο των ακόρεστων λιπαρών οξέων. Η απαιτούμενη ενέργεια, για το σκοπό αυτό, εξασφαλίζεται είτε από το φως, είτε από κάποια άλλη πηγή.

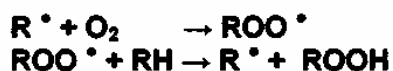
Τα στάδια του αυτοκαταλυτικού μηχανισμού της οξείδωσης αποδίδονται ως

εξής:

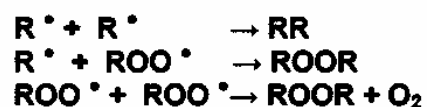
i. Εισαγωγή



ii. Διάδοση



iii. Τερματισμός



Όπου, **RH** : λιπαρό οξύ  
**R<sup>•</sup>, ROO<sup>•</sup>** : ελεύθερες ρίζες  
**ROOH** : υπεροξειδία  
**RR, ROOR**: αδρανή προϊόντα τελικής αντίδρασης

Με την πάροδο του χρόνου η οξείδωση των λιπαρών οξέων καταλήγει στη δημιουργία υπεροξειδίων, τα οποία στη συνέχεια διασπώνται σε ένα πλήθος ενώσεων, όπως είναι οι αλδεΐδες, οι κετόνες και οξέα μικρού μοριακού βάρους, οι οποίες έχουν ιδιαίτερα δυσάρεστη οσμή και γεύση (Nibset, 1986).

Γενικά η οξείδωση προκαλεί μείωση ή απώλεια των απαραίτητων για τον άνθρωπο βασικών λιπαρών οξέων, όπως το λινελαϊκό και το λινολενικό και απώλεια των λιποδιαλυτών βιταμινών και ειδικότερα μείωση της θρεπτικής αξίας των λιπαρών οξέων (Κυριτσάκης, 1993).

Η οξείδωση επηρεάζεται ευνοϊκά από τις υψηλές θερμοκρασίες, την ακορεστότητα των τριγλυκεριδίων, το έντονο φως, και επίσης από την παρουσία ιόντων μετάλλων που δρουν ως καταλύτες. Ο χαλκός είναι ιδιαίτερα δραστικός ως καταλύτης και γι' αυτό το λόγο πρέπει να αποφεύγεται η χρήση του ως υλικό στη κατασκευή σωληνώσεων ή βαλβίδων, μέρη όπου το έλαιο έρχεται σε άμεση επαφή μαζί του.

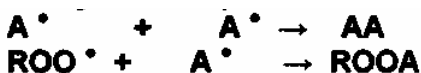
Τα μπισκότα που περιέχουν ταγγισμένο λίπος είναι έντονα δυσάρεστα στη γεύση. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν μαζί με το έλαιο αντιοξειδωτικά, σε προϊόντα με χαμηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη (Nibset, 1986).

Τα αντιοξειδωτικά είναι συνθετικές ενώσεις, συνήθως φαινολικής δομής και δρουν σαν δωρητές υδρογόνου δεσμεύοντας τις ελεύθερες ρίζες οι οποίες

σχηματίζονται, αρχικά. Με τη δέσμευση των ελευθέρων ριζών παρεμποδίζεται ο σχηματισμός των αλυσιδωτών αντιδράσεων. Ο τρόπος δράσης των αντιοξειδωτικών, φαίνεται στην παρακάτω αντίδραση:



Η σχηματιζόμενη ρίζα αντιοξειδωτικού, αντιδρά στη συνέχεια κατά δύο τρόπους και σταθεροποιείται:



Τα κύρια αντιοξειδωτικά διακρίνονται με βάση την προέλευση τους σε φυσικά και συνθετικά αντιοξειδωτικά. Μία ομάδα φυσικών αντιοξειδωτικών που συναντούνται σε μεγαλύτερο ποσοστό στα φυτικά λάδια, από τα ζωικά λίπη, είναι οι τοκοφερόλες. Οι τοκοφερόλες εμφανίζουν και βιταμινική δράση.

Οι τοκοφερόλες διακρίνονται σε  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  και  $\delta$  και η περιεκτικότητά τους σε κάθε λάδι ποικίλει (Πίνακας 11).

Πίνακας 11: Περιεκτικότητα σε τοκοφερόλες ορισμένων λιπαρών υλών.

Είδος λιπαρής ύλης	ΤΟΚΟΦΕΡΟΛΕΣ(mg/g)			
	$\alpha$	$\beta + \gamma$	$\delta$	Σύνολο
Ελαιόλαδο	0,24	Ίχνη	Ίχνη	0,24
Βαμβακέλαιο	0,51	0,38	Ίχνη	0,94
Καλαμποκέλαιο	0,26	0,92	Ίχνη	1,18
Σογιέλαιο	0,07	0,78	0,24	1,09
Φυστικέλαιο	0,23	0,31	Ίχνη	0,54

(Κυριτσάκης, 1993)

Χαρακτηριστικά συνθετικά αντιοξειδωτικά είναι το ΒΗΤ (βουτυλ-υδροξυ-ανισόλη) και το ΤΒΗQ (τριτοταγής βουτυλ-υδροξυ-κινόνη) (Κυριτσάκης,1993). Είναι διαπιστωμένο ότι η αποτελεσματικότητα των αντιοξειδωτικών εξαρτάται από τη φύση των λιπαρών υλών. Εάν η συγκέντρωση ενός αντιοξειδωτικού ξεπεράσει ένα ορισμένο όριο η αντιοξειδωτική δράση μειώνεται αισθητά. Δεν είναι απίθανο μάλιστα υπερβολική δόση να οδηγήσει σε αρνητικό αποτέλεσμα (Κυριτσάκης, 1991).

Είναι απαραίτητο να γίνεται περαιτέρω έλεγχος για τις επιπτώσεις των παραπάνω φαινομένων κατά τη συσκευασία και την αποθήκευση των μπισκότων. Πρώτον, τα μπισκότα δεν πρέπει ποτέ να εκτίθενται σε δυνατό φως, ιδιαίτερα σε φως πλούσιο σε υπεριώδη ακτινοβολία. Γι' αυτό το λόγο, αν συσκευάζονται σε διάφανο ή ανοιχτόχρωμο περιτύλιγμα, τα μπισκότα πρέπει να φυλάσσονται στο σκοτάδι ή σε όσο το δυνατόν χαμηλότερο φωτισμό. Για τον ίδιο λόγο δεν πρέπει να τοποθετούνται κοντά στις τζαμαρίες των καταστημάτων. Δεύτερον, το υλικό από το οποίο κατασκευάζεται το περιτύλιγμα πρέπει να επιλέγεται με ιδιαίτερη προσοχή. Τα λίπη έχουν την τάση να "μεταναστεύουν" στο πορώδες υλικό του χαρτιού που έρχεται σε επαφή με τα μπισκότα, το οποίο μπορεί να περιέχει ίχνη μετάλλου προάγοντας την τάγγιση.

Το φαινόμενο της επαναφοράς διαφέρει από την οξείδωση και την υδρόλυση ως φαινόμενο αλλοίωσης του λίπους. Τα έλαια που περιέχουν σημαντικές ποσότητες λινολενικού οξέος και άλλα λιπαρά οξέα με δύο διπλούς δεσμούς είναι ιδιαίτερα επιρρεπή στο να αναπτύσσουν οσμές χαρακτηριστικές όπως αυτή του φασολιού, του χόρτου, ή του ψαριού. Το πρόβλημα γίνεται ιδιαίτερα έντονο στη περίπτωση της χρησιμοποίησης σογιέλαιου (Nibset, 1986). Η επαναφορά μπορεί να γίνει αισθητή και όταν, ακόμη, ο αριθμός των υπεροξειδίων είναι πολύ μικρός (1-4). Αντίθετα, η οξείδωση γίνεται αντιληπτή όταν ο αριθμός των υπεροξειδίων είναι μεγαλύτερος. Διάφοροι παράγοντες, όπως είναι η θερμοκρασία, το φως, τα μέταλλα, το οξυγόνο επηρεάζουν την αλλοίωση της επαναφοράς (Κυριτσάκης, 1993).

Ένα ακόμη φαινόμενο στην χημεία των ελαίων, το οποίο έχει σημασία στη βιομηχανία μπισκότων είναι αυτό του πολυμερισμού. Κάτω από κατάλληλες συνθήκες, μερικά γλυκερίδια εμφανίζουν το φαινόμενο της ένωσης προς μεγαλύτερα μόρια τα οποία είναι κολλώδη. Αυτά είναι δυνατό να συγκεντρώνονται πάνω στις επιφάνειες των δεξαμενών, των σωληνώσεων, ή ακόμη και πάνω στις ταινίες ψησίματος. Είναι δύσκολος ο καθαρισμός τους και ταγγίζουν με την πάροδο του χρόνου (Nibset, 1986).

#### **2.4.1 Επεξεργασία λιπών και ελαίων**

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα περιέχουν διπλούς δεσμούς ατόμων άνθρακα, οι οποίοι είναι συνήθως στη cis μορφή. Σε αυτήν την κατάσταση, οι αλυσίδες των αλκυλίων  $-CH_2$ , βρίσκονται στην ίδια πλευρά του διπλού δεσμού, γύρω από τον οποίο δεν υπάρχει περιστροφή. Κατά την επεξεργασία των λιπών, και ιδιαίτερα

κατά την υδρογόνωση, μια ελεύθερη ρίζα, συνήθως ένα άτομο υδρογόνου, ενδέχεται να στιγμιαία να προσκολληθεί σε έναν από τους άνθρακες του διπλού δεσμού, οπότε και προσωρινά τον μετασηματίζει σε απλό δεσμό, γύρω από τον οποίο ενδεχομένως υπάρχει περιστροφή. Γι' αυτό το λόγο, τα επεξεργασμένα λίπη, ιδιαίτερα αυτά που έχουν υποστεί μερική υδρογόνωση, περιέχουν κάποιους trans διπλούς δεσμούς. Αν η ισομερίωση αφηθεί να συνεχιστεί ως την επίτευξη ισορροπίας, περίπου το 70% των cis δεσμών θα μετατραπεί με ισομερίωση στην trans μορφή.

Τα έλαια φυτικής προέλευσης, όπως το σογιέλαιο και το καλαμποκέλαιο, μπορούν να υποστούν υδρογόνωση ώστε να αυξηθεί το σημείο τήξης τους. Κατά τη διάρκεια της χημικής υδρογόνωσης επέρχεται μείωση της περιεκτικότητας των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε αυτά τα λάδια ενώ, αυξάνεται το περιεχόμενο αυτών σε μονοακόρεστα και κορεσμένα λιπαρά οξέα. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη υδρογόνου στους διπλούς δεσμούς των ακόρεστων λιπαρών οξέων. Η διεργασία αυτή εκτελείται συνήθως με την επίδραση θέρμανσης (στους 190°C περίπου), πίεσης και κάποιας πηγής υδρογόνου. Επίσης, η προσθήκη ενός καταλύτη διευκολύνει τη διεργασία της υδρογόνωσης των ελαίων (Rossel & Pritchard, 1991). Σύμφωνα με τη Διαχείριση Τροφίμων και Φαρμάκων (F.D.A.), τα υδρογονωμένα λίπη, τα οποία είναι στερεά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, περιέχουν 15-20% trans λιπαρά οξέα ενώ, τα μερικώς υδρογονωμένα λίπη, τα οποία είναι υγρά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, περιέχουν χαμηλότερα ποσά TFA (Wagner, 2000). Από την υδρογόνωση των φυτικών ελαίων, σε μεγαλύτερο βαθμό δημιουργούνται trans ισομερή του 18:1 μονοακόρεστου λιπαρού οξέος (Bailey, 1996).

Κατά τη βιολογική υδρογόνωση, όπως συμβαίνει στο στομάχι των μηρυκαστικών ζώων, μέσω της υπάρχουσας αναερόβιας μικροχλωρίδας, προκύπτει επίσης trans ισομερίωση και γι' αυτό το λόγο το γάλα, το βούτυρο και τα αποθηκευμένα λίπη μηρυκαστικών ζώων έχουν περιεκτικότητα σε trans λιπαρά οξέα που ανέρχεται στο 8% (Rossel & Pritchard, 1991). Έρευνες υποδεικνύουν ότι τα τελευταία παρουσιάζουν λιγότερο επιβλαβείς επιπτώσεις απ' ό,τι τα τεχνητής προέλευσης TFA (Oomen et al., 2001).



## **2.5. Λιπαρά οξέα και υγεία**

Η αυξημένη πρόσληψη λίπους και κυρίως η ποιότητα του λίπους θεωρούνται από τους σημαντικότερους παράγοντες κινδύνου πολλών ασθενειών όπως υπερλιπιδαιμιών, παχυσαρκίας και κυρίως καρδιαγγειακών παθήσεων.

### **2.5.1 Λιπαρά οξέα και μεταβολισμός της χοληστερόλης**

Το παλμιτικό οξύ (16:0) είναι το κύριο κορεσμένο λιπαρό οξύ στη διατροφή, καταλαμβάνει περίπου το 60% των ολικών κορεσμένων λιπαρών οξέων. Το παλμιτικό οξύ αυξάνει τα επίπεδα ολικής χοληστερόλης και LDL-C του πλάσματος και παρεμποδίζει τη λειτουργία των υποδοχέων της HDL-C.

Το στεατικό οξύ (18:0) είναι κορεσμένο λιπαρό οξύ μεγάλης ανθρακικής αλυσίδας το οποίο σε αντίθεση με άλλα κορεσμένα λιπαρά οξέα δεν αυξάνει τα επίπεδα χοληστερόλης και LDL-C του πλάσματος. Έρευνα του Emcpen (1994) αναφέρει ότι το στεατικό οξύ (18:0) είναι λιγότερο υπερχοληστερολαιμικό, δηλαδή έχει μικρότερη ανάμιξη στην αύξηση των επιπέδων της HDL-C χοληστερόλης στο πλάσμα του αίματος, από ότι το παλμιτικό (C 16:0), λόγω της μεγαλύτερης ικανότητας του στεατικού οξέος να μετατρέπεται σε ακόρεστο. Δεν έχει αποδειχθεί αν τα λιπαρά οξέα μεσαίου μήκους ανθρακικής αλυσίδας, όπως το καπρυλικό (8:0) και το καπρινικό (10:0), παρουσιάζουν υπερχοληστερολαιμικές επιδράσεις.

Το λαουρικό οξύ (C 12:0), αυξάνει τα επίπεδα της LDL χοληστερόλης σε μικρότερο κατά 1/3 βαθμό από ότι το παλμιτικό οξύ.

Το μυριστικό οξύ (C 14:0), ένα άλλο κορεσμένο λιπαρό οξύ, το οποίο βρίσκεται στο βούτυρο, στο λίπος καρύδας και στο φοινικέλαιο, αυξάνει τα επίπεδα χοληστερόλης του πλάσματος όσο και το παλμιτικό οξύ.

Το μονοακόρεστο ελαϊκό οξύ (18:1 n9), είναι γνωστό ότι έχει ουδέτερες επιπτώσεις στην συγκέντρωση της ολικής, LDL και HDL χοληστερόλης (Grundy,1994). Αντιθέτως, το trans μονοακόρεστο ελαϊκό οξύ (trans 18:1 n9) αυξάνει τα επίπεδα της LDL-C του πλάσματος και προκαλεί μικρή μείωση των επιπέδων της HDL-C.

Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στα ωμέγα-6 λιπαρά οξέα όπως το λινελαϊκό (18:2 ω-6) και στα ωμέγα-3 λιπαρά οξέα, όπως το λινολενικό (18:3 ω-3), το εικοσιπενταενοϊκό ή EPA (20:5 ω-3) και το εικοσιδύοεξενοϊκό ή DHA (22:6 ω-3).

Το λινελαϊκό οξύ (18:2 ω-6) προκαλεί μείωση των επιπέδων της

χοληστερόλης, περισσότερο απ' ό τι το ελαιϊκό οξύ. Όμως, έρευνες που έγιναν σε πειραματόζωα απέδειξαν ό τι η πρόσληψη υψηλών ποσοστών λινελαϊκού οξέος συμβάλλει θετικά στην εμφάνιση χημικής καρκινογένεσης και προκαλεί καταστολή του ανοσοποιητικού συστήματος. Σε ανθρώπους η πρόσληψη υψηλών ποσοστών λινελαϊκού οξέος μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση των επιπέδων της LDL-C και πιθανώς αυξάνουν τον κίνδυνο δημιουργίας πέτρας χοληστερίνης στη χολή . Ακόμη, η παρουσία λινελαϊκού οξέος στα LDL λιπίδια καθιστά τα τελευταία περισσότερο ευαίσθητα στην οξειδωση, γεγονός που πιθανώς συμβάλλει θετικά στην ανάπτυξη αρτηριοσκλήρωσης.

Τα ω-3 λιπαρά οξέα ό πως EPA (20:5 ω-3) και το DHA (22:6 ω-3), που περιέχονται στα ιχθυέλαια, προλαμβάνουν την εμφάνιση θρομβώσεων και καθυστερούν την ανάπτυξη αθηροσκλήρωσης (Grundy, 1994).

### **2.5.2 Κορεσμένα λιπαρά οξέα**

Το 1984 η Επιτροπή Ιατρικών Συμβούλων Ασφάλειας Τροφίμων (COMA), σε έκθεση που παρουσίασε σχετικά με τη διατροφή και τις καρδιαγγειακές παθήσεις, τόνισε τους κινδύνους από την υπερβολική κατανάλωση λίπους και επισήμανε ό τι τα κορεσμένα λίπη είναι περισσότερο επιβλαβή από τα ακόρεστα. Τα μπισκότα συνήθως έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λίπη – συνήθως πάνω από 30% (γεμιστά με κρέμα και σοκολάτα). Συνήθως, κατά την παρασκευή ζύμης χρησιμοποιούνται ημιστερεά λίπη σε θερμοκρασία δωματίου και για τη γέμιση λίπη στερεά, πιθανώς μετά από υδρογόνωση. Συνεπώς πολλά από αυτά τα λίπη είναι πλούσια σε κορεσμένα λιπαρά οξέα (Nibset, 1986).

#### **2.5.2.1 Κορεσμένα λιπαρά οξέα και καρδιαγγειακά**

Είναι γνωστό ό τι τόσο η αθηροσκλήρωση ό σο και η θρόμβωση, διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην εμφάνιση και την πορεία της στεφανιαίας νόσου. Η εμφάνιση καρδιοπαθειών σχετίζεται με την απόθεση λιπιδίων του ορού του αίματος στο εσωτερικό των αγγείων σχηματίζοντας θρόμβους. Οι θρόμβοι αυτοί αποτελούνται από μυκοπολυσακχαρίτες και χοληστερόλη κυρίως στην εστεροποιημένη μορφή της ένωσης (Gunstone & Norris, 1983). Η μεταγευματική συγκέντρωση λιπιδίων στο αίμα καθορίζει τη συγκέντρωση της LDL- χοληστερόλης στο πλάσμα.

Επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει μια θετική σχέση μεταξύ της

πρόσληψης κορεσμένων λιπαρών οξέων και αύξηση των καρδιαγγειακών νοσημάτων (Hu et al., 1997). Έχει αποδειχθεί ότι η αυξημένη κατανάλωση κορεσμένων λιπαρών οξέων, ειδικότερα με 12 ως 16 άτομα άνθρακα τείνουν να αυξάνουν τις συγκεντρώσεις ολικής και LDL χοληστερόλης του αίματος, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο αθηροσκλήρωσης (Schaefer, 2002). Το λαουρικό (12:2) και μυριστικό (14:0) οξύ συμβάλλουν περισσότερο στην αύξηση των επιπέδων ολικής χοληστερόλης από ότι το παλμιτικό (16:0), ενώ το στεατικό έχει ουδέτερη επίδραση. Το λαουρικό, αλλά όχι το μυριστικό ή το παλμιτικό, μειώνει τη σχέση ολικής προς HDL χοληστερόλης λόγω της αύξησης HDL που προκαλεί (Mensink et al., 2003).

Η υπερχοληστερολαιμία η οποία προκαλείται από αυξημένη κατανάλωση κορεσμένων λιπαρών οξέων είναι υπεύθυνη για την αύξηση της θνησιμότητας λόγω καρδιαγγειακών παθήσεων. Όπως έχουν δείξει πολλές μακροχρόνιες επιδημιολογικές μελέτες, πληθυσμοί που καταναλώνουν υψηλά επίπεδα κορεσμένων λιπαρών οξέων εμφανίζουν αυξημένα επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα και αυξημένη συχνότητα καρδιαγγειακών νοσημάτων. Είναι γενικά αποδεκτό ότι υψηλά επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα, ειδικότερα χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνες (LDL) προάγουν την ανάπτυξη αθηροσκλήρωσης και προδιαθέτουν για καρδιαγγειακά νοσήματα (Semma, 2001).

#### 2.5.2.2 Κορεσμένα λιπαρά οξέα και καρκίνος

Πολλές επιδημιολογικές και πειραματικές μελέτες υποστηρίζουν ότι ο τρόπος διατροφής στις ΗΠΑ πιθανόν να ευθύνεται για περισσότερους από το 1/3 των θανάτων από διάφορες μορφές καρκίνου και μεγάλο ποσοστό αυτών είναι δυνατόν να αποφευχθούν αν αλλάξουν οι διατροφικές συνήθειες (Καφάτος και συν., 1997).

Καρκίνος του μαστού: Στο παρελθόν διάφορες μελέτες, έδειξαν ότι υπάρχει σχέση μεταξύ συνολικού λίπους του διαιτολογίου και καρκίνου του μαστού. Αν και είναι ακόμα άγνωστο ποιά μπορεί να είναι η σχέση ανάμεσα στην κατανάλωση λίπους και καρκίνου του μαστού, πολλοί ερευνητές πιστεύουν ότι μπορεί να είναι ορμονική. Η υπερκατανάλωση λιπών πιθανότατα τροποποιεί το ορμονικό ισοζύγιο, προκαλεί ανωμαλίες στις κυτταρικές μεμβράνες, επηρεάζει τον μεταβολισμό των καρκινογόνων ουσιών και τη διεργασία αποκατάστασης βλαβών DNA. Μερικοί επιστήμονες πιστεύουν ότι τα αφύσικα επίπεδα προλακτίνης, ανδρογόνων και

οιστρογόνων μπορεί να προκαλούν υπερβολικό stress στα κύτταρα των ιστών του μαστού (ADA report, 2007).

### 2.5.3 *Trans* λιπαρά οξέα (TFA)

Προκειμένου να μειωθεί το περιεχόμενο των τροφίμων σε κορεσμένα λιπαρά οξέα, η βιομηχανία, σε αναπτυγμένες χώρες κινήθηκε σταδιακά στην αντικατάσταση λιπών από ζωικές προς φυτικές πηγές. Τα φυτικά λιπαρά οξέα έχουν υψηλή συγκέντρωση ακόρεστων λιπαρών οξέων τα οποία είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου. Προκειμένου να αποκτήσουν τη στερεά δομή των κορεσμένων λιπαρών οξέων υπόκεινται σε υδρογόνωση, διαδικασία που κάνει τα άτομα άνθρακα να ενώνονται σε μια ευθεία διαμόρφωση και να παραμένουν σε στερεά κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου σχηματίζοντας τα λεγόμενα *trans* λιπαρά οξέα. Ο σχηματισμός τους εξαρτάται, μεταξύ άλλων παραγόντων, ως ένα βαθμό από την ένταση/ έκταση της υδρογόνωσης. Έτσι, τα *trans* λιπαρά οξέα τα οποία παράγονται τεχνητά και βρίσκονται σε πολλά τρόφιμα όπως προϊόντα αρτοποιείου, τηγανιτά, θεωρούνται υπαίτια σε μεγάλο βαθμό για την ανάπτυξη αρκετών προβλημάτων υγείας συμπεριλαμβανομένων καρδιαγγειακών παθήσεων (Semma 2001). Το πιο διαδεδομένο *trans* λιπαρό οξύ είναι το ελαϊδικό (18:1 n9 *Trans*) (Tavella et al., 2000).

Υψηλή πρόσληψη TFA, έχει συσχετιστεί με αύξηση κινδύνου καρδιαγγειακών, θνησιμότητας, καθώς και κινδύνου εμφράγματος του μυοκαρδίου και στεφανιαίας νόσου (Sun et al., 2007). Όπως και τα κορεσμένα, έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στα επίπεδα λιπιδίων του αίματος, μειώνοντας την HDL χοληστερόλη και αυξάνοντας τη σχέση τριγλυκεριδίων προς HDL και LDL προς HDL (Mensink et al., 2003).

#### 2.5.3.1 *Trans* λιπαρά οξέα και καρδιαγγειακά

Πολλές έρευνες αποδεικνύουν ότι τα *trans* λιπαρά οξέα αυξάνουν τα επίπεδα της ολικής και LDL χοληστερόλης και μειώνουν τα επίπεδα της HDL χοληστερόλης στο αίμα. Επίσης επιδημιολογικές μελέτες αναφέρουν ότι η αυξημένη πρόσληψη *trans* λιπαρών οξέων σχετίζεται με υψηλό κίνδυνο καρδιαγγειακών (Semma, 2001).

Τα *trans* λιπαρά οξέα βρίσκονται σε μερικώς υδρογονωμένα φυτικά έλαια καθώς και σε προϊόντα που περιέχουν τέτοιου είδους έλαια. Διάφορες μελέτες έχουν

επικεντρωθεί σε μαργαρίνες και άλλα κίτρινα λίπη και γαλακτοκομικά προϊόντα. Όλες βρήκαν ποσότητες trans λιπαρών οξέων κυρίως σε snacks όπως μπισκότα και κράκερς, γλυκά, παγωτά, chips, τηγανιτές πατάτες, σούπες και σάλτσες (Aro et al., 1998).

Τις τελευταίες δεκαετίες η κατανάλωση TFA έχει επικεντρώσει το ενδιαφέρον φορέων υγείας καθώς αρκετές κλινικές μελέτες έχουν δείξει ότι υψηλή κατανάλωση trans λιπαρών οξέων μέσω της διατροφής προκαλεί αύξηση της LDL και μείωση της HDL χοληστερόλης. Επίσης, επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει θετική συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης trans λιπαρών οξέων και του κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων (Tavella et al., 2000). Διαιτητική πρόσληψη TFA η οποία ξεπερνάει το 4% της ολικής προσλαμβανόμενης ενέργειας έχει βρεθεί ότι σχετίζεται με αύξηση της LDL χοληστερόλης ενώ πρόσληψη μεγαλύτερη του 5-6% της ολικής επαναπροσλαμβανόμενης ενέργειας με μείωση της HDL χοληστερόλης (Hunter, 2006). Οι Oomen et al., (2001) βρήκαν ότι μείωση τις πρόσληψης TFA κατά 2-4% της προσλαμβανόμενης ενέργειας από τον οργανισμό προκαλεί μείωση των θανάτων από στεφανιαία νόσο κατά 23%. Ακόμη, τα trans λιπαρά οξέα αυξάνουν τα επίπεδα τριγλυκεριδίων στο αίμα συγκρινόμενα με άλλα λιπαρά οξέα. Μειώνοντας κατά 2% την κατανάλωση σε trans λιπαρά οξέα, μειώνονται τα επίπεδα τριγλυκεριδίων κατά 3mg/dL (Ascherio, 1999). Εξαιτίας αυτής της συσχέτισης ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας το 1994 πρότεινε ότι η κατανάλωση trans λιπαρών οξέων δεν πρέπει να ξεπερνάει το 4% της κατανάλωσης ολικού λίπους και ώθησαν τη βιομηχανία τροφίμων να μειώσει τα trans λιπαρά οξέα στα προϊόντα σύμφωνα με αυτά τα επίπεδα (ADA report, 2007).

Τρόφιμα που περιέχουν trans λιπαρά οξέα είναι πιθανό να φέρουν ισχυρισμούς όπως «χαμηλό σε κορεσμένα λιπαρά οξέα», ή «χαμηλό ή ελεύθερο χοληστερόλης», προσελκύοντας με αυτόν τον τρόπο καταναλωτές οι οποίοι προσπαθούν να μειώσουν την πρόσληψη λιπαρών και χοληστερόλης. Δυστυχώς τα trans λιπαρά οξέα σπανίως αναγράφονται στις διατροφικές ετικέτες των τροφίμων καθώς η νομοθεσία δεν το επιβάλλει και επιπλέον διαφέρει από χώρα σε χώρα (Tavella et al., 2000).

Πρόσφατα ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) πρότεινε την αναγραφή των trans λιπαρών οξέων στις διατροφικές ετικέτες των τροφίμων εκτός των άλλων συστατικών καθώς επίσης και στους πίνακες σύνθεσης τροφίμων (Semma, 2001).

Πρόσφατη έρευνα των Mensink et al., (1992) αναφέρουν ανεπιθύμητες επιδράσεις των trans λιπαρών οξέων (TFA) στα επίπεδα της λιποπρωτεΐνης(a) Lp(a) που πιθανώς αυξάνουν τον κίνδυνο εμφάνισης της στεφανιαίας καρδιακής νόσου (CHD). Έρευνες που εξέτασαν την επίδραση των TFA στα επίπεδα της λιποπρωτεΐνης χοληστερόλης σε υγιείς ενήλικες, έχουν συμπεράνει ότι τα TFA αυξάνουν τα επίπεδα της LDL-C και μειώνουν αυτά της HDL-C, γεγονός που παρατηρείται κατά την κατανάλωση κορεσμένων λιπαρών οξέων (Bailey,1996).

Έρευνα των Willett et al., (1993) που έγινε σε ομάδα γυναικών αναφέρει αύξηση του κινδύνου εμφάνισης της CHD, που σχετίζεται με την αυξανόμενη κατανάλωση TFA. Έρευνα των Van de Vinjner et al., (1996) που έγινε σε άτομα που πάσχουν από τη στεφανιαία νόσο, εξέτασε τη συγκέντρωση TFA στο κλάσμα φωσφολιπιδίων του πλάσματος και έδειξε ότι η συγκέντρωση HDL-C χοληστερόλης στο πλάσμα των ατόμων με 80% στένωση, όμως δεν αποδεικνύει την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ κατανάλωσης TFA και κινδύνου εμφάνισης CHD.

Στην έρευνα των Lercker και Rodriguez-Estada (2000) αναφέρεται ότι λόγω του περιεχόμενου διπλού δεσμού στο μόριο της χοληστερόλης, η τελευταία είναι ευαίσθητη στην οξειδωση, κατά την έκθεση της στο φως και στο μοριακό οξυγόνο, με αποτέλεσμα να προκύπτουν πάνω από 60 προϊόντα αυτοξειδωσης της χοληστερόλης. Μέτρο του βαθμού οξειδωσης της χοληστερόλης είναι η παρουσία της 7-κετοχοληστερόλη (7-k). Η περιεκτικότητα των παιδικών μπισκότων στην Ιταλία σε 7-κετοχοληστερόλη είναι 0,05-0,3 mg/kg δείγματος.

Οι Oomen et al., (2001) απέδειξαν ότι η μείωση της πρόσληψης TFA σε ποσοστό 2-4% της προσλαμβανόμενης ενέργειας από τον οργανισμό προκαλεί μείωση των θανάτων από τη στεφανιαία νόσο της καρδιάς κατά 23%.

Έχει αποδειχθεί ότι οι δίαιτες που περιέχουν περίπου 8% TFA μειώνουν σημαντικά τα επίπεδα της HDL-C και αυξάνουν τα επίπεδα της LDL-C.

Έρευνες σε ζώα έχουν αποδείξει ότι τα κορεσμένα και τα υδρογονωμένα λίπη σε συνδυασμό με χοληστερόλη, μειώνουν αποτελεσματικά την δραστηριότητα του δείκτη της LDL. Αυτά τα αποτελέσματα υπονοούν ότι διαιτητικά υδρογονωμένα λίπη επιδρούν στην παρεμπόδιση της δραστηριότητας του ηπατικού δείκτη της και μεταβάλλουν τη σύνθεση των λιποπρωτεϊνών (Bailey,1996).

Επίσης έχει παρατηρηθεί πως μειώνοντας τη κατανάλωση TFA, μειώνεται η ολική χοληστερόλη στο αίμα και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κινδύνου για ισχαιμικό επεισόδιο (Πίνακας12).

Πίνακας 12: Εκτιμήσεις της μείωσης του κινδύνου για ισχαιμία σε σχέση με τη μείωση της ολικής χοληστερόλης σε ανθρώπους ηλικίας 60 χρονών.

Μείωση της ολικής χοληστερόλης [mmol/L(%)]	Μείωση του κινδύνου %
0,3(5)	15
0,6 (10)	27
1,2(20)	47
1,8(30)	61

(Law, 2000)

Η μείωση του κινδύνου για ισχαιμία και η μείωση της ολικής χοληστερόλης ακολουθούν μία εκθετικά σχέση. Το 15% της μείωσης του κινδύνου με το 5% της μείωσης της ολικής χοληστερόλης είναι ισοδύναμο με το σχετικό ρίσκο του 0,58 (100-15=85%). Η χοληστερόλη μειώνεται 2,4 και 6 φορές σε αντιστοιχία με το σχετικό ρίσκο  $0,85^2$  (0,73 ή 27% μείωση),  $0,85^4$  (0,53 ή 47% μείωση), και  $0,85^6$  (0,39 ή 61% μείωση) (Law, 2000).

Ένας δεύτερος μηχανισμός των ανεπιθύμητων συνεπειών των TFA σε σχέση με τη στεφανιαία καρδιακή νόσο περιλαμβάνει τη μεταβολή σύνθεσης των βασικών λιπαρών οξέων. Τα trans λιπαρά οξέα αυξάνουν την ανεπάρκεια βασικών λιπαρών οξέων καθώς παρεμβαίνουν αποτελεσματικά στον υπατικό μεταβολισμό του cis γ-λινολενικού και του cis α-λινολενικού οξέος (Bailey, 1996).

Νέες έρευνες έδειξαν ότι η κατανάλωση trans λιπαρών οξέων, τα οποία περιέχονται σε υδρογονωμένα φυτικά έλαια, έχουν πιθανώς, υπερχοληστερολαιμικές επιπτώσεις (Bailey, 1996). Συγκεκριμένα, σε σύγκριση προς τα κορεσμένα λιπαρά οξέα, τα TFA προκαλούν αύξηση της συγκέντρωσης της χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης χοληστερόλης (LDL-C), μείωση της συγκέντρωσης της υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης χοληστερόλης (HDL-C) και προκαλούν αύξηση της αναλογίας ολικής χοληστερόλης προς HDL-C (Wagner, 2000). Έρευνες σε γυναίκες και σε άντρες περιγράφουν πως η κατανάλωση TFA (η αντικατάσταση του ελαϊκού οξέος από το ελαϊδικό) προκαλεί αύξηση της LDL-C στο πλάσμα ενώ προκαλεί μείωση της HDL-C (Bailey, 1996). Έρευνα των Oomen et al., (2001) αναφέρει ότι οι άντρες που κατανάλωναν υψηλές ποσότητες

TFA συχνά ήταν καπνιστές και είχαν υψηλή συγκέντρωση ολικής χοληστερόλης στο πλάσμα του αίματος.

Αντικατάσταση των *cis* λιπαρών οξέων από *trans* λιπαρά οξέα στη διαίτα ζώων μεταβάλλει τη σύνθεση των μεμβρανών σε λιπαρά οξέα, τη ρευστότητα και τις λειτουργικές ιδιότητες όπως η δραστηριότητα ενζύμων. Έρευνες έχουν αποδείξει ότι τα *trans* λιπαρά οξέα παρεμποδίζουν τη δραστηριότητα ενζύμων που προκαλούν τη δημιουργία πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, όπως μετατροπή του λινελαϊκού οξέος (18:2 n6) στο αραχιδονικό (20:4 n6), το οποίο είναι ένας πολύ σημαντικός βιολογικός μεταβολίτης (Ghafoorunissa, 2001).

Σε αρουραίους στους οποίους χορηγήθηκε υδρογονωμένο ελαιόλαδο, το οποίο είχε υψηλά ποσοστά TFA, παρατηρήθηκαν αλλαγές στις μεμβράνες των μιτοχονδρίων του ήπατος και των ερυθρών αιμοσφαιρίων τους. Αποτελέσματα που προκύπτουν από την ενσωμάτωση των TFA στα φωσφολιπίδια των μεμβρανών είναι αλλαγή της ρευστότητας και της διαπερατότητας της κυτταρικής μεμβράνης, λόγω της άκαμπτης (στερεής)δομής και του υψηλότερου σημείου τήξης των *trans* ισομερών (Bailey, 1996).

#### 2.5.3.2 *Trans* λιπαρά οξέα και καρκίνος

Σε αντίθεση με την εκτεταμένη βιβλιογραφία και έρευνα γύρω από τα TFA και τις καρδιαγγειακές παθήσεις, λίγες έρευνες αφορούν τη σχέση TFA με τον καρκίνο (Hunter, 2006) και όσες έχουν πραγματοποιηθεί δεν έχουν βρει κάποια θετική σχέση (ADA report, 2007).

Πολλές μελέτες ασχολήθηκαν με την σχέση μεταξύ διατροφής και καρκίνου (Zock & Katan, 1998). Καμία δεν βρήκε τρανταχτές αποδείξεις για την μεταξύ τους σχέση. Μια πρόσφατη σχετικά case-control έρευνα (1993 cases, 2410 controls) βρήκε αδύναμο συσχετισμό μεταξύ πρόσληψης TFA και κίνδυνου καρκίνου του παχέως εντέρου σε γυναίκες (odd ratio= 1.5, 95% CI = 1.1-2.0), αλλά όχι στους άνδρες (Slattery et al., 2001). Και στα δύο φύλα βρέθηκε μια πιο δυνατή σχέση στους ηλικιωμένους (>67 χρονών) ((OR = 1.4, 95% CI = 0.9-2.1 στους άνδρες; OR = 1.6, 95% CI =1.0-2.4 στις γυναίκες).

Καρκίνος παχέως εντέρου. Μελέτες σε ποντικούς ενώ δείχνουν αυξημένο κίνδυνο με υψηλή πρόσληψη κορεσμένων ή ζωικών λιπών δε δείχνουν κάποια συσχέτιση μεταξύ της πρόσληψης TFA και του καρκίνου του παχέως εντέρου.

Καρκίνος μαστού. Επιδημιολογικές μελέτες δε δείχνουν κάποια σχέση



μεταξύ πρόσληψης TFA και αύξησης κινδύνου.

### 2.5.3.3 *Trans* λιπαρά οξέα και διαβήτης

Ο όρος σακχαρώδης διαβήτης περιλαμβάνει ένα σύνολο μεταβολικών διαταραχών που έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό τα υψηλά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα. Η έλλειψη ινσουλίνης είναι υπεύθυνη για την αδυναμία χρησιμοποίησης της γλυκόζης από τα κύτταρα. Δύο είναι οι τύποι σακχαρώδη διαβήτη:

- 1) Ο μη ινσουλινοεξάρτουμενος που καλύπτει το 90% και
- 2) Ο ινσουλινοεξάρτουμενος που αποτελεί ποσοστό 5-10% του συνόλου των διαβητικών.

Ο σακχαρώδης διαβήτης δεν χαρακτηρίζεται μόνο από διαταραχές στο μεταβολισμό των υδατανθράκων αλλά και από μη ισορροπημένο μεταβολισμό πρωτεϊνών και λιπών. Τα προβλήματα του μεταβολισμού των λιπών έχουν ως αποτέλεσμα την εκδήλωση δυσλιπιδαιμίας που παρατηρείται συχνά, ιδιαίτερα σε ασθενείς με ινσουλινοεξάρτουμενο διαβήτη. Ο διαβήτης σχετίζεται με σημαντικά αυξημένο κίνδυνο αρτηριοσκλήρωσης, καρδιαγγειακών νοσημάτων και άλλων επιπλοκών.

Η αντικατάσταση TFA με πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του κινδύνου για ανάπτυξη διαβήτη τύπου II στις γυναίκες. Παρ' όλα αυτά όμως, η επίδραση των TFA στην ινσουλινοαντίσταση δεν έχει μελετηθεί. Επιπλέον, δεν υπάρχει κάποια λειτουργική ή φυσιολογική σχέση που να συνδέει τα TFA με τους μηχανισμούς ανάπτυξης διαβήτη τύπου II. Το γεγονός ότι οι περισσότερες τροφές που περιέχουν TFA, περιέχουν συνήθως μεγάλες ποσότητες ραφινισμένων υδατανθράκων, οδηγεί στην υπόθεση ότι μπορεί να παροξύνει την ινσουλινοαντίσταση οδηγώντας στην αύξηση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα. Αυτή η σχέση μεταξύ TFA και απλών υδατανθράκων δεν επιτρέπει τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το αν μόνο τα TFA ή σε συνδυασμό με τους υδατάνθρακες ή μόνο οι υδατάνθρακες σε συγκεκριμένα τρόφιμα συνδέονται με τον κίνδυνο διαβήτη τύπου II (Hunter, 2006).

Τέλος, παράγοντες όπως η έλλειψη άσκησης, διατροφή υψηλή σε λίπος, TFA, γλυκαιμικό φορτίο και διατροφή χαμηλή σε φυτικές ίνες με χαμηλή αναλογία κορεσμένων/ πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, κάπνισμα και αυξημένη κατανάλωση αλκοόλ, σχετίζονται με αυξημένο κίνδυνο ανάπτυξης διαβήτη τύπου II (Hu et al., 2001). Οπότε δεν είναι ξεκάθαρο κατά πόσο η κατανάλωση TFA μόνο αυξάνει τον

κίνδυνο ανάπτυξης διαβήτη τύπου II (Hunter, 2006).

Πίνακας 13: Τα επίπεδα λιπιδίων και λιποπρωτεϊνών μετά από κατανάλωση ελαϊκού οξέος, trans και κορεσμένων λιπαρών οξέων.

Παράμετροι	Διατροφική διαχείριση /Ορός Λιπιδίων (mg%)			
	Προηγούμενη Έρευνα	Ελαϊκό οξύ	Trans	Κορεσμένα
<b>Ολική χοληστερόλη</b>	184	172	183	193
<b>LDL-χοληστερόλη</b>	117	103	118	121
<b>HDL-χοληστερόλη</b>	50	55	48	55
<b>Τριγλυκερίδια</b>	85	72	83	83
<b>LDL/HDL</b>	2,3	1,9	2,5	2,2

(Applewhite,1993)

Έγινε έρευνα πάνω στις διατροφικές συνήθειες μιας ομάδας ανθρώπων και παρατηρήθηκε η επίπτωση του λινελαϊκού, του στεατικού οξέος και των trans λιπαρών οξέων στα επίπεδα των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών (Πίνακας 14 ).

Πίνακας 14: Τα επίπεδα λιπιδίων και λιποπρωτεϊνών μετά από κατανάλωση λινελαϊκού, trans και στεατικού οξέος.

Παράμετροι	Διατροφική διαχείριση /Ορός Λιπιδίων (mg%)			
	Προηγούμενη Έρευνα	Ελαϊκό οξύ	Trans	Κορεσμένα
Ολική χοληστερόλη	187	183	189	189
LDL- χοληστερόλη	117	109	119	116
HDL- χοληστερόλη	53.4	56.8	53	54.5
Τριγλυκερίδια	83.2	84.1	88.5	92.1
LDL/HDL	2.2	1.9	2.2	2.1

(Mensink, 1990)

#### **2.5.4 Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα**

Το ελαϊκό οξύ μειώνει την ολική και LDL χοληστερόλη όταν αντικαθιστά κορεσμένο λίπος. Συγκριτικά με τους υδατάνθρακες τα μονοακόρεστα μειώνουν τα τριγλυκερίδια και αυξάνουν την HDL χοληστερόλη (ADA report, 2007).

Μια μετά- ανάλυση από έρευνες διαβητικών έδειξε ότι δίαιτες υψηλές σε λίπος με συμμετοχή μονοακόρεστων από 22 ως 33% της ενέργειας είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ολικής χοληστερόλης του πλάσματος, VLDL και τριγλυκεριδίων συγκριτικά με τη χαμηλή σε λίπος – υψηλή σε υδατάνθρακες (49 ως 60% της ενέργειας) δίαιτα (Garg, 1998). Παράλληλα, πλούσιες σε μονοακόρεστα δίαιτες είχαν ως αποτέλεσμα πιο ευνοϊκή ρύθμιση της γλυκαιμίας.

Η σχέση μεταξύ μονοακόρεστων και κινδύνου για καρκίνο δεν είναι επιβεβαιωμένη. Σε μερικές μελέτες το ελαϊκό σχετίστηκε με μείωση του κινδύνου καρκίνου του μαστού (ADA report, 2007) αλλά μετά- αναλύσεις συμπέραναν το αντίθετο (Saadatian-Elahi et al., 2004).

#### **2.5.5 Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα**

Τα ω-6 (LA και ARA) και τα ω-3 (ALA, EPA και DHA) λιπαρά οξέα είναι σημαντικά σε πολλούς τομείς της υγείας. Πρόσφατα έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον για την κατανόηση της σημαντικότητας των ω-3 λιπαρών οξέων στη μείωση κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων, στη νευρική λειτουργία καθώς και στις ανωμαλίες του ανοσοποιητικού συστήματος. Ενδιαφέρον έχει συγκεντρωθεί γύρω από τη θεωρία ότι δίαιτα με υψηλό λόγο ω-6/ω-3 μπορεί να σχετίζεται με πολλές παθήσεις του δυτικού τρόπου ζωής και διατροφής.

Παλαιότερες κλινικές μελέτες βρήκαν ότι πρόσληψη 13% με 21% της ενέργειας από πολυακόρεστα μειώνει την ολική χοληστερόλη του πλάσματος κατά 13 με 15% και τα καρδιαγγειακά επεισόδια κατά 25% με 43% (ADA report, 2007). Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα αυξάνουν την HDL όταν αντικαθιστούν τους υδατάνθρακες αν και σε μικρότερο βαθμό από ότι η μείωση κορεσμένων και μονοακόρεστων (Mensink et al., 2003). Επίσης, λόγω των πιθανών ευεργετικών επιδράσεων στο μεταβολισμό της γλυκόζης και στην αντίσταση στην ινσουλίνη, μπορεί να παίζουν κάποιο ρόλο στην αντιμετώπιση του διαβήτη τύπου II (Xiao et al., 2006).

#### 2.5.5.1 $\omega$ -6 λιπαρά οξέα

Ο Καναδέζικος Διαβητολογικής Σύλλογος συνιστά πρόσληψη πολυακόρεστων 10% της ενέργειας / ημέρα βασιζόμενος σε αποδείξεις από κλινικές μελέτες ότι υψηλή πρόσληψη LA έχει θετική επίδραση στη ρύθμιση του διαβήτη (ADA report, 2007). Παρόλα αυτά οι πιθανότητες σχετικά με την υψηλή πρόσληψη  $\omega$ -6 λιπαρών οξέων και τον κίνδυνο καρκίνου, καρδιαγγειακών και υπερσυνουλιαιμίας έχουν αυξηθεί. Επίσης, έχει δοθεί προσοχή στο γεγονός ότι τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι ευαίσθητα στην οξειδωση κατά την οποία δημιουργούνται ελεύθερες ρίζες και μερικές έρευνες σε ζώα έδειξε ότι μπορεί να οδηγήσουν σε καρκίνο του εντέρου. Παρόλα αυτά δεν υπάρχει κάποια απόδειξη για σχέση με καρκίνο στον άνθρωπο (Law, 2000). Τέλος, μετά-ανάλυση 16 case control και 7 cohort ερευνών συμπέραναν ότι είναι απίθανο η υψηλή πρόσληψη LA να αυξάνει τον κίνδυνο καρκίνου του μαστού, προστάτη ή παχέως εντέρου (Zock & Katan 1998).

#### 2.5.5.2 $\omega$ -3 λιπαρά οξέα

Επιδημιολογικές μελέτες στις ΗΠΑ ανέφεραν ότι η πρόσληψη 0.53 με 2.8 gr ALA/ημέρα σχετίζονται με μειωμένο κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων, ισχαιμικών επεισοδίων και θανάτων όλων των αιτιών (all cause mortality) (ADA report, 2007). Έχει βρεθεί ότι τα  $\omega$ -3 έχουν υποτριγλυκεριδαιμική δράση. Τα αλινολενικό και τα μακράς αλυσίδας  $\omega$ -3 λιπαρά οξέα, κυρίως, έχει αποδειχτεί ότι έχουν θετική επίδραση στην αγγειακή λειτουργία, ενώ παράλληλα προστατεύουν από καρδιακές αρρυθμίες, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε ξαφνικό θάνατο. Επιπλέον, έρευνα που αφορούσε την αλληλεπίδραση της χοληστερόλης και των  $\omega$ -3 λιπαρών οξέων της δίαιτας σε φυσιολογικά άτομα έδειξε ότι τα  $\omega$ -3 είναι ικανά να ελαττώσουν την LDL, ακόμα και όταν η λήψη της χοληστερόλης της τροφής είναι υψηλή. Μετά- ανάλυση έχει αυξήσει το ενδιαφέρον για τη σχέση μεταξύ ALA και κινδύνου καρκίνου του προστάτη αν και οι περισσότερες έρευνες δεν αποδεικνύουν κάτι τέτοιο (ADA report, 2007). Έχει διαπιστωθεί η ανασταλτική δράση του λινολαϊκού οξέος στην επιδερμική καρκινογένεση ποντικών. Προκύπτει έτσι ο συλλογισμός ότι το λινολεϊκό οξύ είναι απαραίτητο για την ακεραιότητα του δέρματος δρώντας διεγερτικά στα επιδερμικά κύτταρα. Η πρόσληψη EPA και DHA σε 5 επιδημιολογικές μελέτες στις ΗΠΑ σχετίστηκε με τον χαμηλότερο κίνδυνο καρδιακών επεισοδίων (Hu et al., 2003). Επιδημιολογικές μελέτες αναφέρουν ότι

υψηλή κατανάλωση ψαριών σχετίζεται με μειωμένο κίνδυνο καρκίνου του μαστού και παχέος εντέρου. Επίσης διατροφή με μειωμένα επίπεδα ω-3 λιπαρά οξέα, επιβαρύνει την κατάσταση σε περιπτώσεις αντίστασης στην ινσουλίνη. Καθώς, έχει αποδειχτεί ότι η δράση της ινσουλίνης στους σκελετικούς μύες και τον λιπώδη ιστό, ρυθμίζεται από τη σύνθεση των μεμβρανών σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και παράλληλα ότι τα ω-3 λιπαρά οξέα μειώνουν την μεταγευματική λιπαιμία (ADA report, 2007).

Πίνακας 15: Διατροφικές συστάσεις Trans και κορεσμένων λιπαρών οξέων στις ΗΠΑ.

<b>Οργανισμοί ΗΠΑ</b>	<b>Κορεσμένα λιπαρά οξέα</b>	<b>Trans λιπαρά οξέα</b>
American Heart Association	< 7% ενέργειας	< 1% ενέργειας
Adult Treatment Panel of the National Cholesterol Education Program	< 7% ενέργειας (υψηλού κινδύνου ομάδες)	Διατήρηση χαμηλών επιπέδων
Health and Human Services/US Department of Agriculture 2005	< 10% ενέργειας	Όσο το δυνατό χαμηλότερα
Institute of Medicine of the National Academy of Sciences	Όσο το δυνατό χαμηλότερα	Όσο το δυνατό χαμηλότερα
Nutrition Recommendations and Interventions for Diabetes 2007 (ADA report-(1))	< 7% ενέργειας	Διατήρηση χαμηλών επιπέδων
The Canadian Diabetes Association	< 10% ενέργειας	Όσο το δυνατό χαμηλότερα
<b>Οργανισμοί εκτός ΗΠΑ</b>	<b>Κορεσμένα λιπαρά οξέα</b>	<b>Trans λιπαρά οξέα</b>
Health Council of the Netherlands	Όσο το δυνατό χαμηλότερα ΑΟ <10% ενέργειας	Όσο το δυνατό χαμηλότερα ΑΟ < 1% ενέργειας
Health Canada	<10% ενέργειας	
Ministry of agriculture UK	< 10% ενέργειας	< 2% ενέργειας
Austria, Germany, Switzerland	< 10% ενέργειας	
Japan	6-8% ενέργειας	
World Health Organization/ Food and Agricultural Organization of UN	< 10% ενέργειας; < 7% ενέργειας για υψηλού κινδύνου ομάδες	< 1% ενέργειας

(Hunter, 2006)

Στον πίνακα 16 αναφέρονται οι περιεκτικότητες (ποσοστό %) λιπαρών οξέων που περιέχονται σε λίπη και έλαια στην Ελλάδα (Aro et al., 1998). Βρέθηκε περιεκτικότητα των ελληνικών δειγμάτων σε ελαϊδικό οξύ (18:1 trans), ενώ δε βρέθηκαν ποσότητες άλλων trans λιπαρών οξέων.

Πίνακας 16: Περιεκτικότητα λιπαρών οξέων (ποσοστό %) σε λίπη και έλαια της Ελλάδας.

<b>ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ</b>	<b>Ελαιόλαδο</b>	<b>Βούτυρο</b>	<b>Λίπη αρτοποιίας</b>
18:0	b	b	5.51
18:1 trans	0.02	2.79	5.51
18:2 trans	nd <sup>a</sup>	b	b
18:3 trans + 20:1 trans	nd	b	b
Ολικά trans	0.02	4.77	5.75
Ολικά SFA	15.66	64.66	44.10
Ολικά cis	83.39	26.99	49.49

(Aro et al., 1998)

<sup>a</sup> Μη ταυτοποιήσιμο ποσοστό στην εργασία.

<sup>b</sup> Δεν περιγράφεται στην εργασία.

### **2.5.6 Κατανάλωση λιπαρών οξέων σύμφωνα με την TRANSFAIR Έρευνα**

Στην TRANSFAIR έρευνα 100 είδη τροφών χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε χώρα ως αντικείμενο μελέτης και συγκεντρωτικά αναλύθηκαν. Σε κάθε χώρα υπολογίστηκε ανά άτομο η κατανάλωση trans και άλλων λιπαρών οξέων, συμπλέγματα λιπαρών οξέων και το ολικό λίπος, χρησιμοποιώντας τις καλύτερα διαθέσιμες πληροφορίες για τη διεθνή κατανάλωση.

#### **Κύριες πηγές ολικών λιπαρών:**

Η μέση πρόσληψη των ολικών λιπαρών οξέων κυμάνθηκε από 30,7% (81,7 gr/d στην Πορτογαλία και 84,7 gr/d στην Φιλανδία) έως 43,1% (141 gr/d στην Ισλανδία) της συνολικής προσληφθείσας ενέργειας στους άνδρες και από 30,5% (63 gr/d στη Φιλανδία) έως 43,9% (96 gr/d στη Γερμανία) της συνολικής προσληφθείσας ενέργειας στις γυναίκες. Οι πιο σημαντικές πηγές ολικού λίπους

είναι το γάλα και τα παράγωγα του γάλακτος και το τυρί (13% ολικά λιπαρά καταναλώνονται στη Γερμανία και 27% φτάνει η κατανάλωση στη Σουηδία). Κρέας και παράγωγα κρέατος (από 11% στην Ελλάδα σε 29% στη Γερμανία). Έλαια, λίπος (από 8% στην Σουηδία σε 46% στην Ιταλία) και βούτυρο (από <1% στην Ελλάδα σε 27% στη Γερμανία). Τα μπισκότα και τα γλυκά (από 4% στη Φιλανδία σε 10% στην Σουηδία).

#### **Κύριες πηγές trans λιπαρών οξέων:**

Η μέση πρόσληψη των trans λιπαρών οξέων κυμάνθηκε από 1,2 gr/d (Ελλάδα) έως 6,7 gr/d (Ισλανδία) στους άνδρες και από 1,7 gr/d (Ελλάδα) έως 4,1 gr/d (Ισλανδία) στις γυναίκες. Η συνεισφορά των trans λιπαρών οξέων στη κατανάλωση ενέργειας κυμάνθηκε από 0,5% (Ελλάδα και Ιταλία) έως 2,1% (Ισλανδία) στους άνδρες και από 0,8% (Ελλάδα) έως 1,9% (Ισλανδία) στις γυναίκες. Στη Φιλανδία, στην Ισλανδία, στην Ολλανδία, στη Νορβηγία και στο Ενωμένο Βασίλειο, οι κύριες πηγές TFA είναι μερικώς υδρογονωμένα έλαια και λίπη. Από αυτά, οι μαργαρίνες, οι κρέμες για επάλειψη (spreads), τα τηγανισμένα και μαγειρεμένα λάδια συμβάλλουν το λιγότερο κατά 31% σε TFA στην διατροφή. Στις άλλες χώρες, η συμβολή αυτών των προϊόντων αποτελεί ένα ποσό <1-18%. Τα τσιπς και οι τηγανητές πατάτες είναι σημαντικοί παράγοντες συνεισφοράς σε TFA (12-14%) στο Βέλγιο, στην Ολλανδία και στη Σουηδία. Τα προϊόντα αρτοποιίας αποτελούν το 7% της κατανάλωσης TFA στη Φιλανδία και το 21% στη Σουηδία. Περίπου το 28% στη Νορβηγία και το 79% στη Γερμανία της κατανάλωσης TFA προέρχεται από φυσικές πηγές (γάλα, λίπος από ζώο μηρυκαστικό). Στη Γερμανία και στη Γαλλία η συμβολή του βουτύρου σε TFA είναι υψηλή. Η συνεισφορά του κρέατος από μηρυκαστικό ζώο ως πηγή TFA αποτελεί το 5% (Φιλανδία, Γερμανία) και φτάνει στο 21% (Ισπανία, Σουηδία). Εκτός από το κρέας, τα παράγωγα κρέατος συνεισφέρουν κατά το μέγιστο βαθμό στη Φιλανδία, στη Γερμανία, στη Σουηδία και στο Ενωμένο Βασίλειο, βοδινό και μοσχαρίσιο κρέας στο Βέλγιο, στη Γαλλία, στην Ελλάδα, στην Ιταλία και στην Πορτογαλία, αρνίσιο κρέας στη Γαλλία και στην Ισλανδία.

#### **Κύριες πηγές κορεσμένων λιπαρών οξέων:**

Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα παρείχαν περίπου 10-19% της συνολικής προσληφθείσας ενέργειας, με τη χαμηλότερη κατανάλωση στις περισσότερες

Μεσογειακές χώρες. Η μέση πρόσληψη κυμάνθηκε από 10,5% (23,8 gr/d στην Ελλάδα) της συνολικής προσληφθείσας ενέργειας έως 18% (59,7 gr/d στην Ισλανδία) μεταξύ των ανδρών και από 12,4% (27,5 gr/d στη Νορβηγία) έως 18,6% (41,2 gr/d στην Γερμανία) μεταξύ των γυναικών. Το γάλα και τα παράγωγα του γάλακτος, το τυρί, το κρέας και τα παράγωγα κρέατος, το βούτυρο, λίπη και έλαια ήταν οι κύριες πηγές κατανάλωσης SFA σε όλες τις χώρες. Η συνεισφορά του βουτύρου στη κατανάλωση SFA ποικίλει: στην Ελλάδα, στην Ισπανία, στην Ολλανδία, στη Νορβηγία το βούτυρο παρείχε λιγότερο από το 5%, ενώ υψηλές καταναλώσεις παρατηρήθηκαν στη Γαλλία (30%) και στη Γερμανία (39%).

### **Κύριες πηγές Cis μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων.**

Η συνεισφορά των cis ισομερών των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) στη κατανάλωση ενέργειας κυμάνθηκε από 8,7% (Νορβηγία, γυναίκες) σε 18,1% (Ελλάδα, γυναίκες). Το ελαϊκό οξύ ήταν το κυρίαρχο MUFA (18-32 gr/d για τους άνδρες και 12-28 gr/d για τις γυναίκες) στη διατροφή των ευρωπαϊκών χωρών. Η κατανάλωση κυρίως του κρέατος και των παραγώγων του περιλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό MUFA (11-43%), των λιπών και των ελαίων (10-63%). Στην Ελλάδα, στην Ιταλία και στην Ισπανία περίπου το 48,4-63% των MUFA προέρχεται από τη κατανάλωση λιπών και ελαίων.

Από τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) το κυρίαρχο ήταν το λινελαϊκό οξύ. Ιδιαίτερα στο Βέλγιο και στην Ολλανδία υψηλή κατανάλωση αυτού του οξέος παρατηρήθηκε. Τα λίπη και τα έλαια (περιλαμβάνονται και οι κρέμες για επάλειψη), το κρέας και τα παράγωγα του (κυρίως το χοιρινό) και, σε κάποιες χώρες (Ισλανδία, Νορβηγία, Σουηδία, Γαλλία) επίσης οι σούπες και οι σάλτσες ήταν σημαντική πηγή PUFA.



Πίνακας 17: Συμβολή (%) των μπισκότων στην πρόσληψη λίπους κατά την TRANSFAIR έρευνα σε ευρωπαϊκές χώρες.

<b>ΧΩΡΕΣ</b>	<b>TFA</b>	<b>SFA</b>	<b>Cis MUFA</b>	<b>Cis PUFA</b>	<b>ΟΛΙΚΟ ΛΙΠΟΣ</b>
ΕΛΛΑΔΑ	15,7	9,9	3,9	6,2	5,6
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	7,5	6,6	3,3	2,2	5,2
ΓΑΛΛΙΑ	14,6	6,3	5,7	5,2	7,5
ΙΤΑΛΙΑ	14,5	9,0	5,3	5,1	6,6
ΑΓΓΛΙΑ	16,5	11,2	9,6	5,7	9,3
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	12,7	6,8	3,6	7,2	6,1
ΙΣΠΑΝΙΑ	13,3	7,1	4,4	4,7	5,2
ΣΟΥΗΔΙΑ	20,6	8,4	9,8	13,6	9,6
ΝΟΡΒΗΓΙΑ	10,5	5,1	4,5	3,8	5,1
ΙΣΛΑΝΔΙΑ	14,2	6,4	6,8	6,3	7,0
ΦΙΛΑΝΔΙΑ	6,6	3,5	2,9	2,3	3,5
ΒΕΛΓΙΟ	13,5	8,6	5,8	5,1	7,4
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	13,2	10,4	7,7	5,1	8,8

(Hulshof et al., 1999)

Πίνακας 18: Συμβολή (%) των λιπών και ελαίων στην πρόσληψη λιπαρών οξέων και ολικού λίπους κατά την TRANSFAIR έρευνα σε ευρωπαϊκές χώρες.

<b>ΧΩΡΕΣ</b>	<b>TFA</b>	<b>SFA</b>	<b>Cis MUFA</b>	<b>Cis PUFA</b>	<b>ΟΛΙΚΟ ΛΙΠΟΣ</b>
ΕΛΛΑΔΑ	0,4	17,0	48,4	33,1	31,2
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	12,1	11,6	19,0	57,5	15,3
ΓΑΛΛΙΑ	3,7	2,4	16,2	29,2	9,7
ΙΤΑΛΙΑ	6,9	21,6	63,0	73,9	46,5
ΑΓΓΛΙΑ	35,5	14,1	31,3	48,0	26,0
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	10,0	19,8	34,7	30,4	25,6
ΙΣΠΑΝΙΑ	9,0	23,7	56,5	67,3	43,1
ΣΟΥΗΔΙΑ	1,2	8,1	9,9	12,7	8,0
ΝΟΡΒΗΓΙΑ	46,4	11,6	12,9	27,8	16,1
ΙΣΛΑΝΔΙΑ	31,3	20,1	18,5	35,3	20,3
ΦΙΛΑΝΔΙΑ	37,6	19,1	27,2	41,7	24,2
ΒΕΛΓΙΟ	18,0	15,1	15,2	39,1	18,6
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	33,0	17,2	17,8	44,9	22,3

(Hulshof et al, 1999)

Πίνακας 19: Ημερήσια κατανάλωση ολικού λίπους και trans λιπαρών οξέων (g/μεθυλεστέρων/ημέρα) ανάμεσα σε άνδρες από διαφορετικές χώρες κατά την TRANSFAIR έρευνα σε Ευρωπαϊκές χώρες.

<b>ΧΩΡΕΣ</b>	<b>TFA</b>	<b>SFA</b>	<b>Cis MUFA</b>	<b>Cis PUFA</b>	<b>ΟΛΙΚΟ ΛΙΠΟΣ</b>
ΕΛΛΑΔΑ	1,2	23,8	39,2	10,1	84,7
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	2,4	51,6	26,3	10,8	121,2
ΓΑΛΛΙΑ	2,7	36,0	26,6	9,3	91,3
ΙΤΑΛΙΑ	1,6	32,5	40,6	15,5	96,4
ΑΓΓΛΙΑ	2,8	28,5	24,5	13,4	77,0
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	1,6	29,6	28,9	13,8	81,7
ΙΣΠΑΝΙΑ	2,1	35,2	49,0	22,9	124,5
ΣΟΥΗΔΙΑ	3,0	39,7	30,6	8,6	94,6
ΝΟΡΒΗΓΙΑ	4,8	39,2	27,9	17,2	99,3
ΙΣΛΑΝΔΙΑ	6,7	59,7	39,2	14,4	141,2
ΦΙΛΑΝΔΙΑ	2,3	34,6	28,7	10,6	84,7
ΒΕΛΓΙΟ	4,4	47,3	36,1	19,2	119,2
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	4,8	42,1	31,1	21,1	109,5
ΔΑΝΙΑ	2,9	48,2	32,4	14,5	113,6

(Hulshof et al., 1999)

Πίνακας 20: Ημερήσια κατανάλωση ολικού λίπους και trans λιπαρών οξέων (g/μεθυλεστέρων/ημέρα) ανάμεσα σε γυναίκες από διαφορετικές χώρες κατά την TRANSFAIR έρευνα σε Ευρωπαϊκές χώρες.

<b>ΧΩΡΕΣ</b>	<b>TFA</b>	<b>SFA</b>	<b>Cis MUFA</b>	<b>Cis PUFA</b>	<b>ΟΛΙΚΟ ΛΙΠΟΣ</b>
ΕΛΛΑΔΑ	1,7	25,4	35,0	10,8	82,1
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	1,9	41,2	20,4	9,2	96,2
ΓΑΛΛΙΑ	2,1	27,3	21,0	7,6	71,0
ΝΟΡΒΗΓΙΑ	3,2	27,5	19,1	11,1	67,9
ΙΣΛΑΝΔΙΑ	4,1	37,5	23,6	9,5	88,0
ΦΙΛΑΝΔΙΑ	1,9	26,5	20,9	7,7	63,1
ΒΕΛΓΙΟ	3,6	37,8	28,1	14,9	94,2
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	3,8	32,3	23,2	14,8	82,4
ΔΑΝΙΑ	3,6	35,7	23,4	10,9	83,9

(Hulshof et al., 1999)

**Αποτελέσματα της TRANSFAIR έρευνας:**

Μόνο στη Φιλανδία, στην Ιταλία, στη Νορβηγία και στην Πορτογαλία το ολικό λίπος εξασφάλισε ένα μέσο όρο μικρότερο του 35% της κατανάλωσης ενέργειας. Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA) εξασφάλισαν ένα μέσο όρο μεταξύ 10-19% της ολικής κατανάλωσης ενέργειας, με τη μικρότερη συνεισφορά να έχουν οι Μεσογειακές χώρες. Η κατανάλωση trans λιπαρών οξέων (TFA) κυμάνθηκε από 0,5% (Ελλάδα, Ιταλία) σε 2,1% (Ισλανδία) της κατανάλωσης ενέργειας ανάμεσα στους άνδρες και από 0,8% (Ελλάδα) σε 1,9% ανάμεσα στις γυναίκες (Ισλανδία). Η κατανάλωση TFA ήταν η μικρότερη στις Μεσογειακές χώρες (0,5-0,8 εν%) αλλά επίσης ήταν χαμηλότερη του 1% της ενέργειας στη Φιλανδία και στη Γερμανία. Μέτρια κατανάλωση παρατηρήθηκε στο Βέλγιο, στην Ολλανδία, στη Νορβηγία και στο Ενωμένο Βασίλειο και η υψηλότερη κατανάλωση παρατηρήθηκε στην Ισλανδία. Trans ισομερή του C<sub>18:1</sub> ήταν τα περισσότερα συνήθη TFA στη διατροφή. Τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα συνεισέφεραν στο 9-12% του μέσης ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας (εκτός από την Ελλάδα, στην οποία ήταν γύρω στο 18%) και τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα στο 3-7%.

Η κατανάλωση trans λιπαρών οξέων στις περισσότερες δυτικές ευρωπαϊκές

χώρες δεν φαίνεται να εμφανίζει σημάδια ανησυχίας. Στις περισσότερες χώρες το σημαντικότερο ποσό ενέργειας προερχόταν από τα κορεσμένα λιπαρά οξέα. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να γίνουν προσπάθειες για μείωση όλων των λιπαρών οξέων που συμβάλουν στην αύξηση της χοληστερίνης (μαζί και κορεσμένων και trans λιπαρών οξέων) και όχι μόνο των TFA (Hulshof et al., 1999).

Πίνακας 21: Σύσταση λιπαρών οξέων (% μεθυλικών εστέρων) σε μπισκότα σε διάφορες χώρες.

Χώρα	Τύπος μπισκότων	C18: 1 t	Total trans	C18: 0	Total SFA	Total Cis	Total Fat (g/100)
Βέλγιο	Μπισκότα με σοκολάτα	0,10	0,12	12,30	88,85	10,63	31,0
	Μπισκότα πικάντικα	3,20	6,93	12,74	40,40	50,09	18,9
Γαλλία	Μπισκότα με σοκολάτα	0,28	0,42	8,10	56,53	42,46	28,0
	Μπισκότα σοκολάτα	5,17	7,36	16,34	55,60	35,98	23,5
Γερμανία	Μπισκότα βουτύρου	0,84	1,62	18,36	64,83	32,00	17,5
	Μπισκότα Cookies	3,09	3,24	11,82	79,33	16,50	30,5
Ελλάδα	Μπισκότα βουτύρου	1,26	1,32	5,65	47,07	51,53	23,5
Ιταλία	Μπισκότα Cookies	0,20	0,49	4,56	50,60	47,47	15,7
Ολλανδία	Μπισκότα βουτύρου	2,46	4,18	10,57	63,83	28,42	29,5
	Μπισκότα βουτύρου	13,66	15,02	9,38	44,20	37,79	30,0
Σουηδία	Μπισκότα Cookies	11,81	12,63	6,84	35,35	51,47	25,5
Δανία	Μπισκότα απλά	3,77	9,75	6,03	39,80	47,99	18,7
Φιλανδία	Μπισκότα απλά	10,56	12,27	14,32	49,14	36,17	19,4
Ισπανία	Μπισκότα Cookies	0,72	1,45	10,54	51,47	45,49	21,0

(Aro et al., 1998)

Η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα αρτοποιημάτων, σε 14 ευρωπαϊκές χώρες ερευνήθηκε από την TRANSFAIR έρευνα (Aro et al., 1998) με μεγαλύτερη έμφαση στα trans λιπαρά οξέα. Στον πίνακα 21 φαίνεται η σύσταση σε λιπαρά οξέα (% μεθυλικών εστέρων) σε μπισκότα. Η σύσταση σε ολικό λίπος κυμαίνεται μεταξύ 17,5% στη Γερμανία και 31% στο Βέλγιο. Η σύσταση σε ολικά TFA ποικίλει από <1% στο Βέλγιο μέχρι 15% στην Ολλανδία. Τέλος τα κορεσμένα λιπαρά οξέα κυμαίνονται από 35.35% στη Σουηδία μέχρι 88.85% στο Βέλγιο.

Εστιάζοντας στην αναλογία κορεσμένων και C18:1 trans λιπαρών οξέων προς ολικών TFA φαίνεται ότι η πηγή του λίπους ποικίλει μεταξύ των χωρών. Τα μπισκότα βουτύρου στην Ολλανδία έχουν ως κύρια πηγή λίπους το βούτυρο, ενώ τα αντίστοιχα βουτύρου στη Γερμανία περιέχουν άλλο είδος λίπους εκτός από το βούτυρο καθώς η περιεκτικότητα σε TFA είναι χαμηλή (1.6%). Στο Βέλγιο, η περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα είναι υψηλή και αυτό ίσως να οφείλεται στο κοκολίπος που περιέχει (89%).

Οι Saunders et al., (2008) μελέτησαν την περιεκτικότητα συσκευασμένων τροφών στη Νέα Ζηλανδία, συμπεριλαμβανομένων και μπισκότων (11 δείγματα: απλά και σοκολάτας), σε TFA χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας. Τα επίπεδα TFA σε μαργαρίνες, μπισκότα, κέικ, γλυκά ήταν κάτω από 10g/100g λιπαρών οξέων (<3.5g/100g προϊόντος). Η περιεκτικότητα των μπισκότων σε TFA, συγκρινόμενη με τις χώρες που μελετήθηκαν στην TRANSFAIR study (πίνακας 21), είναι σχετικά χαμηλή (1.1g/100g). Προηγούμενες έρευνες σε Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία έχουν εκτιμήσει ότι η κατανάλωση μαργαρίνης συμβάλλει στον μεγαλύτερο βαθμό στην μέση καθημερινή κατανάλωση TFA.

Οι Caronio et al., (2006) εκτίμησαν την ποιότητα των λιπαρών οξέων μπισκότων (23 δείγματα) στην Ιταλία. Η περιεκτικότητα λίπους ήταν σχετικά υψηλή, κυμαινόμενη από 75 έως 231g kg<sup>-1</sup> (μέση τιμή 139 g kg<sup>-1</sup>) προερχόμενα κυρίως από ραφινάρισμα φυτικά λίπη και μαργαρίνες. Παρατηρήθηκε μεγάλη διαφορά στη σύσταση λιπαρών οξέων υποδεικνύοντας ότι χρησιμοποιήθηκαν πολλά και διαφορετικά είδη λίπους και σε μερικές περιπτώσεις παρατηρήθηκαν υψηλά ποσοστά trans ισομερών ακόρεστων λιπαρών οξέων. Πιο λεπτομερώς, η παρουσία υψηλών επιπέδων C16:0 δείχνει την παρουσία φοινικέλαιου. Επίσης, τα υψηλά επίπεδα λαουρικού οξέος (C 12:0) που βρέθηκε σε μερικά από τα δείγματα οφείλεται στην παρουσία φοινικέλαιου και κοκολίπους.

Trans ισομερή ακόρεστων λιπαρών οξέων παρατηρήθηκαν σε όλα τα δείγματα και σε μερικές περιπτώσεις σε αρκετά υψηλά επίπεδα.

Μεταξύ των ακόρεστων λιπαρών οξέων το ελαϊκό (C 18:1) ήταν ο κύριος αντιπρόσωπος λίπους με μέση τιμή 35.38% και ακολουθεί το λινελαϊκό (C 18:2) με μέση τιμή 13.61%. Χαμηλά ποσοστά λινολενικού (C 18:3) παρατηρήθηκαν (0.29%).

Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα αντιπροσωπεύουν το 50.6% ολικού λίπους, ακολουθούν τα μονοακόρεστα με μέση τιμή 35.5% και τα πολυακόρεστα με μέση τιμή 13.9% (Caronio et al., 2006).

Στην Ισπανία οι Vicario et al., (2003) ανέλυσαν την περιεκτικότητα σε TFA 39 εταιριών μπισκότων και αρτοποιημάτων. Οι μέσες τιμές περιεκτικότητας (% w/w των συνολικών λιπαρών οξέων) ήταν οι ακόλουθες: κορεσμένα 49.43% (SD = 17.04); μονοακόρεστα λιπαρά οξέα: (MUFA) 32.87% (SD=10.94), πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA): 12.48% (SD=11.29), και TFA 5.20% SD (= 9.30). Η μέση περιεκτικότητα σε λίπος ήταν 22.7% (SD =7.4). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που βρέθηκαν, το λίπος που χρησιμοποιήθηκε για στα δείγματα ήταν κυρίως φυτικό και ζωικό, και μόνο σε μερικά δείγματα χρησιμοποιήθηκε μερικώς υδρογονωμένα φυτικά λίπη ως η κύρια πηγή λίπους. Η περιεκτικότητα σε TFA φαίνεται να ποικίλει μεταξύ των μπισκότων ανάλογα με την βιομηχανία. Αν και τα επίπεδα σε TFA στη συγκεκριμένη έρευνα είναι ελαφρώς χαμηλότερα σε σύγκριση με προηγούμενες έρευνες στην Ισπανία (Parcerisa et al., 1999) επισημαίνεται ότι τα συγκεκριμένα είναι εξίσου υψηλά (Vicario et al., 2003).

Παλαιότερα στην Ισπανία ο Fernandez (2000) εξέτασε την περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα (κορεσμένα, μονοακόρεστα, πολυακόρεστα και trans) Ισπανικών προϊόντων ευρείας κατανάλωσης συμπεριλαμβανομένων και των μπισκότων. Συγκεκριμένα για τα μπισκότα βρέθηκε αυξημένη περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα (60.4%) η οποία αποδόθηκε στις πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν όπως το φοινικέλαιο, το λίπος καρύδας, πυρηνέλαιο, βούτυρο κακάο και βούτυρο. Τα trans βρέθηκαν σχετικά χαμηλά (1.8%) και αποδόθηκαν στη μικρή περιεκτικότητα υδρογονωμένων ελαίων.

Σε έρευνα που διεξάχθηκε στην Τουρκία από τους Daglioglu et al., (2000) μελετήθηκαν οι περιεκτικότητες έξι τύπων μπισκότων (παρασκευασμένα από 4 βιομηχανίες) σε λιπαρά οξέα με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας. Το ολικό περιεχόμενο σε λιπαρά οξέα ήταν μεταξύ 8.5% και 26%. Το υψηλότερο ποσοστό



βρέθηκε στα σουσαμμένα μπισκότα (~24.4%) και το χαμηλότερο σε τύπου πτι-μπερ μπισκότα (~13.5%). Το συνολικό ποσοστό ολικού λίπους διέφερε ακόμα και μεταξύ ίδιου τύπου μπισκότων ως αποτέλεσμα χρησιμοποίησης διαφορετικών συνταγών από την κάθε βιομηχανία. Τα κύρια λιπαρά οξέα στα δείγματα ήταν τα C16:0, C18:0, trans C18:1, C18:1, trans C18:2 και C18:2. Ανάλογα με τον τύπο μπισκότου, το ολικό ποσοστό ακόρεστων λιπαρών οξέων κυμάνθηκε μεταξύ 52.1% και 72.8%. Η κλίμακες ποσοστού ολικών trans λιπαρών οξέων στα μπισκότα ήταν: πτι μπερ: 1.9-29%, σουσαμμένα: 15 – 23.1%, για μωρά: 3-30.5%, βρώμης: 17.6 – 22.4%, καρύδας: 1.5 – 22.9% και finger 1 – 24.7%. Φαίνεται καθαρά από τα αποτελέσματα ότι τα ποσοστά trans λιπαρών οξέων είναι σημαντικά εξαιτίας της χρήσης υδρογονωμένων φυτικών ελαίων στην παρασκευή των μπισκότων.

### 3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 3.1 Υλικά

##### 3.1.1 Δείγματα μπισκότων

Τα μπισκότα που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία αγοράστηκαν από καταστήματα της αγοράς της Καβάλας κατά το διάστημα Οκτωβρίου- Νοεμβρίου 2006. Χρησιμοποιήθηκαν 14 δείγματα μπισκότων. Στους πίνακες 22 και 23 παραθέτονται αναλυτικά τα δείγματα μπισκότων , η προέλευση τους καθώς και το είδος τους.

Πίνακας 22: Δείγματα μπισκότων κατηγορία «ΑΡΤΟΠΟΙΕΙΑ».

ΔΕΙΓΜΑ	ΑΡΤΟΠΟΙΕΙΑ	ΕΙΔΟΣ
1	Χατζής	Κανέλα, βανίλια
2	Αρτοποιητής	Βανίλια, σοκολάτα
3	Forno	Απλά (βανίλια)
4	Παραδοσιακό	Πλεξούδα με σουσάμι
5	Στάχυ	Κανέλα, βανίλια
6	Μπεάκης	Κανέλα, βανίλια
7	Υφαντίδου	Πλεξούδες

Επίσης εξετάστηκαν επτά δείγματα που προήλθαν από Ζαχαροπλαστεία της περιοχής της Καβάλας. Τα δείγματα, η προέλευσή τους και το είδος τους φαίνονται στον πίνακα 23.

Πίνακας 23: Δείγματα μπισκότων κατηγορία «ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΕΙΑ».

ΔΕΙΓΜΑ	ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΕΙΑ	ΕΙΔΟΣ
1	Άρτος και Γλυκό	Κανέλα, βανίλια
2	Ροδίσι 1	Κανέλα, βανίλια
3	Cookies	Κανέλα, βανίλια
4	Αλλοτινό	Κανέλα, βανίλια
5	Γιαννιώτικο	Κανέλα, βανίλια
6	Μύλος	Πλεξούδες
7	Αλέξανδρος	Κανέλα, βανίλια

### 3.1.2 Αντιδραστήρια

Για την εκχύλιση λίπους δειγμάτων μπισκότων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω αντιδραστήρια:

- Χλωροφόρμιο ( $\text{CHCl}_3$ )
- Μεθανόλη ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )
- Υδατικό διάλυμα χλωριούχου μαγνησίου ( $\text{MgCl}_2$  0.2M)
- Διάλυμα χλωριούχου νατρίου ( $\text{NaCl}$  0.1 % β/β)
- Σκόνη άνυδρου θειικού νατρίου ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )

Για τη μετεστεροποίηση των λιπαρών οξέων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω αντιδραστήρια:

- Μεθανολικό διάλυμα καυστικού νατρίου ( $\text{NaOH}$  0.5 N)
- Μεθανολικό διάλυμα τριφθοριούχου βορίου ( $\text{BF}_3$  – $\text{MeOH}$ )
- Εξάνιο ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ )
- Κορεσμένο διάλυμα χλωριούχου νατρίου ( $\text{NaCl}$ )
- Σκόνη άνυδρου θειικού νατρίου ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )

### 3.2 Μέθοδοι

Μια από τις πιο χρήσιμες και αποτελεσματικές διεργασίες εξαγωγής λίπους, η οποία υπερνικά όλες τις δυσκολίες που υπήρχαν στο παρελθόν με άλλες μεθόδους είναι αυτή των Bligh and Dyer (1959), μία απλοποιημένη έκδοση της κλασικής μεθόδου Folch (1957). Περιληπτικά, αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί μίας φάσης αλκοολικό σύστημα διαλύτη, ονομαζόμενο χλωροφόρμιο-μεθανόλη-νερό (1:2:0,8 v/v), το οποίο γρήγορα και αποτελεσματικά εξάγει τα λίπη. Το εξαγόμενο λίπος στη συνέχεια διαλύεται με ένα όγκο από χλωροφόρμιο και νερό για τη δημιουργία ενός διφασικού συστήματος, χλωροφορμίου και μεθανόλης-νερού (1,0:0,9).

Επομένως κάθε υπόλειμμα διαλυμένο στην υδάτινη φάση απομονώνεται εύκολα στη φάση μεθανόλης-νερού, αφήνοντας τα λιπίδια σχετικά ελεύθερα από υπολείμματα, στη φάση του χλωροφορμίου. Τα γαλακτώματα που μπορεί να σχηματισθούν, σπάζουν με τη φυγοκέντριση και μικρή έως μηδαμινή ποσότητα νερού μπορεί να απομακρυνθεί από τη φάση του χλωροφορμίου με αζεοτροπική απόσταξη με βενζόλιο κατά τη διάρκεια της συλλογής του αποστάγματος είτε με κενό είτε κάτω από ρεύμα αζώτου ( Mead et al., 1986).

### 3.2.1. Εκχύλιση λίπους

Για την εκχύλιση του λίπους και την παραλαβή των μεθυλεστέρων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος AOAC (AOAC, 1975).

#### 3.2.1.1 Απομόνωση της λιπαρής φάσης

1. Ζυγίζουμε σε σωλήνα φυγοκέντρου 5g δείγματος.
2. Προσθέτουμε με τη σειρά 5 ml  $\text{CHCl}_3$ , 10 ml  $\text{CH}_3\text{OH}$  και 0.05 ml υδατικού διαλύματος  $\text{MgCl}_2$  0.2 M.
3. Αναμιγνύουμε σε Whirlmixer για 2 λεπτά.
4. Προσθέτουμε 5 ml  $\text{CHCl}_3$  και αναμιγνύουμε ξανά για άλλα 2 λεπτά.
5. Προσθέτουμε τόση ποσότητα απιονισμένου νερού, ώστε η ολική ποσότητα νερού να γίνει 9 ml.
6. Αναμιγνύουμε για άλλα 30 δευτερόλεπτα.
7. Φυγοκεντρούμε στις 3500 στροφές για 5 λεπτά.
8. Παίρνουμε τη στιβάδα του  $\text{CHCl}_3$  (η κάτω) με μια πιπέτα Pasteur. Τη στιβάδα του  $\text{CHCl}_3$  τη φυλάμε σε άλλο σωλήνα φυγοκέντρου.
9. Στο υπερκείμενο υγρό προσθέτουμε άλλα 10 ml  $\text{CHCl}_3$  και αναμιγνύουμε για 2 λεπτά.
10. Φυγοκεντρούμε στις 3500 στροφές για 5 λεπτά.
11. Παίρνουμε με καθαρή πιπέτα τη στιβάδα του  $\text{CHCl}_3$  και το υπερκείμενο υγρό απορρίπτεται.
12. Αναμιγνύουμε τη στιβάδα του  $\text{CHCl}_3$  με την ποσότητα που έχουμε φυλάξει.
13. Προσθέτουμε 10 ml  $\text{NaCl}$  0.1% και αναμιγνύουμε για 1 λεπτό.
14. Φυγοκεντρούμε στις 3500 στροφές για 5 λεπτά και με μια πιπέτα αφαιρούμε την υδατική φάση αφήνοντας ένα επιφανειακό στρώμα νερού. Αν όμως το γαλάκτωμα δεν έχει σπάσει με τη φυγοκέντριση, προσθέτουμε 1-2 ml διαλύματος  $\text{MgCl}_2$ , φυγοκεντρούμε ξανά στις 4000 στροφές για 5 λεπτά και αφαιρούμε με μια πιπέτα την υδατική φάση όπως παραπάνω.
15. Με μια άλλη πιπέτα παίρνουμε τη στιβάδα του  $\text{CHCl}_3$ , σε άλλο σωλήνα φυγοκέντρου.
16. Προσθέτουμε 1-2 g σκόνης άνυδρου θειϊκού νατρίου ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), ανακινούμε ισχυρά για να απομακρύνουμε την υγρασία από το  $\text{CHCl}_3$ .
17. Με πιπέτα παίρνουμε όλη την ποσότητα του  $\text{CHCl}_3$  χωρίς να πάρουμε καθόλου  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  και αδειάζουμε σε μια προζυγισμένη, ξηρή, εσμυρισμένη, σφαιρική

φιάλη.

18. Θερμαίνουμε ελαφρά υπό ρεύμα αζώτου για να φύγει το  $\text{CHCl}_3$ .

19. Η φιάλη φυλάγεται στο ψυγείο αφού σφραγιστεί με παραφίλμ..

### 3.2.2 Μετεστεροποίηση λιπαρών οξέων

Γίνεται σαπωνοποίηση του λίπους με τη μεθανολικό διάλυμα καυστικού νατρίου ( $\text{NaOH}$ ) και ακολουθεί εστεροποίηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων με μεθανολικό διάλυμα τριφθοριούχου βορίου ( $\text{BF}_3\text{-MeOH}$ ). Ακολούθως, εκχυλίζονται οι μεθυλεστέρες με εξάνιο ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ). Η διαδικασία περιγράφεται αναλυτικά στη συνέχεια

#### Μέθοδος μετεστεροποίησης

1. Στη φιάλη όπου έχουμε συγκεντρωμένο το λίπος προσαρμόζουμε κάθετο ψυκτήρα και τοποθετούμε σε ατμόλουτρο.
2. Όταν το λίπος λιώσει, προσθέτουμε από την κορυφή του ψυκτήρα μια ποσότητα μεθανολικού διαλύματος καυστικού νατρίου 0.5 N (μ.δ.  $\text{NaOH}$ ) σύμφωνα με τον πίνακα 24 και βράζουμε μέχρι να λιώσουν τα συσσωματώματα του λίπους και να γίνει διαυγές.
3. Από τον ψυκτήρα προσθέτουμε μια ποσότητα μεθανολικού διαλύματος τριφθοριούχου βορίου ( $\text{BF}_3\text{-MeOH}$ ), σύμφωνα με τον πίνακα 24 και βράζουμε 2 λεπτά ακόμα.
4. Προσθέτουμε από τον ψυκτήρα 2-5 ml εξάνιο ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) και βράζουμε για 1 λεπτό.
5. Απομακρύνουμε τη συσκευή από το ατμόλουτρο, αφαιρούμε τον ψυκτήρα και προσθέτουμε αρκετή ποσότητα κορεσμένου υδατικού διαλύματος  $\text{NaCl}$ , για να μεταφέρουμε τους μεθυλεστέρες στην πάνω στιβάδα (του  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ).
6. Εάν δε διαχωριστεί στιβάδα εξανίου, τότε προσθέτουμε επιπλέον εξάνιο.
7. Παίρνουμε 1 ml από την πάνω στιβάδα σε γυάλινο φιαλίδιο δείγματος και προσθέτουμε μικρή ποσότητα  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
8. Αναταράσσουμε για να απομακρύνουμε την υγρασία από το  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ .
9. Πωματίζουμε και φυλάμε το φιαλίδιο δείγματος στην κατάψυξη.

Στον πίνακα 24 αναφέρονται οι ποσότητες των διαλυμάτων  $\text{NaOH}$  και  $\text{BF}_3\text{-MeOH}$  (σε ml) που πρέπει να προστίθενται κατά τη διαδικασία της μετεστεροποίησης (στάδια 2 και 3 της μεθόδου), ανάλογα με την ποσότητα του λίπους που περιέχεται στο προς ανάλυση τρόφιμο.

Πίνακας 24: Αναλογία NaOH και BF<sub>3</sub>-MeOH που πρέπει να προστίθενται ανάλογα με την ποσότητα του λίπους.

ΔΕΙΓΜΑ mg	NaOH 0.5N ml	BF <sub>3</sub> -MeOH ml
100-250	4	5
250-500	6	7
500-750	8	9
750-1000	10	12
>1000	12	15

### 3.2.3 Προσδιορισμός λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία

Η αέρια χρωματογραφία είναι η μέθοδος καθορισμού λιπαρών οξέων που εφαρμόζεται από τα πρώτα στάδια. Η ανάλυση λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία αποτέλεσε σημαντικό τμήμα σε μελέτες βιοσύνθεσης λιπαρών οξέων. Τα τελευταία χρόνια η τεχνική αέριας χρωματογραφίας με υψηλής ποιότητας τριχοειδή στήλες επιτρέπουν την ευαίσθητη και επαναλαμβανόμενη ανάλυση λιπαρών οξέων καθώς και το διαχωρισμό πολύπλοκων μιγμάτων γεωμετρικών ισομερών. Ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα είναι η κατανόηση της σημαντικότητας των λιπαρών οξέων στην ανθρώπινη υγεία. Αν και ακόμα υπάρχει και χρησιμοποιείται ο παραδοσιακός τρόπος, τώρα υπάρχουν νέες προκλήσεις και πιο εξελιγμένοι μέθοδοι.

Η αέρια χρωματογραφία περιλαμβάνει όλες τις χρωματογραφικές μεθόδους, στις οποίες η κινούμενη φάση είναι αέριο και ονομάζεται φέρον αέριο. Η χρωματογραφία χρησιμοποιεί την προσρόφηση και τη διαλυτότητα για να επιτύχει διαχωρισμό των συστατικών διαφόρων μιγμάτων. Στην αέρια χρωματογραφία χρησιμοποιείται και μια άλλη ιδιότητα: η πτητικότητα, δηλαδή η ευκολία με την οποία ένα μίγμα στερεών ή υγρών ουσιών μπορεί να μεταβεί στην αέρια κατάσταση. Έτσι, οι αεροχρωματογραφικές μέθοδοι εφαρμόζονται για το διαχωρισμό ουσιών, οι οποίες μπορούν να εξαερωθούν χωρίς να διασπαστούν. Επίσης, εφαρμόζονται για το διαχωρισμό ουσιών, οι οποίες διασπώνται κατά την εξαέρωσή τους αλλά αυτή η διάσπαση οδηγεί στο σχηματισμό σταθερών πτητικών προϊόντων. Τέλος, οι αεροχρωματογραφικές μέθοδοι εφαρμόζονται και για το διαχωρισμό ουσιών που δεν εξαερώνονται ούτε και διασπώνται, αλλά αυτές οι ουσίες με τη βοήθεια ειδικών αντιδράσεων μπορεί να σχηματίσουν πτητικά παράγωγα. Παράδειγμα τα λιπαρά

οξέα διαχωρίζονται με αέρια χρωματογραφία αφού πρώτα μετατραπούν στους αντίστοιχους πτητικούς μεθυλεστέρες (Σαργέδος και συν., 1981).

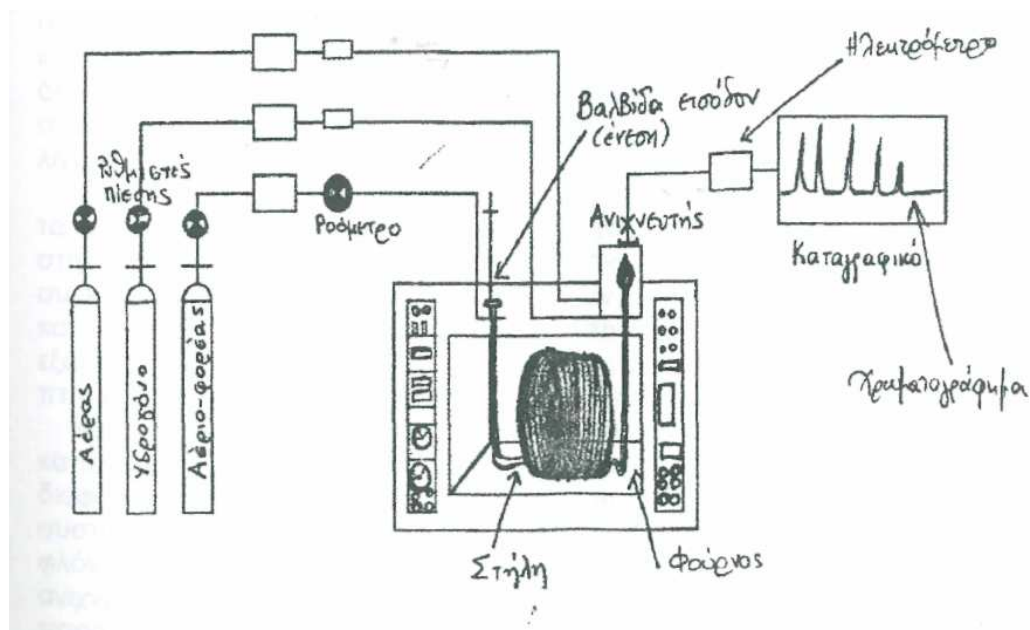
Διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

1. Στη χρωματογραφία αερίου υγρού (GLC), όπου ο διαχωρισμός γίνεται με κατανομή ανάμεσα στην κινητή αέρια φάση και σε μια λεπτή στιβάδα μη πτητικού υγρού, προσροφημένη στην επιφάνεια αδρανούς στερεού φορέα.
2. Στη χρωματογραφία αερίου στερεού (GSC), όπου ο διαχωρισμός γίνεται με προσρόφηση πάνω στη λεπτά διαμερισμένη στερεά στατική φάση.

Στη χρωματογραφία αερίου στερεού η στατική φάση είναι συνήθως γη διατομών με κόκκους ορισμένου μεγέθους. Η κινητή φάση είναι συνήθως αδρανές αέριο φορέας (CARRIER GAS) όπως υδρογόνο, ήλιο, αργό, άζωτο, πάντα εξαιρετικής καθαρότητας (Παπαδόγιαννης, 1992).

### Τεχνική της αέριας χρωματογραφίας

Η συσκευή αέριας χρωματογραφίας έχει σε γενικές γραμμές τη διάταξη του (Σχήμα 13). Το σημείο εισόδου του δείγματος έχει θερμοκρασία περίπου 50°C υψηλότερη από το λιγότερο πτητικό συστατικό. Έτσι εξασφαλίζεται η άμεση εξαέρωση του δείγματος.



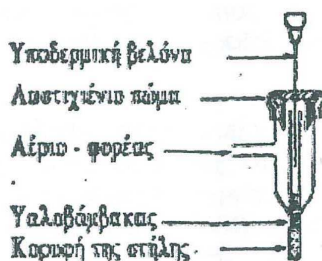
Σχήμα 13. Τυπικό διάγραμμα ροής σε αναλυτικό αέριο χρωματογράφο

Ένας αέριος χρωματογράφος αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα:

1. Τροφοδοσία αερίου και οι ρυθμιστές
2. Βαλβίδα εισόδου
3. Φούρνο
4. Στήλη
5. Ανιχνευτή
6. Τα ηλεκτρονικά και το καταγραφικό σύστημα (Nielsen, 1998).

Επιπρόσθετα, κάθε αεριοχρωματογράφος είναι εξοπλισμένος με όργανα που ελέγχουν την πίεση και την ταχύτητα ροής του φέροντος αερίου, τη θερμοκρασία του συστήματος προθερμάνσεως του δείγματος, τη θερμοκρασία του θαλάμου θερμάνσεως της στήλης, τη θερμοκρασία του ανιχνευτή (Σαργέδος και συν., 1981).

Η εισαγωγή του δείγματος γίνεται με τη βοήθεια μικροσύριγγας με υποδερμική βελόνα που τρυπά το λαστιχένιο πώμα που καλύπτει την είσοδο στην κορυφή της στήλης (σχήμα 14). Ο όγκος του δείγματος που διοχετεύεται στη στήλη κυμαίνεται από 0,1 ως 20 ml. Το αέριο φορέας συμπαρασύρει τα εξαερωμένα συστατικά του δείγματος κατά μήκος της στήλης και αυτά διαχωρίζονται.



Σχήμα 14. Απεικόνιση του σημείου εισόδου του υγρού δείγματος στον αέριο χρωματογράφο.

Η στήλη είναι γυάλινη ή μεταλλική πληρωμένη με συστατικά όπως γη διατομών, ενεργός άνθρακας, ξηροπηκτική οξειδίου του πυριτίου, ανάλογα με τα προς διαχωρισμό συστατικά του δείγματος. Έχει συνήθως μορφή σπείρας και στην περίπτωση των τριχοειδών στηλών έχουν πάρα πολύ μικρή διάμετρο (0,2-1,2 mm). Η στήλη βρίσκεται μέσα σε χώρο με ρυθμιζόμενη θερμοκρασία ή αλλιώς φούρνο ακριβείας, που πρέπει να δίνει αυστηρά επαναλήψιμες συνθήκες (οι διακυμάνσεις της δεν πρέπει να ξεπερνούν  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ). Για τον καλύτερο διαχωρισμό των συστατικών του δείγματος η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή όσο διαρκεί η χρωματογραφική ανάλυση ή αυξάνει σταδιακά και προγραμματισμένα ώστε να γίνει δυνατός ο



διαχωρισμός των λιγότερο πτητικών συστατικών.

Το δείγμα κινείται κατά μήκος της στήλης με τη βοήθεια του αερίου φορέα, τα συστατικά του διαχωρίζονται και εξέρχονται ένα ένα από το τέλος της στήλης. Ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται λόγω των διαφορετικών δυνάμεων συγκράτησης και έκλουσης των συστατικών, το υλικό πλήρωσης της στήλης και τη ροή του αερίου φορέα. Η ταχύτητα με την οποία μετακινούνται εξαρτάται από την πίεση του αερίου φορέα, τη θερμοκρασία του φούρνου, την πτητικότητα των συστατικών και τη συγκράτηση του από τη στατική φάση.

Κατά την έξοδο τους από τη στήλη τα διάφορα συστατικά ανιχνεύονται με κατάλληλη διάταξη που ονομάζεται ανιχνευτής, ο οποίος εντοπίζει μεταβολές διαφόρων φυσικών ιδιοτήτων του αερίου που οφείλονται στην παρουσία του συστατικού. Διακρίνονται σε ανιχνευτές θερμικής αγωγιμότητας, ιονισμού φλόγας, δέσμευσης ηλεκτρονίων και πυκνότητας αερίου. Οι ανιχνευτές φλόγας ανιχνεύουν ποσότητες της τάξεως των  $10^{-12}$  -  $10^{-13}$  moles. Οι μεταβολές των παραμέτρων που διαπιστώνονται από τον ανιχνευτή μετατρέπονται σε μεταβολές ρεύματος οι οποίες, μετά την κατάλληλη ενίσχυση, καταγράφονται υπό μορφή καμπύλης από το καταγραφικό σύστημα (Παπαδόγιαννης, 1992).

### *3.2.3.1 Συνθήκες λειτουργίας της αέριας χρωματογραφίας κατά τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων των δειγμάτων*

Ο αέριος χρωματογράφος που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου GC-17A Ver.3 (Shimadzu Corporation, Kuoto, Japan).

Ο GC-17A είναι ένας υψηλής ποιότητας αέριος χρωματογράφος που χρησιμοποιείται για ανάλυση των λιπαρών οξέων. Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας κατά την ανάλυση του είναι:

### *3.2.3.2 Συνθήκες λειτουργίας αέριου χρωματογράφου*

Θερμοκρασία σημείου εμβολιασμού: 250°C

Θερμοκρασία ανιχνευτή: 250°C

Πρόγραμμα μεταβολής θερμοκρασίας φούρνου: Αρχική θερμοκρασία 150 °C με ρυθμό αύξησης 5 °C/min μέχρι 170 °C  $\Rightarrow$  Παραμονή για 10 min

Στη συνέχεια ρυθμός αύξησης θερμοκρασίας 5 °C ανά min μέχρι 220 °C  $\Rightarrow$  παραμονή για 25 min. Συνολικός χρόνος χρωματογραφήματος: 49 min.

### 3.2.3.3 Χρωματογραφική στήλη

Η χρωματογραφική στήλη που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των μεθυλεστέρων των δειγμάτων ήταν τύπου CP-SIL 88 της εταιρίας Chrompack μήκους 50m και πάχους 0.25mm. Είναι τριχοειδής στήλη κατασκευασμένη από τηγμένο οξείδιο του πυριτίου και με κριτήριο την κατασκευή της στατικής φάσης είναι τύπου λεπτού φιλμ (Wall Coated Open Tubular). Το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένη η στατική φάση είναι δικυανοπρόπυλο-πολυσιλοξάνη. Οι στήλες αυτές είναι μεγάλης πολικότητας και χρησιμοποιούνται στο διαχωρισμό πολικών ενώσεων, με κοντινά σημεία βρασμού, που δεν μπορούν να αναλυθούν με μικρής πολικότητας στήλες. Η CP-SIL 88 στήλη αναλύει ομάδες των cis και trans ισομερών και ισομερών θέσης διπλού δεσμού (Supelco, 1991).

Η χρησιμοποιηθείσα χρωματογραφική στήλη δεν ήταν δυνατόν να διαχωρίσει τον C 18:1 cis από τον C 18:1 trans πιθανώς λόγω κόπωσης. Αντίθετα μπορούσε να διαχωρίσει τον C 18:2 trans από τον C 18:2 cis.

### 3.2.4 Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας έγινε με τη χρήση του προγράμματος MINITAB 14. Υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις για κάθε λιπαρό οξύ.

Για να βρεθεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διάφορα μεταξύ επιπέδων διαφορετικών προελεύσεων (Αρτοποιεία - Ζαχαροπλαστεία) χρησιμοποιήθηκε ο στατιστικός έλεγχος t-test, για δύο ανεξάρτητα δείγματα (two sample independent t-test). Απαραίτητη προϋπόθεση για την εκτέλεση του ελέγχου της υπόθεσης σύγκρισης δύο ανεξαρτήτων δειγμάτων είναι τα δείγματα να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και να προέρχονται από πληθυσμούς με κανονική κατανομή και να έχουν ίσες διακυμάνσεις μεταξύ τους.

Οι διαφορές των μέσων όρων των δειγμάτων εξετάστηκαν με δίπλευρο έλεγχο, με βάση τους βαθμούς ελευθερίας και τη στατιστική πιθανότητα  $\alpha$ , η οποία ισούται με  $\alpha=0.05$ .

Οι τιμές του κριτηρίου t που προκύπτουν από την στατιστική ανάλυση των μέσων όρων των δύο ομάδων συγκρίνονται με την τιμή  $t_{0.05(2)n}$ , η οποία βρέθηκε από τον σχετικό πίνακα (Πετρίδης, 1997). Αν την ξεπερνούν κατά απόλυτη τιμή, τότε οι μέσοι όροι των δύο ομάδων που συγκρίνονται παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά. Οι διαφορές που προκύπτουν είναι σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας

5% (Σημαντικότητα ή significance ή p-value 0.05). Αν οι τιμές της στατιστικής σημαντικότητας που προκύπτουν από τη στατιστική ανάλυση είναι μικρότερες από 0.05, τότε οι μέσοι όροι των δύο ομάδων που συγκρίνονται παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά.

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 4.1 Περιεκτικότητα λιπαρών οξέων σε δείγματα αρτοσκευασμάτων από την κατηγορία «Αρτοποιεία»

Από την ανάλυση των δειγμάτων της κατηγορίας «αρτοποιεία» που έγινε όπως περιγράφεται στη μέθοδο (5.2), προέκυψαν τα αποτελέσματα σε περιεκτικότητα λιπαρών οξέων όπως φαίνεται στον πίνακα 25.

Η ανάλυση των λιπαρών οξέων παρουσιάζεται για τα λιπαρά οξέα με αριθμό ατόμων C  $\geq$  16 δηλαδή τα λιπαρά οξέα από C 16:0 έως και C 20:0. Τα λιπαρά οξέα C 4:0 – C 14:0 παρουσιάζονται ως άθροισμα. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η χρωματογραφική στήλη δεν μπορεί να διαχωρίσει C 18:1 cis και trans λιπαρά οξέα γι' αυτό και στα αποτελέσματα όπου αναφέρεται C 18:1 cis συμπεριλαμβάνεται και πιθανή περιεκτικότητα σε C 18:1 trans.

Πίνακας 25: Περιεκτικότητες λιπαρών οξέων σε αρτοσκευάσματα αρτοποιείων.

ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ	ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ ΑΡΤΟΠΟΙΕΙΩΝ								
	1	2	3	4	5	6	7	M.O	T.A
C 4:0- C 14:0	38,1	35,1	7,5	1,9	36,2	14,3	9,4	20,36	15,52
C 16:0	10,8	25,2	31,2	14,7	16,1	34,9	33,7	23,80	9,91
C 16:1	-	-	1,8	1,5	-	-	1,6	0,7	0,88
C 18:0	1,5	5,0	8,2	5,3	4,6	10,9	13,5	7,00	4,12
C 18:1 cis	6,8	29,2	33,9	39,3	25,9	21,6	27,8	26,36	10,33
C 18:2 cis	42,7	5,5	14,6	37,3	13,0	16,0	5,9	19,29	14,80
C 18:2 trans	-	-	-	-	-	-	1,00	0,14	0,38
C 18:3	-	-	1,1	-	-	1,8	0,5	0,49	0,71
C 20:0	-	-	-	-	-	0,4	0,6	0,14	0,25
SFA	50,4	65,3	46,9	21,9	56,9	82,1	58,2	54,53	18,42
MUFA	6,8	29,2	35,7	40,8	18,9	21,6	29,4	26,06	11,35
PUFA	42,7	5,5	15,7	37,3	13,0	17,8	6,4	19,77	14,62
$\omega$ -6	42,7	5,5	14,6	37,3	13,0	16,0	5,9	19,29	14,80
$\omega$ -3	-	-	1,1	-	-	1,8	0,5	0,49	0,71
C 18:2 trans	-	-	-	-	-	-	1,00	0,14	0,39
SFA/MUFA/ PUFA	1,2/0,2/1	11,9/5,3/1	3/2,3/1	0,6/1,1/1	4,4/1,4/1	4,6/1,2/1	9,1/4,6/1	5/2,3/1	-
$\omega$ -6/ $\omega$ -3	-	-	13,27	-	-	8,89	11,8	4,85	-

Ανιχνεύτηκαν 8 συνολικά λιπαρά οξέα στα δείγματα αρτοποιειών και επιπλέον τα λιπαρά οξέα από C 4:0 έως C 14:0 όπου παρουσιάζονται ως άθροισμα. Το παλμιτικό (C 16:0), στεατικό (C 18:0), ελαϊκό (C 18:1 cis) και λινελαϊκό οξύ (C 18:2 cis) ανιχνεύτηκαν σε όλα τα δείγματα. Το παλμιτελαϊκό οξύ (C 16:1) ανιχνεύτηκε σε 3 δείγματα ενώ το αραχιδικό (C 20:0) σε 2 δείγματα. Δεν ανιχνεύτηκε το ελαϊδικό (C 18:1 trans) πιθανότατα διότι η στήλη είχε μειωμένη αναλυτική ικανότητα λόγω πολύχρονης χρήσης. Σε ένα δείγμα ανιχνεύτηκε το λινελαϊδικό (C 18:2 trans) ενώ το λινολενικό οξύ (C 18:3) ανιχνεύτηκε σε 3 δείγματα.

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA), μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) αναφέρονται επίσης στον πίνακα 25. Ως SFA ορίζεται το άθροισμα των C 4:0 - C 14:0, C 16:0, C 18:0, C 20:0. Ως MUFA ορίζεται το άθροισμα των C 16:1, C 18:1 cis. Ως PUFA ορίζεται το άθροισμα των C 18:2 cis και C 18:3. Στον ίδιο πίνακα αναφέρονται και τα ω-6 και ω-3 λιπαρά οξέα. Ως ω-6 ορίζονται τα C 18:2 cis και ως ω-3 το C 18:3.

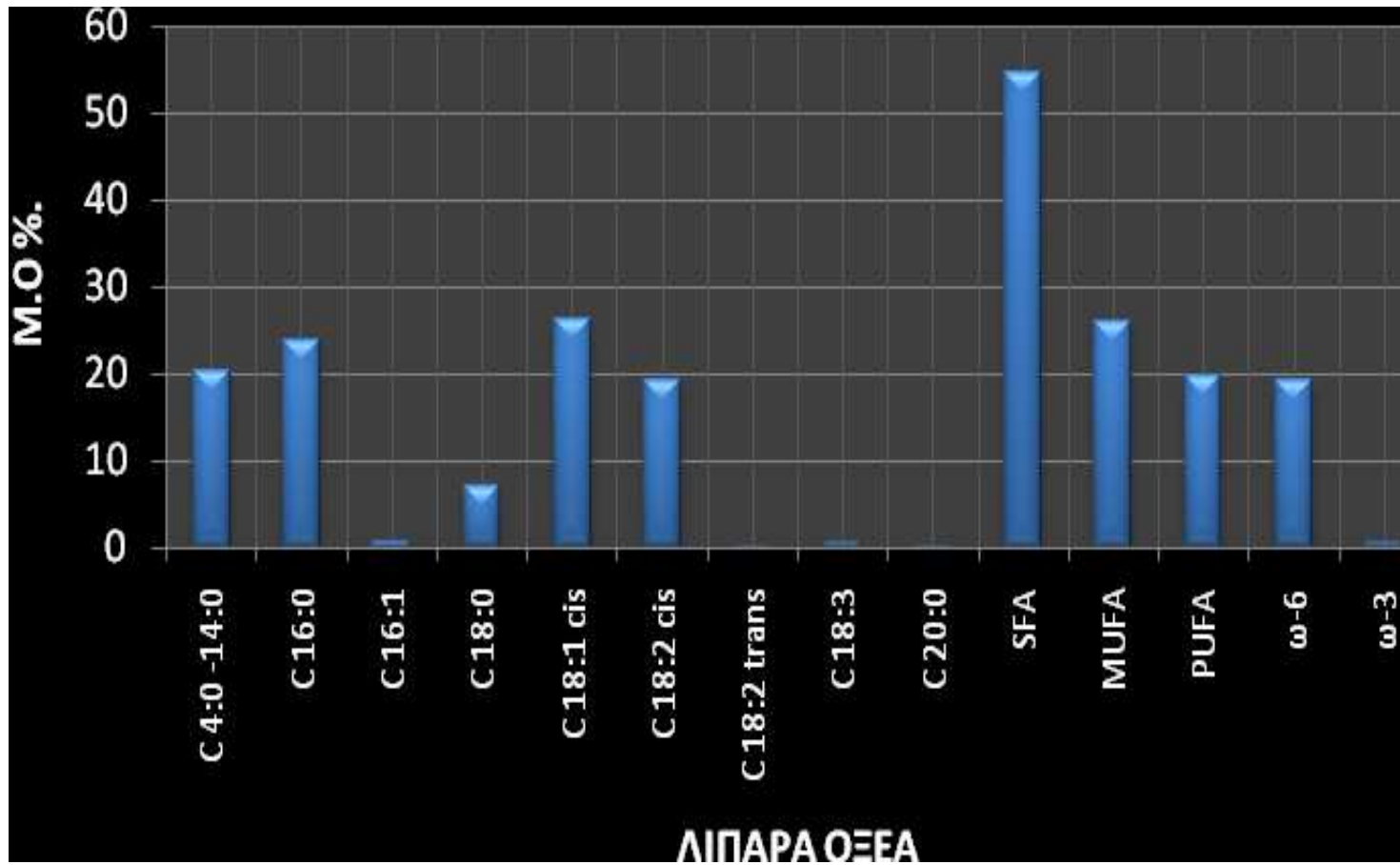
Ιδιαίτερα μεγάλη περιεκτικότητα παρουσιάζει η συγκέντρωση σε παλμιτικό οξύ (C 16:0) για κάποια δείγματα (3,6 και 7) ενώ επίσης αυξημένη είναι η περιεκτικότητα σε κάποια δείγματα (1,2 και 5) σε λιπαρά οξέα με μικρό αριθμό ατόμων άνθρακα (C 4:0 – C 14:0).

Η περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFA) (κυρίως C 18:1) κυμαίνεται σε περιεκτικότητες 21,6% έως και 39,3% για όλα τα δείγματα πλην του πρώτου δείγματος που εμφανίζει περιεκτικότητα σε μικρότερο ποσοστό (6,8%).

Όσον αφορά τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) η περιεκτικότητά τους κυμαίνεται πολύ χαμηλές τιμές (δείγμα 2 με ποσοστό 5,5%) έως και πολύ υψηλές (δείγμα 1 με ποσοστό 42,7%).

Από τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα το λινολενικό οξύ (C 18:3) εμφανίζεται σε μικρή περιεκτικότητα (0,5%-1,8%) ενώ σε κάποια δείγματα δεν ανιχνεύτηκε καθόλου ή υπάρχει σε πολύ μικρά ποσοστά που δεν μπορούν να ανιχνευτούν.

Η γραφική παράσταση των μέσων όρων των λιπαρών οξέων για τα δείγματα που εξετάστηκαν φαίνεται με τη μορφή ραβδόγραμματος στο γράφημα 1. Από τα αποτελέσματα και το ραβδόγραμμα φαίνεται η μεγάλη περιεκτικότητα των δειγμάτων σε κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA), σε σχέση με τα μονοακόρεστα (MUFA) και τα πολυακόρεστα (PUFA) καθώς και η μεγάλη περιεκτικότητα των ω-6 σε σχέση με τα ω-3 λιπαρά οξέα.



Γράφημα 1: Μέσοι όροι λιπαρών οξέων σε αρτοσκευάσματα αρτοποιείων

#### 4.2 Περιεκτικότητα λιπαρών οξέων σε δείγματα αρτοσκευασμάτων από την κατηγορία «Ζαχαροπλαστεία»

Από την ανάλυση των δειγμάτων της κατηγορίας «ζαχαροπλαστεία» που έγινε όπως περιγράφεται στη μέθοδο (5.2), προέκυψαν τα αποτελέσματα σε περιεκτικότητα λιπαρών οξέων όπως φαίνεται στον πίνακα 26. Η ανάλυση των λιπαρών οξέων παρουσιάζεται για τα λιπαρά οξέα με αριθμό ατόμων  $C \geq 16$  δηλαδή τα λιπαρά οξέα από C 16:0 έως και C 20:0. Τα λιπαρά οξέα C 4:0 – C 14:0 παρουσιάζονται ως άθροισμα.

Πίνακας 26: Περιεκτικότητες λιπαρών οξέων σε αρτοσκευάσματα ζαχαροπλαστείων.

ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ	ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΕΙΩΝ								
	1	2	3	4	5	6	7	M.O	T.A
C 4:0 C- 14:0	17,4	1,8	14,2	14,7	1,5	1,1	0,4	7,3	7,68
C 16:0	28,2	64,4	28,0	26,1	27,7	37,4	62,5	39,19	16,99
C 16:1	-	0,5	1,7	1,8	1,7	0,3	-	0,86	0,84
C 18:0	6,2	19,1	10,3	7,6	8,1	7,9	14,3	10,5	4,62
C 18:1 cis	22,6	8,4	26,2	26,2	30,1	36,9	10,5	23,00	10,28
C 18:2 cis	25,6	2,8	6,7	17,8	27,6	15,6	11,3	15,34	9,22
C 18:2 trans	-	0,50	1,50	-	-	-	-	0,29	0,57
C 18:3	-	1,6	0,6	1,5	0,8	0,5	1,0	0,86	0,565
C 20:0	-	0,6	2,3	1,6	0,9	0,3	-	0,81	0,86
SFA	51,8	86,4	56,3	50,0	38,2	46,7	77,2	58,09	17,32
MUFA	22,6	8,9	27,9	28,0	31,8	37,2	10,5	23,84	10,63
PUFA	25,6	4,4	7,3	19,3	28,4	16,1	12,3	16,20	8,95
$\omega$ -6	25,6	2,8	6,7	17,8	27,6	15,6	11,3	15,34	9,22
$\omega$ -3	-	1,6	0,6	1,5	0,8	0,5	1,0	0,86	0,565
C 18:2 trans	-	0,50	1,50	-	-	-	-	0,29	0,57
SFA/MUFA/ PUFA	2/0,9/1	19,6/2/1	7,7/3,8/1	2,6/1,4/1	1,3/1,1/1	2,9/2,3/1	6,3/0,8/1	6,1/1,8/1	-
$\omega$ -6/ $\omega$ -3	-	1,75	11,16	11,9	34,5	31,2	11,3	17,8	-

Ανιχνεύτηκαν 8 συνολικά λιπαρά οξέα στα δείγματα ζαχαροπλαστείων και επιπλέον τα λιπαρά οξέα από C 4:0 έως C 14:0 όπου παρουσιάζονται ως άθροισμα. Το παλμιτελαϊκό (C 16:1) όπως και το αραχιδικό οξύ (C 20:0) ανιχνεύτηκε σε 5 δείγματα. Το παλμιτικό (C 16:0), το στεατικό (C 18:0), το ελαϊκό (18:1 cis) και το

λινελαϊκό (C 18:2 cis) ανιχνεύθηκαν σε όλα τα δείγματα. Δεν ανιχνεύτηκε το ελαιϊδικό (C 18:1 trans) πιθανότατα διότι η στήλη είχε μειωμένη αναλυτική ικανότητα λόγω πολύχρονης χρήσης. Το λινελαϊδικό (C 18:2 trans) ανιχνεύτηκε σε 2 μόνο δείγματα. Το λινολενικό οξύ (C 18:3) ανιχνεύτηκε σε 6 δείγματα.

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA), μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) αναφέρονται επίσης στον πίνακα 26. Ως SFA ορίζεται το άθροισμα των C 4:0 - C 14:0, C 16:0, C 18:0, C 20:0. Ως MUFA ορίζεται το άθροισμα των C 16:1, C 18:1 cis. Ως PUFA ορίζεται το άθροισμα των C 18:2 cis και C 18:3. Στον ίδιο πίνακα αναφέρονται και τα ω-6 και ω-3 λιπαρά οξέα. Ως ω-6 ορίζονται τα 18:2 cis και ως ω-3 το C 18:3.

Αυξημένη είναι η περιεκτικότητα σε κάποια δείγματα (1, 3 και 4) σε λιπαρά οξέα με μικρό αριθμό ατόμων άνθρακα (C 4:0 - C 14:0) ενώ ιδιαίτερα μεγάλη περιεκτικότητα παρουσιάζει η συγκέντρωση σε παλμιτικό οξύ (C 16:0) για κάποια δείγματα (2 και 7).

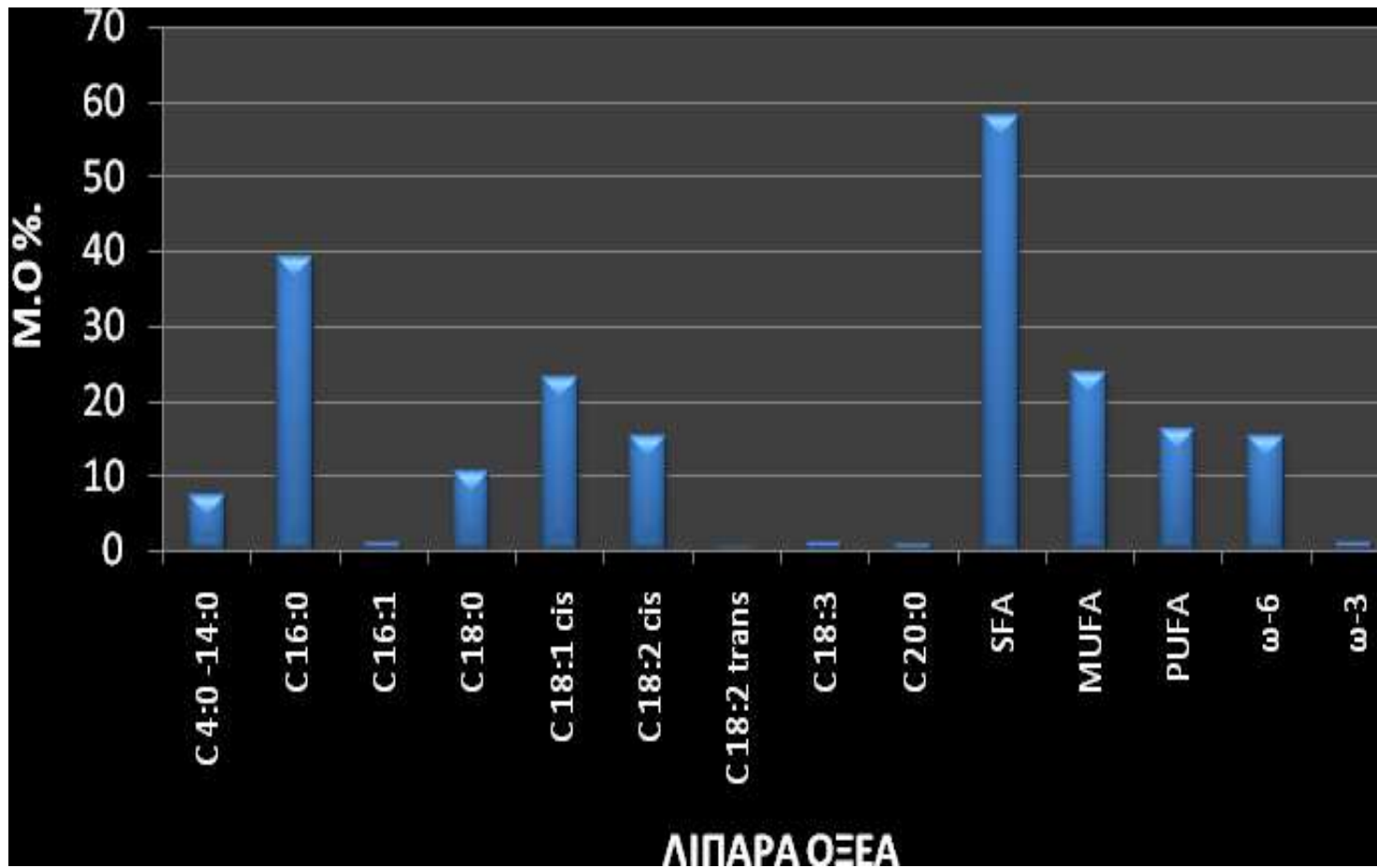
Η περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFA) (κυρίως C 18:1) κυμαίνεται σε περιεκτικότητες από 22,6% έως 36,9% για όλα τα δείγματα πλην του δεύτερου δείγματος και του έβδομου που εμφανίζουν περιεκτικότητα σε μικρότερο ποσοστό (8,4% και 10,5% αντιστοίχως).

Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) κυμαίνονται από πολύ χαμηλές περιεκτικότητες (δείγμα 2 με ποσοστό 4,4%) έως και υψηλές (δείγμα 5 με ποσοστό 28,4%).

Από τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα το λινολενικό οξύ (C 18:3) εμφανίζεται σε μικρή περιεκτικότητα (0,5%-1,6%) ενώ στο πρώτο δείγμα δεν ανιχνεύτηκε καθόλου ή υπάρχει σε πολύ μικρό ποσοστό που δεν μπορεί να ανιχνευτεί.

Η γραφική παράσταση των μέσων όρων των λιπαρών οξέων για τα δείγματα που εξετάστηκαν φαίνεται με τη μορφή ραβδόγραμματος στο γράφημα 2. Από τα αποτελέσματα και το ραβδόγραμμα φαίνεται η πολύ μεγάλη περιεκτικότητα των δειγμάτων σε κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA), σε σχέση με τα μονοακόρεστα (MUFA) και τα πολυακόρεστα (PUFA) καθώς και η μεγάλη περιεκτικότητα των ω-6 σε σχέση με τα ω-3 λιπαρά οξέα.





Γράφημα 2: Μέσοι όροι λιπαρών οξέων σε αρτοσκευάσματα ζαχαροπλαστικών

### **4.3 Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων**

Για να διαπιστώσουμε αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα λιπαρά οξέα των δειγμάτων ανάλογα με την προέλευση τους (αρτοποιεία-ζαχαροπλαστική) έγινε στατιστική επεξεργασία (two-sample independent t-test) σύμφωνα με τις μεθόδους στην παράγραφο 5.2.5. Από τα αποτελέσματα που παρατίθενται αναλυτικά στη συνέχεια προέκυψε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά για κάποιο λιπαρό οξύ ανάλογα με την προέλευση των δειγμάτων που αναλύθηκαν. Αναλυτικά τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω:

#### **4.3.1 Έλεγχος για τα λιπαρά οξέα από C 4:0 -C 14:0 (Βουτυρικό, Καπρυνικό, Καπριλικό, Καπρινικό & Λαουρικό οξύ)**

Από τον έλεγχο της κανονικότητας διαπιστώθηκε ότι  $P > 0,150$  που είναι  $> 0,05$  συμπεραίνουμε πως το δείγμα ακολουθεί την κανονική κατανομή. Κατά τον έλεγχο της ομοιογένειας που ακολούθησε βρέθηκε  $P = 0,154 > 0,05$  οπότε οι διακυμάνσεις των δύο δειγμάτων θεωρούνται ίσες. Στη συνέχεια εφαρμόσαμε two-sample t για να διαπιστώσουμε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των μέσων όρων του αθροίσματος C 4:0- C 14:0 μεταξύ δειγμάτων αρτοποιείων και ζαχαροπλαστικών. Το συμπέρασμα της αξιολόγησης είναι  $P = 0,069$  το οποίο είναι μεγαλύτερο του 0,05 επομένως ισχύει η μηδενική υπόθεση δηλαδή δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων.

#### **4.3.2 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 16:0 (Παλμιτικό οξύ)**

Από τον έλεγχο της κανονικότητας διαπιστώθηκε ότι  $P = 0,094$  που είναι  $> 0,05$  συμπεραίνουμε πως το δείγμα ακολουθεί την κανονική κατανομή. Κατά τον έλεγχο της ομοιογένειας που ακολούθησε βρέθηκε  $P = 0,598 > 0,05$  οπότε οι διακυμάνσεις των δύο δειγμάτων θεωρούνται ίσες. Στη συνέχεια εφαρμόσαμε two-sample t για να διαπιστώσουμε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των μέσων όρων στη συγκέντρωση του παλμιτικού οξέος μεταξύ δειγμάτων αρτοποιείων και ζαχαροπλαστικών. Το συμπέρασμα της αξιολόγησης είναι  $P = 0,061$  το οποίο είναι μεγαλύτερο του 0,05 επομένως ισχύει η μηδενική υπόθεση δηλαδή δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων.

#### **4.3.3 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 16:1 (Παλμιτελαϊκό οξύ)**

Από τον έλεγχο της κανονικότητας διαπιστώθηκε ότι  $P = 0,010$  που είναι

$<0,05$  συμπεραίνουμε ότι το δείγμα μας δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή. Για να επαναφέρουμε την κανονική κατανομή εφαρμόζουμε αντλιογαριθμικό μετασχηματισμό (antilog) όπου κάνοντας εκ νέου έλεγχο κανονικότητας βρίσκω  $P' > 0,150$  το οποίο είναι  $>0,05$  άρα έχω κανονική κατανομή. Κατά τον έλεγχο της ομοιογένειας που ακολούθησε βρέθηκε  $P=0,334 > 0,05$  οπότε οι διακυμάνσεις των δύο δειγμάτων θεωρούνται ίσες. Στη συνέχεια εφαρμόσαμε two-sample t για να διαπιστώσουμε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των μέσων όρων στη συγκέντρωση του παλμιτελαϊκού οξέος μεταξύ δειγμάτων αρτοποιειών και ζαχαροπλασטיών. Το συμπέρασμα της αξιολόγησης είναι  $P=0,366$  το οποίο είναι μεγαλύτερο του  $0,05$  επομένως ισχύει η μηδενική υπόθεση δηλαδή δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων.

#### **4.3.4 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 18:0 (Στεατικό οξύ)**

Από τον έλεγχο της κανονικότητας διαπιστώθηκε ότι  $P > 0,150$  που είναι  $>0,05$  συμπεραίνουμε πως το δείγμα ακολουθεί την κανονική κατανομή. Κατά τον έλεγχο της ομοιογένειας που ακολούθησε βρέθηκε  $P=0,971 > 0,05$  οπότε οι διακυμάνσεις των δύο δειγμάτων θεωρούνται ίσες. Στη συνέχεια εφαρμόσαμε two-sample t για να διαπιστώσουμε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των μέσων όρων στη συγκέντρωση του στεαρικού οξέος μεταξύ δειγμάτων αρτοποιειών και ζαχαροπλασטיών. Το συμπέρασμα της αξιολόγησης είναι  $P=0,160$  το οποίο είναι μεγαλύτερο του  $0,05$  επομένως ισχύει η μηδενική υπόθεση δηλαδή δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων.

#### **4.3.5 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 18:1 cis (Ελαϊκό οξύ)**

Από τον έλεγχο της κανονικότητας διαπιστώθηκε ότι  $P > 0,150$  που είναι  $>0,05$  συμπεραίνουμε πως το δείγμα ακολουθεί την κανονική κατανομή. Κατά τον έλεγχο της ομοιογένειας που ακολούθησε βρέθηκε  $P=0,898 > 0,05$  οπότε οι διακυμάνσεις των δύο δειγμάτων θεωρούνται ίσες. Στη συνέχεια εφαρμόσαμε two-sample t για να διαπιστώσουμε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των μέσων όρων στη συγκέντρωση του ελαϊκού οξέος μεταξύ δειγμάτων αρτοποιειών και ζαχαροπλασטיών. Το συμπέρασμα της αξιολόγησης είναι  $P=0,552$  το οποίο είναι μεγαλύτερο του  $0,05$  επομένως ισχύει η μηδενική υπόθεση δηλαδή δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων.

#### **4.3.6 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 18:2 cis (Λινελαϊκό οξύ)**

Από τον έλεγχο της κανονικότητας διαπιστώθηκε ότι  $P=0,010$  που είναι  $<0,05$  συμπεραίνουμε πως το δείγμα δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή. Για να επαναφέρουμε την κανονική κατανομή εφαρμόζουμε λογαριθμικό μετασχηματισμό (log) όπου κάνοντας εκ νέου έλεγχο κανονικότητας βρίσκω  $P'>0,150$  το οποίο είναι  $>0,05$  άρα έχω κανονική κατανομή. Στη συνέχεια εφαρμόσαμε two-sample t για να διαπιστώσουμε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των μέσων όρων στη συγκέντρωση του λινολεϊκού οξέος μεταξύ δειγμάτων αρτοποιειών και ζαχαροπλασטיών. Το συμπέρασμα της αξιολόγησης είναι  $P=1,000$  το οποίο είναι μεγαλύτερο του 0,05 επομένως ισχύει η μηδενική υπόθεση δηλαδή δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων.

#### **4.3.7 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 18:3(Λινολενικό οξύ)**

Από τον έλεγχο της κανονικότητας διαπιστώθηκε ότι  $P>0,150$  που είναι  $>0,05$  συμπεραίνουμε πως το δείγμα ακολουθεί την κανονική κατανομή. Επίσης κατά τον έλεγχο της ομοιογένειας βρέθηκε  $P=0,757>0,05$  οπότε οι διακυμάνσεις των δύο δειγμάτων θεωρούνται ίσες. Στη συνέχεια εφαρμόσαμε two-sample t για να διαπιστώσουμε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των μέσων όρων στη συγκέντρωση του λινολεϊκού οξέος μεταξύ δειγμάτων αρτοποιειών και ζαχαροπλασטיών. Το συμπέρασμα της αξιολόγησης είναι  $P=0,729$  το οποίο είναι μεγαλύτερο του 0,05 επομένως ισχύει η μηδενική υπόθεση δηλαδή δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων.

#### **4.3.8 Έλεγχος για το λιπαρό οξύ C 20:0 (Αραχιδικό οξύ)**

Από τον έλεγχο της κανονικότητας διαπιστώθηκε ότι  $P>0,150$  που είναι  $>0,05$  συμπεραίνουμε πως το δείγμα ακολουθεί την κανονική κατανομή. Επίσης κατά τον έλεγχο της ομοιογένειας βρέθηκε  $P=0,259>0,05$  οπότε οι διακυμάνσεις των δύο δειγμάτων θεωρούνται ίσες. Στη συνέχεια εφαρμόσαμε two-sample t για να διαπιστώσουμε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των μέσων όρων στη συγκέντρωση του αραχιδικού οξέος μεταξύ δειγμάτων αρτοποιειών και ζαχαροπλασטיών. Το συμπέρασμα της αξιολόγησης είναι  $P=0,340$  το οποίο είναι μεγαλύτερο του 0,05 επομένως ισχύει η μηδενική υπόθεση δηλαδή δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων.

## 5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

### 5.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων της εργασίας

Από τα αποτελέσματα στα αρτοσκευάσματα της κατηγορίας «αρτοποιεία» προκύπτει ότι υπάρχει μεγάλη διακύμανση τιμών για όλα τα λιπαρά οξέα που οφείλεται προφανώς στο γεγονός ότι κατά την παρασκευή των αρτοσκευασμάτων χρησιμοποιήθηκαν πολύ διαφορετικά είδη λίπους. Στα περισσότερα δείγματα (1, 2, 3, 5, 6, και 7) η περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA) είναι πολύ υψηλή (46.9 - 82.1%) με μέσο όρο 54.53%. Η περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFA) παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση τιμών (6.8 – 40.8%) με μέσο όρο 26.06%. Η περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) παρουσιάζει επίσης μεγάλο εύρος τιμών (5.5 – 42.7%) με μέσο όρο 19.77%. Σε ένα δείγμα ανιχνεύτηκε το λινελαϊδικό οξύ (18:2 trans) ενώ δεν ανιχνεύτηκε το ελαϊδικό οξύ (18:1 trans). Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πιθανή αδυναμία της χρησιμοποιηθείσας στήλης για το διαχωρισμό των trans και των ισομερών του ελαϊκού οξέος. Η περιεκτικότητα σε λινολενικό οξύ (18:3 cis) ήταν γενικά πολύ μικρή (0 – 1.8%) ή κάτω των ορίων ανίχνευσης.

Από τον υπολογισμό των σχέσεων SFA/MUFA/PUFA προκύπτει ότι όλες οι σχέσεις απέχουν πολύ από την ιδανική αναλογία 1/2/1 ή 1/1/1.

Σε ορισμένα δείγματα (2,5,6,7) η σχέση SFA/MUFA/PUFA είναι πολύ επιβαρυνμένη υπέρ της περιεκτικότητας σε κορεσμένα λιπαρά οξέα. Η υψηλή κατανάλωση κορεσμένων λιπαρών οξέων είναι επιβαρυντική για την υγεία και οι επιπτώσεις έχουν αναφερθεί αναλυτικότερα στην παράγραφο 2.5.2. Κατά μέσο όρο βέβαια αυτή η σχέση βελτιώνεται και τελικά τα δείγματα αρτοποιείων έχουν κατά μέσο όρο σχέση (πίνακα 25) SFA/MUFA/PUFA 5/2,3/1 που δεν είναι η ιδανική αλλά προσεγγίζει ικανοποιητικά την επιθυμητή.

Τέλος για όσα δείγματα υπολογίστηκε η σχέση ω-6/ω-3 λιπαρά οξέα, παρατηρήθηκε ότι η αυτή κυμαίνεται από 8,89 έως 13,27, σχέση που είναι πολύ μακριά από την προτεινόμενη αναλογία ω-6/ω-3 ή οποία είναι 1/1 έως το πολύ 5/1. Η σχέση αυτή είναι πολύ επιβαρυνμένη υπέρ της περιεκτικότητας των ω-6 λιπαρών οξέων. Αυτό είναι αρνητικό για την ποιότητα του λίπους όπως έχει αναφερθεί αναλυτικά στην παράγραφο 2.5.5.

Σχετικά με τα αποτελέσματα των δειγμάτων της κατηγορίας «ζαχαροπλαστεία» προκύπτει ότι υπάρχει μεγάλη διακύμανση τιμών για όλα τα

λιπαρά οξέα που οφείλεται προφανώς στο γεγονός ότι κατά την παρασκευή των αρτοσκευασμάτων χρησιμοποιήθηκαν πολύ διαφορετικά είδη λίπους. Σε όλα τα δείγματα η περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA) είναι πολύ υψηλή (38.2- 86.4%) με μέσο όρο 58.09%. Η περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFA) παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση τιμών (8.9 – 37.2%) με μέσο όρο 23.84%. Η περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) έχει επίσης μεγάλη διακύμανση (4.4 – 28.4%) με μέσο όρο 16.20%. Σε δύο δείγματα ανιχνεύτηκε το λινελαϊδικό οξύ (18:2 trans) ενώ δεν ανιχνεύτηκε το ελαϊδικό οξύ (18:1 trans). Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πιθανή αδυναμία της χρησιμοποιηθείσας στήλης για το διαχωρισμό των trans και των ισομερών του ελαϊκού οξέος. Η περιεκτικότητα σε λινολενικό οξύ (18:3 cis) ήταν γενικά πολύ μικρή (0 – 1.6%) – κάτω των ορίων ανίχνευσης.

Από τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας δεν προέκυψε κάποια στατιστική σημαντική διαφορά για τα λιπαρά οξέα μεταξύ αρτοποιιών και ζαχαροπλασטיών. Παρόλα αυτά θα πρέπει να αναφερθεί ότι κατά τον έλεγχο της πιθανής στατιστικά διαφοράς ανάμεσα σε αρτοποιεία και ζαχαροπλαστεία για το C 4:0- C 14:0 η τιμή P βρέθηκε ίση με 0,069 η οποία είναι πολύ κοντά στην τιμή 0,05 ώστε να μπορέσει να θεωρηθεί στατιστικά σημαντική η διαφορά. Οι μέσοι όροι των δύο κατηγοριών ήταν 20,36 για τα αρτοποιεία και 7,3 για τα ζαχαροπλαστεία. Αυτό δείχνει ότι τα αρτοποιεία χρησιμοποίησαν γενικά λίπος με περισσότερα λιπαρά οξέα C 4:0- C 14:0 και πιθανότατα να χρησιμοποίησαν βούτυρο ή λίπος ζωικής προέλευσης.

Ίδια παρατήρηση μπορεί να γίνει και για το παλμιτικό οξύ που σύμφωνα με την στατιστική επεξεργασία δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις δύο κατηγορίες αλλά ο μέσος όρος στα ζαχαροπλαστεία είναι πολύ υψηλότερος από τον μέσο όρο των αρτοποιιών δηλαδή 23,8 στα αρτοποιεία και 39,19 στα ζαχαροπλαστεία. Αυτό πιθανότατα να οφείλεται στο γεγονός ότι στα ζαχαροπλαστεία χρησιμοποιήθηκε ως λιπαρή ύλη φοινικέλαιο που είναι υψηλής περιεκτικότητας σε παλμιτικό οξύ.

Από τον υπολογισμό των σχέσεων SFA/MUFA/PUFA προκύπτει ότι όλες οι σχέσεις απέχουν πολύ από την ιδανική αναλογία 1/2/1 ή 1/1/1.

Σε κάποια δείγματα (2,3,7) η σχέση SFA/MUFA/PUFA είναι πολύ επιβαρυνμένη υπέρ της περιεκτικότητας σε κορεσμένα λιπαρά οξέα. Κατά μέσο όρο η σχέση SFA/MUFA/PUFA βελτιώνεται και τελικά τα δείγματα ζαχαροπλασטיών έχουν σχέση 6,1/1,8/1 σχέση που προσεγγίζει ικανοποιητικά την επιθυμητή.

Τέλος υπολογίστηκε η σχέση ω-6/ω-3 λιπαρά οξέα σε όλα τα δείγματα πλην του πρώτου. Σε ένα δείγμα (2) βρέθηκε αναλογία ίση με 1.75 που πλησιάζει την προτεινόμενη αναλογία ω-6/ω-3 ή οποία είναι 1/1 έως το πολύ 5/1, ενώ για τα υπόλοιπα δείγματα η σχέση απέχει πολύ (11,3 – 34,5) από την προτεινόμενη αναλογία.

## 5.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με αποτελέσματα άλλων ερευνών

Προκειμένου να συσχετιστούν τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας με αυτά άλλων ερευνών καταγράφηκαν τα ευρήματα από άλλες εργασίες όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 27.

Πίνακας 27: Περιεκτικότητα σε κορεσμένα, μονοακόρεστα, πολυακόρεστα λιπαρά οξέα σε δείγματα αρτοσκευασμάτων από διάφορες χώρες.

ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ	ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΡΤΟΠ.	ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΙΑ ΖΑΧΑΡ	ΤΟΥΡΚΙΑ Daglioglu, 2000	ΙΣΠΑΝΙΑ Fernandez, 2000	ΙΤΑΛΙΑ Caponio, 2006	ΙΣΠΑΝΙΑ Vicario, 2003	ΒΡΑΖΙΛΙΑ Clayton, 2005	Ν.ΖΗΛΑΝΔΙΑ Saunders, 2008
SFA	54,53	58.09	37.7	60.4	50.6	49.43	16.9-39.2	62.6
MUFA	26.06	23.84	48.2	28.9	35.5	32.87	33.9-34.5	29.9
PUFA	19.77	16.20	10.4	8.9	13.9	12.48	9.74-33.6	6.7

Η περιεκτικότητα σε ολικά κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA) στην παρούσα εργασία βρέθηκε ίση με 54.53% και 58.09% στα αρτοποιεία και ζαχαροπλαστεία αντίστοιχα. Από την σύγκριση της παρούσας εργασίας με άλλες έρευνες παρατηρείται ότι η περιεκτικότητα σε ολικά κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA), βρίσκεται σε παρόμοια επίπεδα με αυτά των Vicario, 2003 (49,43%) και Fernandez, 2000 (60.4%) στην Ισπανία και του Caponio, 2006 (50.6%) στην Ιταλία. Μικρότερες περιεκτικότητες βρέθηκαν στην Τουρκία από τον Daglioglu, 2000 (37,7%), Βραζιλία από τον Clayton, 2005 (16.9-39.2%). Μεγαλύτερες περιεκτικότητες βρέθηκαν στη Νέα Ζηλανδία από τον Saunders, 2008 (62.6%).

Τα επίπεδα των ολικών μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) στην παρούσα εργασία βρέθηκαν ίσα με 26.06% στα αρτοποιεία και 23.84% στα ζαχαροπλαστεία. Μεγαλύτερα επίπεδα βρέθηκαν σε δείγματα μπισκότων στην Τουρκία από τον Daglioglu, 2000 (48.2%), Ιταλία από τον Caponio, 2006 (35.5%),

Ισπανία από τον Vicario, 2003 (32.87%) και στην Βραζιλία από τον Clayton, 2005 (33.9-34.5%). Παρόμοια επίπεδα βρέθηκαν στην έρευνα του Ferdandez, 2000 (28.9%) και στη Νέα Ζηλανδία από τον Saunders, 2008 (29.9%).

Η μέση συγκέντρωση των ολικών πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) στην παρούσα εργασία βρέθηκε ίση με 19.77% στα αρτοποιεία και 16.20% στα ζαχαροπλαστεία. Μικρότερες συγκεντρώσεις βρέθηκαν σε δείγματα μπισκότων στην Τουρκία από τον Daglioglu, 2000 (10.4%), στην Ισπανία από τον Ferdandez, 2000 (8.9%) και Vicario, 2003 (12.48%), από τον Caronio, 2006 (13.9%), και στη Νέα Ζηλανδία από τον Saunders, 2008 (6.7%). Στην έρευνα που έγινε στην Βραζιλία από τον Clayton, 2005 η συγκέντρωση των ολικών πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυμάνθηκε από 9.74 έως 33.6%.



## **6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Από όλα όσα προαναφέρθηκαν προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Υπάρχει μεγάλη διακύμανση τιμών για όλα τα λιπαρά οξέα που οφείλεται προφανώς στο γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά είδη λίπους μεταξύ των οποίων λίπος ζωικής προέλευσης, βούτυρο γάλακτος, φοινικέλαιο, ελαιόλαδο.
2. Οι τιμές των μονοακόρεστων, πολυακόρεστων και κορεσμένων λιπαρών οξέων τόσο στα ζαχαροπλαστικά όσο και στα αρτοποιεία κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα.
3. Από τη μελέτη των ραβδογραμμάτων παρατηρήθηκε ότι η περιεκτικότητα κορεσμένων λιπαρών οξέων και στις δυο κατηγορίες αρτοσκευασμάτων ήταν πολύ υψηλή συγκριτικά με την περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα μπισκότα ίσως και να μην αποτελούν τελικά ένα υγιεινό σνακ για την διατροφή του ανθρώπου.
4. Οι σχέσεις SFA/MUFA/PUFA όσο και η σχέση ω6/ω3 απέχουν πολύ από τις ιδανικές προτεινόμενες αναλογίες.
5. Στην κατηγορία αρτοποιεία παρατηρήθηκε ότι το ελαϊκό οξύ βρίσκεται σε υψηλότερα επίπεδα από τα υπόλοιπα λιπαρά οξέα. Αντιθέτως, στην κατηγορία ζαχαροπλαστικά το παλμιτικό οξύ υπερτερεί σε σχέση με τα υπόλοιπα λιπαρά οξέα.
6. Για όλα τα λιπαρά οξέα μεταξύ των δύο κατηγοριών δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σύμφωνα με τον έλεγχο 2-sample t-test.
7. Η περιεκτικότητα των κορεσμένων λιπαρών οξέων βρέθηκε σε παρόμοια επίπεδα με την Ισπανία, Ιταλία και την Ν. Ζηλανδία. Τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με την Ισπανία και την Ν. Ζηλανδία, ενώ τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική

- Ζερφυρίδης Γ.Κ. (1998). Διατροφή του ανθρώπου, **3**, 79-82, **6**, 225-226.
- Ηλιόπουλος Γ.Β. (1993). Βιοχημεία, **7**, 216 Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.
- Ηλιόπουλος Γ.Β. (1997). Χημεία Τροφίμων, **1**, 18 Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.
- Καζάζης Ι. (1994). Τεχνολογία Σιτηρών ΙΙ, **8**, 332-343 Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.
- Κατσίκας Χ. (1999). Βιοχημεία Ι. Εκπαιδευτικές σημειώσεις για τους σπουδαστές του τμήματος Διατροφής, Θεσσαλονίκη.
- Κυριτσάκης Α.Κ. (1993). Το ελαιόλαδο, **3**, 170-171, Αγροτικές Συνεταιριστικές Ενώσεις, Θεσσαλονίκη.
- Κυριτσάκης Α.Κ. (1991). Τεχνολογία λιπών και λαδιών, **1**, 1,14-15, ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
- Παπαδόγιαννης Ι.Ν. (1992). Χρωματογραφία, **9**, 131-132, Γραφικές Τέχνες, Θεσσαλονίκη.
- Πετρίδης Δ. (1997). Εφαρμοσμένη στατιστική στην τεχνολογία τροφίμων, Εκδοτική Όμηρος, Θεσσαλονίκη.
- Σαργέδος Α., Παπαγεωργίου Β., Οικονόμου Ν., Ζλατάνος Σ., Μελλίδης Α. και Κουφίδης Δ. (1981). Τεχνική και μέθοδοι παρασκευής και ελέγχου των οργανικών ενώσεων, **15**, 131-132, 135-136, Θεσσαλονίκη.

### Ξένη

- American Diabetes Association Nutrition recommendations and interventions for diabetes. (2007). A position statement of the American Association Diabetes care, **30**, S48-65.
- Applewhite T.H. (1993). The role of Dietary Fat in Health and Nutrition in «Proceedings of the World Conference on Oilseed Technology and Utilization». 98-102, AOCS Press.
- Aro A., Amaral E., Kasteloot H., Rimestad A., Thamm M and Poppel G.V. (1998). Trans fatty acids in French fries, soups, and snacks from 14 European countries: The TRANSFAIR study. Journal of Food Composition and Analysis, **11**: 170-177.

- Aro A., Van Amelsvoort, J., Becker, W., Van Erp-Baart, M.A., Kafatos, A., Leth, T and Van Poppel, G. (1998). Trans fatty acids in dietary fats and oils from 14 European countries: the TRANSFAIR study. *Journal of Food Composition and Analysis*, **11**: 137-14.
- AOAC. *Official Methods of Analysis* (1975). Fatty acids in oil and fats preparation of methyl esters method of analysis. 12 edition. Editor W. Horwidj. Washington.
- Ascherio A., Katan M., Zock P.L., Stampher M.J and Willett W.C. (1999). Trans fatty acids and coronary heart disease. *N. Engl. J. Med.*, **340**, 1994-1998.
- Bailey A.E. (1996). "Dietary fat and health" in "Bailey's industrial oil and fat products" (Watkins, B.A., Henning, B Toborek, M), **7**, 160-162, 235-238 5<sup>th</sup> Edition, Y.h. Hui, Canada.
- Baylin A., Kabagambe EK, Ascherio A., Spiegelman D and Campos H. (2003). High 18:2 trans fatty acids in adipose tissue are associated with increased risk of nonfatal acute myocardial infarction in Costa Rican adults. *J Nutr*, **133**, 1186-1191.
- Belitz H.D., Grosch W., and Schieberle P. (2006). *Χημεία Τροφίμων*, 3<sup>η</sup> Έκδοση, **3**, σελ 292, **14**, 1037-1055, Έκδόσεις Τζιόλα.
- Caponio F., Summo C., Delcuratolo D and Pasqualone A. (2006). Quality of the liquid fraction of Italian biscuits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **86**: 356-361.
- Clayton A.M., Caparelli R., Visantainer J.V., Matsushita M. and Souza N.E. (2005). Trans fatty acid content of Brazilian biscuits. *Food Chemistry*, **93**, 445-448.
- Cronin K and Preis C. (2000). A statistical analysis of biscuit physical properties as affected by baking. *Journal of Food Engineering*, **46**, 217-218.
- Daglioglu O., Tasan M and Tuncel B. (2000). Determination of fatty acid composition and total trans fatty acids of Turkish biscuits by capillary gas-liquid chromatography. *Eur Food Res Technol*.
- Emken E.A. (1994). Metabolism of dietary stearic acid relative to other fatty acids in human subjects. *Am j Clin Nutr*, **60**, 1028S.

- Faridi H. (1994). Technology of cookie and cracker production in "The science of cookie and cracker production. Chapter 1: 1-16, CHAPMAN & HALL, New Jersey.
- Fernandez San Juan P.M (2000). Fatty acid composition of commercial Spanish fast food and snack food. *Journal of Food Composition and Analysis*, **13**, 275-280.
- Garg A. (1998). High-monounsaturated-fat diets for patients with diabetes mellitus: A metaanalysis. *Am J Clin Nutr*, 67 (suppl).
- Ghaffoorunissa S.A.I. (2001). Influence of dietary partially hydrogenated fat high in trans fatty acids on lipid composition and function of intestinal brush border membrane in rats. *Journal of Nutritional Biochemistry*, **12**, 116.
- Grundy S.M. (1994). Influence of stearic acid on cholesterol metabolism relative to other long-chain fatty acids. *Am J Nutr*, **60**:986-988.
- Gunstone, F.D and Norris F.A. (1983). The Biosynthesis and metabolism of fatty acids and lipids. *Chemistry, Biochemistry and Metabolism*, **4**, 37-39, Pergamon Press.
- Hu FB., Stampfer MJ., Manson JE., Rimm E., Colditz GA., Rosner BA., Hennekens CH and Willett WC. (1997). Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women. *N Engl J Med*, **337**, 1491-1499.
- Hulshof K.F.A.M., Van Erp-Baart M.A and Anttolainen M. (1999). Intake of fatty acids in Western Europe with emphasis on trans fatty acids: the TRANSFAIR study. *Eur J Nutr*, **53**, 145-146.
- Hunter E.J. (2006). Dietary trans fatty acids: Review of Recent Human Studies and Food Industry Responses. Department of Chemistry, University of Cincinnati, *Lipids* **41**, 967-992.
- ICAP, Κλαδική Μελέτη "Τυποποιημένα Αρτοποιήματα". (2006).
- Law M. (2000). Fat intake during childhood. *Clinical Nutrition*, **11**, 1291-1295.
- Lercker G and Rodriguez-Estrada M.T. (2000). Cholesterol oxidation: Presence of 7-ketocholesterol in different food products. *Journal of Food Composition and Analysis*, **13**, 1-3.
- Manley D. (1991). Technology of biscuits, crackers and cookies, **10**, 154-162, 2<sup>th</sup> Edition, Ellis Horwood, N.Y.

- Martin C., Carapelli R., Visantainer., Matsushita M. and Souza E. (2004). Trans fatty acids content of Brazilian biscuits. *Food Chemistry*, **93**, 445-448.
- Mead F.J., Alfin-Slater R.B., Howton D.R. and Popjak G. (1986). *LIPIDS: Chemistry, Biochemistry and Nutrition*, **3**, 102, **19**, 465, Plenum Press, New York and London.
- Mensink RP., Zock PL., Kester AD and Katan MB. (2003). Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: A meta-analysis of 60 controlled trials. *Am J Clin Nutr*, **77**, 1146-1155.
- Mensink R.P., Zock P.L., Katan M.B and Hornstra G. (1992). Effect of dietary cis and trans fatty acids on serum lipoproteine (a) levels in humans. *J Lipid Res*, **33**, 1493.
- Nibset E.F. (1986). The role of biscuits in Nutrition, **9**, 132-137, **19**, 223-224.
- Nielsen S.S. (1998). *Gas Chromatography. Food Analysis*, **33**, 535. Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland.
- Oomen C.M., Ocme M.C., Fescens E.J.M., Van Erp-Baart M.J., kork F.J. and Kromhout D. (2001). Association between trans fatty acid intake and 10-year risk of coronary disease in Zutphen Elderphy Study: a prospective population-based Study. *The Lans*, **9258**, 747-754.
- Rossel J.B and Pritchard J.L.R. (1991). Determination of fatty acids with trans double bonds in Vegetable oils and fats in *Analysis of oilseeds, fats and fatty foods*, **7**, 303-304, Elsevier Applied Science, New York.
- Saadatian-Elahi M., Norat T., Goudable J and Riboli E. (2004). Biomarkers of dietary fatty acid intake and the risk of breast cancer: A meta-analysis. *Int J Cancer*, **111**, 584- 591.
- Sauders D., Jones S., Devane G.J., Scholes P., Lake R.J. and Paulin S.M. (2008). Trans fatty acids in the New Zealand food supply. *Journal of Food Composition and Analysis*, **21**, 320-325.
- Schaefer EJ. (2002). Lipoproteins, nutrition, and heart disease. *Am J Clin Nutr*, **75**, 191-212.
- Semma M. (2001). Trans fatty acids: Properties, Benefits and Risks. *Journal of Health Science*, **48**, 7-13.

- Sun Q., Ma J., Campos H., Hankinson SE., Manson JE., Stampfer MJ., Rexrode KM., Willett WC and Hu FB. (2007). A prospective study of trans fatty acids in erythrocytes and risk of coronary heart disease. *Circulation*, **115**, 1858-1865.
- SUPELCO Inc. 25<sup>th</sup> Anniversary 1966-1991. Chromatography products.
- Tavella M., Peterson G., Espeche M., Cavallero E., Cipolla L., Perego L. and Caballero B. (2000). Trans fatty acid content of foods in Argentina. *Food Chemistry*, **69**, 209-211.
- Van der Vijver L.P.L., Van Poppel G., Van Houwelingen A., Kruyssen D.A.C.M and Hornstra G. (1996). Trans unsaturated fatty acids in plasma phospholipids and coronary heart disease: a case-control study. *Atherosclerosis*, **1**, 156-159.
- Vicario M.I., Griguol V. and Camacho M.L. (2003). Multivariate Characterization of the Fatty Acid Profile of Spanish Cookies and Bakery Products. *J. Agric. Food Chem*, **51**, 134-139.
- Wagner K., Auer E. and Elmadfa I. (2000). Content of fatty acids in margarines, plant oils, fried products and chocolate spreads in Austria. *Eur Food Res Technol*, **210**, 237-241.
- Wehrle K., Gallanher E., Neville D.P., Keogh M.K. and Arendt E.K. (1999). Microencapsulated high-fat powders in biscuit production. *Z L ebensm Unters Forsch A*, **208**, 308.
- Willet W.C., Stampfer, M.J and Manson, J.E. (1993). Intake of trans fatty acids and risk for coronary heart disease among women. *Lancet*, **341**, 581.
- Xiao C., Giacca A., Carpentier A and Lewis GF. (2006). Differential effects of monounsaturated, polyunsaturated and saturated fat ingestion on glucose-stimulated insulin secretion, sensitivity and clearance in overweight and obese, non-diabetic humans. *Diabetologia*, **49**, 1371-1379.
- Zock PL. and Katan MB. (1998). Linoleic acid intake and cancer risk. A review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr*, **8**, 142-153.
- Zoulinka M.R., Bouvier J.M., Allaf K. and Patras C. (1998). Effect of ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and quality of biscuits. *Journal of Food Engineering*, **35**, 23-42.

# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΑΡΤΟΠΟΙΕΙΑ 1

8/12/1998 03:14 δl

evikat-hatzis3-8,12,06

Page 1 :

Αρτ. (1)

## CSW32 - Chromatography Station

DataApex Ltd ©2001

www.dataapex.com

Created : 8/12/1998 02:10:53 δl  
 Project : WORK1  
 ISTD Amount : 0  
 Sample ID : evikat-hatzis3-8,12,06  
 Calibration :

By : evikat-exaniol-8,12,06  
 Style : Chromatogram  
 Inj. Volume : 0,2  
 Sample : 3  
 Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\evikat-hatzis3-8,12,06

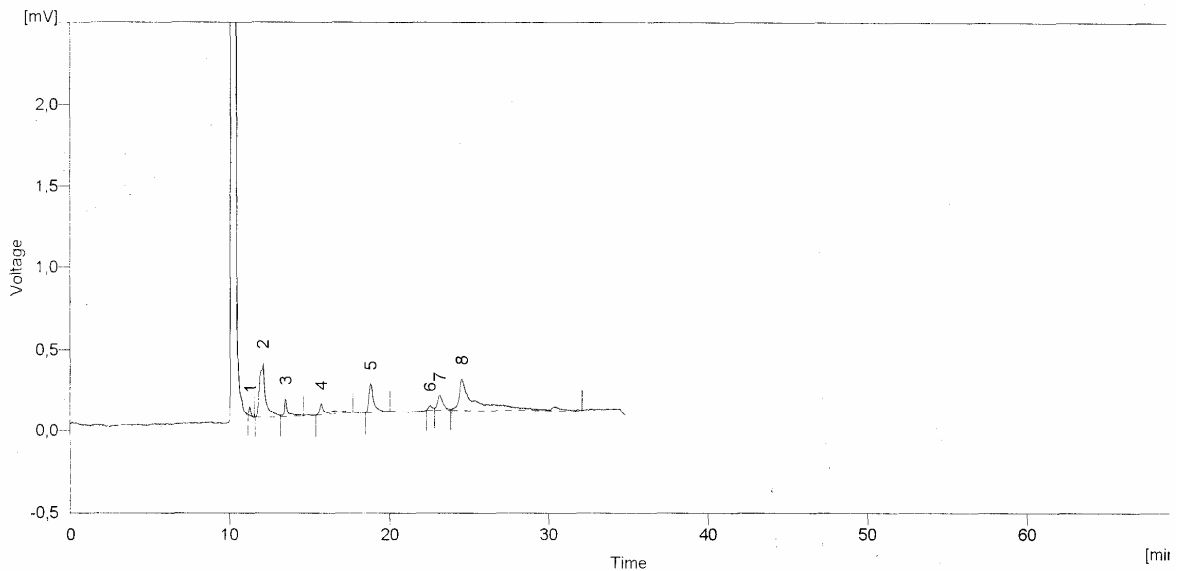
Method : evikat-hatzis3-8,12,06  
 Description :  
 Created : 7/12/1998 09:35 ii

By : evikat-exaniol-8,12,06  
 Modified : 8/12/1998 03:13 δl

Peak Width : 0,300 min  
 Integration Start : 10,90 min

Threshold : 0,010 mV

Detect Negative : Disabled



Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
11,300	0,515	0,059	1,4	5,5
12,110	9,063	0,337	24,4	31,0
13,520	1,848	0,113	5,0	10,4
15,740	2,715	0,074	7,3	6,8
18,830	4,020	0,180	10,8	16,6
22,550	0,560	0,032	1,5	3,0
23,160	2,522	0,095	6,8	8,8
24,560	15,852	0,196	42,7	18,0
<b>Total</b>	<b>37,096</b>	<b>1,087</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>



# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΑΡΤΟΠΟΙΕΙΑ 2

8/12/1998 03:27 δι

evikat-artopoitis2-8,12,06

Page 1 of 1

## CSW32 - Chromatography Station

DataApex Ltd ©2001

www.dataapex.com

Created : 8/12/1998 03:22:53 δι  
 Project : WORK1  
 ISTD Amount : 0  
 Sample ID : evikat-artopoitis2-8,12,06  
 Calibration :

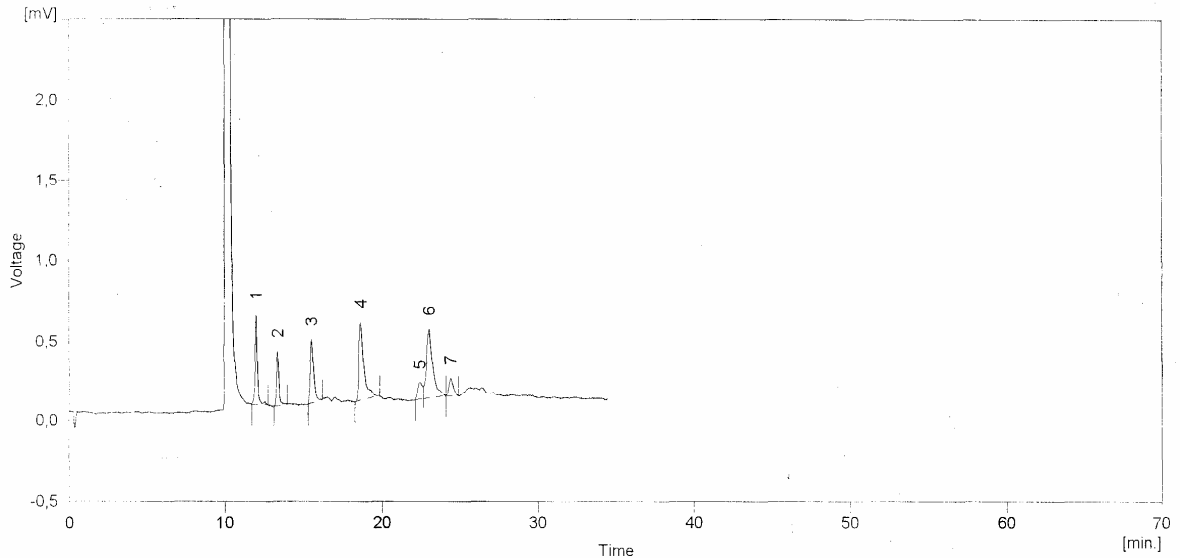
(2)

By : evikat-exaniol-8,12,06  
 Style : Chromatogram  
 Inj. Volume : 0,2  
 Sample : 3  
 Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\evikat-artopoitis2-8,12,06

Method : evikat-artopoitis2-8,12,06  
 Description :  
 Created : 7/12/1998 09:35 ii

By : evikat-exaniol-8,12,06  
 Modified : 8/12/1998 03:26 δι

Peak Width : 0,300 min      Threshold : 0,050 mV      Detect Negative : Disabled  
 Integration Start : 10,20 min



Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
1	11,990	5,928	0,573	13,1
2	13,350	3,784	0,349	8,4
3	15,520	6,151	0,404	13,6
4	18,640	11,406	0,494	25,2
5	22,420	2,243	0,109	5,0
6	23,030	13,189	0,440	29,2
7	24,390	2,479	0,117	5,5
Total	45,181	2,487	100,0	100,0

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΑΡΤΟΠΟΙΕΙΑ 3

21/11/1998 10:23 ii

evikat-forno1b-21,11,06

Page 1 of 1

## CSW32 - Chromatography Station

DataApex Ltd ©2001

www.dataapex.com

Created : 21/11/1998 05:54:19 δι  
 Project : WORK1  
 ISTD Amount : 0  
 Sample ID : evikat-forno1b-21,11,06  
 Calibration :

Αποκ. (3)

By : evikat-exaniao-21,11,06  
 Style : Chromatogram  
 Inj. Volume : 0,2  
 Sample : 3  
 Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\evikat-forno1b-21,11,06

Method : kesia 8met  
 Description : fatty acids  
 Created : 12/12/2002 09:47 δι

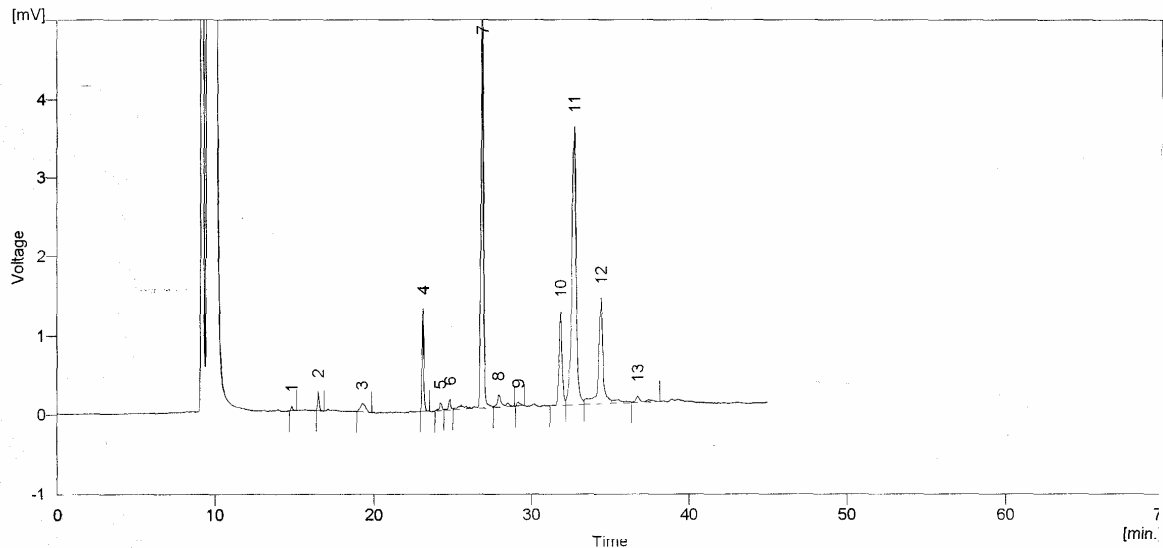
By : EVIKAT-EXANIOE-22,11,06

Modified : 21/11/1998 10:23 ii

Peak Width : 0,200 min  
 Integration Start : 10,00 min

Threshold : 0,025 mV

Detect Negative : Disabled



Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
1	14,853	0,522	0,062	0,3
2	16,527	1,902	0,244	0,9
3	19,287	2,603	0,106	1,3
4	23,140	10,106	1,303	5,0
5	24,233	1,339	0,105	0,7
6	24,860	1,522	0,137	0,7
7	26,927	63,696	5,693	31,2
8	27,947	3,591	0,161	1,8
9	29,213	0,800	0,053	0,4
10	31,880	16,668	1,197	8,2
11	32,773	69,076	3,537	33,9
12	34,453	29,746	1,346	14,6
13	36,767	2,341	0,081	1,1
Total		203,912	14,026	100,0

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΑΡΤΟΠΟΙΕΙΑ 4

23/11/1998 12:50 δι

EVIKAT-PARADOSIAKO-22,11,06

Page 1 of 1

## CSW32 - Chromatography Station

DataApex Ltd ©2001

www.dataapex.com

Created : 22/11/1998 03:36:54 δι  
 Project : WORK1  
 ISTD Amount : 0  
 Sample ID : EVIKAT-PARADOSIAKO-22,11,06  
 Calibration :

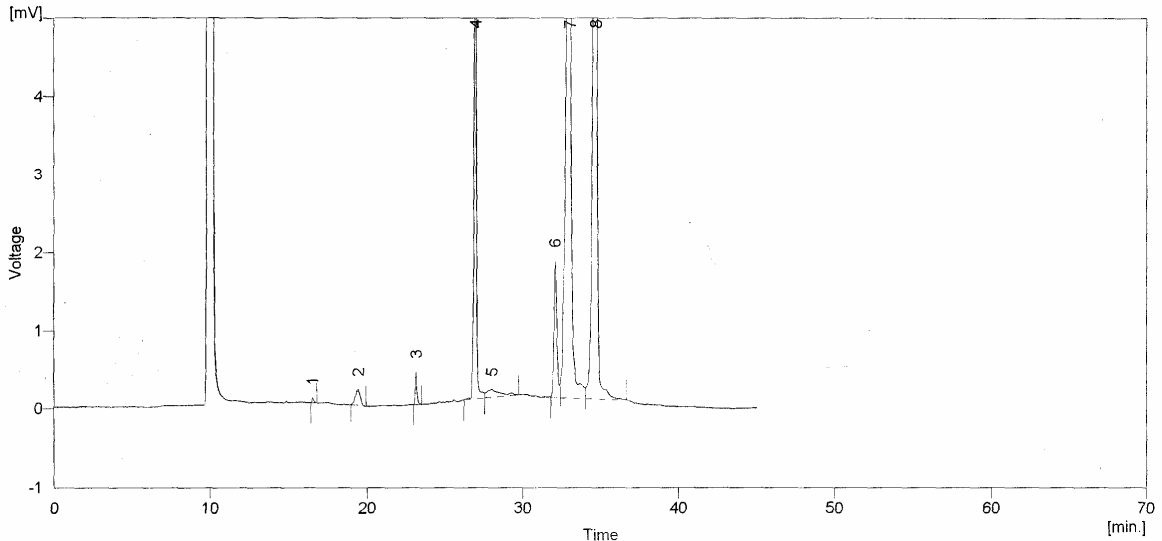
Apcor. (d)

By : EVIKAT-EXANIOE-22,11,06  
 Style : Chromatogram  
 Inj. Volume : 0.2  
 Sample : 3  
 Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\EVIKAT-PARADOSIAKO-22,11,06

Method : kesia 8met  
 Description : fatty acids  
 Created : 12/12/2002 09:47 δι

By : evikat-exaniao-23,11,06  
 Modified : 23/11/1998 12:49 δι

Peak Width : 0,200 min      Threshold : 0,025 mV      Detect Negative : Disabled  
 Integration Start : 10,00 min



Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
1	16,560	0,489	0,063	0,1
2	19,467	4,803	0,212	1,1
3	23,173	3,276	0,423	1,7
4	26,987	65,782	5,984	23,9
5	28,053	6,630	0,111	0,4
6	32,113	23,893	1,750	7,0
7	33,053	175,583	7,923	31,6
8	34,727	166,538	8,615	34,4
<b>Total</b>	<b>446,994</b>	<b>25,080</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΑΡΤΟΠΟΙΕΙΑ 5

## CSW32 - Chromatography Station DataApex Ltd ©2001

www.dataapex.com

Created : 24/11/1998 01:27:47 δι  
Project : WORK1  
ISTD Amount : 0  
Sample ID : EVIKAT-STAXY2-24,11,06  
Calibration :

By : EVIKAT-EXANIO-24,11,06  
Style : Chromatogram  
Inj. Volume : 0,2  
Sample : 3  
Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\EVIKAT-STAXY2-24,11,06

Απον. (5)

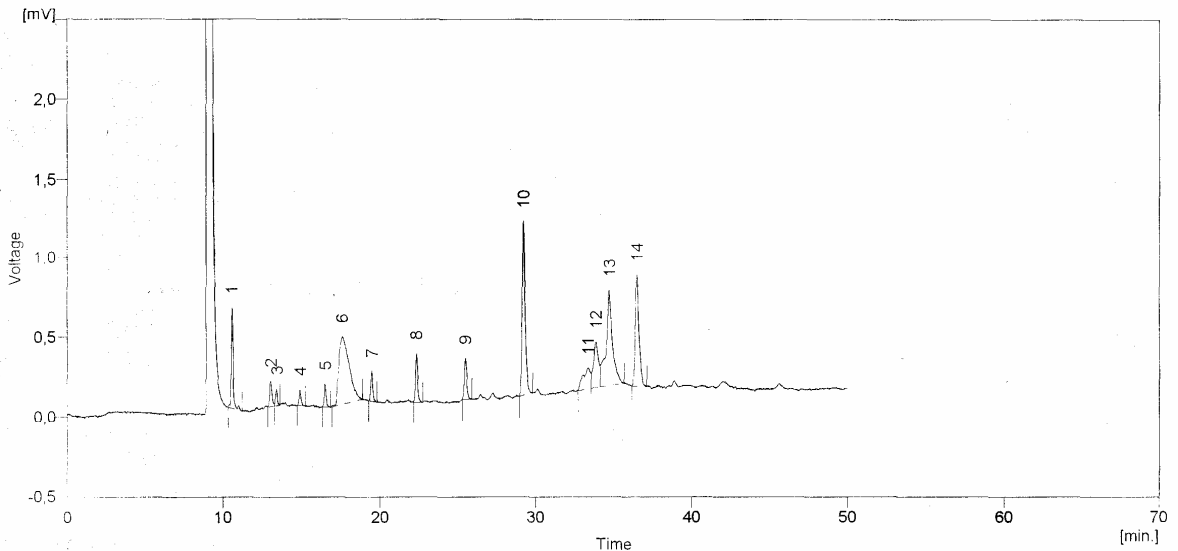
Method : kesia 8met  
Description : fatty acids  
Created : 12/12/2002 09:47 δι

By : evikat-exaniol-8,12,06  
Modified : 8/12/1998 03:30 δι

Peak Width : 0,200 min  
Integration Start : 10,00 min

Threshold : 0,025 mV

Detect Negative : Disabled



Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
-------------	-------------	-------------	------------	--------------

10,580	5,648	0,635	6,0	12,3
13,040	1,727	0,161	1,8	3,1
13,407	0,870	0,108	0,9	2,1
14,900	1,002	0,102	1,1	2,0
16,507	1,396	0,149	1,5	2,9
17,607	19,673	0,427	20,8	8,3
19,480	1,873	0,193	2,0	3,7
22,347	3,102	0,304	3,3	5,9
25,487	2,997	0,260	3,2	5,0
29,227	15,241	1,102	16,1	21,3
33,360	4,385	0,133	4,6	2,6
33,867	6,592	0,289	7,0	5,6
34,740	17,923	0,600	18,9	11,6
36,507	12,275	0,702	13,0	13,6
Total	94,702	5,165	100,0	100,0

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΑΡΤΟΠΟΙΕΙΑ 6

28/10/1998 05:02 δι

EVIKAT-BEAKI-2,11,06

Page 1 of 1

## CSW32 - Chromatography Station DataApex Ltd ©2001 www.dataapex.com

Created : 28/10/1998 05:00:26 δι  
Project : WORK1  
ISTD Amount : 0  
Sample ID : EVIKAT-BEAKI-2,11,06  
Calibration :

Αρ. (6)

By : EVIKAT-EXANIO3-2,11,06  
Style : Chromatogram  
Inj. Volume : 0,2  
Sample : 3  
Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\EVIKAT-BEAKI-2,11,06

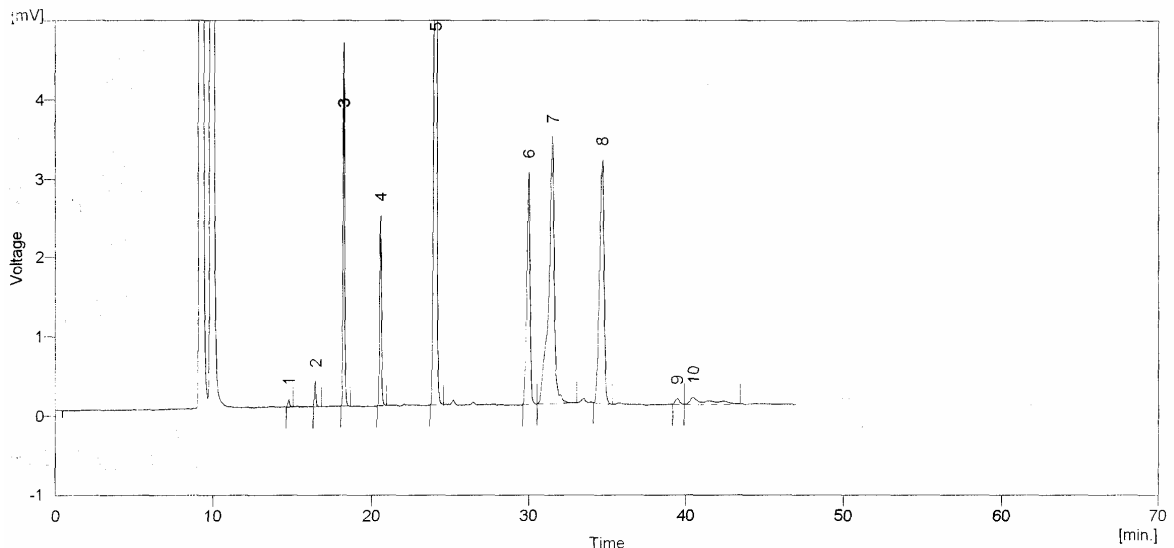
Method : kesia 8met  
Description : fatty acids  
Created : 12/12/2002 09:47 δι

By : EVIKAT-EXANIO3-2,11,06  
Modified : 28/10/1998 05:01 δι

Peak Width : 0,200 min  
Integration Start : 10,00 min

Threshold : 0,025 mV

Detect Negative : Disabled



Result Table - Calculation Method: Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
1	14,813	0,908	0,100	0,2
2	16,480	2,425	0,321	0,6
3	18,300	34,195	4,599	8,5
4	20,613	20,120	2,416	5,0
5	24,147	140,020	12,166	34,9
6	30,047	43,549	2,951	10,9
7	31,547	86,679	3,378	21,6
8	34,720	63,983	3,093	16,0
9	39,473	1,493	0,078	0,4
10	40,493	7,303	0,088	1,8
Total	400,674	29,190	100,0	100,0

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΑΡΤΟΠΟΙΕΙΑ 7

3/11/1998 04:19 δl

EVIKAT-IFAN-2,11,06

Page 1 of 2

## CSW32 - Chromatography Station DataApex Ltd ©2001 www.dataapex.com

Created : 28/10/1998 06:51:55 δl  
Project : WORK1  
ISTD Amount : 0  
Sample ID : EVIKAT-IFAN-2,11,06  
Calibration :

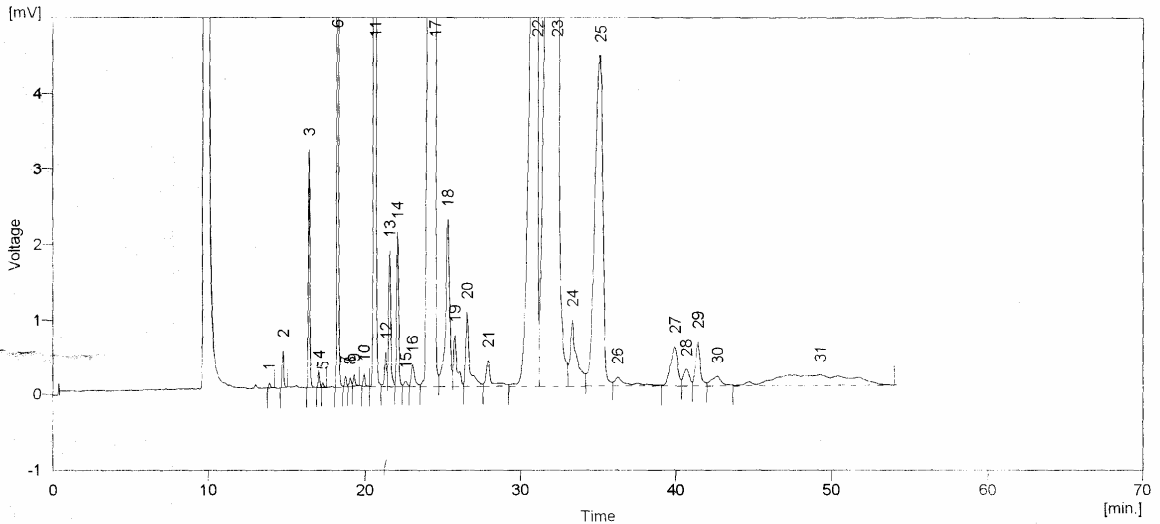
By : EVIKAT-EXANIO3-2,11,06  
Style : Chromatogram  
Inj. Volume : 0,2  
Sample : 3  
Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\EVIKAT-IFAN-2,11,06

Αρ. (7)

Method : kesia 8met  
Description : fatty acids  
Created : 12/12/2002 09:47 δl

By : EVIKAT-EXA-8,11,06  
Modified : 3/11/1998 04:18 δl

Peak Width : 0,200 min      Threshold : 0,025 mV      Detect Negative : Disabled  
Integration Start : 10,00 min



Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
13,907	0,544	0,065	0,0	0,1
14,773	3,841	0,510	0,1	0,4
16,453	22,997	3,181	0,8	2,6
17,067	1,725	0,229	0,1	0,2
17,320	0,650	0,079	0,0	0,1
18,280	53,670	7,214	2,0	5,8
18,767	1,275	0,145	0,0	0,1
19,073	1,108	0,125	0,0	0,1
19,320	1,498	0,166	0,1	0,1
19,960	1,538	0,175	0,1	0,1
20,667	178,209	20,034	6,5	16,2
21,340	4,189	0,475	0,2	0,4
21,607	18,920	1,817	0,7	1,5
22,113	19,214	2,064	0,7	1,7
22,600	1,121	0,073	0,0	0,1
23,060	4,749	0,297	0,2	0,2
24,527	926,219	45,102	33,7	36,6
25,333	42,797	2,220	1,6	1,8
25,793	11,683	0,700	0,4	0,6
26,580	18,390	1,003	0,7	0,8
27,933	8,189	0,358	0,3	0,3
31,107	370,981	13,597	13,5	11,0
32,387	763,100	16,697	27,8	13,5
33,360	26,943	0,893	1,0	0,7
35,167	162,858	4,397	5,9	3,6
36,267	6,674	0,120	0,2	0,1

Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
39,953	17,333	0,534	0,6	0,4
40,680	6,202	0,229	0,2	0,2
41,440	12,712	0,593	0,5	0,5
42,687	5,824	0,132	0,2	0,1
49,300	51,393	0,152	1,9	0,1
Total	2746,646	123,378	100,0	100,0



# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΕΙΑ 1

8/12/1998 01:35 δι

evikat-artoskglykoc-7,12,06

Page 1 of 1

Ζαχαρ-(H)

**CSW32 - Chromatography Station**  
DataApex Ltd ©2001  
www.dataapex.com

Created : 7/12/1998 12:30:27 δι  
Project : WORK1  
ISTD Amount : 0  
Sample ID : evikat-artoskglykoc-7,12,06  
Calibration :

By : evikat-exaniog-7,12,06  
Style : Chromatogram  
Inj. Volume : 0,2  
Sample : 3  
Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\evikat-artoskglykoc-7,12,06

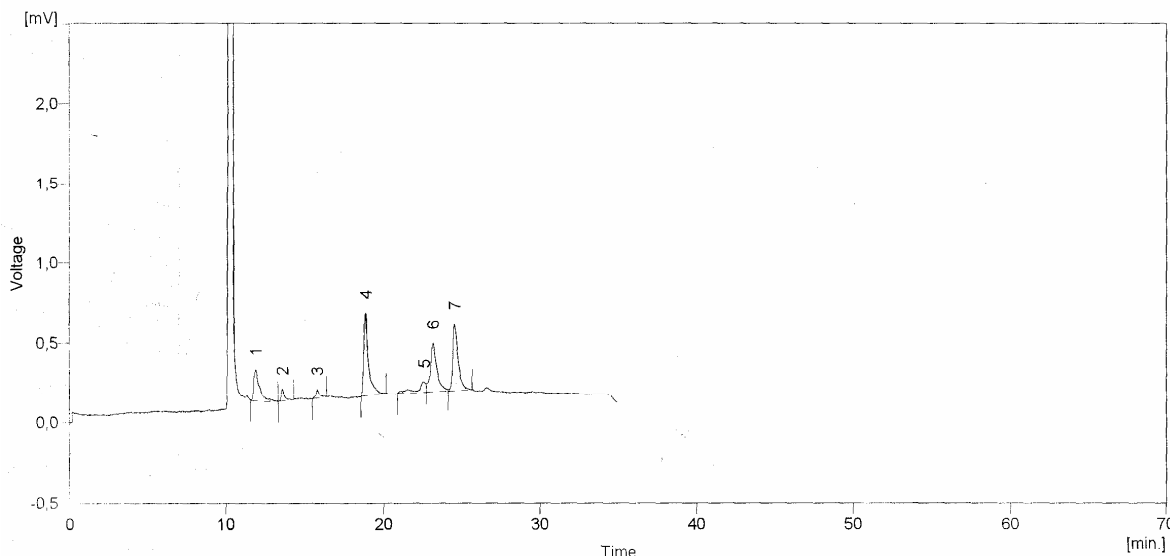
Method : evikat-artoskglykoc-7,12,06  
Description :  
Created : 6/12/1998 08:56 ιι

By : evikat-exaniol-8,12,06  
Modified : 8/12/1998 01:32 δι

Peak Width : 0,300 min  
Integration Start : 10,20 min

Threshold : 0,020 mV

Detect Negative : Disabled



Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
1	4,997	0,200	12,2	12,0
2	1,066	0,078	2,6	4,7
3	1,060	0,061	2,6	3,7
4	11,604	0,523	28,2	31,5
5	2,538	0,070	6,2	4,2
6	9,300	0,307	22,6	18,5
7	10,512	0,422	25,6	25,4
Total	41,077	1,661	100,0	100,0

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΕΙΑ 2

11/11/1998 05:09 δι

EVIKAT-GIANNIOTIKOK2-16,11,06

Page 1 of 1

**CSW32 - Chromatography Station**  
DataApex Ltd ©2001  
www.dataapex.com

1

Created : 11/11/1998 05:07:05 δι  
Project : WORK1  
ISTD Amount : 0  
Sample ID : EVIKAT **RODINIA** K2-16,11,06  
Calibration :

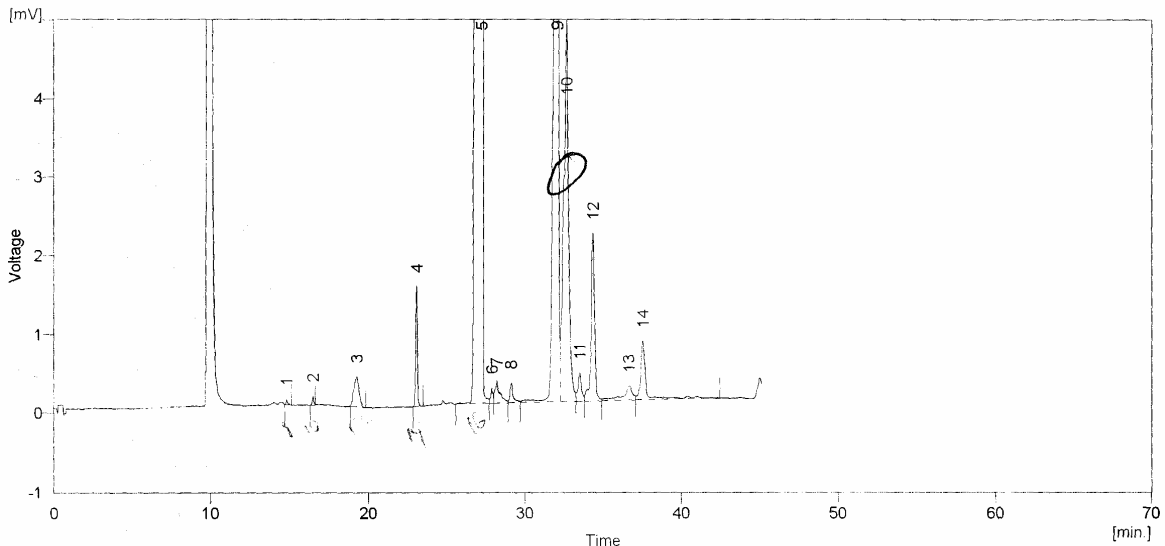
*Zaxap. (2)*

By : EVIKAT-GIANNIOTIKOK-16,11,06  
Style : Chromatogram  
Inj. Volume : 0,2  
Sample : 3  
Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\EVIKAT-GIANNIOTIKOK2-16,11,06

Method : kesia 8met  
Description : fatty acids  
Created : 12/12/2002 09:47 δι

By : EVIKAT-GIANNIOTIKOK-16,11,06  
Modified : 11/11/1998 05:08 δι

Peak Width : 0,200 min      Threshold : 0,025 mV      Detect Negative : Disabled  
Integration Start : 10,00 min



Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]	
1	14,840	0,589	0,068	0,0	0,1
2	16,520	0,875	0,119	0,1	0,2
3	19,300	9,209	0,383	0,7	0,6
4	23,107	12,340	1,526	1,0	2,4
5	27,267	819,968	40,366	64,4	62,7
6	27,907	2,017	0,197	0,2	0,3
7	28,233	6,351	0,280	0,5	0,4
8	29,160	3,674	0,250	0,3	0,4
9	32,127	242,948	12,908	19,1	20,0
10	32,700	107,343	4,873	8,4	7,6
11	33,540	5,755	0,355	0,5	0,6
12	34,367	35,397	2,142	2,8	3,3
13	36,673	7,937	0,179	0,6	0,3
14	37,553	19,779	0,755	1,6	1,2
Total		1274,181	64,409	100,0	100,0

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΕΙΑ 3

6/12/1998 01:13:01

evikat-cookiek-17,11,06

Page 1 of 1

## CSW32 - Chromatography Station

DataApex Ltd ©2001

www.dataapex.com

Created : 12/11/1998 01:53:41 δι  
 Project : WORK1  
 ISTD Amount : 0  
 Sample ID : evikat-cookiek-17,11,06  
 Calibration :

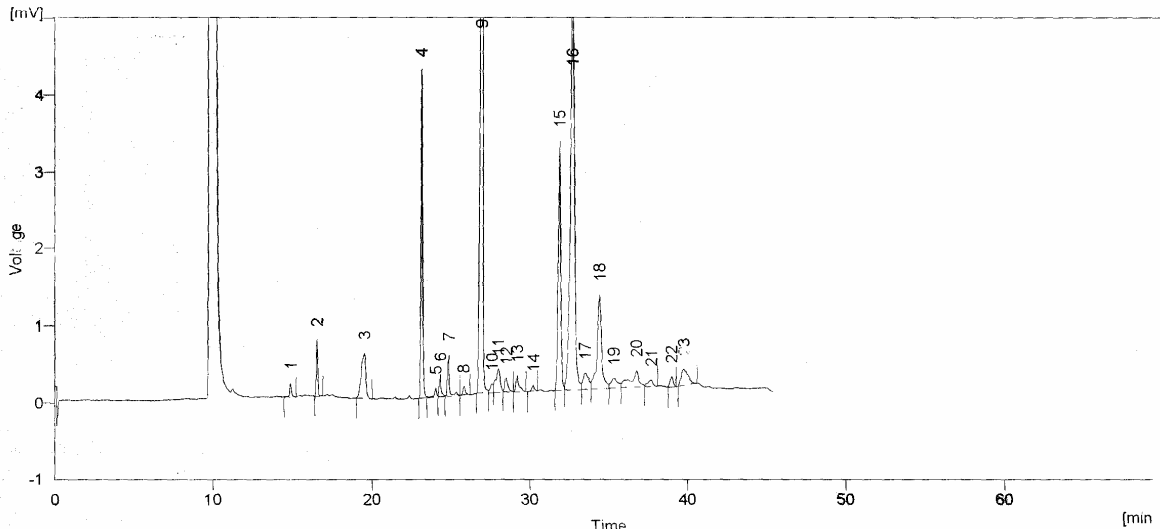
Zax. (3)

By : evikat-exaniao-17,11,06  
 Style : Chromatogram  
 Inj. Volume : 0,2  
 Sample : 3  
 Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\evikat-cookiek-17,11,06

Method : kesia 8met  
 Description : fatty acids  
 Created : 12/12/2002 09:47 δι

By : evikat-ex-6,12,06  
 Modified : 6/12/1998 01:13 δι

Peak Width : 0,200 min      Threshold : 0,025 mV      Detect Negative : Disabled  
 Integration Start : 10,00 min



Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
1	14,893	1,645	0,188	0,4
2	16,553	5,306	0,733	1,4
3	19,540	12,252	0,593	3,3
4	23,167	33,723	4,256	9,1
5	24,053	1,402	0,129	0,4
6	24,320	2,578	0,289	0,7
7	24,860	4,966	0,545	1,3
8	25,833	1,158	0,109	0,3
9	26,980	103,751	10,268	28,0
10	27,583	1,466	0,121	0,4
11	28,013	6,401	0,312	1,7
12	28,500	2,838	0,188	0,8
13	29,207	3,088	0,216	0,8
14	30,233	1,033	0,087	0,3
15	31,920	38,191	3,246	10,3
16	32,740	97,336	5,215	26,2
17	33,507	5,413	0,212	1,5
18	34,440	24,927	1,222	6,7
19	35,340	4,093	0,131	1,1
20	36,773	8,548	0,222	2,3
21	37,700	2,318	0,091	0,6
22	38,980	2,005	0,138	0,5
23	39,780	6,707	0,214	1,8
Total	371,144	28,723	100,0	100,0

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΕΙΑ 4

21/11/1998 10:25 ii

evikat-allotinoand-21,11,06

Page 1 of 1

## CSW32 - Chromatography Station DataApex Ltd ©2001 www.dataapex.com

Created : 16/11/1998 04:17:39 6j  
Project : WORK1  
ISTD Amount : 0  
Sample ID : evikat-allotinoand-21,11,06  
Calibration :

By : evikat-exanioa-21,11,06  
Style : Chromatogram  
Inj. Volume : 0,2  
Sample : 3  
Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\evikat-allotinoand-21,11,06

Zax(4)

Method : kesia 8met  
Description : fatty acids  
Created : 12/12/2002 09:47 6i

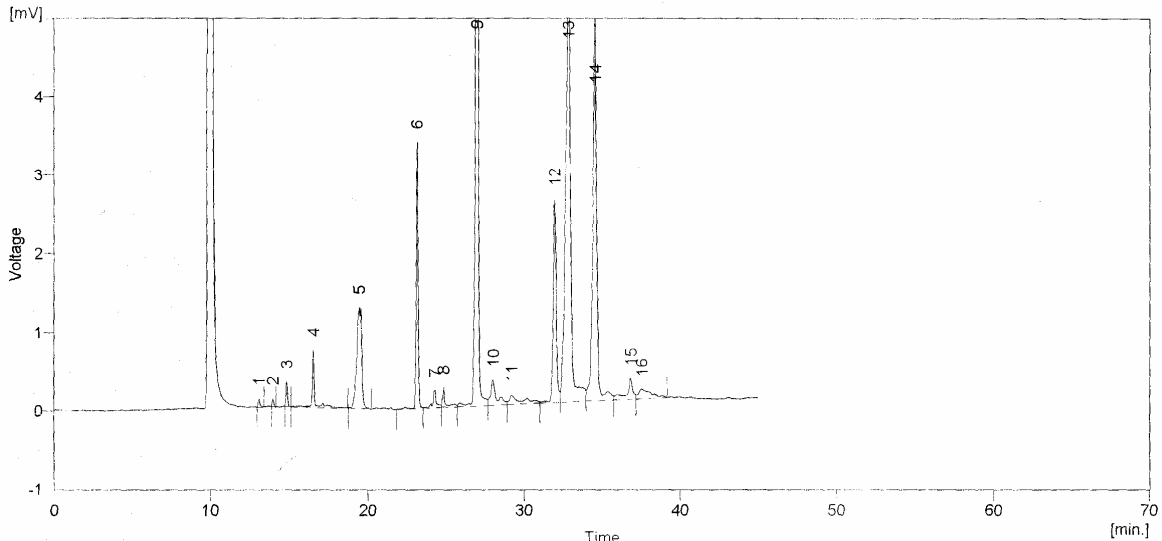
By : EVIKAT-EXANIOE-22,11,06  
Modified : 21/11/1998 10:24 ii

Peak Width : 0,200 min  
Integration Start : 10,00 min

Threshold : 0,025 mV

Detect Negative : Disabled

1/3



Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
1	13,113	0,870	0,107	0,2
2	14,000	0,797	0,099	0,3
3	14,873	2,420	0,323	1,0
4	16,553	9,332	0,734	2,3
5	19,480	29,920	1,291	6,0
6	23,167	29,153	3,396	10,5
7	24,300	3,893	0,229	0,8
8	24,867	3,584	0,255	0,8
9	27,027	130,080	11,086	34,2
10	28,027	8,745	0,330	1,0
11	29,227	6,699	0,123	0,4
12	31,967	37,722	2,586	8,0
13	32,873	130,515	6,451	19,9
14	34,560	88,480	5,050	15,6
15	36,840	7,713	0,268	0,8
16	37,540	7,560	0,130	0,4
Total	497,484	32,457	100,0	100,0

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΕΙΑ 5

11/11/1998 03:26 δι

EVIKAT-RODINIAK2-16,11,06

Page 1 of 1

## CSW32 - Chromatography Station

DataApex Ltd ©2001

www.dataapex.com

Created : 11/11/1998 03:23:54 δι  
 Project : WORK1  
 ISTD Amount : 0  
 Sample ID : EVIKAT- K2-16,11,06  
 Calibration : **GIANNIOTIKOK<sub>2</sub>**

By : EVIKAT-GIANNIOTIKOK-16,11,06  
 Style : Chromatogram  
 Inj. Volume : 0,2  
 Sample : 3  
 Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\EVIKAT-RODINIAK2-16,11,06

Method : kesia 8met  
 Description : fatty acids  
 Created : 12/12/2002 09:47 δι

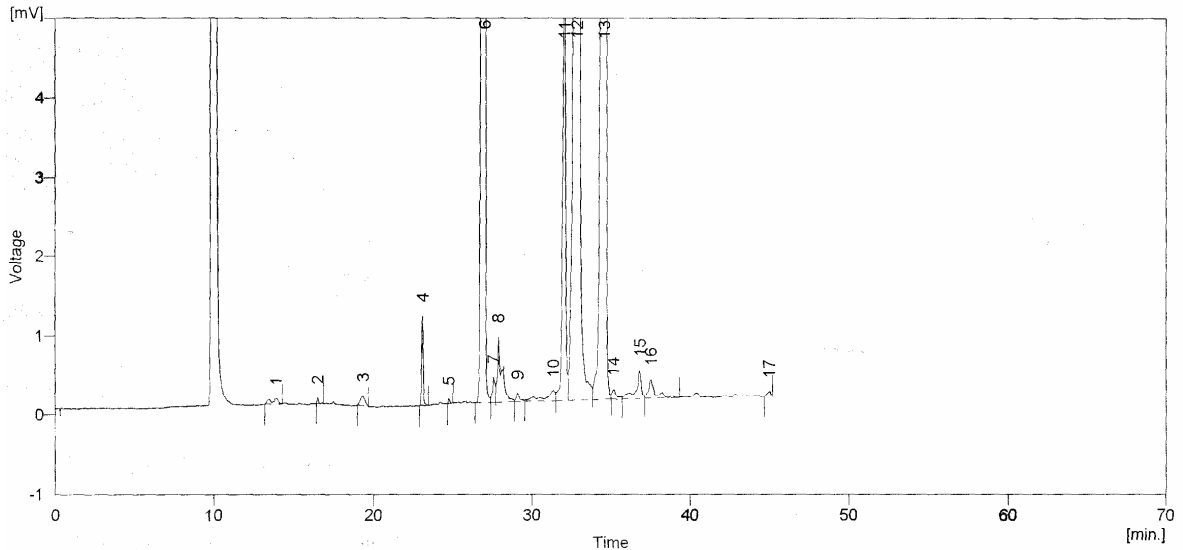
Zax (5)

By : EVIKAT-GIANNIOTIKOK-16,11,06  
 Modified : 11/11/1998 03:26 δι

Peak Width : 0,200 min  
 Integration Start : 10,00 min

Threshold : 0,025 mV

Detect Negative : Disabled



Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
1	13,920	2,425	0,075	0,2
2	16,533	0,673	0,082	0,1
3	19,387	2,891	0,144	0,3
4	23,120	8,650	1,137	2,0
5	24,780	0,540	0,069	0,1
6	27,047	276,967	21,726	27,7
7	27,593	3,814	0,327	0,4
8	27,927	17,457	0,833	1,7
9	29,147	1,834	0,113	0,2
10	31,367	6,176	0,135	0,6
11	32,107	80,568	6,850	8,1
12	32,900	301,055	10,933	30,1
13	34,600	275,299	13,715	27,6
14	35,187	2,654	0,132	0,3
15	36,840	8,981	0,363	0,9
16	37,547	7,831	0,248	0,8
17	45,020	1,031	0,068	0,1
Total	998,845	56,950	100,0	100,0

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΕΙΑ 6

29/5/1998 04:18 ii

EVIKAT-MYLOS-29,5,06

Page 1 of 1

## CSW32 - Chromatography Station

DataApex Ltd ©2001

www.dataapex.com

Created : 29/5/1998 04:16:27 ii  
 Project : WORK1  
 ISTD Amount : 0  
 Sample ID : EVIKAT-MYLOS-29,5,06  
 Calibration :

Zaxx. (6)

By : EVIKAT-EXAN-29,5,06  
 Style : Chromatogram  
 Inj. Volume : 0,2  
 Sample : 4  
 Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\EVIKAT-MYLOS-29,5,06

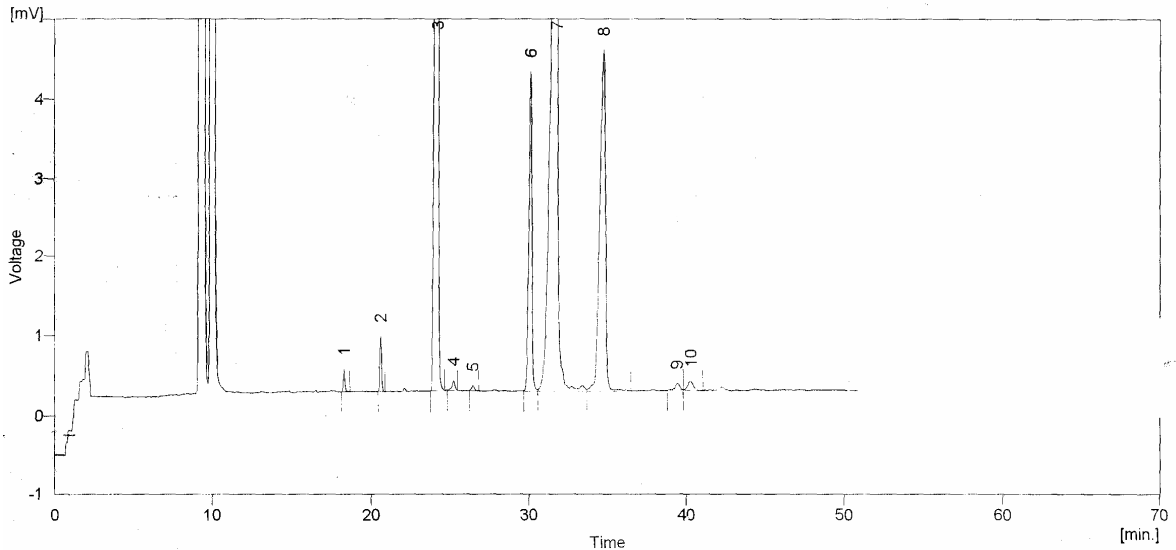
Method : C:\CSW32\WORK1\DATA\PHA ASTROPEKAKIS\PHA 20%  
 Description : fatty acids  
 Created : 12/12/2002 09:47 di

By : EVIKAT-EXAN-29,5,06  
 Modified : 29/5/1998 04:18 ii

Peak Width : 0,200 min  
 Integration Start : 10,00 min

Threshold : 0,025 mV

Detect Negative : Disabled



Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
1	18,313	2,163	0,285	0,3
2	20,620	5,578	0,691	0,8
3	24,220	266,211	20,536	37,4
4	25,227	1,795	0,131	0,3
5	26,467	0,892	0,070	0,1
6	30,147	55,930	4,037	7,9
7	31,793	262,157	9,554	36,9
8	34,773	110,947	4,305	15,6
9	39,427	1,958	0,090	0,3
10	40,287	3,399	0,128	0,5
Total	711,032	39,828	100,0	100,0

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΕΙΑ 7

10/11/1998 04:03 δι

EVIKAT-ALEXANDROS-3,11,06

Page 1 of 1

## CSW32 - Chromatography Station

DataApex Ltd ©2001

www.dataapex.com

Created : 29/10/1998 02:14:14 δι  
 Project : WORK1  
 ISTD Amount : 0  
 Sample ID : EVIKAT-ALEXANDROS-3,11,06  
 Calibration : \_\_\_\_\_

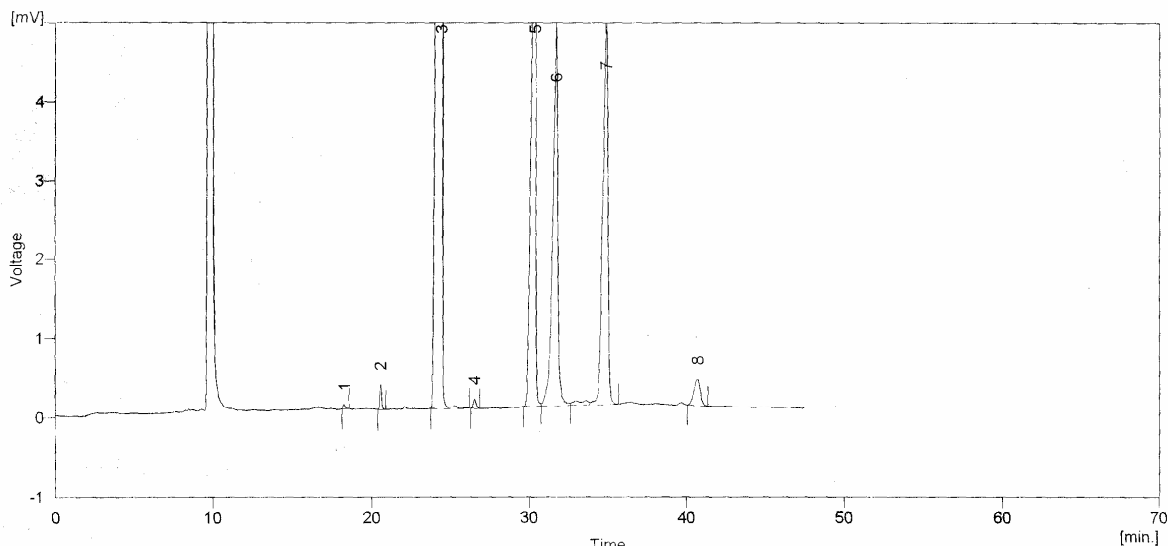
By : EVIKAT-EXAN-3,11,06  
 Style : Chromatogram  
 Inj. Volume : 0,2  
 Sample : 3  
 Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\EVIKAT-ALEXANDROS-3,11,06

Method : kesia 8met  
 Description : fatty acids  
 Created : 12/12/2002 09:47 δι

By : EVIKAT-EXANIO5-15,11,06  
 Modified : 10/11/1998 04:02 δι

Zax (7)

Peak Width : 0,200 min      Threshold : 0,025 mV      Detect Negative : Disabled  
 Integration Start : 10,00 min



Result Table - Calculation Method Uncal

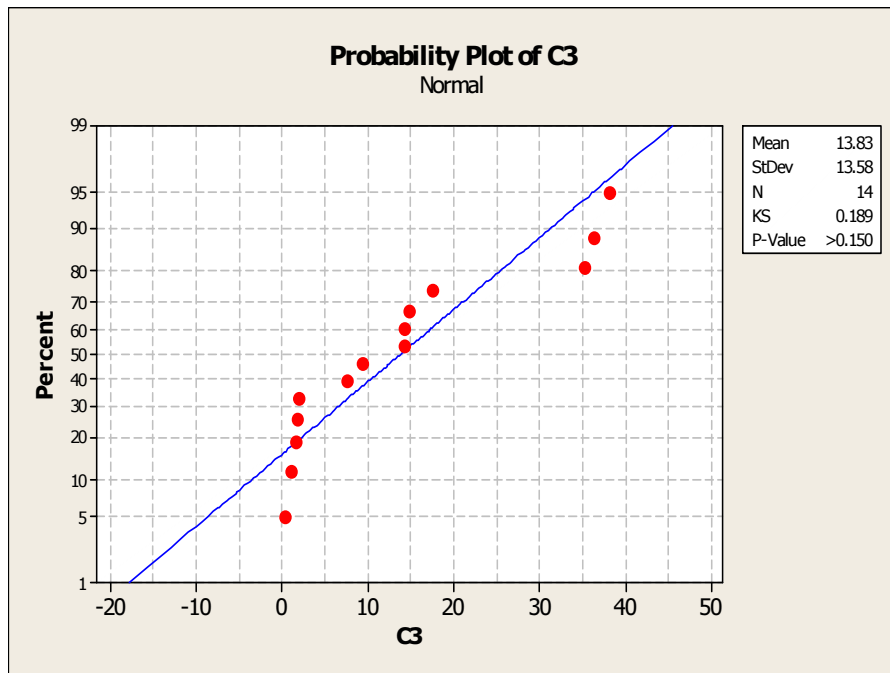
Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
1	18,287	0,566	0,063	0,1
2	20,600	2,788	0,325	0,6
3	24,453	652,098	36,702	62,5
4	26,560	1,763	0,134	0,2
5	30,407	148,782	8,054	14,3
6	31,760	109,466	4,965	8,9
7	34,933	117,721	5,115	9,2
8	40,747	10,148	0,348	1,0
Total	1043,332	55,704	100,0	100,0

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ**

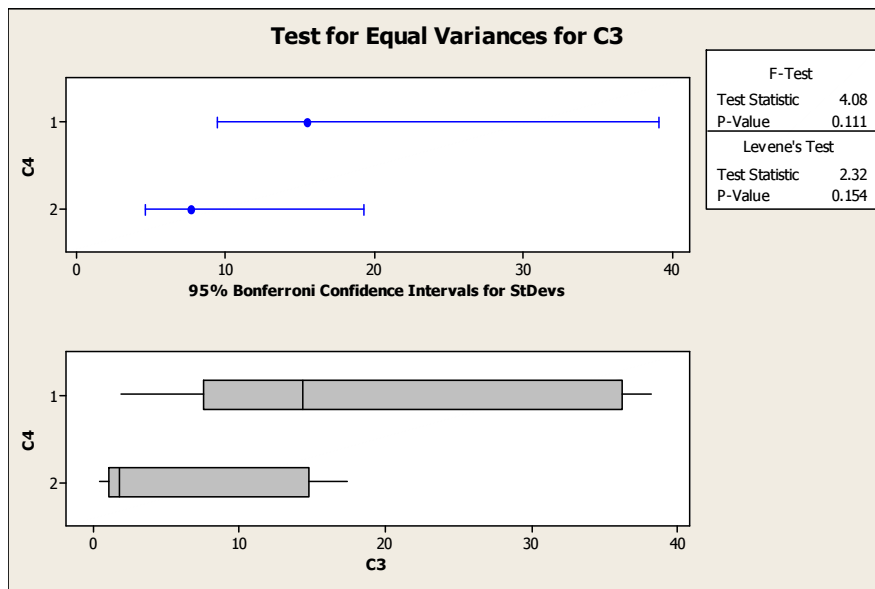


# Βουτυρικό, Καπρονικό, Καπριλικό, Καπρινικό & Λαουρικό οξύ (C 4:0 -C 14:0)

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ



## ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ



## Two-Sample T-Test and CI: C3, C4

Two-sample T for C3

C4	N	Mean	StDev	SE Mean
1	7	20.4	15.5	5.9
2	7	7.30	7.68	2.9

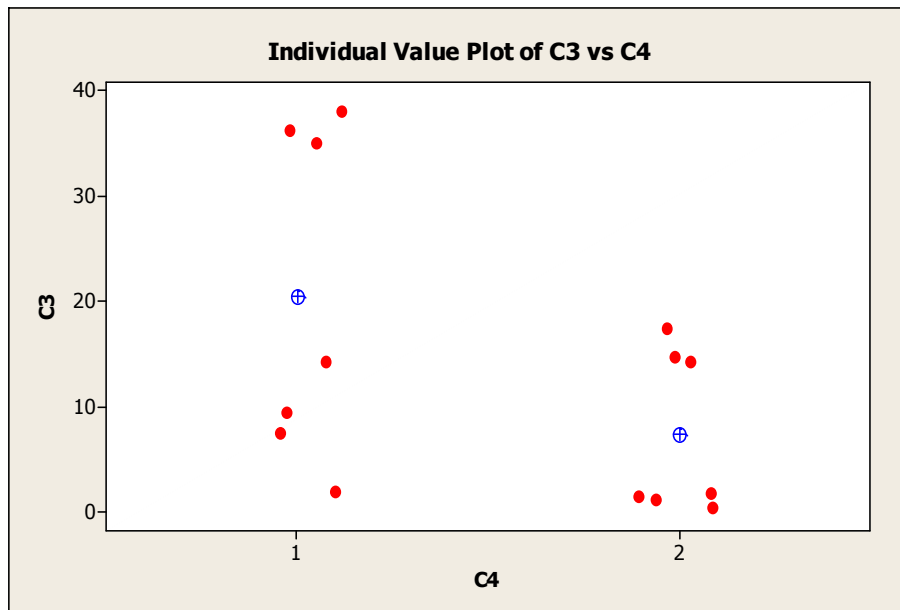
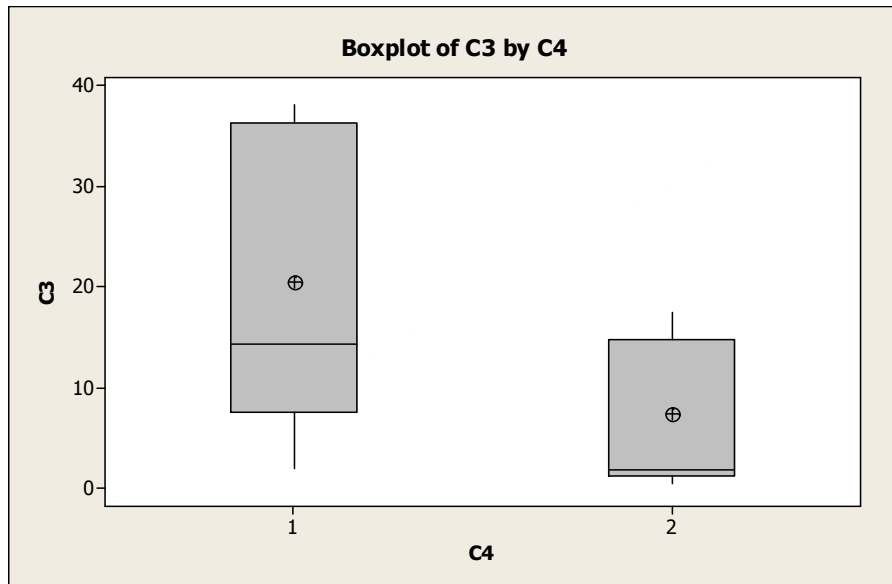
Difference =  $\mu$  (1) -  $\mu$  (2)

Estimate for difference: 13.0571

95% CI for difference: (-1.2073, 27.3216)

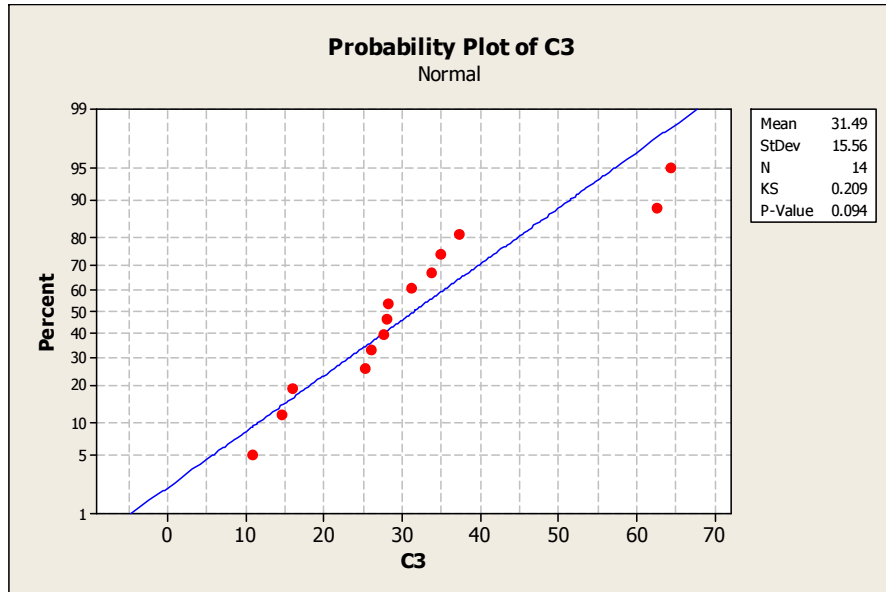
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1.99 P-Value = 0.069 DF  
= 12

### Boxplot of C 4:0 - C 14 :0

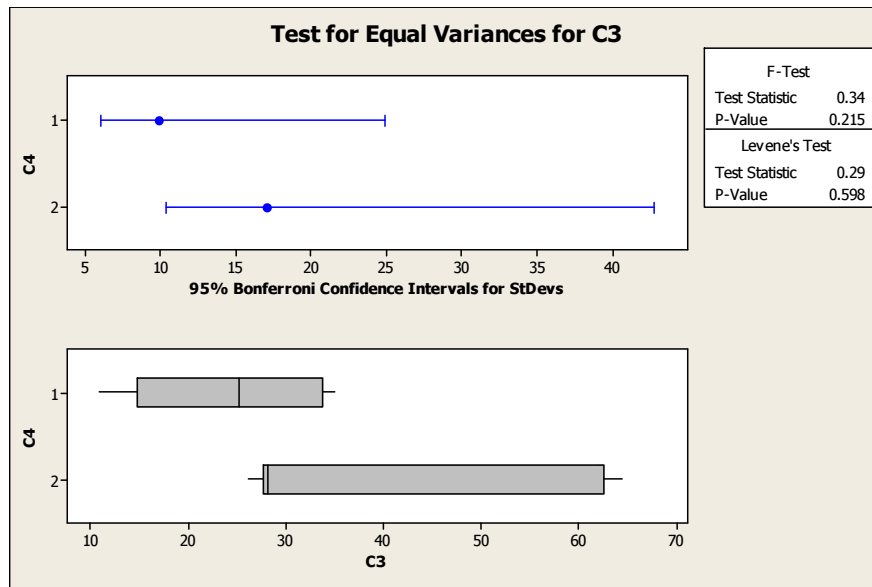


**ΠΑΛΜΙΤΙΚΟ ΟΞΥ ( C 16 :0)**

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ



## ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ



## Two-Sample T-Test and CI: C3, C4

Two-sample T for C3

C4	N	Mean	StDev	SE Mean
1	7	23.80	9.91	3.7
2	7	39.2	17.0	6.4

Difference =  $\mu$  (1) -  $\mu$  (2)

Estimate for difference: -15.3857

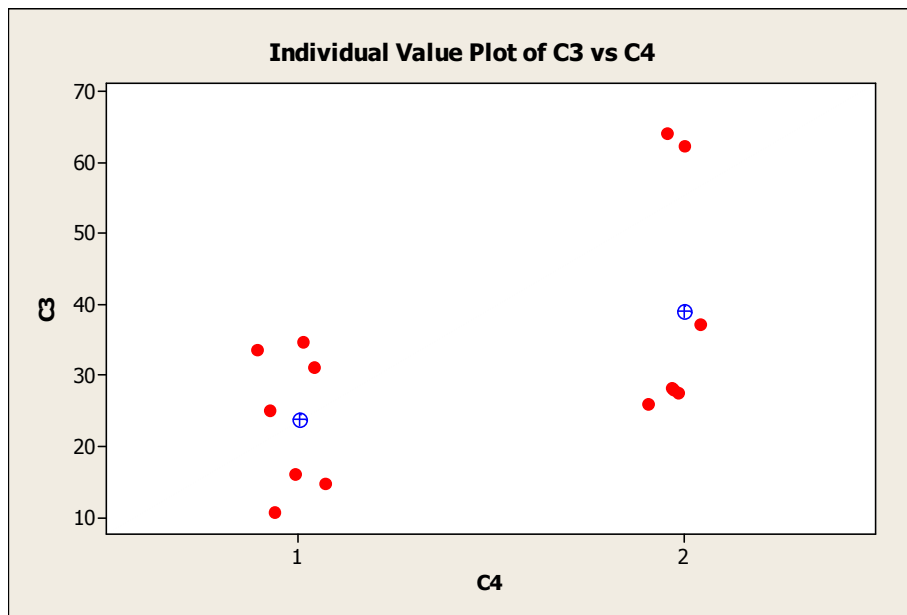
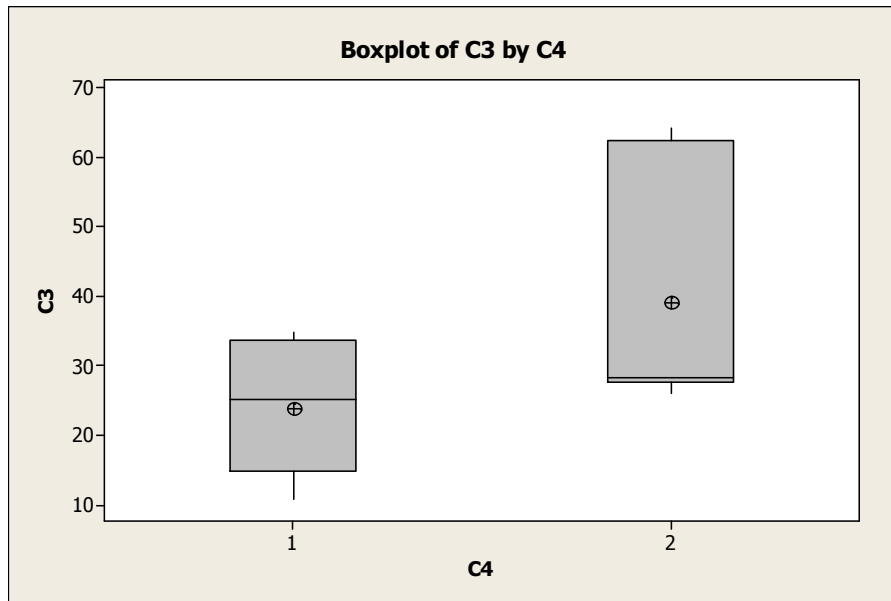
95% CI for difference: (-31.5809, 0.8095)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -2.07 P-Value = 0.061

DF = 12

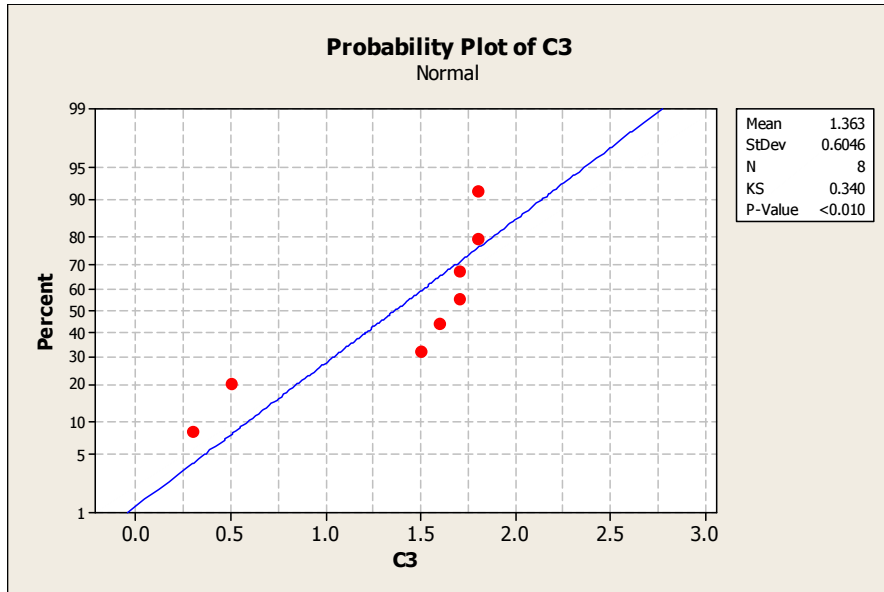
Both use Pooled StDev = 13.9060

### Boxplot of C 16:0

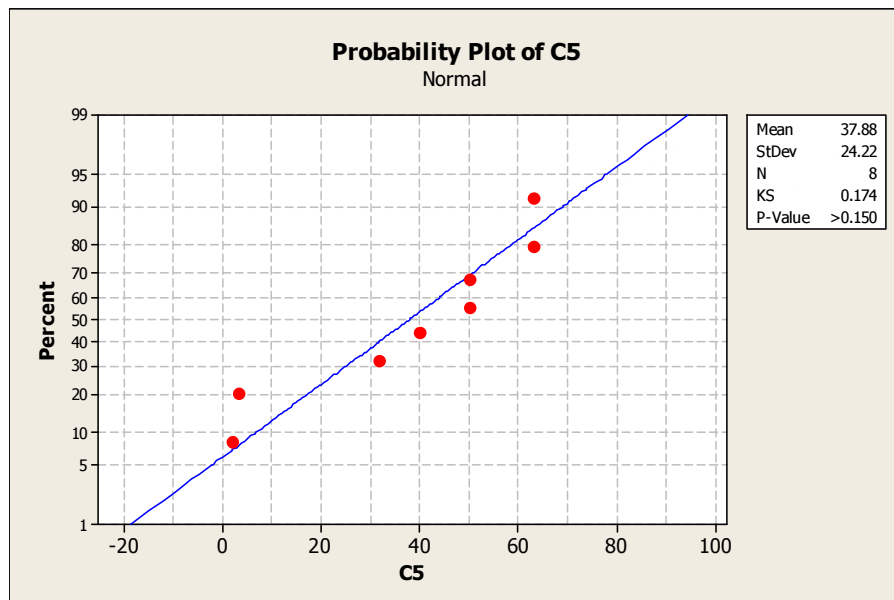


# ΠΑΛΜΙΤΕΛΑΪΚΟ ΟΞΥ (C 16:1)

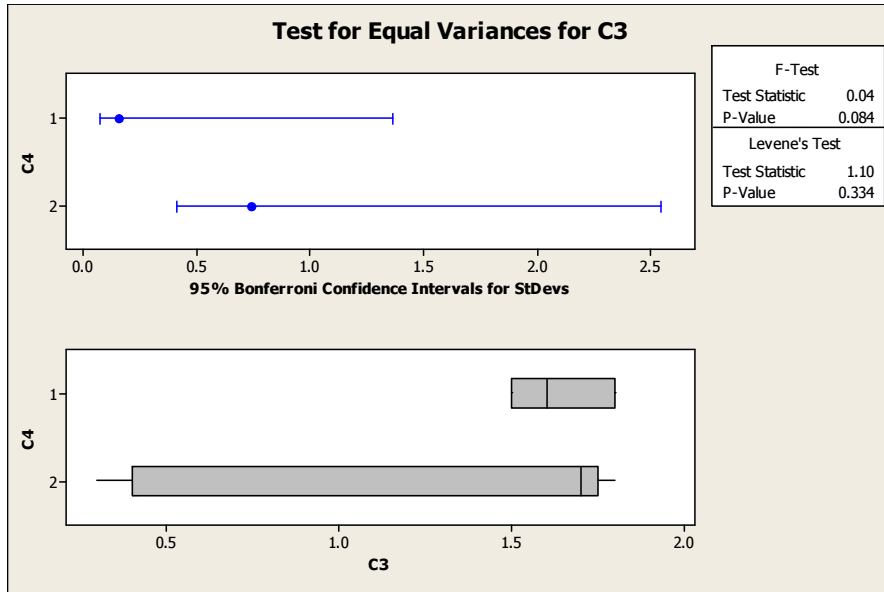
## ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ



## ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΑΝΤΙΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ



## ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ



### Test for Equal Variances for C3

#### Two-Sample T-Test and CI: C3, C4

Two-sample T for C3

C4	N	Mean	StDev	SE Mean
1	3	1.633	0.153	0.088
2	5	1.200	0.735	0.33

Difference =  $\mu$  (1) -  $\mu$  (2)

Estimate for difference: 0.433333

95% CI for difference: (-0.650370, 1.517037)

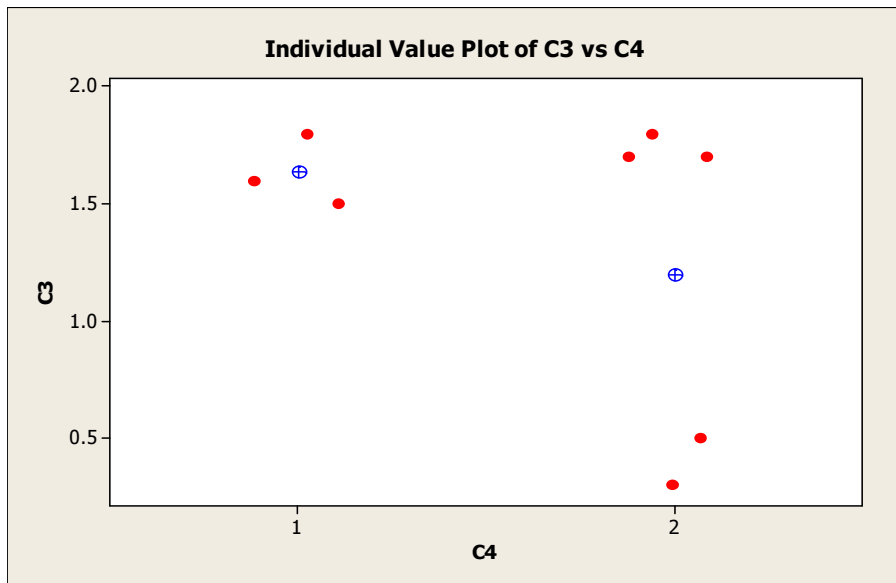
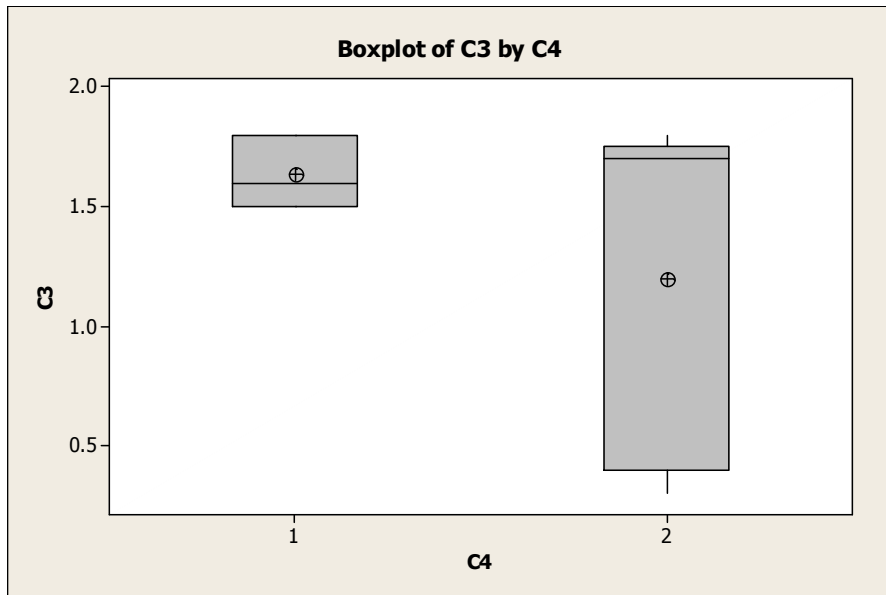
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.98 P-Value = 0.366 DF

= 6

Both use Pooled StDev = 0.6064

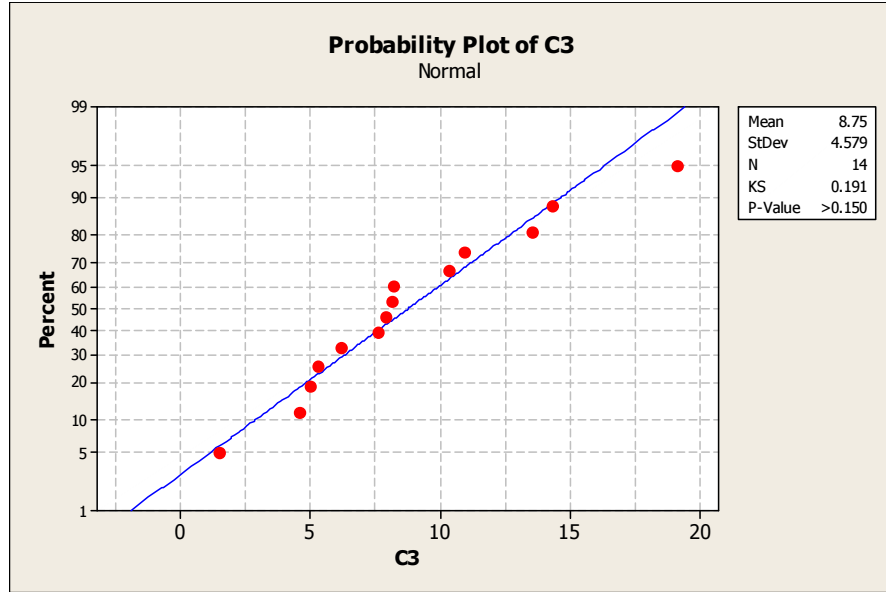


### Boxplot of C 16:1

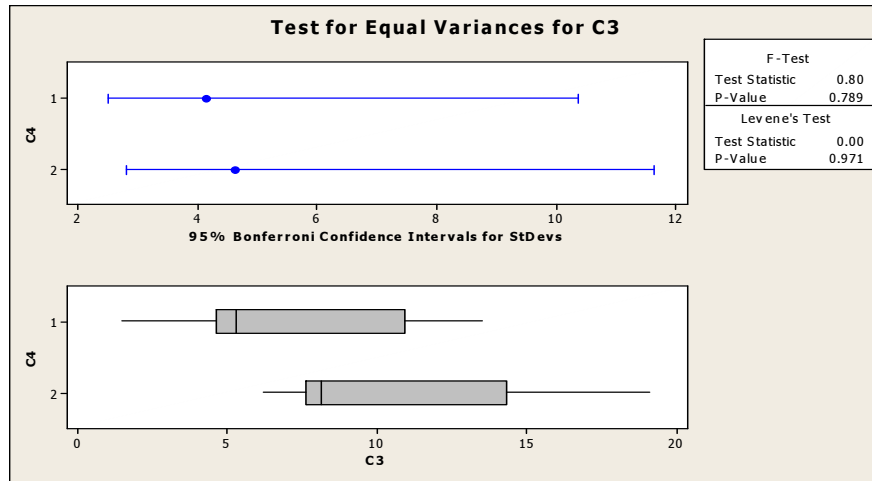


# ΣΤΕΑΤΙΚΟ ΟΞΥ ( C 18:0)

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ



## ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ



## Two-Sample T-Test and CI: C3, C4

Two-sample T for C3

C4	N	Mean	StDev	SE Mean
1	7	7.00	4.12	1.6
2	7	10.50	4.62	1.7

Difference =  $\mu$  (1) -  $\mu$  (2)

Estimate for difference: -3.50000

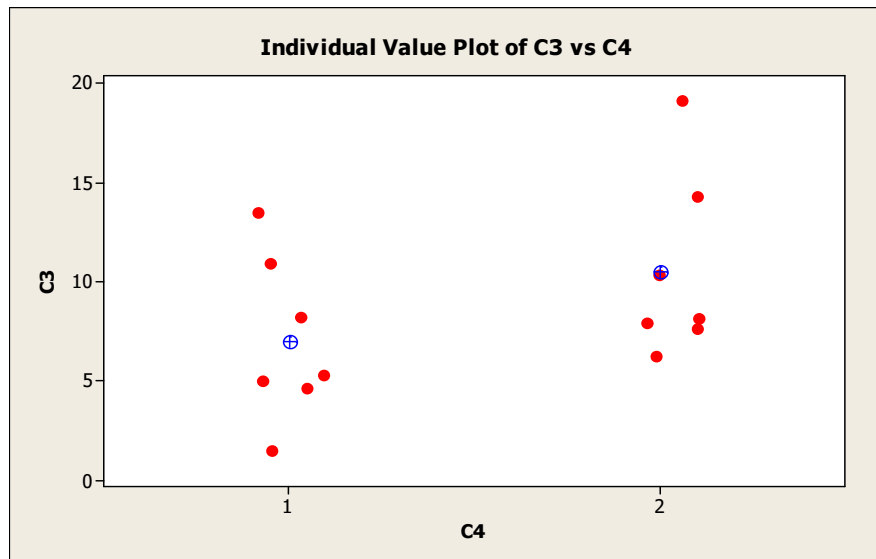
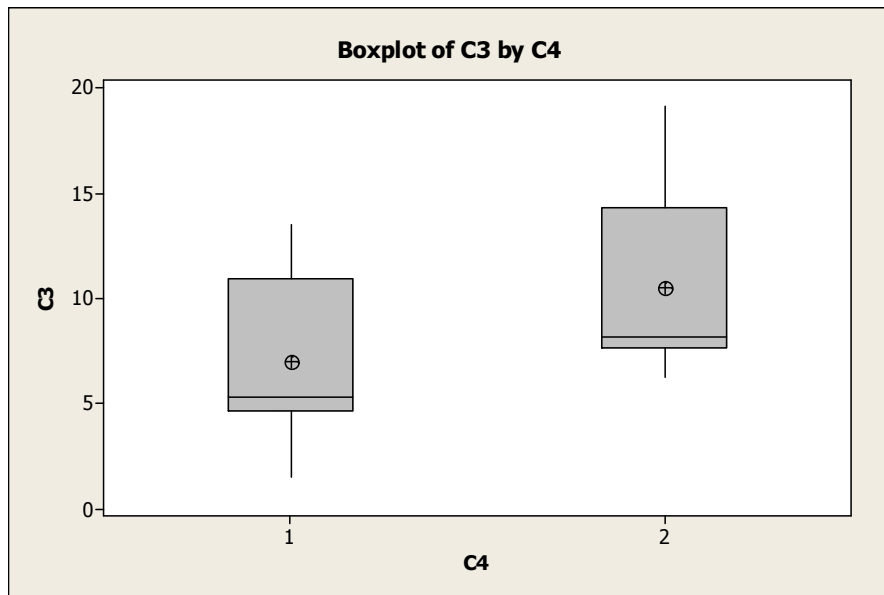
95% CI for difference: (-8.59493, 1.59493)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -1.50 P-Value = 0.160

DF = 12

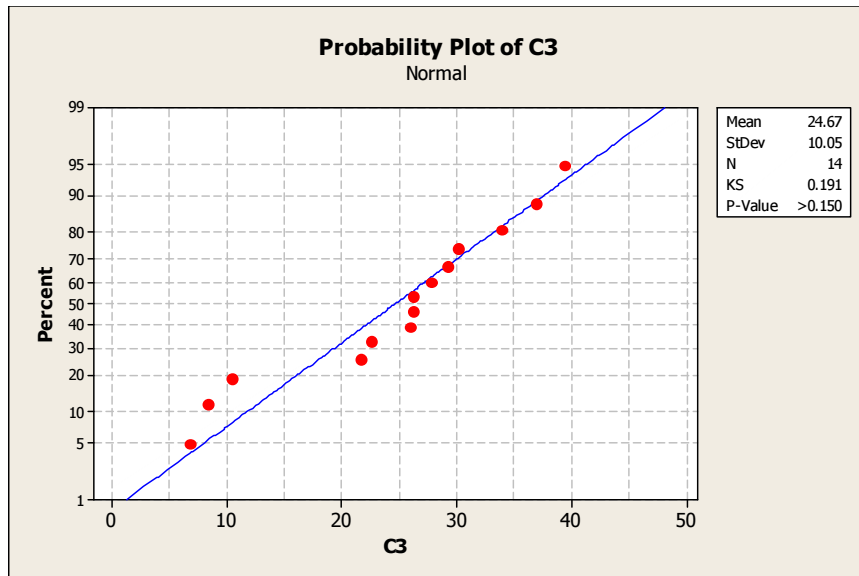
Both use Pooled StDev = 4.37

# Boxplot of C 18:0

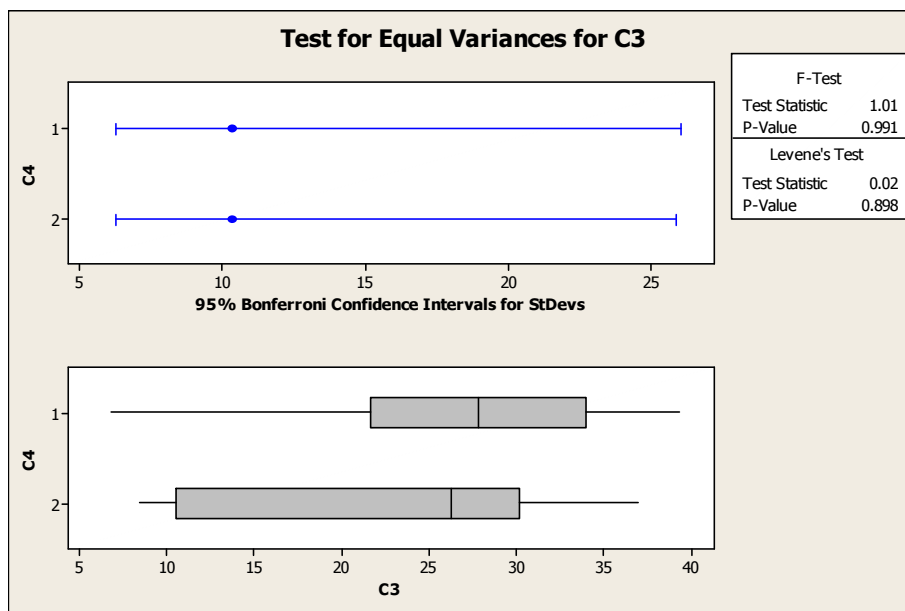


# ΕΛΑΪΚΟ ΟΞΥ ( C 18:1 cis)

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ



## ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ



## Two-Sample T-Test and CI: C3, C4

Two-sample T for C3

C4	N	Mean	StDev	SE Mean
1	7	26.4	10.3	3.9
2	7	23.0	10.3	3.9

Difference =  $\mu$  (1) -  $\mu$  (2)

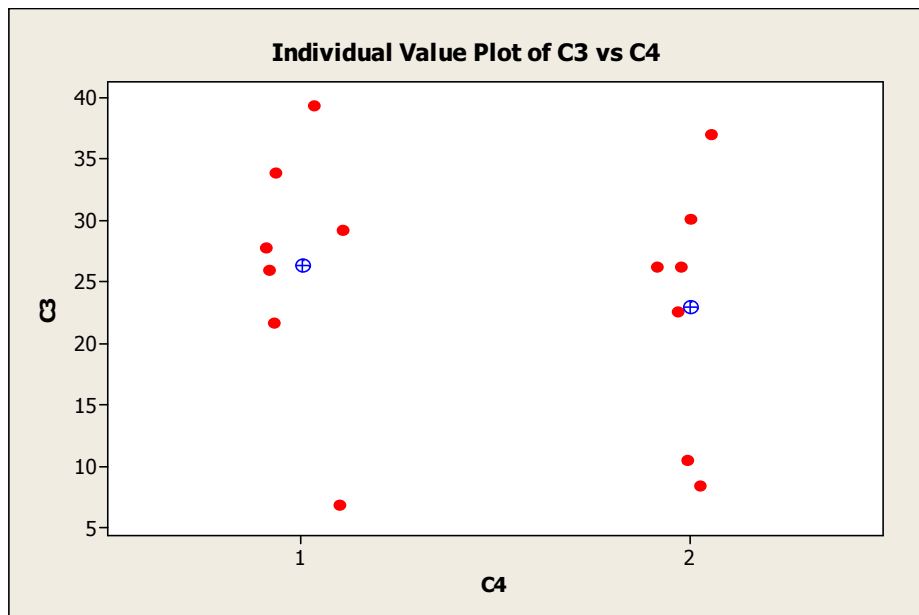
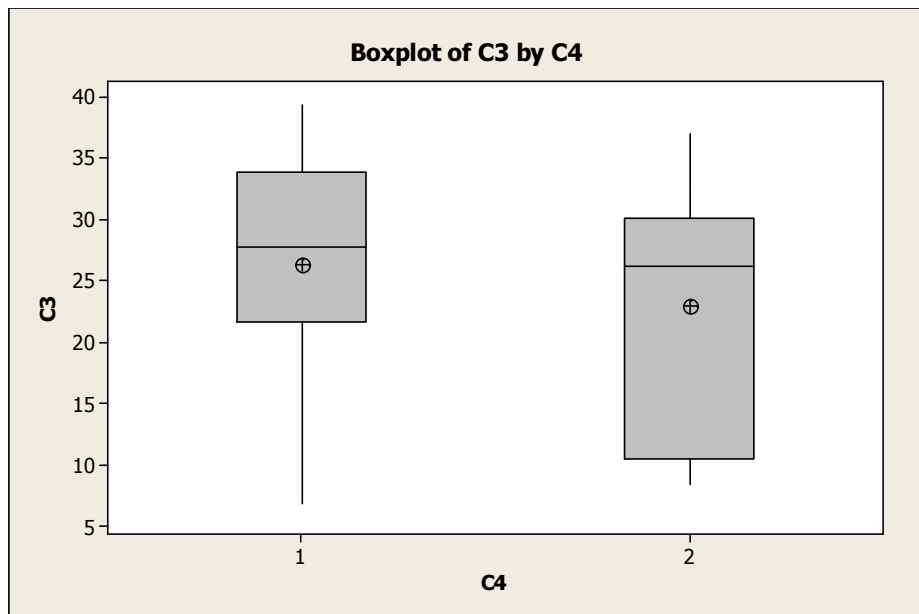
Estimate for difference: 3.37143

95% CI for difference: (-8.62649, 15.36935)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.61 P-Value = 0.552 DF  
= 12

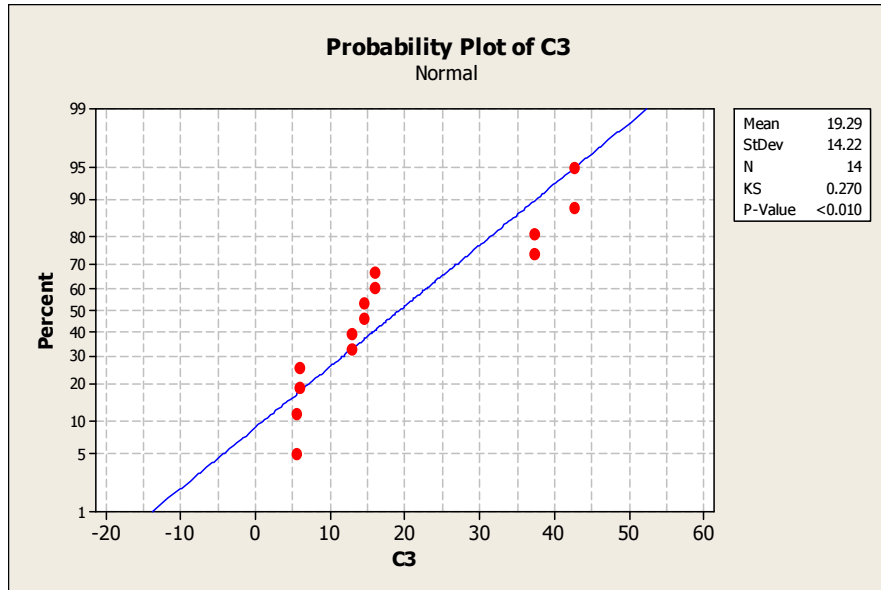
Both use Pooled StDev = 10.3020

### Boxplot of C 18:1 cis

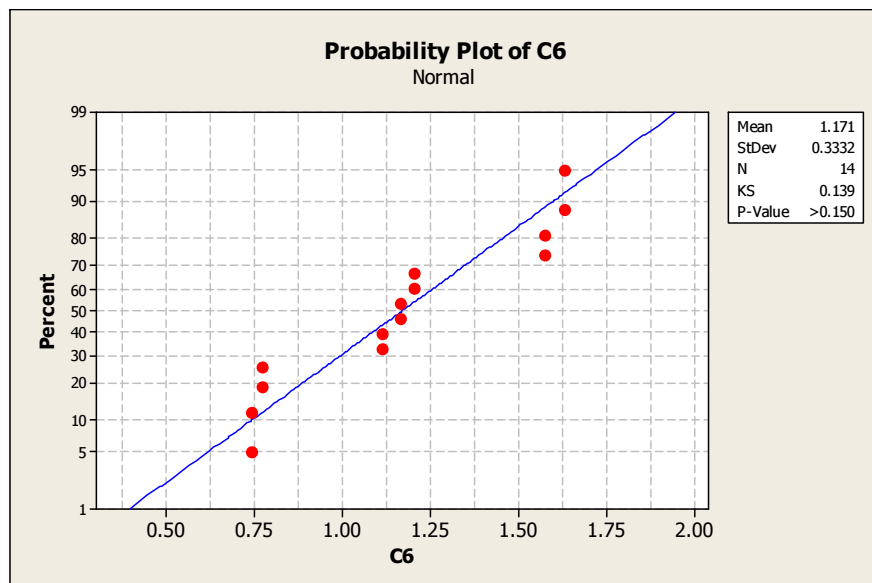


# ΛΙΝΕΛΑΪΚΟ ΟΞΥ ( C 18:2 cis)

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ

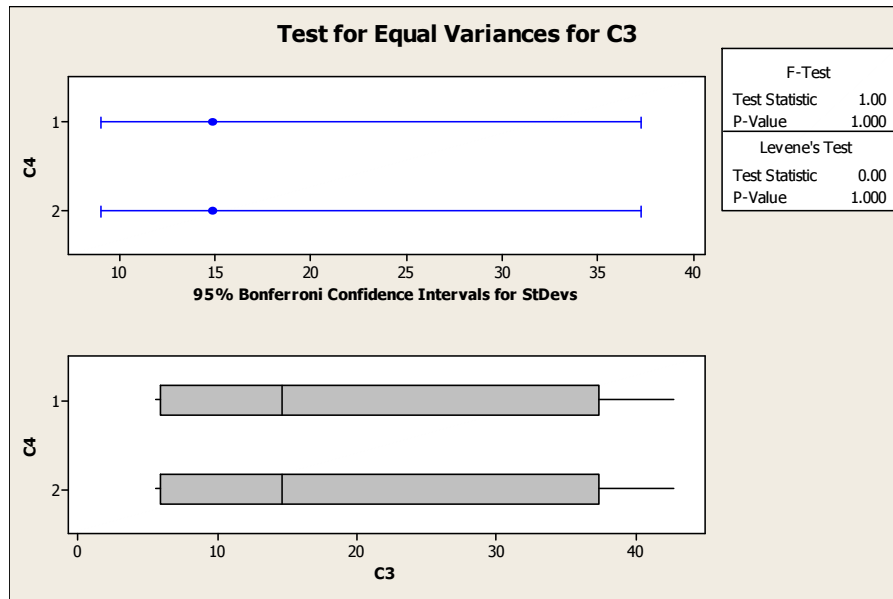


## ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑ ΤΟΝ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ





## ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ



### Two-Sample T-Test and CI: C3, C4

Two-sample T for C3

C4	N	Mean	StDev	SE Mean
1	7	19.3	14.8	5.6
2	7	19.3	14.8	5.6

Difference = mu (1) - mu (2)

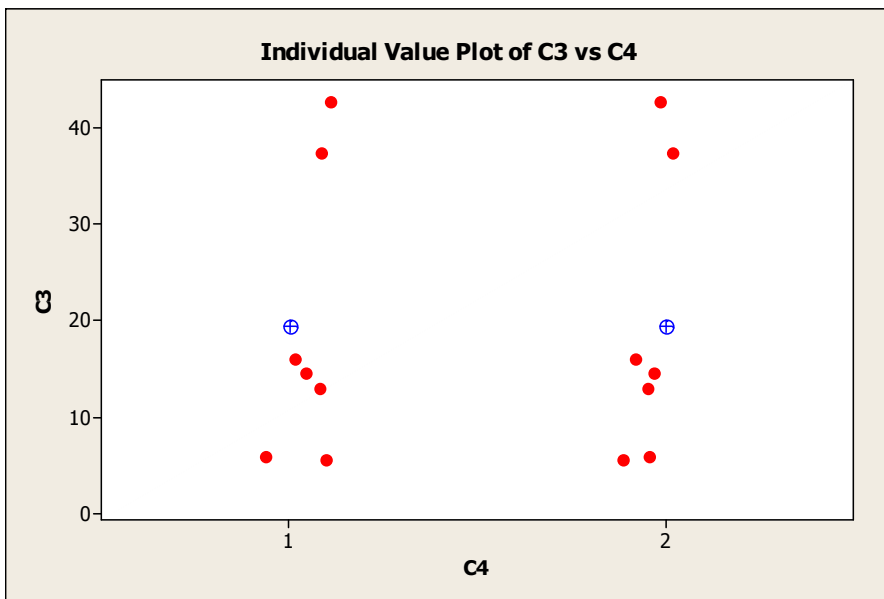
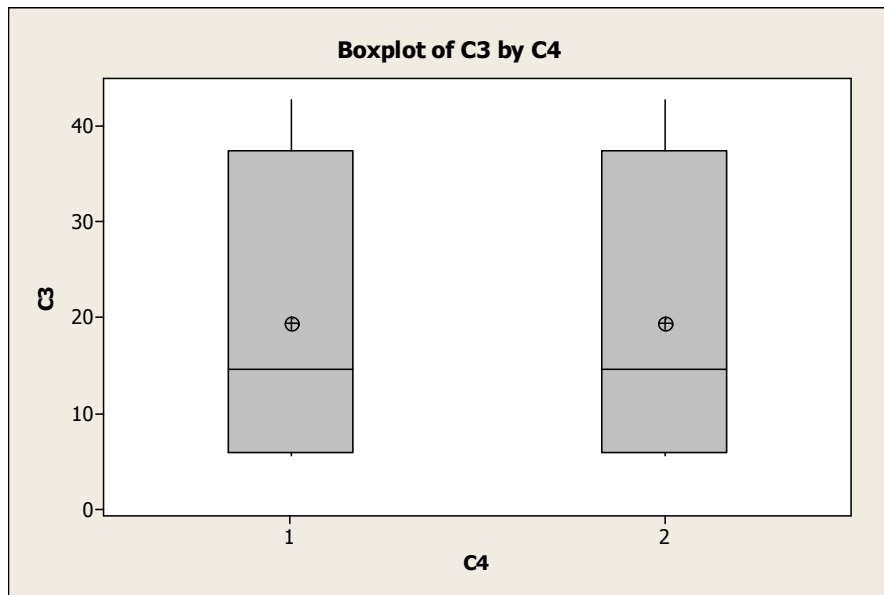
Estimate for difference: 0.000000

95% CI for difference: (-17.236367, 17.236367)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.00 P-Value = 1.000 DF = 12

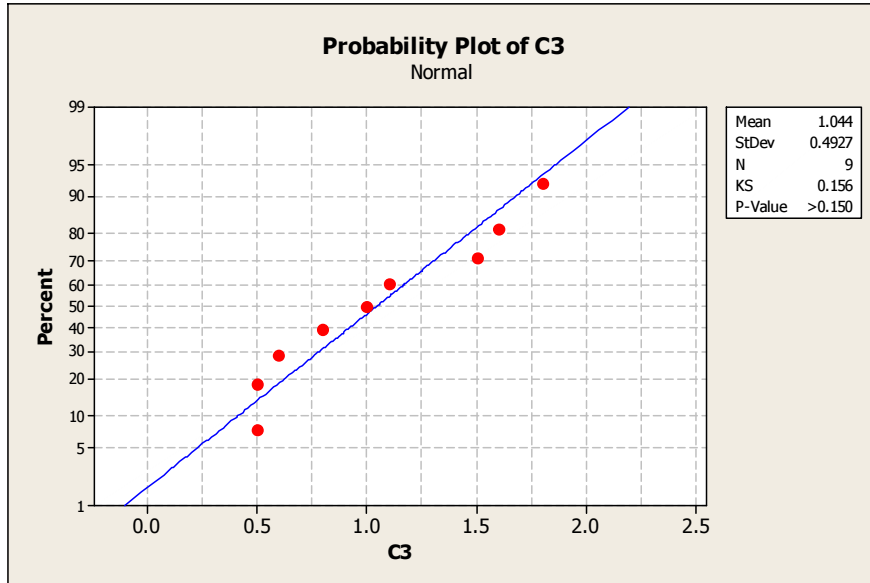
Both use Pooled StDev = 14.7999

# Boxplot of C 18:2 cis

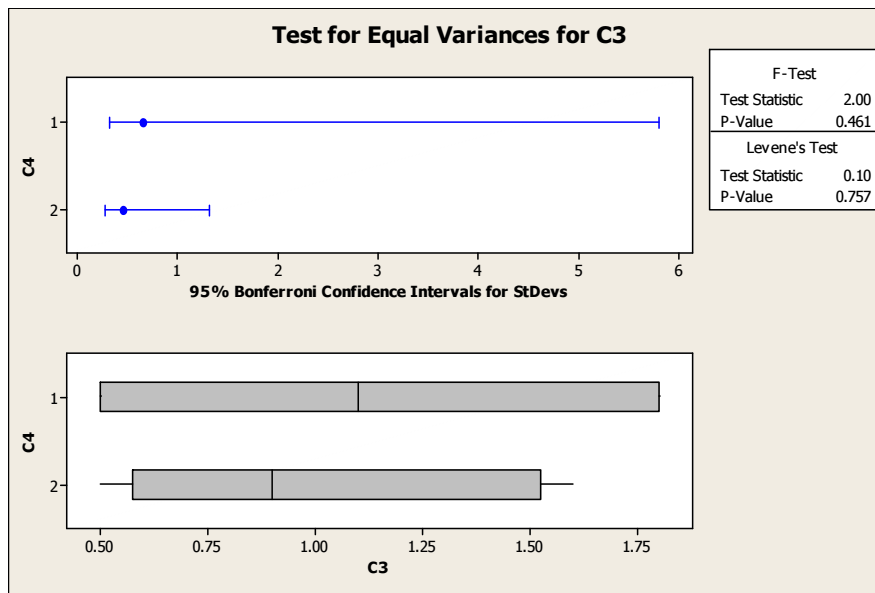


# ΛΙΝΟΛΕΝΙΚΟ ΟΞΥ ( C 18:3)

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ



## ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ



## Two-Sample T-Test and CI: C3, C4

Two-sample T for C3

C4	N	Mean	StDev	SE Mean
1	3	1.133	0.651	0.38
2	6	1.000	0.460	0.19

Difference =  $\mu$  (1) -  $\mu$  (2)

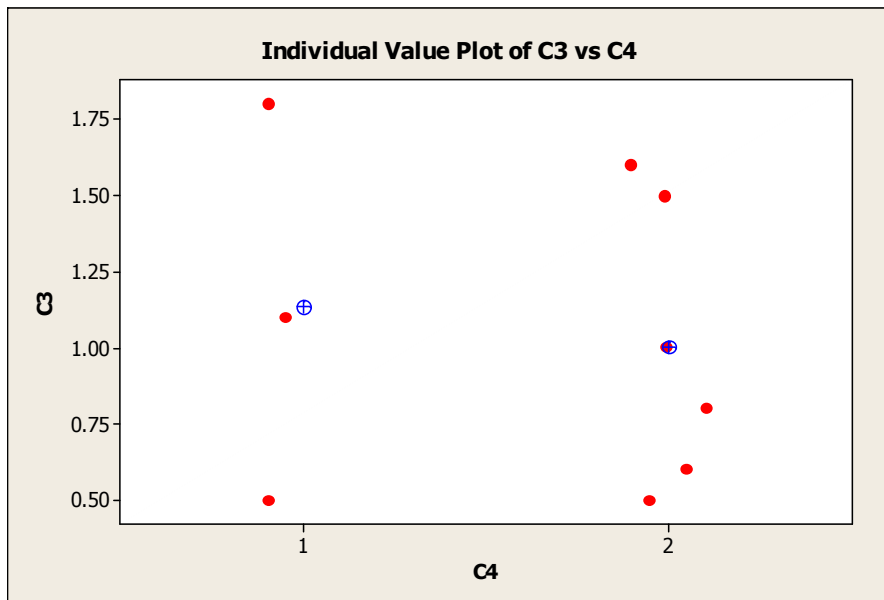
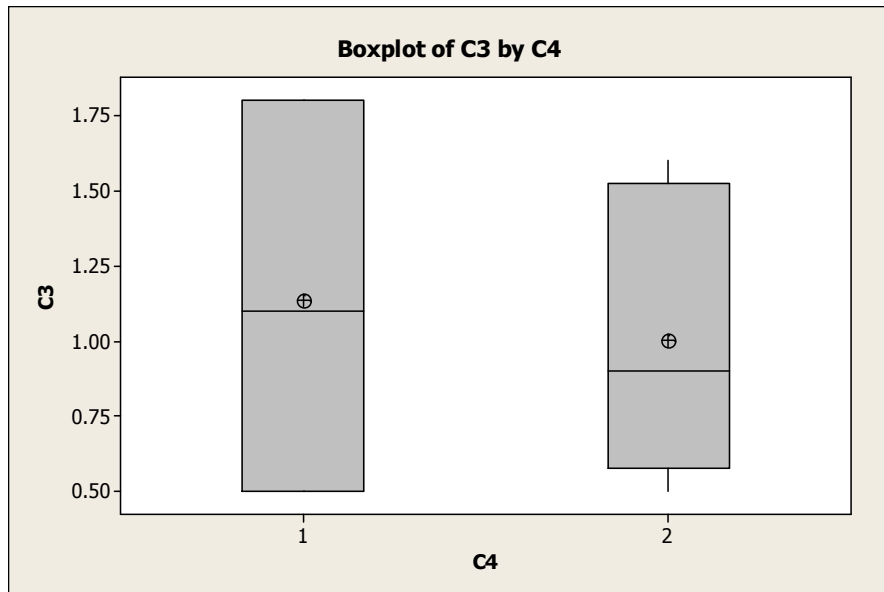
Estimate for difference: 0.133333

95% CI for difference: (-0.739307, 1.005974)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.36 P-Value = 0.729 DF  
= 7

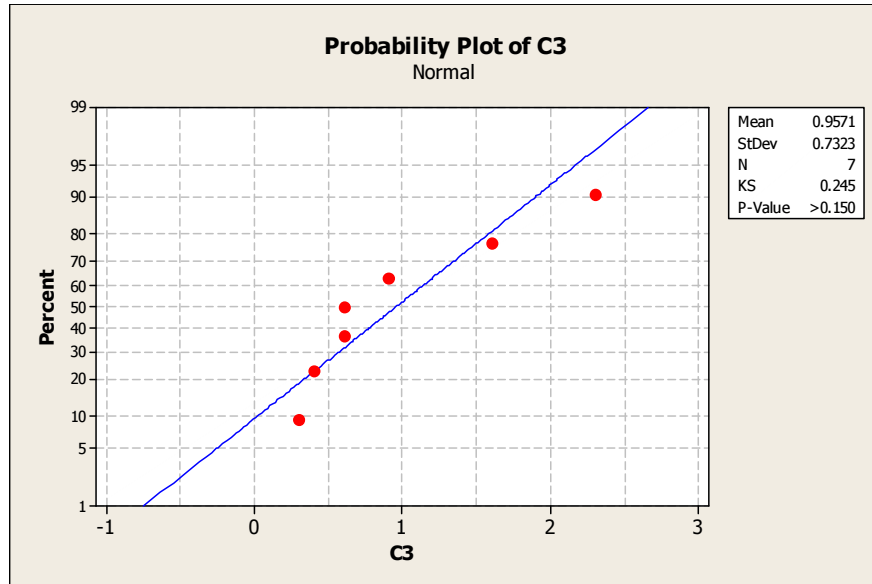
Both use Pooled StDev = 0.5219

### Boxplot of C 18:3

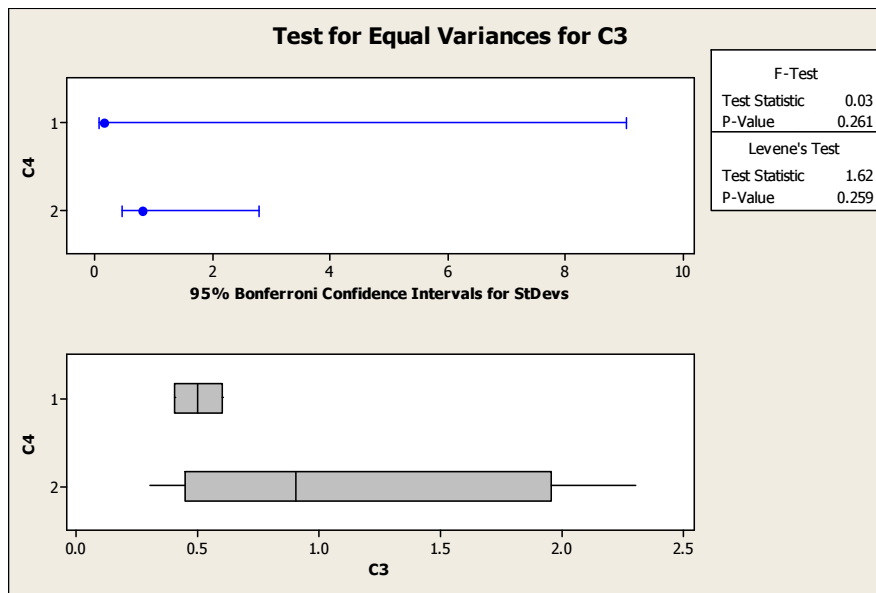


# ΑΡΑΧΙΔΙΚΟ ΟΞΥ ( C 20:0)

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ



## ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ



## Two-Sample T-Test and CI: C3, C4

Two-sample T for C3

C4	N	Mean	StDev	SE Mean
1	2	0.500	0.141	0.10
2	5	1.140	0.808	0.36

Difference =  $\mu$  (1) -  $\mu$  (2)

Estimate for difference: -0.640000

95% CI for difference: (-2.200409, 0.920409)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -1.05 P-Value = 0.340

DF = 5

Both use Pooled StDev = 0.7255

## Boxplot of C 20:0

