



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΛΙΠΑΡΩΝ ΟΞΕΩΝ ΣΤΟ ΚΡΟΚΟ ΤΟΥ ΑΥΓΟΥ ΣΕ
ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ
ΑΕΡΙΑΣ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ**

ΓΚΙΝΙΟΥ ΕΛΙΣΑΒΕΤ
ΚΑΣΟΥΡΗ ΜΑΡΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2009

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΛΙΠΑΡΩΝ ΟΞΕΩΝ ΣΤΟ ΚΡΟΚΟ ΑΥΓΟΥ ΣΕ
ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΕΩΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ
ΑΕΡΙΑΣ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ.**

**ΓΚΙΝΙΟΥ ΕΛΙΣΑΒΕΤ
ΚΑΣΟΥΡΗ ΜΑΡΙΑ**

Υποβολή Πτυχιακής Διατριβής που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του Πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας τροφίμων του Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης.

Εισηγητής :**Δ. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ**
Ημερομηνία: Μάρτιος 2009

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΛΙΠΑΡΩΝ ΟΞΕΩΝ ΣΤΟ ΚΡΟΚΟ ΑΥΓΟΥ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΕΡΙΑΣ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ.

**ΓΚΙΝΙΟΥ ΕΛΙΣΑΒΕΤ
ΚΑΣΟΥΡΗ ΜΑΡΙΑ**

**Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Τροφίμων & Διατροφής,
Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, Τ.Κ.54101, ΤΘ 14561**

Περίληψη

Σε δείγματα κρόκου αυγών από τέσσερις κατηγορίες (Συμβατικά, Βιολογικά, Ελευθέρως βοσκής, Ωμέγα-3,) προσδιορίστηκε η σύσταση τους σε λιπαρά οξέα με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας. Η κάθε κατηγορία αποτελείται από πέντε δείγματα τα οποία προήλθαν από διαφορετικές περιοχές του Ν. Θεσσαλονίκης, Ν. Δράμας και Ν. Πέλλας.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την μέθοδο αυτή προσδιορισμού λιπαρών οξέων, αναλύθηκαν στατιστικά με την ανάλυση της διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA), που περιλαμβάνει τη σύγκριση δύο ή περισσότερων μέσων όρων δειγμάτων τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη μεταχείριση ενός παράγοντα.

Η ανάλυση της διακύμανσης ενός παράγοντα εφαρμόστηκε για όλα τα λιπαρά οξέα που προσδιορίστηκαν με την μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας.

Από την στατιστική επεξεργασία που εφαρμόστηκε με βάση τον παράγοντα προέλευση προέκυψε ότι η κατηγορία Συμβατικά αυγά παρουσιάζει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε αραχιδονικό οξύ, επίσης η κατηγορία βιολογικά αυγά εμφανίζει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε στεατικό και λινελαϊκό οξύ ενώ η κατηγορία ελευθέρως βοσκής παρουσιάζει τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ.

Επίσης έγινε υπολογισμός των ποσοστών σε κορεσμένα, μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα αλλά και των ω -3, ω -6 λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κάθε κατηγορίας και ακολούθησε υπολογισμός των διατροφικών σχέσεων όπου και διαπιστώθηκε ότι η κατηγορία Ελευθέρως βοσκής διαθέτει τις πιο κατάλληλες διατροφικές σχέσεις SFA/MUFA/PUFA, ακολουθεί η κατηγορία Συμβατικά, Βιολογικά και ω μέγα-3. Για τις σχέσεις ω -6/ ω -3 η κατηγορία Συμβατικά διαθέτει τις πιο ακατάλληλες διατροφικές, ακολουθεί η ομάδα Βιολογικά, ω μέγα-3 και Ελευθέρως βοσκής.

Περιεχόμενα

1.Εισαγωγή.....	1
2.Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	2
2.1 Λίπη, Έλαια και άλλα λιπίδια.....	2
2.2 Λιπαρά οξέα.....	6
2.2.1 Κορεσμένα λιπαρά οξέα.....	7
2.2.2 Ακόρεστα λιπαρά οξέα.....	8
2.2.2.1 Ισομερισμός λιπαρών οξέων.....	10
2.2.3 Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα.....	11
2.3 Λίπη και υγεία.....	14
2.3.1 Λίπη και χοληστερόλη.....	15
2.3.2 Λιποπρωτεΐνες	16
2.4 Λιπαρά οξέα και υγεία.....	18
2.4.1 Επίδραση των ω-3 λιπαρών οξέων στην υγεία.....	18
2.4.2 Επίδραση των ω-3 λιπαρών οξέων στις καρδιοαγγειακές παθήσεις.....	19
2.4.3 Επίδραση των ω-3 λιπαρών οξέων στο καρκίνο.....	19
2.4.4 Επίδραση του DHA στο νευρικό σύστημα.....	19
2.4.5 Πηγές των ω-3 στα λιπαρά οξέα.....	19
2.5 Δομή και χημική σύσταση του αυγού.....	20
2.5.1 Διατροφή και αυγό.....	22
2.6 Κρόκος.....	23
2.6.1 Λιπίδια.....	24
2.7 Συζυγές λινελαϊκό οξύ.....	25
2.7.1 Δράση του CLA.....	26
2.7.2 Εμπλουτισμός τροφίμων με ω-3 λιπαρά οξέα και συζυγές λινελαϊκό οξύ.....	27
2.7.3 Μελέτες σχετικά με την περιεκτικότητα του λινελαϊκού οξέος στα αυγά.....	29
3. Σκοπός της εργασίας.....	33
4. Πειραματικά Δεδομένα.....	34
4.1 Υλικά και συσκευές.....	34

4.1.1 Αυγά.....	34
4.1.2 Αντιδραστήρια.....	35
4.1.3 Όργανα και σκεύη.....	35
4.2 Μέθοδοι ανάλυσης.....	36
4.2.1 Μέθοδος εκχύλισης του λίπους, μετατροπής και απομόνωσης των μεθυλεστέρων.....	36
4.3 Προετοιμασία δειγμάτων.....	37
4.3.1 Διαδικασία εκχύλισης του λίπους.....	37
4.3.2 Προσδιορισμός λιπαρών οξέων με την μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας...	38
4.3.3 Διαδικασία μεθόδου.....	40
4.3.3.1 Προετοιμασία των προτύπων διαλυμάτων.....	40
4.3.3.2 Προετοιμασία των δειγμάτων.....	41
4.3.3.3 Διαδικασία προσδιορισμού των λιπαρών οξέων σε δείγματα κρόκου αυγών.....	41
5. Αποτελέσματα	43
5.1 Σύσταση λιπών στις κατηγορίες κρόκου αυγών.....	43
5.1.1 Αποτελέσματα της περιεκτικότητας λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Συμβατικά.....	44
5.1.2 Αποτελέσματα της περιεκτικότητας λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Ωμέγα-3.....	47
5.1.3 Αποτελέσματα της περιεκτικότητας λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Βιολογικά.....	51
5.1.4 Αποτελέσματα της περιεκτικότητας λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Ελευθέρως βοσκής.....	55
6. Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.....	61
6.1 Έλεγχος επίδρασης του παράγοντα προέλευση στην περιεκτικότητα των λιπαρών οξέων της μεθόδου προσδιορισμού αέριας χρωματογραφίας.....	61
6.1.1 Έλεγχος της επίδρασης του παράγοντα προέλευση στην περιεκτικότητα Παλμιτελαϊκού οξέος.....	61
6.1.2 Παρουσίαση των μέσων όρων και τα 95% όρια εμπιστοσύνης για το παλμιτελαϊκό οξύ.....	62
6.1.3 Έλεγχος της επίδρασης του παράγοντα προέλευση στην περιεκτικότητα ελαϊκού οξέος.....	63

6.1.4 Παρουσίαση των μέσων όρων και τα 95% όρια εμπιστοσύνης για το ελαϊκό οξύ.....	64
6.1.5 Έλεγχος της επίδρασης του παράγοντα προέλευση στην περιεκτικότητα λινελαϊκού οξέος.....	64
6.1.6. Παρουσίαση των μέσων όρων και τα 95% όρια εμπιστοσύνης για το λινελαϊκό οξύ.....	64
7. Συζήτηση των αποτελεσμάτων.....	67
8. Συμπεράσματα.....	70
9. Βιβλιογραφία.....	71
Παράρτημα 1.....	77
Παράρτημα 2.....	100

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Πίνακες

Πίνακας	1. Κορεσμένα Λιπαρά οξέα που απαντούν στη φύση.....	8
Πίνακας	2. Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα που απαντούν στα λίπη και έλαια.....	10
Πίνακας	3. Τα σημαντικότερα ω-3 λιπαρά οξέα και οι διατροφικές τους πηγές.....	13
Πίνακας	4. Τα σημαντικότερα ω-6 λιπαρά οξέα και οι διατροφικές τους πηγές.....	13
Πίνακας	5. Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα που απαντούν στη φύση.....	14
Πίνακας	6. Λιποπρωτεΐνες στον ορό του αίματος.....	17
Πίνακας	7. Σύσταση του λευκώματος, του κρόκου και ολόκληρου του αυγού.....	21
Πίνακας	8. Σύσταση κόκκων κρόκου αυγού και κλασμάτων πλάσματος.....	24
Πίνακας	9. Λιπίδια κρόκου αυγού.....	25
Πίνακας	10. Τα ισομερή του συζυγούς λινελαϊκού οξέος.....	26
Πίνακας	11. Κατηγορίες αυγών.....	33
Πίνακας	12. Κατανομή λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Συμβατικά....	43
Πίνακας	13. Αποτελέσματα του συνόλου SFA,MUFA,PUFA λιπαρών οξέων και των σχέσεων SFA/MUFA/PUFA στα δείγματα της κατηγορίας Συμβατικά.....	44
Πίνακας	14. Κατανομή λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Ωμέγα-3.....	47
Πίνακας	15. Αποτελέσματα του συνόλου SFA,MUFA,PUFA λιπαρών οξέων και των σχέσεων SFA/MUFA/PUFA στα δείγματα της κατηγορίας Ωμέγα-3.....	48
Πίνακας	16. Κατανομή λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Βιολογικά....	51
Πίνακας	17. Αποτελέσματα των συνολικών ποσοστών SFA, MUFA, PUFA λιπαρών οξέων και των σχέσεων SFA/MUFA/PUFA στα δείγματα της κατηγορίας Βιολογικά.....	52
Πίνακας	18. Κατανομή λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Ελευθέρως βοσκής.....	55
Πίνακας	19. Αποτελέσματα των συνολικών ποσοστών SFA, MUFA, PUFA λιπαρών οξέων και των αναλογιών SFA/MUFA/PUFA στα δείγματα της κατηγορίας Ελευθέρως βοσκής.....	56
Πίνακας	20. Αποτελέσματα του συνόλου SFA, MUFA, PUFA λιπαρών οξέων και των σχέσεων SFA/ MUFA/PUFA για όλες τις κατηγορίες αυγών.....	59
Πίνακας	21. Σύνολο των ω-6, ω-3 και των σχέσεων ω-6/ω-3 για όλες τις κατηγορίες.....	59

Σχήματα

Σχήμα 1. Απλό και μικτό τριγλυκερίδιο.....	3
Σχήμα 2. Μονογλυκερίδιο και διγλυκερίδιο.....	4
Σχήμα 3. Λεκιθίνη και κεφαλίνη.....	5
Σχήμα 4. Χημικός τύπος Βιταμίνης Α και βιταμίνης D.....	5
Σχήμα 5. Βιοσύνθεση των ακόρεστων λιπαρών οξέων.....	7
Σχήμα 6. Κορεσμένος δεσμός.....	8
Σχήμα 7. Ακόρεστος δεσμός.....	9
Σχήμα 8. Συζυγείς και μη συζυγείς δεσμοί.....	9
Σχήμα 9. Cis και trans μορφή.....	11
Σχήμα 10. Γενικός τύπος ω-3, ω-6 και ω-9 λιπαρού οξέος.....	12
Σχήμα 11. Χημικός τύπος χοληστερόλης.....	15
Σχήμα 12. Σχηματική αναπαράσταση σωματιδίου λιποπρωτεΐνης χαμηλής Πυκνότητας.....	17
Σχήμα 13. Τομή αυγού όρνιθας σχηματική απεικόνιση.....	22
Σχήμα 14. Βασική διάταξη του αέριου χρωματογράφου.....	38
Σχήμα 15. Παρουσίαση των κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Συμβατικά.....	45
Σχήμα 16. Παρουσίαση του συνόλου των ω-6, ω-3 και των αναλογιών τους ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Συμβατικά.....	46
Σχήμα 17. Παρουσίαση των κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Ωμέγα-3.....	49
Σχήμα 18. Παρουσίαση του συνόλου των ω-6, ω-3 και των αναλογιών τους ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Ωμέγα-3.....	50
Σχήμα 19. Παρουσίαση των κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Βιολογικά.....	53
Σχήμα 20. Παρουσίαση του συνόλου των ω-6, ω-3 και των αναλογιών τους ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Βιολογικά.....	54

Σχήμα 21. Παρουσίαση των SFA, MUFA και PUFA λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Ελευθέρως Βοσκής.....	57
Σχήμα 22. Παρουσίαση του συνόλου των ω-6, ω-3 και των ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Ελευθέρως βοσκής.....	58
Σχήμα 23. Μέσοι όροι και 95% όρια εμπιστοσύνης για το παλμιτελαϊκό οξύ.....	61
Σχήμα 24. Μέσοι όροι και 95% όρια εμπιστοσύνης για το ελαϊκό οξύ.....	63
Σχήμα 25. Μέσοι όροι και 95% όρια εμπιστοσύνης για το λινελαϊκό οξύ.....	64

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Συντομογραφία	Αγγλική Ονομασία	Ελληνική Ονομασία
AA	Arachidonic Acid	Αραχιδονικό οξύ
CLA	Conjugated Linoleic Acid	Συζυγές Λινελαϊκό οξύ
DHA	Docosahexanoic	Εικοσιδυοξαενοϊκό οξύ
EPA	Eicosapentaenoic Acid	Εικοσιπεντανοϊκό οξύ
GC	Gas Chromatography	Αέρια Χρωματογραφία
GLC	Gas-Liquid Chromatography	Χρωματογραφία αερίου-στερεού
CVD	Cardiological Diseases	Καρδιολογικές ασθένειες
HDL	High Destiny Lipoprotein	Υψηλής πυκνότητας Χοληστερόλη
HPLC	High Performance Liquid Chromatography	Υγρή Χρωματογραφία υψηλής ανάλυσης
LDL	Low Destiny Lipoprotein	Χαμηλής πυκνότητας Χοληστερόλη
MUFA	Monounsaturated Fatty Acids	Μονοακόρεστα λιπαρά
PUFA	Polyunsaturated Fatty Acids	Πολυακόρεστα Λιπαρά οξέα
SFA	Saturated Fatty Acids	Κορεσμένα λιπαρά οξέα
TG	Triglycerides	Τριγλυκερίδια
WHO	World Health Organization	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

1.Εισαγωγή

Η υγεία το πολυτιμότερο αγαθό για τον άνθρωπο, επηρεάζεται κατά μεγάλο μέρος από την διατροφή του. Όμως, μόνη η διατροφή δεν είναι αρκετή για την εξασφάλιση της υγείας. Η σύγχρονη δίαιτα χαρακτηρίζεται από αυξημένη συμμετοχή κορεσμένων λιπών, trans λιπαρών οξέων καθώς και ω-6 λιπαρών οξέων και μειωμένη συμμετοχή ω-3 λιπαρών οξέων. Η σχέση ω-6/ω-3, είναι σημαντική διότι επηρεάζει τη συχνότητα των καρδιαγγειακών παθήσεων και από την σημερινή της τιμή 20/1, που είναι υψηλή, πρέπει να μειωθεί σε 5/1.

Τα αυγά της όρνιθας, από τα παλιά χρόνια αποτελούσαν και εξακολουθούν σήμερα να αποτελούν σπουδαίο τρόφιμο για τον άνθρωπο. Είναι κοινώς αποδεκτό ότι είναι το πιο ωφέλιμο τρόφιμο για την υγεία του ανθρώπου. Όταν το επίπεδο χοληστερόλης του καταναλωτή είναι κανονικό τότε η συμμετοχή ενός αυγού στην ημερήσια δίαιτα του πρέπει να είναι κανόνας.

Πολλοί ερευνητές, εδώ και πολλά χρόνια ασχολήθηκαν με τη σχέση ανάμεσα στο αυγό και την υγεία του καταναλωτή. Η παραδεκτή από όλους σχέση μεταξύ διατροφής και υγείας του ανθρώπου είναι εκείνη που αφορά στις καρδιαγγειακές παθήσεις (CVD), δεδομένου ότι οι παθήσεις αυτές αποτελούν την πρώτη αιτία θανάτου για τους καταναλωτές του δυτικού κόσμου. Οι CVD σχετίζονται θετικά ή αρνητικά με την κατανάλωση λιπών, χοληστερόλης, κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και κυρίως με την σχέση ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός λιπαρών οξέων δειγμάτων κρόκου αυγών, με απώτερο στόχο να διαπιστωθεί αν υπάρχει επίδραση της προέλευσης στην περιεκτικότητα λιπαρών οξέων στις κατηγορίες Συμβατικά, Βιολογικά, Ελευθέρας βοσκής και Ωμέγα-3. Τέλος να γίνει η αξιολόγηση των σχέσεων SFA/MUFA/PUFA και ω-6/ω-3 με βάση τον υπολογισμό του συνόλου σε κορεσμένα, μονοακόρεστα, πολυακόρεστα, ω-3 και ω-6 λιπαρά οξέα.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Λίπη, έλαια και άλλα λιπίδια

Με τον όρο "έλαια" εννοούμε προϊόντα που ανήκουν στις εξής κατηγορίες .

1. Τα εδώδιμα λίπη και έλαια
2. Τα ορυκτά έλαια
3. Τα αιθέρια έλαια

Από τις τρεις αυτές κατηγορίες τη Χημεία και Τεχνολογία Τροφίμων ενδιαφέρει κυρίως η πρώτη και εν μέρει η Τρίτη (Μπόσκος, 1997).

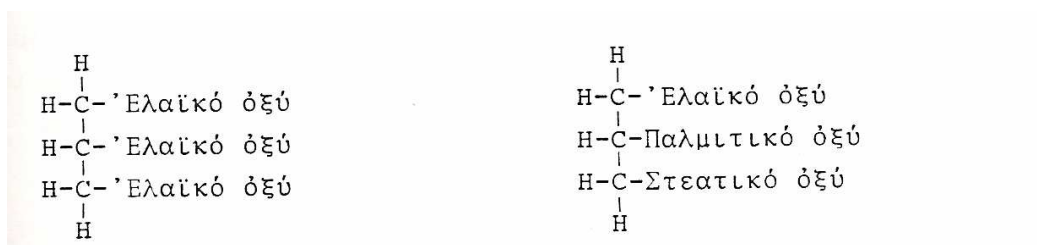
Τα λίπη και έλαια είναι ουσίες αδιάλυτες στο νερό ζωικής ή φυτικής προέλευσης, αποτελούμενες κυρίως από εστέρες της τριυδροξυλικής αλκοόλης, γλυκερίνης με τα λιπαρά οξέα. Οι εστέρες είναι γνωστοί σαν τριγλυκερίδια (Κυριτσάκης, 1992).

Δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ των όρων λίπος και λάδι. Όμως ο όρος λίπος χρησιμοποιείται για τα τριγλυκερίδια εκείνα τα οποία είναι στερεά ή ημιστερεά στη θερμοκρασία δωματίου, ενώ ο όρος λάδι χρησιμοποιείται για τα τριγλυκερίδια τα οποία βρίσκονται σε υγρή κατάσταση κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Η ευαισθησία της ορολογίας αυτής γίνεται φανερή από το γεγονός ότι μια λιπαρή ύλη που συναντάτε στη μορφή λίπους σε μία θερμή κλιματική περιοχή, είναι δυνατό να εμφανίζεται σαν λάδι σε περιβάλλον με τροπικές θερμοκρασίες. Εκτός από τους όρους λίπη και έλαια υπάρχει και ο όρος λιπίδια. Ο όρος αυτός περιλαμβάνει μια ευρύτερη ομάδα λιπαρών ουσιών που βρίσκονται στη φύση. Εδώ ανήκουν εκτός από τα τριγλυκερίδια τα μονό και διγλυκερίδια, τα φωσφατίδια, οι κερεμπροζίτες, οι στερόλες, οι τερπενικές ενώσεις, οι λιπαρές αλκοόλες, τα λιπαρά οξέα, οι λιποδιαλυτές βιταμίνες και ορισμένες άλλες ενώσεις (Μπόσκος, 1997).

Συστατικά λιπών και ελαίων

A. Κύρια συστατικά

Τα κύρια συστατικά των λιπών θεωρούνται τα τριγλυκερίδια. Οι ουσίες αυτές αντιπροσωπεύουν κανονικά πάνω από το 95% του βάρους των λιπαρών ουσιών. Τα τριγλυκερίδια διακρίνονται ανάλογα με τη σύνθεσή τους σε απλά και μικτά. Τα απλά τριγλυκερίδια είναι αυτά όπου και τα τρία λιπαρά οξέα παίρνουν μέρος στην εστεροποίηση των τριών υδροξυλίων της γλυκερίνης ενώ τα μικτά είναι εκείνα τα τριγλυκερίδια όπου δύο ή τρία διαφορετικά λιπαρά οξέα παίρνουν μέρος στην εστεροποίηση.



Σχήμα 1. Απλό και μικτό τριγλυκερίδιο (Κυριτσάκης, 1992)

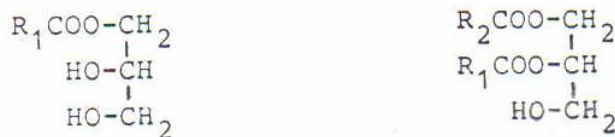
Τα απλά τριγλυκερίδια μπορούν να παρασκευαστούν εύκολα από γλυκερίνη και λιπαρά οξέα. Τα μικτά όμως τριγλυκερίδια γνωστής δομής παρασκευάζονται με ειδικές μεθόδους. Τα τριγλυκερίδια παίρνουν την ονομασία από το όνομα των λιπαρών οξέων που περιέχουν και από την σχετική θέση που κατέχουν τα οξέα αυτά στο μόριο της γλυκερίνης (Κυριτσάκης, 1992).

B. Δευτερεύοντα συστατικά

Τα δευτερεύοντα συστατικά των λιπαρών υλών συναντιούνται σε μικρές ποσότητες και αποτελούνται από διάφορες ενώσεις όπως είναι τα μονό και διγλυκερίδια, ελεύθερα λιπαρά οξέα, φωσφολιπίδια, στερόλες, λιποδιαλυτές βιταμίνες. Στη συνέχεια γίνεται λεπτομερής περιγραφή των πιο σπουδαίων από τα δευτερεύοντα συστατικά των λιπαρών ουσιών (Κυριτσάκης, 1992).

1. Μονό και διγλυκερίδια

Τα μονογλυκερίδια και τα διγλυκερίδια περιέχουν ένα ή δύο λιπαρά οξέα στο μόριό τους και κατά συνέπεια έχουν δύο ή μία υδροξυλικές ομάδες αντίστοιχα. Οι γενικοί τύποι των ενώσεων αυτών έχουν ως εξής:



Σχήμα 2. Μονογλυκερίδιο και Διγλυκερίδιο (Κυριτσάκης, 1992)

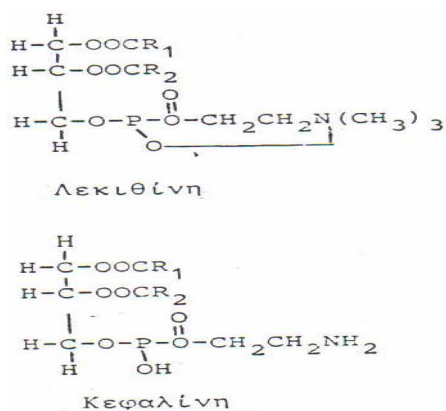
Τα διγλυκερίδια όπως και τα τριγλυκερίδια μπορεί να είναι απλά ή μικτά. Τα μονό και διγλυκερίδια δεν συναντιούνται στη φύση σε σημαντικές ποσότητες εκτός εάν τα λίπη έχουν υποστεί μερική υδρόλυση. Μίγματα μόνο και διγλυκεριδίων παρασκευάζονται εύκολα από λιπαρά οξέα ή λίπη και γλυκερίνη και έχουν σπουδαία βιομηχανική χρήση (Κυριτσάκης, 1992).

2. Ελεύθερα λιπαρά οξέα

Όπως χαρακτηριστικά δηλώνει και η ονομασία ελεύθερα λιπαρά οξέα είναι τα οξέα που βρίσκονται στα λίπη και έλαια και δεν είναι ενωμένα με το μόριο της γλυκερίνης. Η παρουσία των οξέων αυτών στις λιπαρές ύλες προσδίδει μία χαρακτηριστική και ανεπιθύμητη γεύση (Κυριτσάκης, 1992).

3. Φωσφατίδια

Τα φωσφατίδια αποτελούνται από ένα μόριο πολυυδροξυλικής αλκοόλης που έχει συνδεθεί με λιπαρά οξέα, φωσφορικό οξύ και μια αζωτούχο ένωση τη λεκιθίνη και τη κεφαλίνη οι οποίες είναι από τα πιο γνωστά φωσφατίδια που αποτελούν συστατικά των εδώδιμων λιπών. Στη περίπτωση της λεκιθίνης αζωτούχος ένωση είναι η χολίνη ενώ στη περίπτωση της κεφαλίνης η κολαμίνη (Μπόσκος, 1995).



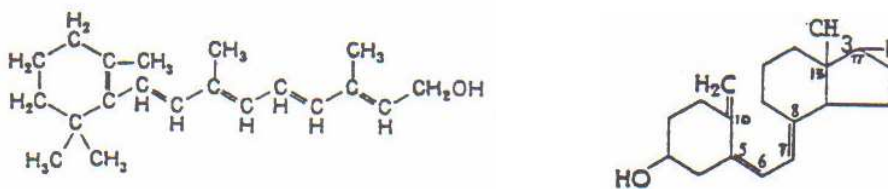
Σχήμα 3. Λεκιθίνη και κεφαλίνη (Κυριτσάκης, 1992)

4. Στερόλες

Οι στερόλες είναι κυκλικές αλκοόλες μεγάλου μοριακού βάρους βρίσκονται σε όλες τις φυσιικές λιπαρές ύλες, είτε ελεύθερες, είτε σε μορφή εστέρων με λιπαρά οξέα (Ηλιόπουλος, 1995).

5. Βιταμίνες Α και D.

Οι βιταμίνες Α και D βρίσκονται σε σημαντικά ποσά στο ηπατέλαιο ορισμένων ψαριών. Τα χερσαία ζώα και φυτά γενικά δεν περιέχουν υπολογίσιμες ποσότητες των βιταμινών αυτών. Μερικές ωστόσο, φυτικές λιπαρές ύλες περιέχουν σημαντικές ποσότητες προβιταμινών Α και κυρίως το β-καροτίνιο (Πανεράς, 1996).

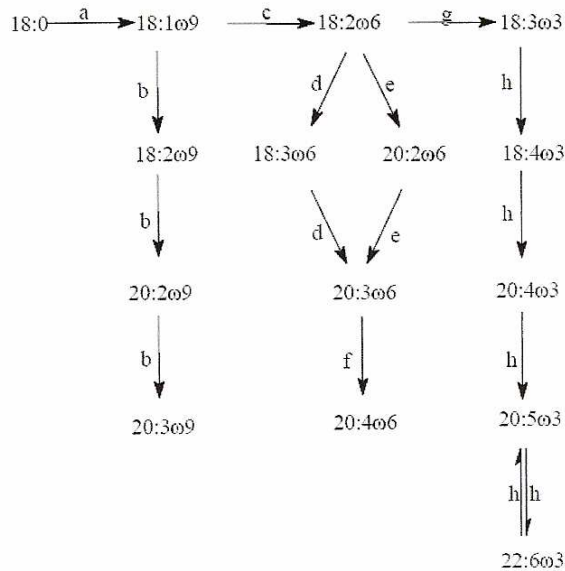


Σχήμα 4. Χημικός τύπος βιταμίνης Α και βιταμίνης D (Πανεράς, 1996).

2.2 Λιπαρά οξέα

Τα λιπαρά οξέα συνιστούν το 90% περίπου της μάζας των διάφορων λιπαρών υλών. Ιδιαίτερη σημασία έχει, ο λόγος των χαμηλού μοριακού βάρους λιπαρών οξέων προς τα υψηλού μοριακού βάρους καθώς επίσης και ο λόγος των κορεσμένων προς τα ακόρεστα λιπαρά οξέα. Τα μέλη κάθε κατηγορίας χωρίζονται σε διάφορες ομάδες ανάλογα με ορισμένα κοινά συντακτικά στοιχεία (Ηλιόπουλος, 1995).

Οι ζωικοί οργανισμοί είναι σε θέση να εισάγουν διπλούς δεσμούς στα κορεσμένα λιπαρά οξέα και να τα μετατρέπουν σε μονοακόρεστα. Έτσι μπορούν να μετατρέπουν το στεατικό και το παλμιτικό οξύ σε ελαϊκό (18:1 ω -9) και παλμιτελαϊκό (16:1 ω -7) οξύ αντίστοιχα. Επίσης με διαδοχικές επιμηκύνσεις και εισαγωγές πρόσθετων διπλών δεσμών σε αυτά, μπορούν να συνθέσουν πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Ωστόσο δεν υπάρχει η δυνατότητα να εισάγουν διπλούς δεσμούς πέρα από το 9^ο άτομο άνθρακα, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να συντεθούν λιπαρά οξέα όπως το λινελαϊκό και αλινολενικό οξύ, έτσι θεωρούνται απαραίτητα και πρέπει να λαμβάνονται από την διατροφή. Τα οξέα αυτά όμως μπορούν να μετατραπούν από τους ζωικούς οργανισμούς και τον άνθρωπο σε άλλα, με μεγαλύτερη ανθρακική αλυσίδα και με περισσότερους διπλούς δεσμούς. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι από ένα λιπαρό οξύ που η δομή του είναι ω -3 ή ω -6, μπορεί να σχηματιστεί αντίστοιχα ένα άλλο ω -3 ή ω -6 λιπαρό οξύ, ενώ είναι δυνατό από ένα κορεσμένο να δημιουργηθεί ένα ω -3 ή ένα ω -6 λιπαρό οξύ. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτουν οι τρεις κύριες οικογένειες των ακόρεστων λιπαρών οξέων ω -9, ω -6 και ω -3. Ο δρόμος της βιοσύνθεσης των ακόρεστων λιπαρών οξέων, ξεκινώντας από το στεατικό, παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα (Williams, 2002).



Σχήμα 5. Η βιοσύνθεση των ακόρεστων λιπαρών οξέων. Δρόμοι σύνθεσης: a,c,g σε ανώτερα φυτά και a,c,d,f σε κατώτερα φυτά (φύκη), a,b και d,f (κύριος δρόμος του αραχιδονικού οξέος) καθώς και e,f και h (κύριος δρόμος σύνθεσης του εικοσιπενταενοϊκού και του εικοσιδυοεξανοϊκού οξέος) σε ψάρια και θηλαστικά (Williams, 2002).

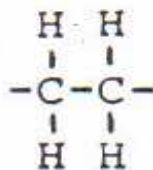
α . Κατηγορίες Λιπαρών οξέων

Τα λιπαρά οξέα που περιέχονται στα εδώδιμα λίπη και έλαια διακρίνονται, ανάλογα με το εάν περιέχουν διπλούς δεσμούς στο μόριο τους, σε κορεσμένα, μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα.

2.2.1 Κορεσμένα λιπαρά οξέα

Κορεσμένα λιπαρά οξέα με περισσότερα από 18 άτομα άνθρακα απαντούν μόνο σαν επουσιώδη συστατικά σε μερικές φυτικές και ζωικές λιπαρές ύλες. Λιγότερα των 16 ατόμων άνθρακα αποτελούν τα κύρια συστατικά πολλών φυτικών λιπαρών υλών. Απ' όλα τα κορεσμένα λιπαρά οξέα, το πιο διαδεδομένο είναι το παλμιτικό οξύ το οποίο βρέθηκε στο σύνολο σχεδόν των λιπαρών υλών, που έχουν ως τώρα ερευνηθεί.

Το σημείο τήξεως, η πτητικότητα και η διαλυτότητα στο νερό των κορεσμένων λιπαρών οξέων είναι συνάρτηση του μοριακού τους βάρους. Λιπαρά οξέα μέχρι τεσσάρων ατόμων άνθρακα αναμιγνύονται με το νερό σε οποιαδήποτε αναλογία. Με την αύξηση όμως του μοριακού τους βάρους η διαλυτότητα των λιπαρών οξέων στο νερό ελαττώνεται ταχέως (Μπόσκος, 1997).



Σχήμα 6. Κορεσμένος δεσμός (Κυριτσάκης, 1992)

Πίνακας 1. Κορεσμένα λιπαρά οξέα που απαντούν στη φύση (Πανεράς, 1997).

Αρ. Ατομ. άνθρακα	Εμπειρικό όνομα	Ονομασία	Συντακτικός τύπος
4	Βουτυρικό	Βουτανοϊκό	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH
6	Καπροϊκό	Εξανοϊκό	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH
8	Καπρυλικό	Οκτανοϊκό	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH
10	Καπρικό	Δεκανοϊκό	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH
12	Λαυρικό	Δωδεκανοϊκό	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH
14	Μυριστικό	Δεκατετρανοϊκό	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH
16	Παλμιτικό	Δεκαεξανοϊκό	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH
18	Στεατικό	Δεκαοκτανοϊκό	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH
20	Αραχιδονικό	Εικοσανοϊκό	CH ₃ (CH ₂) ₁₈ COOH
22	Βεχενικό	Εικοσιδυανοϊκό	CH ₃ (CH ₂) ₂₀ COOH
24	Λιγνοσερικό	Εικοσιτετρανοϊκό	CH ₃ (CH ₂) ₂₂ COOH

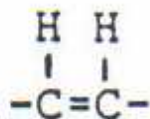
2.2.2 Ακόρεστα λιπαρά οξέα

Τα λιπαρά οξέα είναι, ευρύτατα διαδεδομένα στα τριγλυκερίδια των λιπαρών υλών των φυτών, των χερσαίων ζώων και των ψαριών. Το σύνολο σχεδόν των ακόρεστων οξέων των ζωικών λιπών είναι μονοenoϊκά, καθότι τα χερσαία ζώα δεν μπορούν να συνθέσουν ακόρεστα οξέα με περισσότερο από ένα διπλό δεσμό ή

τουλάχιστον δεν μπορούν να συνδέσουν αυτά με το απαιτούμενο αριθμό για ένα αναπτυσσόμενο οργανισμό. Τα δι- και τριενοϊκά οξέα ανευρίσκονται κυρίως στις φυτικές λιπαρές ύλες (Μπόσκοκς, 1995).

Λόγω των διπλών δεσμών, τα ακόρεστα οξέα είναι περισσότερο δραστικά σε σύγκριση με τα κορεσμένα, με αποτέλεσμα να τα καθιστά τεχνολογικώς περισσότερο σημαντικά. Το σύνολο των φυσικών ακόρεστων οξέων έχουν χαμηλά σημεία τήξεως και κατά συνέπεια είναι υγρά στη συνήθη θερμοκρασία. Η παρουσία των διπλών δεσμών επιτρέπει τη συμμετοχή των ακόρεστων οξέων σε αντιδράσεις προσθήκης. Οι τεχνολογικώς σπουδαιότερες από αυτές είναι: η προσθήκη υδρογόνου, η προσθήκη αλογόνων και η προσθήκη οξυγόνου. Η τρίτη από τις παραπάνω αντιδράσεις έχει ως τελικό αποτέλεσμα την οξειδωτική αποικοδόμηση των βρώσιμων λιπαρών υλών ή η ξήρανση των ελαίων (Ηλιόπουλος, 1995).

Ο βαθμός ακορεσμού ενός οξέος εξαρτάται από τον αριθμό των ακόρεστων διπλών δεσμών. Όταν το λιπαρό οξύ περιέχει ένα διπλό δεσμό ονομάζεται μονοακόρεστο. Εξαιτίας της παρουσίας του διπλού δεσμού τα ακόρεστα λιπαρά οξέα είναι πιο δραστικά από τα κορεσμένα. Η δραστικότητά τους αυξάνεται, όπως αυξάνεται ο αριθμός των ακόρεστων διπλών δεσμών στο μόριο (Κυριτσάκης, 1992).



Σχήμα 7. Ακόρεστος δεσμός (Κυριτσάκης, 1992)

Τα ακόρεστα οξέα που περιέχουν στο μόριο τους περισσότερους από έναν διπλούς δεσμούς βρίσκονται είτε σε συζυγή μορφή είτε σε μη συζυγή. Η μη συζυγή μορφή είναι και η πιο συνηθισμένη. Στη μορφή αυτή οι ακόρεστοι διπλοί δεσμοί διαχωρίζονται το λιγότερο από δύο απλούς δεσμούς. Αντίθετα στη συζυγή μορφή οι ακόρεστοι διπλοί δεσμοί εναλλάσσονται από ένα απλό δεσμό (Κυριτσάκης, 1992).



Σχήμα 8. Συζυγείς και μη συζυγείς δεσμοί (Κυριτσάκης, 1992).

Η δραστικότητα των ακόρεστων λιπαρών οξέων εξαρτάται από τον αριθμό των διπλών δεσμών και τη θέση που κατέχουν αυτοί. Η διάταξη κατά την οποία οι δύο διπλοί δεσμοί διαχωρίζονται με μια ομάδα μεθυλενίου (CH₂) δίνει μεγάλη δραστικότητα στο μόριο του οξέος (Κυριτσάκης, 1992).

Πίνακας 2. Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα που απαντούν στα λίπη και έλαια (Πανεράς, 1997).

Αρ.Ατομ.άνθρακα	Εμπειρικό όνομα	Ονομασία
10	Καπρελαϊκό	cis-9-Δεκενοϊκό
12	Λαυρελαϊκό	cis-9-Δωδεκενοϊκό
16	Μυριστελαϊκό	cis-9-Δεκατετρενοϊκό
16	Παλμιτελαϊκό	cis-9-Δεκαεξενοϊκό
18	Ελαϊκό	cis-9-Δεκαοκτενοϊκό
18	Ελαϊδικό	trans-9-Δεκαοκτενοϊκό
18	Βαξενικό	trans-11-Δεκαοκτωδιενοϊκό
18	Λινελαϊκό	cis,cis-9,12-Δεκαοκτωδιενοϊκό
18	Λινολενικό	cis,cis,cis-9,12,15-Δεκαοκτωτριενοϊκό
18	γ-Λινολενικό	cis,cis,cis-6,9,12-Δεκαοκτωτριενοϊκό
18	Ελαιστεατικό	cis,cis,cis-9,11,13-Δεκαοκτωτριενοϊκό
20	Γκαντελαϊκό	cis-9-εικοσενοϊκό
20	Αραχιδονικό	cis,cis,cis,cis-5,8,11,14-εικοσιτετρενοϊκό
22	Ερουκικό	cis-13-εικοσιδυοενοϊκό

2.2.2.1. Ισομερισμός λιπαρών οξέων

Ισομερή καλούνται δύο ή περισσότερες ενώσεις που περιέχουν τα ίδια ακριβώς στοιχεία ενωμένα στις ίδιες αναλογίες αλλά με διαφορετική μοριακή διάταξη. Δύο σπουδαίοι τύποι ισομερών λιπαρών οξέων είναι τα ισομερή θέσης και τα γεωμετρικά ισομερή (Ηλιόπουλος, 1995)

α) Ισομερή θέσης

Ισομερή θέσης δημιουργούνται όταν στο ίδιο μόριο του οξέος ο διπλός δεσμός εμφανίζεται σε διαφορετικά άτομα άνθρακα (Ηλιόπουλος, 1995).

β) Ισομερή γεωμετρίας

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα συναντιούνται στη μορφή cis ή trans ανάλογα με τη θέση που παίρνουν τα άτομα άνθρακα του υδρογόνου δεξιά και αριστερά του διπλού δεσμού. Εάν τα άτομα υδρογόνου είναι τοποθετημένα προς την ίδια πλευρά της αλυσίδας, τότε έχουμε τη μορφή cis, ενώ εάν τα άτομα του υδρογόνου βρίσκονται στις δύο αντίθετες πλευρές της αλυσίδας, η διάταξη παίρνει την ονομασία trans (Κυριτσάκης, 1991).



Σχήμα 9. Cis και trans μορφή

Το ελαϊδικό και το ελαϊκό, οξέα με τον ίδιο αριθμό ατόμων άνθρακα αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα γεωμετρικών ισομερών. Στο πρώτο ο διπλός δεσμός βρίσκεται σε μορφή trans ενώ στο δεύτερο σε cis.

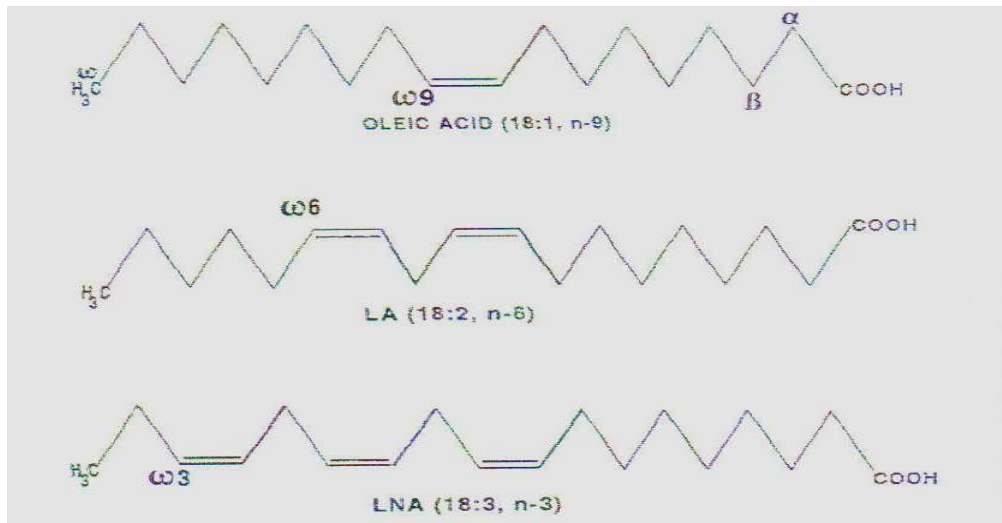
Η γεωμετρική ισομέρεια έχει σημαντική επίδραση στο σημείο τήξεως των λιπαρών οξέων. Από τις δύο μορφές γεωμετρικής ισομέρειας cis-trans ή trans, έχει μεγαλύτερο σημείο τήξεως και είναι περισσότερο δραστική. Διαφορά υπάρχει επίσης και στις βιολογικές ιδιότητες μεταξύ των δύο μορφών με καλύτερη τη cis. Η ακορεστότητα γενικά των λιπών και των ελαίων έχει σπουδαία σημασία γιατί επηρεάζει σημαντικά τις φυσικές και τις χημικές τους ιδιότητες. Το μόριο των κορεσμένων λιπαρών οξέων έχει ευθεία διάταξη. Αντίθετα στα ακόρεστα οξέα, τα μόρια λυγίζουν στο σημείο που υπάρχουν οι διπλοί δεσμοί με αποτέλεσμα να εξαφανίζεται η γραμμικότητα του μορίου. (Κυριτσάκης, 1992).

2.2.3 Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα

Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα διαθέτουν περισσότερους από έναν διπλό δεσμό. Ένας ευρύτατα χρησιμοποιούμενος τρόπος διάκρισης των ακόρεστων αυτών οξέων

βασίζεται στη θέση του πρώτου διπλού δεσμού ξεκινώντας από το πιο απόμακρο άτομο άνθρακα (άνθρακα της μεθυλομάδας, CH₃-) σε σχέση με την καρβοξυλική ομάδα. Ο άνθρακας αυτός ονομάζεται 'ωμέγα' (ω-άνθρακας). Έτσι ως **ω-3** και **ω-6** χαρακτηρίζονται τα ακόρεστα λιπαρά οξέα των οποίων ο πρώτος διπλός δεσμός βρίσκεται στο 3^ο και 6^ο άτομο άνθρακα ξεκινώντας την αρίθμηση από τον **ωμέγα-άνθρακα** δηλαδή το τελευταίο άτομο άνθρακα με βάση την κανονική αρίθμηση.

Συχνά αναφέρονται και ως **n-3** και **n-6**. Τα σημαντικότερα ω-3 και ω-6 λιπαρά οξέα είναι το λινολενικό και το λινελαϊκό λιπαρό οξύ αντίστοιχα. Τα πολυακόρεστα οξέα βρίσκονται σε ιδιαίτερα μεγάλες αναλογίες στα ιχθυέλαια και στα λίπη των ψαριών αλλά και σε διάφορα φυτικά λάδια (www.mednet.gr, 2008).



Σχήμα 10. Γενικός τύπος ω-3, ω-6 και ω-9 λιπαρού οξέος (www.mednet.gr, 2008).

Πιο αναλυτικά τα ω-3 λιπαρά οξέα βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα λιπαρά ψάρια και στα ιχθυέλαια και σε μικρότερες αναλογίες (με ορισμένες εξαιρέσεις) στα φυτικά λάδια. Τα ω-6 λιπαρά οξέα βρίσκονται σε φυτικά λάδια από τα οποία προσλαμβάνονται σε ικανοποιητικές ποσότητες σε αντίθεση με τα ω-3.

Πίνακας 3. Τα σημαντικότερα ω-3 λιπαρά οξέα και οι διατροφικές τους πηγές (www.chemistry.gr, 2008).

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΠΗΓΕΣ- ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ
[18:3] α-Λινολενικό οξύ	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-(CH=CH-CH}_2\text{)}_3\text{-(CH}_2\text{)}_6\text{-COOH}$	Κύριο συστατικό του λινέλαιου, σε μικρότερα ποσά στο κραμβέλαιο και στο σογιέλαιο.
[20:5] Εικοσα-πεντα-εν-οϊκό οξύ	$\text{-(CH=CH-CH}_2\text{)}_5\text{-(CH}_2\text{)}_2\text{-COOH}$	Σε όλα τα ιχθυέλαια, σολομός, σαρδέλες
[22:6] Εικοσιδυο-εξα-εν-οϊκό οξύ	$\text{-(CH=CH-CH}_2\text{)}_6\text{-CH}_2\text{-COOH}$	Κύριο συστατικό των ιχθυέλαιων

Πίνακας 4. Τα σημαντικότερα ω-6 λιπαρά οξέα και οι διατροφικές τους πηγές (www.chemistry.gr, 2008)

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΠΗΓΕΣ- ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ
[18:2] Λινελαϊκό οξύ	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_4\text{-(CH=CH-CH}_2\text{)}_2\text{-(CH}_2\text{)}_6\text{-COOH}$	Κύριο συστατικό του λινέλαιου, βρίσκεται σε μικρά ποσά σε διάφορα φυτικά έλαια στο ηλιέλαιο
[18:3] γ-Λινολενικό οξύ	$\text{-(CH=CH-CH}_2\text{)}_3\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{-COOH}$	Βρίσκεται σε διάφορα μαγειρικά λίπη.
[20:4] Αραχιδονικό οξύ	$\text{-(CH=CH-CH}_2\text{)}_4\text{-(CH}_2\text{)}_2\text{-COOH}$	Δεν συναντάτε στα φυτικά έλαια, προσλαμβάνεται από ζωικές τροφές και γαλακτοκομικά προϊόντα

Κατάταξη πολυακόρεστων λιπαρών οξέων

Ο Πίνακας 5. μας δείχνει τα πιο συνηθισμένα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα που απαντούν στα λίπη και στα έλαια (Belitz *et al.*, 2007)

Πίνακας 5. Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα που απαντούν στη φύση (Belitz *et al.*, 2007).

ΟΞΕΑ	ΑΤΟΜΑ C	ΤΥΠΟΣ	ΘΕΣΗ ΔΙΠΛΩΝ ΔΕΣΜΩΝ	ΤΡΟΦΙΜΟ ΣΤΟ ΟΠΟΙΟ ΑΠΑΝΤΑ
<u>Πολυακόρεστα ω-6</u>				
Λινελαϊκό	18	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_2-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	9,12 (Cis-Cis)	Σε όλες τις λιπαρές ύλες
Λινελαϊδικό	18	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	9,12 (Cis-Trans)	Υδρογονωμένα
γ-Λινολενικό	18	$-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$	6,9,12	Μαγειρικά λίπη
Αραχιδονικό	20	$-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_4-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$	5,8,11,14	Λιπίδια οργάνων
<u>Πολυακόρεστα ω-3</u>				
α-Λινολενικό	18	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	9,12,15	Λινέλαιο, κραμβέλαιο, σογιέλαιο
Εικοσιπεντανοϊκό EPA	20	$-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_5-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$	5,8,11,14,17	Ιχθυέλαια
Εικοσιδυοεξανοϊκό DHA	22	$-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_6-\text{CH}_2-\text{COOH}$	4,7,10,13,16,19	Ιχθυέλαια

2.3 Λίπη και υγεία

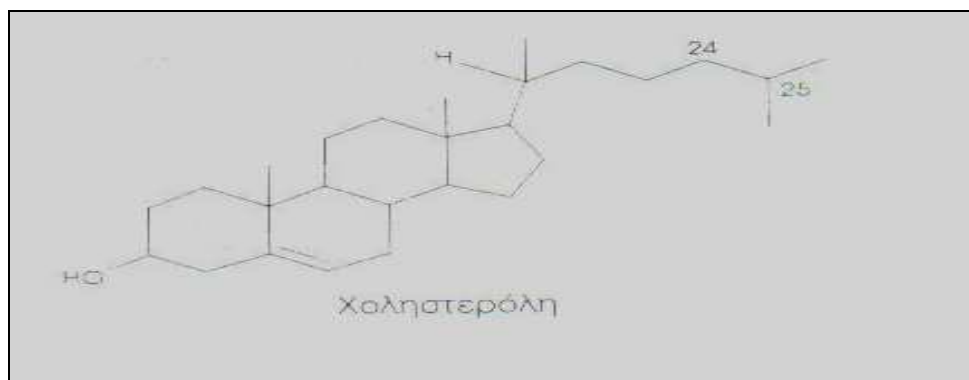
Τα λίπη αποτελούν σημαντική πηγή ενέργειας για τον οργανισμό, αφού η οξείδωσή τους αποδίδει στον οργανισμό 9 θερμίδες/g σε αντίθεση με τις πρωτεΐνες και τους υδατάνθρακες που αποδίδουν 4 θερμίδες/g. Για αυτό υπάρχει και ο

μηχανισμός αποθήκευσης λίπους στο σώμα μας, για να χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει ανάγκη. Εξάλλου τόσο οι υδατάνθρακες όσο και οι πρωτεΐνες μπορούν να μεταβολιστούν σε λίπη, όταν βρίσκονται σε περίσσεια. Αποθηκεύονται στη συνέχεια ως υποδόριο λίπος κάτω από το δέρμα σε διάφορα μέρη του σώματος. Τα λίπη πρέπει να αποτελούν το 25-35% των καθημερινών ενεργειακών μας προσλήψεων (Lees&Karel, 1990).

2.3.1 Λίπη και χοληστερόλη

Τα λίπη χωνεύονται, διασπώνται και απορροφώνται από το έντερο και στη συνέχεια μεταφέρονται με τη χοληστερόλη, μέσω του αίματος, στους μύες και στους άλλους ιστούς. Σε αυτό το στάδιο, όταν δηλαδή τα λίπη μεταφέρονται στο αίμα, μία ανισορροπία στα λιπαρά οξέα στη διατροφή σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες κινδύνου, μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στη φυσιολογία των αρτηριών, οι οποίες αυξάνουν τον κίνδυνο της στεφανιαίας νόσου.

Εκτός από τα παραπάνω μειονεκτήματα της χοληστερόλης στην ανθρώπινη διατροφή έχει και κάποια πλεονεκτήματα. Βρίσκεται σε όλα τα ανθρώπινα κύτταρα και έχει σπουδαίες βιολογικές λειτουργίες. Χρησιμεύει ως πρόδρομη ένωση στο σχηματισμό της βιταμίνης D. Μαζί με τα χολικά οξέα συντελεί στη γαλακτωματοποίηση των λιπών της τροφής που χρειάζεται για την αφομοίωση της (Γεωργάτσος, 2001).



Σχήμα 11. Χημικός τύπος χοληστερόλης (Γεωργάτσος, 2001)

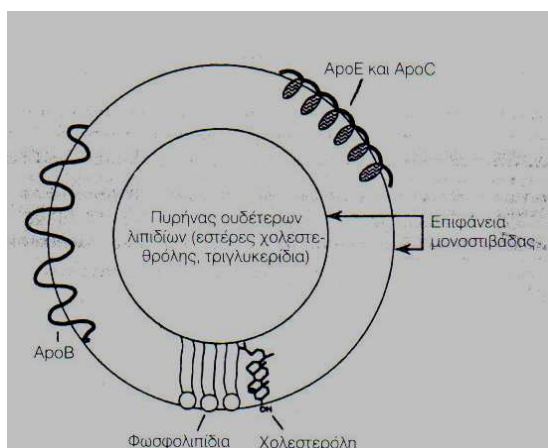
2.3.2 Λιποπρωτεΐνες

Το λίπος και η χοληστερόλη συσκευάζονται σε ειδικά σωματίδια ενωμένα με πρωτεΐνες, πριν περάσουν στο αίμα. Αυτά είναι γνωστά σαν λιποπρωτεΐνες και οι κυριότερες από αυτές που επηρεάζουν τον κίνδυνο της στεφανιαίας νόσου είναι η λιποπρωτεΐνη υψηλής πυκνότητας και η λιποπρωτεΐνη χαμηλής πυκνότητας. Οι λιποπρωτεΐνες δεν είναι υδατοδιαλυτές. Η υψηλής πυκνότητα λιποπρωτεΐνη συνηθίζεται να λέγεται καλή χοληστερόλη (HDL). Αυξημένες τιμές λιποπρωτεΐνης υψηλής πυκνότητας σχετίζονται με μειωμένο κίνδυνο στεφανιαίας νόσου (Lees&Karel, 1990).

Η χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη συνηθίζεται να λέγεται κακή χοληστερόλη (LDL). Αυξημένες τιμές λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας στο αίμα οδηγούν στην αθηροσκλήρωση, καθοριστικό παράγοντα καρδιαγγειακών παθήσεων. Οι αυξημένες τιμές της λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας (LDL) μπορεί να αποτελέσουν κύρια αιτία της αθηροσκλήρωσης. Όταν αυτές οι τιμές είναι πολύ υψηλές, μπορεί να γίνει εναπόθεση των λιπών που μεταφέρουν στα τοιχώματα των αρτηριών. Η υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη (HDL) ωστόσο μεταφέρει το λίπος μακριά από τις αρτηρίες στο ήπαρ όπου και διασπάται. Επομένως, οι αντίστοιχες τιμές της χοληστερόλης υψηλής και χαμηλής πυκνότητας είναι κρίσιμοι παράγοντες στην ανάπτυξη της στεφανιαίας νόσου. Το κλειδί στην πρόληψη της νόσου φαίνεται να είναι η διατήρηση χαμηλών τιμών λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας (LDL κακής χοληστερόλης) και αυξημένων τιμών λιποπρωτεΐνης υψηλής πυκνότητας (HDL καλής χοληστερόλης) στο αίμα. (Γεωργάτσου, 2001).

Πίνακας 6. Λιποπρωτεΐνες στον ορό του αίματος (Murry, 2002).

Λιποπρωτεΐνες στον ορό του αίματος			
Όνομασία	Πυκνότητα (g/ml)	% Λιπίδια	% Πρωτεΐνη
Χυλομικρά	<0,94	98	2
VLDL (πολύ χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνες)	0,940-1,006	90	10
LDL (χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνες)	1,006-1,063	75	25
HDL (υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνες)	1,063-1,210	60	40



Σχήμα 12. Σχηματική αναπαράσταση σωματιδίου λιποπρωτεΐνης πολύ χαμηλής πυκνότητας.

2.4 Λιπαρά οξέα και υγεία

Στη διατροφή του δυτικού κόσμου, τα ω-6 λιπαρά οξέα είναι τα κυρίαρχα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και αυτό συμφωνεί με τις τρέχουσες διαιτητικές συμβουλές. Η ισορροπία μεταξύ των ω-3 και ω-6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων έχει αλλάξει σημαντικά στις δυτικές διατροφές κατά την διάρκεια των τελευταίων περίπου 100 ετών και δεδομένου ότι οι δύο αυτές οικογένειες πολυακόρεστων λιπαρών οξέων μοιράζονται μια κοινή μεταβολική οδό, έχουν δημιουργηθεί ανησυχίες ότι αυτό μπορεί να είναι βλαβερό για την υγεία. Αυτό που γίνεται όλο και περισσότερο σαφές είναι ότι τόσο τα ω-3 όσο και τα ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα έχουν ανεξάρτητες επιπτώσεις στην υγεία μας αφού οι προσλήψεις των ω-6 είναι μέσα στα πλαίσια που ορίζονται για μια υγιεινή διατροφή, οι ανησυχίες για την αναλογία ω-6/ω-3 στρέφονται προς τις χαμηλές προσλήψεις ω-3 παρά προς τις υψηλές προσλήψεις ω-6 (Lees&Karel, 1990).

2.4.1 Επίδραση των ω-3 λιπαρών οξέων στην υγεία

Τα ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι απολύτως απαραίτητα για την διατροφή. Πολλές διαταραχές της υγείας που στο παρελθόν δεν μπορούσαν να εξηγηθούν, όπως δερματολογικά προβλήματα και προβλήματα ανάπτυξης στα παιδιά, αντιμετωπίστηκαν επιτυχώς με την χορήγηση μεγάλων ποσοτήτων ω-3 λιπαρών οξέων. Ως παρενέργειες από την υψηλή κατανάλωση ω-3, λιπαρών οξέων, αναφέρθηκαν η επίσταξη (ρινοραγία) και η αποπληξία. Σήμερα θεωρείται πιθανή η θετική επίδραση των ω-3 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στον καρκίνο, στις εγκεφαλικές παθήσεις και στο διαβήτη.

Οι επιδράσεις των ω-3 λιπαρών οξέων στην υγεία πρέπει να μελετώνται σε συνδυασμό με άλλα συστατικά της διατροφής. Η συνδυασμένη βιοχημική τους δράση που πραγματοποιείται μετά από αλλαγές στις συνήθειες της διατροφής, είναι ικανή να οδηγήσει σε επιτυχή πρόληψη των καρδιαγγειακών αλλά και χρόνιων παθήσεων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι δράσεις των ω-3 λιπαρών οξέων σε αυτές τις ασθένειες (Lees&Karel, 1990).

2.4.2 Επίδραση των ω-3 λιπαρών οξέων στις καρδιαγγειακές παθήσεις

Το κυριότερο αίτιο θανάτου στις σύγχρονες δυτικές κοινωνίες είναι οι καρδιαγγειακές παθήσεις, οι οποίες έχουν συσχετισθεί σε μεγάλο βαθμό με την κατανάλωση κορεσμένου λίπους. Αντίθετα η αυξημένη λήψη ω-3 λιπαρών οξέων προστατεύει από παθήσεις του καρδιαγγειακού συστήματος. Αυτή η επίδραση των ω-3 λιπαρών οξέων, οφείλεται αφενός στην μείωση των τριγλυκεριδίων του αίματος και αφετέρου στον κατευνασμό των ταχυπαλμιών (Lees&Karel, 1990).

2.4.3 Επίδραση των ω-3 λιπαρών οξέων στο καρκίνο

Τα ω-3 λιπαρά οξέα έχουν συσχετισθεί με την μειωμένη προσβολή κάποιων μορφών καρκίνου. Η αυξημένη κατανάλωση αυτών των λιπαρών οξέων έχει συσχετισθεί με μειωμένη προσβολή από καρκίνο του μαστού και του πάγκρεας (Lees&Karel, 1990).

2.4.4 Επίδραση του DHA στο νευρικό σύστημα

Πρόσφατα έχει αποδειχθεί ότι το DHA είναι απαραίτητο για τις λειτουργίες του εγκεφάλου τόσο για τα νεογνά όσο και για ενήλικες ανθρώπους. Αντίθετα για τα άλλα ω-3 λιπαρά οξέα δεν έχουν αναφερθεί ανάλογα αποτελέσματα (Lees&Karel, 1990).

2.4.5 Πηγές των ω-3 στα λιπαρά οξέα

Τα επιμέρους ω-3 λιπαρά οξέα δεν είναι βιολογικά ισοδύναμα, όπως προαναφέρθηκε προηγουμένως. Έτσι στο EPA οφείλεται η δράση η οποία έχει συσχετισθεί με τα εικοσανοειδή, ενώ το DHA αποδείχτηκε πρόσφατα ότι είναι απαραίτητο για τις εγκεφαλικές λειτουργίες. Ανάλογες δράσεις δεν έχουν αποδοθεί στα

άλλα ω-3 λιπαρά οξέα και ιδιαίτερα στο λινελαϊκό οξύ, το οποίο όμως είναι επίσης απαραίτητο, αν και η ποσότητα αυτού του οξέος στις σύγχρονες διατροφές, είναι τέτοιο που δεν επιτρέπει να παρατηρηθούν συμπτώματα έλλειψης. Όπως προαναφέρθηκε οι ζωικοί οργανισμοί μπορούν να μετασχηματίζουν το λινελαϊκό οξύ σε EPA και το EPA σε DHA. Επομένως θα έπρεπε να έχει δευτερεύουσα σημασία ποιο από αυτά τα λιπαρά οξέα καταναλώνεται από τον οργανισμό, ώστε να παρατηρούνται τα ευεργετικά αποτελέσματα για την ανθρώπινη υγεία (Lees&Karel, 1990).

Η μετατροπή αυτή παρατηρείται σε τέτοιο βαθμό, ώστε να αντιμετωπίζονται οι ελάχιστες ανάγκες του οργανισμού, δεν επαρκεί όμως για την εξισσορόπηση του ισοζυγίου αραχιδονικού και EPA οξέος. Αντίθετα ο αμφίδρομος μετασχηματισμός EPA και DHA σε μερικούς ιστούς επιτρέπει την κάλυψη των αναγκών μεταξύ σε αυτά τα λιπαρά οξέα. Συνεπώς στους πίνακες διατροφής, πρέπει να συμπεριλαμβάνεται η διάκριση των διάφορων ω-3 λιπαρών οξέων. Αντίστοιχα το συνολικό περιεχόμενο αυτών των οξέων στις τροφές είναι ποιο χρήσιμο αν βασιστεί στο άθροισμα των EPA και DHA παρά όταν περιλαμβάνει και το λινελαϊκό οξύ (Lees&Karel, 1990).

2.5 Δομή και χημική σύσταση του αυγού

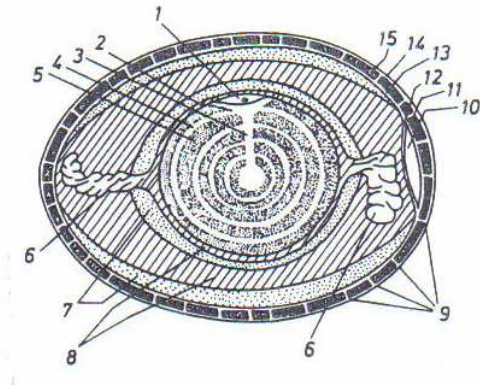
Το αυγό κατέχει από παλιά μια σημαντική θέση στην ανθρώπινη διατροφή καθώς περιέχει συστατικά με μεγάλη θρεπτική αξία και μοναδικές λειτουργικές ιδιότητες. Θεωρείται πλούσια πηγή υψηλής ποιότητας πρωτεϊνών, ακόρεστων λιπαρών οξέων (κυρίως ελαϊκού), φωσφολιπιδίων, σιδήρου, φωσφόρου, ιχνοστοιχείων και βιταμινών, παρόλο που η περιεκτικότητά του σε νερό είναι αρκετά μεγάλη.

Ένα αυγό μέσου βάρους ζυγίζει περίπου 58 g και αποτελείται από τον φλοιό (8-11%), ο οποίος σε μεγάλο βαθμό συνίσταται από κρυστάλλους ανθρακικού ασβεστίου και ίνες πρωτεϊνών, το λεύκωμα (56-61%) που είναι κατά βάση πρωτεϊνικό διάλυμα και περιέχει ίχνη υδατανθράκων και τον κρόκο (27-32%), τα στερεά συστατικά του οποίου είναι κυρίως λιπίδια και πρωτεΐνες. Το λεύκωμα διαχωρίζεται από τον κρόκο με μια μεμβράνη πρωτεϊνικής φύσης που ονομάζεται βιτελλινική και αποτελείται κυρίως από μια πρωτεΐνη του λευκώματος, τη λυσοζύμη (Yannakopoulos&Tserveni, 1996).

Πίνακας 7. Σύσταση του λευκόματος, του κρόκου και ολόκληρου του αυγού (Yannakopoulos&Tserveni, 1996).

Μέρος του αυγού	Πρωτεΐνες (%)	Λιπίδια (%)	Υδατάνθρακες (%)
Λεύκωμα	9,7-10,6	0,03	0,4-0,9
Κρόκος	15,7-16,6	31,8-35,5	0,2-1,0
Πλήρες αυγό	12,8-13,4	10,5-11,8	0,3-0,1

Το αυγό περιβάλλεται από ένα ασβεστούχο, πορώδες κέλυφος, πάχους 0,2-0,4 mm. Το κέλυφος των αυγών όρνιθας είναι λευκοκίτρινο προς καφέ. Το εσωτερικό του κελύφους είναι επενδυμένο με δύο στενά συνδεδεμένες μεμβράνες (εσωτερική και εξωτερική). Οι δύο μεμβράνες διαχωρίζονται στο μεγάλο άκρο του αυγού σχηματίζοντας ένα κενό, που ονομάζεται αεροθάλαμος. Ο αεροθάλαμος έχει διάμετρο περίπου 5 mm στα φρέσκα αυγά και αυξάνεται σε μέγεθος κατά την αποθήκευση, με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιοριστεί η ηλικία του αυγού. Το λεύκωμα του αυγού (αλβουμίνη) είναι ένα υδατικό, υποκίτρινο, παχύρευστο υγρό, που αποτελείται από τρία κλάσματα που διαφέρουν στο ιξώδες. Το εσωτερικό μέρος του αυγού, ο κρόκος, περιβάλλεται από αλβουμίνη. Ένα λεπτό αλλά πολύ συνεκτικό στρώμα αλβουμίνης (στιβάδα χάλαζας) περιβάλλει στενά τον κρόκο και διακλαδίζεται αντίθετες άκρες του κρόκου σε δύο χάλαζες που εκτείνονται στην παχιά (πυκνόρευστη) αλβουμίνη. Οι χάλαζες μοιάζουν με δύο στριμμένες, σαν σχοινιά χορδές, οι οποίες στρίβουν από το μεγάλο άκρο σύμφωνα με τη φορά των δεικτών του ωρολογίου και αντίστροφα με τους δείκτες του ωρολογίου από το μικρό άκρο. Χρησιμεύουν ως άγκυρες για να συγκρατούν τον κρόκο στο κέντρο. Σε ένα ανοιγμένο αυγό οι χάλαζες παραμένουν συνδεδεμένες με τον κρόκο. Ο κρόκος αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα σκουρόχρωμου υλικού που είναι τοποθετημένα ομόκεντρα (Belitz et al., 2007).



Σχήμα 13. Τομή αυγού όρνιθας σχηματική απεικόνιση. Κρόκος αυγού: 1) βλαστικός δίσκος (βλαστόδερμα), 2) μεμβράνη κρόκου, 3) στιβάδα κρόκου ανοικτού χρώματος, 4) στιβάδα κρόκου σκοτεινού χρώματος, 5) χάλαζα, 6) ασπράδι του αυγού (αλβουμίνη) αραιή πηκτή, 7) αλβουμίνη πυκνή πηκτή, 8) πόροι, 9) θύλακας αέρα, 10) μεμβράνη κελύφους, 12) εσωτερική μεμβράνη αυγού, 13) επιφάνεια του κελύφους στερεωμένη στη θηλαία στιβάδα, 14) επιδερμίδα και 15) σπογγώδης ασβεστώδης στιβάδα.

2.5.1 Διατροφή και αυγό

Το αυγό είναι τρόφιμο υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες μεγάλης βιολογικής αξίας (άλλωστε λαμβάνεται ως βάση για τον προσδιορισμό της βιολογικής αξίας των τροφίμων), έχει υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνη D και αποδίδεται με αργό ρυθμό στο στομάχι του ανθρώπου βοηθώντας έτσι στη διατήρηση του επιπέδου σακχάρου από την ώρα του πρωινού μέχρι εκείνη του γεύματος κατά το μεσημέρι.

Πολλοί ερευνητές, εδώ και πολλά χρόνια ασχολήθηκαν με τη σχέση ανάμεσα στο αυγό και την υγεία του καταναλωτή. Η παραδεκτική από όλους σχέση μεταξύ διατροφής και υγείας του ανθρώπου είναι εκείνη που αφορά στις καρδιοαγγειακές παθήσεις (CVD), δεδομένου ότι οι παθήσεις αυτές αποτελούν την πρώτη αιτία θανάτου για τους καταναλωτές του δυτικού κόσμου. Οι CVD σχετίζονται θετικά ή αρνητικά με την κατανάλωση λιπών, χοληστερόλης, κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και κυρίως με την αναλογία ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων.

Ένα αυγό βάρους ισοδυναμεί με 180 ml γάλακτος ή 44 g κρέατος, που περιέχει σε σύγκριση με αυτά λιγότερο λίπος (2-3 φορές). Το εδώδιμο τμήμα αυτού του αυγού ζυγίζει περίπου 55 g από τα οποία τα 35 g είναι το λεύκωμα και τα 20 g του λεκίθου όπου και περιέχονται μέχρι και 240 mg χοληστερόλης, ενώ στο λεύκωμα μόλις τα 2 mg (Yannakopoulos&Tserveni, 1996).

2.6 Κρόκος

Ο κρόκος είναι ένα γαλάκτωμα λίπους σε νερό με περίπου 50% περιεκτικότητα σε ξηρή ύλη και αποτελείται από πρωτεΐνες (1/3) και λιπίδια (2/3). Η μεταφορά νερού από το λεύκωμα του αυγού μειώνει την περιεκτικότητα σε στερεά κατά 2-4% κατά την αποθήκευση για 1-2 εβδομάδες. Ο κρόκος περιέχει σωματίδια διαφόρων μεγεθών τα οποία μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο ομάδες: Σταγονίδια κρόκου ποικίλου μεγέθους, με εύρος διαμέτρου γύρω στα 20-40 μm. Μοιάζουν με σταγονίδια λίπους, αποτελούνται κυρίως από λιπίδια και έχουν μερικές πρωτεϊνικές μεμβράνες. Είναι ένα μίγμα λιποπρωτεϊνών με μικρή πυκνότητα (LDL). Κόκκοι που έχουν διάμετρο 1,0-1,3 μm, δηλαδή είναι σημαντικά μικρότερα από τα σταγονίδια του κρόκου και είναι πιο ομοιόμορφα στο μέγεθος αλλά λιγότερο ομοιόμορφα στο σχήμα. Διαθέτουν υπο-δομή και αποτελούνται από πρωτεΐνες αλλά και από λιπίδια και ανόργανα. Οι παλιότερες μέθοδοι διαχωρισμού του κρόκου, οι οποίες συμπεριελάμβαναν τουλάχιστον μερική απομάκρυνση του λίπους με διάφορους διαλύτες (αιθέρα, αιθανόλη, βουτανόλη), προκαλούσαν καταστροφή των λιποπρωτεϊνών και εξαιτίας αυτής δημιουργία διαφόρων προϊόντων. Οι μελέτες του κρόκου βασίζονται πλέον στην υπερφυγοκέντριση, παρουσία ηλεκτρολυτών όταν είναι απαραίτητο, η οποία αποδίδει κλάσματα πρωτεΐνης. Στοιχεία αναφορικά με τη σύσταση των κόκκων, του πλάσματος και μερικών συστατικών παρουσιάζονται στον πίνακα 8. Τα στοιχεία που δίνονται έχουν υπολογιστεί από διάφορα στοιχεία της βιβλιογραφίας και επομένως πρέπει να θεωρηθούν ως μια εκτίμηση των πραγματικών τιμών (Belitz *et al.*, 2007).

Πίνακας 8. Σύσταση κόκκων κρόκου αυγού και κλασμάτων πλάσματος.

ΚΛΑΣΜΑ	ΛΙΠΙΔΙΑ	ΠΡΩΤΕΙΝΗ	ΑΝΟΡΓΑΝΑ
Κρόκος	63,5	32,4	21,1
Κόκκοι	6,9	16,1	1,4
Λιποβιτελίνες(HDL)	3,5	12,3	
Φωσβιτίνη		4,6	
LDL	2,5	0,3	
Πλάσμα	59,3	13,9	1,5
Λιβετίνες		10,6	
Λιποβιτελλενίνες (LDL)	59,4	6,6	

2.6.1 Λιπίδια του κρόκου

Ο κρόκος του αυγού περιέχει 32,6% λιπίδια των οποίων η σύσταση παρουσιάζεται στον πίνακα 9. Αυτά τα λιπίδια απαντώνται όπου και οι λιποπρωτεΐνες που παρουσιάστηκαν παραπάνω, επομένως σχετίζονται στενά με τις πρωτεΐνες που απαντώνται στον κρόκο. Η σύσταση των λιπιδίων σε λιπαρά οξέα εξαρτάται από την αντίστοιχη σύσταση της ζωοτροφής. Ωστόσο, ποικίλλει πολύ ο βαθμός στον οποίο δεσμεύονται συγκεκριμένα λιπαρά οξέα. Η προσθήκη στη ζωοτροφή λιπών πλούσιων σε λινελαϊκό οξύ, π.χ. σογιέλαιο, οδηγεί σε μεγάλη αύξηση αυτού του λιπαρού οξέος. Συγκριτικά, ίχνη μόνο του κύριου λιπαρού οξέος (10:0) του φοινικοκαρυδελαίου περνούν στον κρόκο του αυγού. Πολυακόρεστα ω-3 λιπαρά οξέα (20:5, 22:6) από ιχθυέλαια, εμφανίζονται στα λιπίδια του αυγού αλλά όχι σε αντίστοιχη αναλογία με την περιεκτικότητά τους στην ζωοτροφή. Το ίδιο ισχύει και για το (22:5). Επιπλέον έχει παρατηρηθεί ότι η σύσταση της ζωοτροφής σε λιπαρά οξέα, αντανακλάται καλύτερα στα τριγλυκερίδια των λιπιδίων του αυγού από ότι στα πολικά λίπη (Belitz et al., 2007).

Πίνακας 9. Λιπίδια κρόκου αυγού

ΚΛΑΣΜΑ ΛΙΠΙΔΙΩΝ	α	β
Τριακυλογλυκερόλες	66	
Φωσφολιπίδια	28	
Φωσφατιδυλο-χολίνη		73
Φωσφατιδυλο-αιθανολαμίνη		15,5
Λυσοφωσφατιδυλο-χολίνη		5,8
Σφιγγομυελίνη		2,5
Λυσοφωσφατιδυλο-αιθανολαμίνη		2,1
Πλασμαλόγιο		0,9
Φωσφατιδυλο-ινοσιτόλη		0,6
Χοληστερόλη, εστέρες χοληστερόλης και άλλων ενώσεων	6	

α Ως ποσοστό συνολικών λιπιδίων

β Ως ποσοστό κλάσματος φωσφολιπιδίων

2.7 Συζυγές λινελαϊκό οξύ (Conjugated Linoleic Acid- CLA)

Το συζυγές λινελαϊκό οξύ (CLA) είναι μία φυσική θρεπτική ουσία που ανακαλύφθηκε μόλις το 1987 από τον Dr. Michael Pariza, και σύμφωνα με τελευταίες έρευνες έχει βρεθεί ότι μπορεί να παίζει κάποιο ρόλο στην καταπολέμηση του καρκίνου, και στην αντιμετώπιση της παχυσαρκίας, (Haugen *et al.*, 2003). Ο όρος συζυγές λινελαϊκό οξύ εμφανίζεται να χρησιμοποιείται ως συλλογικός όρος, συμπεριλαμβανομένων όλων των δεκαοκταδιενοϊκών οξέων (C18:2) τα οποία έχουν ένα σύστημα συζυγών διπλών δεσμών. Θεωρητικά, μπορεί να περιέχει 14 ισομερή και κάθε ένα από αυτά έχει μια cis/trans ή trans/cis ή cis/cis ή trans/trans διαμόρφωση, για συνολικά 56 ισομερή. Εντούτοις, ο αρχικός όρος εμφανίζεται να έχει δημιουργηθεί για να περιλάβει μόνο εκείνα τα ισομερή που εμφανίζονται στα λίπη των μηρυκαστικών τα οποία παρουσιάζουν αντικαρκινικές ιδιότητες. Τα ισομερή αυτών των CLA είναι πιθανά παρόμοια με εκείνα που λαμβάνονται από τον αλκαλικό ισομερισμό του λινελαϊκού οξέος (Kramer *et al.*, 2001).

Το συζυγές λινελαϊκό οξύ βρίσκεται κυρίως στα τρόφιμα ζωικής προέλευσης, όπως γαλακτοκομικά προϊόντα και κάποια θαλασσινά. Τα προϊόντα πουλερικών περιέχουν χαμηλές συγκεντρώσεις συζυγούς λινελαϊκού οξέος, το κρέας και τα αυγά περιέχουν 0.9 και 0.6 mg CLA / g λίπους αντίστοιχα. Πληθώρα ισομερών θέσης και γεωμετρίας του συζυγούς λινελαϊκού οξέος έχουν αναφερθεί ως συστατικά των τροφών, αλλά το κύριο συστατικό που βρέθηκε σε τρόφιμα ζωικής προέλευσης είναι το ισομερές cis-9, trans-11 (Michaud, 2003).

Πίνακας 10. Τα ισομερή του συζυγές λινελαϊκού οξέος

Σύντομο όνομα	Συστηματικό όνομα
18:2 c9,t11 CLA	c9,t11 - δεκαοκταδιενοϊκό οξύ
18:2 t,t CLA	t,t- δεκαοκταδιενοϊκό οξύ
18:2 c,c CLA	c,c- δεκαοκταδιενοϊκό οξύ

(Ledoux *et al.*, 2005)

2.7.1 Δράση του Συζυγές λινελαϊκού οξέος

Οι σημαντικότερες δράσεις του συζυγές λινελαϊκού οξέος είναι οι εξής :

- περιορίζει την ανάπτυξη και συρρικνώνει το μέγεθος των καρκινικών κυττάρων (Pariza *et al.*, 2001),
- σκοτώνει τα προ-καρκινικά κύτταρα (Pariza *et al.*, 2001), διεγείρει το ανοσοποιητικό σύστημα (Gnadig *et al.*, 2001),
- μειώνει τις καρδιακές παθήσεις και πολεμάει το διαβήτη (Belury, 2002),
- μειώνει τα επίπεδα των τριγλυκεριδίων, της συνολικής και της LDL χοληστερόλης (Belury, 2002)
- έχει αντιοξειδωτική δράση (Belury, 2002).

Το συζυγές λινελαϊκό οξύ, αντίθετα με το απλό λινολεϊκό οξύ δεν είναι ένα απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για τον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά ο τρόπος δράσης του και κυρίως η αντικαρκινική του δράση το καθιστά "απαραίτητο". Η ποσότητα που χρειάζεται το σώμα μας δεν είναι μεγάλη και γενικά θα πρέπει να φτάνει σύμφωνα με

κάποιες συστάσεις, μόλις τα 3.5 g μέσα από τη διαίτα (McDonald, 2000; Watkins, 2003).

2.7.2 Εμπλουτισμός τροφίμων με ω-3 λιπαρά οξέα και συζυγές λινελαϊκό οξύ

Κλινικές έρευνες έχουν επιβεβαιώσει τη σημασία των ω-3 για τη φυσιολογική ανάπτυξη και λειτουργία του οργανισμού και τον έλεγχο χρόνιων παθήσεων. Επίσης είναι επιβεβαιωμένο πως οι πληθυσμοί κυρίως των αναπτυγμένων κοινωνιών καταναλώνουν σημαντικά χαμηλότερα ποσοστά ω-3 λιπαρών οξέων από αυτά που θεωρούνται απαραίτητα για τη διατήρηση της υγείας. Σε βιομηχανίες, πραγματοποιούνται συνδυασμένες προσπάθειες προκειμένου να αντιμετωπισθεί το διατροφικό έλλειμμα και υπάρχει μία τάση επιστροφής των ω-3 λιπαρών οξέων στον εμπλουτισμό των τροφίμων. Στόχος των παραπάνω είναι η επαναφορά της ισορροπίας μεταξύ ω-6 και ω-3 χρησιμοποιώντας τις παρούσες συνθήκες της αγοράς (Simopoulos, 1999).

Εκτός από τις πλούσιες πηγές σε ω-3 λιπαρά οξέα, υπάρχουν τροφές που είναι τεχνητά εμπλουτισμένες με ω-3 (π.χ. γάλα, γιαούρτι, αυγά, χυμοί) οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτευχθούν οι επιθυμητές βιοχημικές επιδράσεις τους, χωρίς την κατανάλωση συμπληρωμάτων ή αλλαγή των διαιτητικών συνηθειών των ατόμων (Schmidt *et al.*, 1999).

Η σύσταση αλιευμάτων, κρεάτων και αυγών εξαρτάται από την διατροφή του ζώου. Τα αυγά που παράγονται από κόττες ελευθέρως βοσκής καταναλώνουν μέρη άγριων φυτών με αποτέλεσμα να περιέχουν υψηλότερα ποσοστά ω-3 λιπαρών οξέων (Simopoulos, 2004). Οι ερευνητές επεμβαίνουν στη σύνθεση των ζωοτροφών σε μία προσπάθεια να αυξηθεί η περιεκτικότητα των αυγών, του γάλακτος, και του κρέατος σε ω-3 λιπαρά οξέα (Benito *et al.*, 2006). Τα ζώα που εκτρέφονται με τροφές εμπλουτισμένες με φύκη, ιχθυάλευρα ή ιχθυέλαια, συντελούν στην αύξηση των συγκεντρώσεων του εικοσαπεντανοϊκού και εικοσιδιεξανοϊκού οξέος στους ιστούς τους (π.χ. μύες και λέκιθος αυγών). Επιπλέον η σίτιση των ζώων με τροφές πλούσιες σε λιναρόσπορο ή έλαιο λιναρόσπορου, που είναι καλές πηγές του α-λινολενικού οξέος, οδηγούν στην αύξηση των ποσοτήτων στα αυγά, το γάλα, το χοιρινό κρέας και το κοτόπουλο (Svedová *et al.*, 2008).

Σημαντικά εμπόδια σε αυτήν την καινοτόμο τεχνολογία είναι η τάση αυτών των λιπαρών οξέων για οξειδωση και η προστιθέμενη δαπάνη του εμπλουτισμού των ζωικών τροφών με πηγές ω-3 λιπαρών οξέων. Μεταξύ των ζωικών προϊόντων που εμπλουτίζονται με ω-3 λιπαρά οξέα, τα αυγά είναι προς το παρόν τα κύρια διαθέσιμα προϊόντα στην αγορά. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι ένα μεγάλο ποσοστό των ω-3 λιπαρών οξέων της διατροφής της όρνιθας μεταφέρεται στη λέκιθο των αυγών και ένα εμπλουτισμένο αυγό με ω-3 λιπαρά οξέα έχει σχεδόν ίδιο ποσοστό ω-3 λιπαρών οξέων με 85 g αλιευμάτων. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε α-τοκοφερόλη στην διατροφή μιας όρνιθας που εκτρέφεται με εμπλουτισμένη σε ω-3 τροφή, βοηθά στον έλεγχο της οξειδωσης και της δυσάρεστης γεύσης στα αυγά και το κρέας, αλλά αυξάνει και το κόστος της διατροφής (Kolanowski&Laufenberg, 2006).

Τα αυγά που παράγονται από όρνιθες που τρέφονται με συμβατική τροφή έχουν συνήθως συγκριτικά αυξημένη συγκέντρωση σε ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Με τροποποίηση της διατροφής, το ποσοστό των ω-3 λιπαρών οξέων μπορεί να αυξηθεί είτε άμεσα (χρησιμοποιώντας ιχθυέλαιο) είτε έμμεσα προσθέτοντας α-λινολενικό οξύ με την μορφή λιναρόσπορου. Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει το εικοσιδιεξανοϊκό οξύ το οποίο οξειδώνεται εύκολα κατά την διάρκεια του ψησίματος ή της αποθήκευσης λόγω του σχετικά υψηλού αριθμού των ακόρεστων δεσμών του. Αυτό μπορεί να αποτραπεί μερικώς με εμπλουτισμό του κρόκου με αντιοξειδωτικά όπως η βιταμίνη E (Guang-Hai *et al.*, 1998; Fidler *et al.*, 1999; Flachowsky, 2002).

Πολλά από τα πρόσφατα παραγόμενα τροποποιημένα αυγά έχουν εμπλουτισθεί με ω-3 λιπαρά οξέα και βιταμίνη E για προστασία των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων από οξειδωση. Αυγά αυτού του τύπου είναι ευρέως διαθέσιμα στην Ευρώπη, Ασία και Αυστραλία και είναι ο πιο συνηθής τύπος εμπλουτισμένου αυγού.

Εμπλουτισμένα αυγά με πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μπορεί να συσχετίζονται με δυσάρεστες οσμές και συγκεκριμένα με οσμές που θυμίζουν αλιεύματα. Παρόλα αυτά, αυτές μετριαζονται εάν οι όρνιθες λαμβάνουν λιγότερο από 1.5% υψηλής ποιότητας λίπος αλιευμάτων ή λιγότερο από 5% λιναρόσπορο (Chen *et al.*, 2007).

Ακόμη, προσπάθειες τροποποίησης των λιπαρών οξέων στο αυγό επικεντρώθηκαν σε μεθόδους που θα μείωναν τα επίπεδα χοληστερόλης ή θα διαφοροποιούσαν την αναλογία ω-3/ω-6 λιπαρών οξέων. Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στο αυγό μειώθηκε, είτε με την μείωση της μάζας του κρόκου του αυγού σε σύγκριση με ολόκληρο το αυγό (π.χ. μη εξειδικευμένη μείωση), είτε με την χρήση συμπληρωμάτων

στην διατροφή των ορνίθων. Δύο στρατηγικές έχουν υιοθετηθεί για παραγωγή των λεγόμενων αυγών με χαμηλή περιεκτικότητα σε χοληστερόλη:

- ❖ Η πρώτη βασίζεται στην μείωση της ποσότητας της χοληστερόλης στο αυγό, για παράδειγμα μειώνοντας το μέγεθος του κρόκου.
- ❖ Η δεύτερη βασίζεται στην διαφοροποίηση του προφίλ των λιπιδίων στον κρόκο.

Ο εμπλουτισμός των τροφίμων με συζυγές λινελαϊκό οξύ σαν λειτουργικό τρόφιμο πχ. στα αυγά, φαίνεται να είναι μία δυνατότητα για να προστατευτεί ο άνθρωπος από πολλές κοινές ασθένειες που έχουν επιπτώσεις στους πληθυσμούς στις αναπτυγμένες χώρες, όπως η παχυσαρκία, ο καρκίνος και η αρτηριοσκλήρυνση (Cherian *et al.*, 2002).

2.7.3 Μελέτες σχετικά με την περιεκτικότητα των λιπαρών οξέων στα αυγά

Σύμφωνα με μελέτες των Stibilj *et al.* (1999), υπολογίστηκε το ποσοστό των λιπαρών οξέων σε αυγά που είναι διαθέσιμα στην αγορά και είναι εμπλουτισμένα με ω-3 λιπαρά οξέα. Τα αποτελέσματά της μελέτης τους έδειξαν ότι τα εμπλουτισμένα αυγά έχουν διαφορετική σύνθεση λιπαρών οξέων σε σχέση με τα απλά. Η αναλογία των ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων στα εμπλουτισμένα αυγά πλησιάζει την τιμή 5/1 ενώ στα απλά αυγά η αναλογία είναι 12/1. Σημειώνεται επίσης ότι, το ποσοστό του αλινολενικού οξέος (C 18:3ω-3) δεν ήταν όμοιο στα εμπλουτισμένα αυγά των διαφορετικών εταιριών το οποίο βρέθηκε να κυμαίνεται από 1.25% μέχρι 11.28% κατά βάρος.

Οι Milinsk *et al.* (2003), μελέτησαν το προφίλ των λιπαρών οξέων σε όρνιθες όπου το πείραμά τους στηρίχθηκε στην διαφορετική εκτροφή τους. Πιο συγκεκριμένα έγινε σύγκριση τεσσάρων διαφορετικών διατροφών με διαφορετική σύνθεση λιπαρών οξέων. Η σύνθεση των λιπαρών οξέων έδειξε να επηρεάζεται ($P>0.05$) από την διαφορετικότητα της σίτισης τους. Τα σημαντικότερα αποτελέσματα των διατροφών παρατηρήθηκαν στα εξής λιπαρά οξέα: στεατικό, παλμιτικό, ελαϊκό, λινελαϊκό, αραχιδονικό και εικοσιδυοεξανοϊκό. Η προσθήκη επιπλέον λίπους στις διατροφές των ορνίθων επέτρεψε την παραγωγή αυγών υψηλότερης αναλογίας ω-6/ω-3 και PUFA/SFA σε σύγκριση με αυγά ορνίθων που ελέγχθηκαν χωρίς κάποιον εμπλουτισμό στην διατροφή τους. Το συμπέρασμα που προέκυψε ήταν ότι οι ποσότητες των

κορεσμένων και ακόρεστων λιπαρών οξέων στον κρόκο αυγών θα μπορούσαν μέσω διαιτητικών χειρισμών να αλλάξουν.

Οι Galobart *et al*, (2002) μελέτησαν την σίτιση ορνίθων με ηλιέλαιο και λίπος αλιευμάτων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση των ω-3 και ω-6 λιπαρών οξέων στα αυγά, ενώ η αναλογία τους ω-6/ω-3 ήταν 1/1. Επίσης, στις όρνιθες ακολουθήθηκε μία διατροφή στη οποία χορηγούνταν ποσότητα α-τοκοφερόλης. Η διατροφή αυτή δεν επηρέασε τη σύσταση των λιπαρών οξέων στα αυγά και η ποσότητά της έμεινε αμετάβλητη.

Οι Schreiner *et al*, (2004), μελέτησαν την επίδραση του ποσοστού των λιπαρών οξέων στα αυγά όταν οι όρνιθες σιτίστηκαν με λίπος αλιευμάτων και την μεταβολή που υφίστανται τόσο τα ω-3 όσο και τα ω-6 λιπαρά οξέα. Η διατροφή αυτή με εμπλουτισμό 1.25% λίπους αλιευμάτων οδήγησε στην αύξηση των ω-3 λιπαρών οξέων και στην μείωση του αραχιδονικού οξέος.

Οι Tesedo *et al*, (2006), σε μελέτη που έκαναν σε κρόκους αυγών, εξέφρασαν τα εξής συμπεράσματα όσον αφορά τα εξής λιπαρά οξέα: C16, C18, C18:1ω-9, και C18:2ω-6, όπου και αποτελούν το 90% περίπου του συνόλου των λιπαρών οξέων που περιέχεται στους κρόκους αυγών. Η στατιστική ανάλυση των λιπαρών οξέων έδειξε σημαντικές διαφορές οι οποίες σχετίζονται προέλευση και τον τύπο επεξεργασίας αυγών.

Επίσης, οι Guardiola *et al*, (2004), μελετήσανε την περιεκτικότητα των λιπαρών οξέων σε αυγά από διάφορα ορνιθοτροφεία μικρής και μεγάλης δυναμικότητας. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην περιεκτικότητα των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η αέρια χρωματογραφία και τα χρωματογραφήματα έδειξαν 29 κορυφές λιπαρών οξέων. Τα ποσοστά των ω-3 λιπαρών οξέων και πιο συγκεκριμένα του λινολενικού που βρέθηκε σε ποσοστό 0.6% , του εικοσιδιεξανοϊκού σε ποσοστό 1.2% και των ω-6 λιπαρών οξέων όπου το λινελαϊκό βρέθηκε σε ποσοστό 17% και το αραχιδονικό 2%. Υπήρξαν σημαντικές διαφορές στα συνολικά cis-MUFA, ω-6 PUFA, ποσοστά λιπαρών οξέων των αυγών διαφορετικών ορνιθοτροφείων. Ακόμη η αναλογία ω-6/ω-3 στα μικρής δυναμικότητας ορνιθοτροφεία ήταν καλύτερη απ' ότι στα μεγάλα. Το γενικό συμπέρασμα της μελέτης αυτής είναι ότι εκτρέφοντας τις όρνιθες με τροφή εμπλουτισμένη με συζυγές λινελαϊκό οξύ επηρεάζεται η τελική σύσταση των λιπαρών οξέων .

Οι Szymczk *et al*, (2003), μελέτησαν την περιεκτικότητα του συζυγούς λινελαϊκού οξέος. Χρησιμοποιήθηκαν πέντε διατροφές όπου χορηγήθηκαν σε ομάδες πτηνών

καθαρή ποσότητα συζυγούς λινελαϊκού οξέος 0, 5, 10, 15 και 20 g/Kg. Οι όρνιθες που ακολούθησαν τις διατριφές αυτές παρουσίασαν ραγδαία αύξηση όλων των ισομερών του συζυγούς λινελαϊκού οξέος ($P < 0.01$). Παρατηρήθηκε επίσης αύξηση των κορεσμένων λιπαρών οξέων ($P < 0.01$) και μείωση των μονοακόρεστων ($P < 0.01$). Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μειώθηκαν σημαντικά ($P < 0.01$). Τα πιο εντυπωσιακά αποτελέσματα παρατηρήθηκαν για το παλμιτικό και το στεατικό οξύ, τα οποία αυξήθηκαν από 23.6 σε 34 % και από 7.8 σε 18 %, αντίστοιχα. Αντιθέτως το ελαϊκό οξύ μειώθηκε από 45.8 στο 24.3%. Το λινελαϊκό και το α -λινολενικό οξύ μειώθηκαν σημαντικά ($P < 0.01$) από 14.2 σε 7.7 % και από 1.3 σε 0.3 %, αντίστοιχα.

Ομοίως και οι Watkins *et al*, (2003), παρουσίασαν αποτελέσματα σχετικά με το συζυγές λινελαϊκό οξύ και για το εικοσιδιεξανοϊκό οξύ και τη συμμετοχή τους στη σύνθεση λιπαρών οξέων των διαφορετικών ποικιλιών αυγών που μελετήθηκαν. Ο κρόκος των εμπλουτισμένων αυγών είχε υψηλότερα ποσοστά σε παλμιτικό και στεατικό οξύ, αλλά και χαμηλότερα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα σε σύγκριση με τα αυγά από την ομάδα ελέγχου. Το ποσοστό του συζυγούς λινελαϊκού οξέος ήταν το υψηλότερο στο κρόκο των εμπλουτισμένων αυγών και το εικοσιδιεξανοϊκό οξύ ενσωματώθηκε στα λιπίδια του κρόκου.

Οι Chamruspollert *et al*, (1999), μετρήσανε το ποσοστό των λιπαρών οξέων σε αυγά τα οποία κάθε φορά εμπλουτιζόντουσαν με συγκεκριμένη ποσότητα συζυγούς λινελαϊκού οξέος και έδειξαν ότι, όταν η ποσότητα αυτού αυξανόταν στην τροφή αυξανόταν και μέσα στο κρόκο. Πιο συγκεκριμένα οι όρνιθες σιτίστηκαν με τροφή αρχικά που είχε 0%, 0.5%, 2.5% και 5% συζυγούς λινελαϊκού οξέος και έπειτα από 11 ημέρες το ποσοστό του συζυγούς λινελαϊκού οξέος στον κρόκο είχε φτάσει αντίστοιχα το 0%, 0.82%, 5.82% και 11.20%. Ταυτόχρονα παρατηρήθηκε μείωση των λιπαρών οξέων ελαϊκού, λινελαϊκού, α -λινολενικού, αραχιδονικού και εικοσιδυοεξανοϊκού.

3. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός των λιπαρών οξέων σε δείγματα κρόκου αυγών, με απώτερο στόχο να διαπιστωθεί αν υπάρχει επίδραση της προέλευσης στην περιεκτικότητα λιπαρών οξέων στις κατηγορίες Συμβατικά, Βιολογικά, Ελευθέρως βοσκής και Ωμέγα-3. Τέλος να γίνει αξιολόγηση των σχέσεων SFA/MUFA/PUFA και ω -6/ ω -3 με βάση τον υπολογισμό του συνόλου σε κορεσμένα, μονοακόρεστα, πολυακόρεστα, ω -3 και ω -6 λιπαρά οξέα.

4. Πειραματικά Δεδομένα

4.1 Υλικά και συσκευές

4.1.1 Δείγματα αυγών

Για την συγκεκριμένη ερευνητική εργασία χρησιμοποιήθηκαν αυγά από τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες όπως συμβατικά, βιολογικά, ελευθέρως βοσκής και εμπλουτισμένα με ωμέγα-3 λιπαρά οξέα. Από κάθε κατηγορία αυγών εξετάστηκαν πέντε διαφορετικά δείγματα (πέντε διαφορετικοί κρόκοι αυγών). Η προμήθεια των συμβατικών, βιολογικών και εμπλουτισμένων με ωμέγα-3 αυγών έγινε από την αγορά της Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα από τα super market Αρβανιτίδης, Μασούτης, Μαρινόπουλος, Γαλαξίας, Άριστα και κατάστημα με βιολογικά προϊόντα. Τα αυγά ελευθέρως βοσκής ήταν προσφορά φίλων που εκτρέφουν όρνιθες στο σπίτι και συγκεκριμένα από τις περιοχές Κουφάλια, Δράμα, Ν. Πέλλας και Π. Πέλλας.

Πίνακας 11. Κατηγορίες αυγών

ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ	ΩΜΕΓΑ-3	ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ	ΕΛΕΥΘΕΡΑΣ ΒΟΣΚΗΣ
ΠΕΡΙΟΧΕΣ- ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΠΕΡΙΟΧΕΣ- ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΠΕΡΙΟΧΕΣ- ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΠΕΡΙΟΧΕΣ- ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ
ΟΡΕΙΝΟ	ΑΜΕΡ.ΓΕΩΡΓ.ΣΧΟΛΗΣ	ΟΡΕΙΝΟ	ΚΟΥΦΑΛΙΑ
ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ	ΧΡΥΣΑ	ΤΕΝΕΚΕΤΖΗ	ΠΡΟΣΟΤΣΑΝΗ
MEGA FARM	VI-ΩΜΕΓΑ 3	ΧΡΥΣΑ	ΠΗΓΕΣ ΜΑΡΑΣ
ΑΡΒΑΝΙΤΙΔΗΣ	EGG-PLUS	Κ/ΜΑ Β.ΟΛΓΑΣ	Ν. ΠΕΛΛΑΣ
ΗΛΙΑΔΗΣ	COLUMBS	BIO-BIO	Π. ΠΕΛΛΑΣ

4.1.2 Αντιδραστήρια

Χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω αντιδραστήρια:

- Εξάνιο (C_6H_{14}).

n-Hexane 95% for analysis- PANREAC.

- Χλωροφόρμιο ($CHCl_3$).

Chloroform pro-analysi-, MERCK.

- Μεθανόλη (CH_3OH).

Methanol pro-analysi- MERCK.

- Τριφθοριούχο Βόριο (CH_3BF_3O).

Boron trifluoride 14% in methanol, PS, PANREAC,

- Σκόνη άνυδρου θειϊκού νατρίου (Na_2SO_4).
- Κορεσμένο διάλυμα χλωριούχου νατρίου ($NaCl$).
- Μεθανολικό διάλυμα $NaOH$ 0,5 N.
- Υδατικό διάλυμα χλωριούχου μαγνησίου ($MgCl_2$) 0,2 M.
- Διάλυμα χλωριούχου νατρίου $NaCl$ 0,1%.
- Όλες οι αραιώσεις έγιναν με απιονισμένο νερό

4.1.3 Όργανα και σκεύη

- Φυγόκεντροι σωλήνες
- Ποτηράκια των 60 ml
- Ποτήρια ζέσεως των 500 ml
- Συσκευή ανάδευσης .

Framo-Geratetechnik, M21/1

- Μαγνητάκι ανάδευσης
- Αναλυτικός ζυγός

Electronic Balance, ER-18 OA, max 180 gr, d= 0,1 mg

- Μικροπιπέτες των 50-200 μ l

Micropipette, Socorex, Swiss made

- Φιάλες γυάλινες σφαιρικές εσφυρισμένες των 200 ml
- Σιφόνια μετρήσεως 1,5 ml
- Σιφόνια πλήρώσεως 5,10 ml

- Ογκομετρικοί σωλήνες 100,200 ml
- Φιαλίδια αέριου χρωματογράφου
- Φυγόκεντρος συσκευή
- Περιστροφικός εξατμιστήρας
- Φιάλη αερίου αζώτου (N₂)
- Συσκευή αέριου χρωματογράφου

GC SHIMADZU 17A

4.2 Μέθοδοι ανάλυσης

Για την εκχύλιση του λίπους από τα δείγματα κρόκου αυγών επιλέχτηκε η μέθοδος των Bligh and Dyer (Bligh and Dyer ,1959). Για την μετατροπή των λιπαρών οξέων, των εκχυλισθέντων λιπαρών υλών, σε μεθυλεστέρες (FAME) και την απομόνωση τους επιλέχτηκε η μέθοδος από το ISO 1980 τόμος 2.34 (International Standards Organisation). Για τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων από τους μεθυλεστέρες χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Αέριας Χρωματογραφίας.

4.2.1 Μέθοδος εκχύλισης του λίπους , μετατροπής και απομόνωσης των μεθυλεστέρων

Η μέθοδος εκχύλισης του λίπους χρησιμοποιείται για πάνω από τριάντα χρόνια. Το πρώτο έγγραφο για αυτή την μέθοδο δημοσιεύτηκε όπως και αναφέραμε πιο πάνω, το 1959. Η μέθοδος αυτή ανήκει στον Οργανισμό Επίσημων Χημικών Μεθόδων (Association of Official Agricultural Chemist method). Σύμφωνα με αυτή την μέθοδο πραγματοποιείται εκχύλιση του λίπους με φυγόκεντρήσεις και με την βοήθεια του χλωροφορμίου και της μεθανόλης που είναι διαλύτες των λιπών, ακολουθεί έπειτα απομάκρυνση των υπολλειμάτων διαλυτών με εξάτμιση και συμπύκνωση (Lento and Daugherty, 1980).

Για την μετατροπή και απομόνωση των λιπαρών οξέων σε μεθυλεστέρες (FAME) εφαρμόστηκε η μέθοδος μετεστεροποίησης από το ISO.

Τα εκχυλίσματα των λιπών σαπωνοποιήθηκαν με μεθανολικό διάλυμα NaOH και μετεστεροποιήθηκαν με μεθανολικό διάλυμα τριφθοριούχου Βορίου. Οι μεθυλεστέρες

εκχυλίστηκαν με εξάνιο σε κορεσμένο διάλυμα NaCl. Με την προσθήκη μεθανολικού διαλύματος NaOH επέρχεται σαπωνοποίηση του λίπους, τα τριγλυκερίδια διασπώνται σε λιπαρά οξέα τα οποία εξουδετερώνονται με το NaOH, έτσι παραλαμβάνονται τα λιπαρά οξέα ως σάπωνες. Με την προσθήκη τριφθοριούχου Βόριου, ο οποίος δρα ως καταλύτης, απομακρύνεται το Na και δημιουργούνται οι μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων (Beatriz et al., 1996).

4.3 Προετοιμασία δειγμάτων

Αρχικά διαχωρίζεται από τρία αυγά της ίδιας προελεύσεως, ο κρόκος από το λεύκωμα και εν συνεχεία μεταφέρεται σε γυάλινο ποτήρι ζέσεως. Ακολουθεί ανάδευση ώστε να ομογενοποιηθεί το δείγμα.

4.3.1 Διαδικασία εκχύλισης του λίπους

Σε αναλυτικό ζυγό, ζυγίστηκαν 5 g δείγματος και τοποθετήθηκαν σε φυγόκεντρο σωλήνα. Προστέθηκαν 5 ml χλωροφόρμιο (CHCl_3), 10 ml μεθανόλη (CH_3OH) και μια σταγόνα διαλύματος χλωριούχου μαγνησίου (MgCl_2) 0,2 M. Ακολούθησε ανάδευση για 2 min. Προστέθηκαν 5 ml χλωροφόρμιο και ακολούθησε ξανά ανάμιξη για άλλα 2 min. Εν συνεχεία προστέθηκαν 4,75 ml απιονισμένο νερό και ακολούθησε ανάμιξη για 30 s. Μετά την τρίτη ανάμιξη ο σωλήνας τοποθετήθηκε στην φυγόκεντρο συσκευή και το δείγμα φυγοκεντρήθηκε για 5 min στις 3500 στροφές (rpm). Από την δημιουργία των δύο στοιβάδων, ακολούθησε μετάγγιση της μη υδατικής στοιβάδας σε καθαρό φυγοκεντρικό σωλήνα. Στο υπερκείμενο υγρό (υδατική φάση) προστέθηκαν 10 ml CHCl_3 και ακολούθησε ανάμιξη για 2 min. Στην συνέχεια το δείγμα τοποθετήθηκε στην φυγόκεντρο συσκευή για 5 min στις 3500 στροφές. Μετά την δεύτερη φυγοκέντριση ακολούθησε ξανά μετάγγιση της μη υδατικής στοιβάδας στον ίδιο αρχικό φυγοκεντρικό σωλήνα που τοποθετήθηκε η αρχική στιβάδα της πρώτης μετάγγισης. Ακολούθησε ισχυρή ανάμιξη των δύο στοιβάδων και προσθήκη 10 ml NaCl 0,1% και ανάμιξη για 1 min. Το δείγμα τοποθετήθηκε στην φυγόκεντρο συσκευή και φυγοκεντρήθηκε για 5 min στις 3500 στροφές. Μετά την φυγοκέντριση η μη υδατική στοιβάδα υπέστη μετάγγιση σε καθαρό σωλήνα στον οποίο είχε προστεθεί

1,8 g σκόνη άνυδρου θειικού νατρίου. Ακολούθησε ισχυρή ανάμιξη και ηρεμία για 15 min.

● Εξάτμιση

Σε φιάλη σφαιρική εσφυρισμένη, προστέθηκε όλο το δείγμα και τοποθετήθηκε σε περιστροφικό εξάτμιστήρα με ρυθμισμένη την θερμοκρασία του υδρόλουτρου πάντα στους 80⁰ C. Ακολούθησε εξάτμιση μέχρι οι διαλύτες να μην αποστάζουν άλλο στο δοχείο συλλογής. Η πλήρης απομάκρυνση του διαλύτη πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια ρεύματος καθαρού αζώτου.

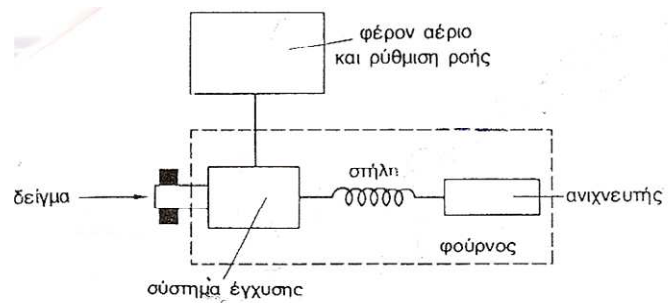
4.3.2 Μετεστεροποίηση

Σε υδρόλουτρο προσαρμόστηκε κάθετος ψυκτήρας και τοποθετήθηκε η σφαιρική φιάλη με το λίπος του δείγματος που παρελήφθη σύμφωνα με την διαδικασία της προηγούμενης παραγράφου. Από τον ψυκτήρα προστέθηκαν 7 ml μεθανολικό διάλυμα καυστικού νατρίου (NaOH) 0,5 N και 8 ml διάλυμα τριφθοριούχο βόριο ($\text{CH}_3\text{BF}_3\text{O}$) και ακολούθησε βρασμός για 2 λεπτά. Στην συνέχεια προστέθηκαν 5 ml εξάνιο (C_6H_{14}) και ακολούθησε βρασμός για άλλα 2 λεπτά. Ακολούθησε απομάκρυνση της φιάλης και μετάγγιση του δείγματος σε ογκομετρικό σωλήνα των 100 ml και προσθήκη 10 ml κορεσμένου διαλύματος χλωριούχου νατρίου (NaCl). Με την προσθήκη αυτού του διαλύματος επέρχεται η δημιουργία δύο στοιβάδων και μεταφορά των μεθυλεστέρων στην πάνω οργανική στοιβάδα.

Τέλος σε γυάλινο φιαλίδιο αέριου χρωματογράφου προστέθηκε 1 ml δείγματος από την στοιβάδα των μεθυλεστέρων και ελάχιστη ποσότητα σκόνης άνυδρου θειικού νατρίου και ακολούθησε τοποθέτηση στον καταμύκτη.

4.3.2 Προσδιορισμός λιπαρών οξέων με την μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας

Η ποσοτική σχέση των λιπαρών οξέων στις διάφορες λιπαρές ύλες προσδιορίζεται με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας. Η αέρια χρωματογραφία είναι μια μέθοδος διαχωρισμού ενός μίγματος στα συστατικά του, που λαμβάνει χώρα μεταξύ μιας υγρής ή μιας στερεάς στατικής φάσης και μιας αέριας κινούμενης φάσης μέσα σε στήλη. Πιο αναλυτικά η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στην ανάλυση πτητικών συστατικών που είναι όμως σταθερά σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. εστέρες λιπαρών οξέων). Συγκεκριμένα για τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων στα λίπη και έλαια το λιπαρό δείγμα υφίσταται μετεστεροποίηση όπου με την μορφή μεθυλεστέρων πραγματοποιείται ο διαχωρισμός τους. Η αέρια χρωματογραφία χρησιμοποιεί ειδική συσκευή, τον αέριο χρωματογράφο, τα βασικά στοιχεία του οποίου φαίνονται στο Σχήμα 14 (Βουδούρη & Κοντομηνά, 2000).



Σχήμα 14. Βασική διάταξη του αέριου χρωματογράφου (Βουδούρη&Κοντομηνά, 2000).

Το φέρον αέριο, το οποίο μεταφέρει τις προς διαχωρισμό ουσίες, θα πρέπει να είναι αδρανές και να μην αντιδρά με τη στατική φάση ή με τις προς ανάλυση ουσίες, από την φιάλη υψηλής πίεσης μέσα από ρυθμιστές παροχής, οδηγείται στην στήλη. Όλο το δείγμα που εισάγεται στον εισαγωγέα του αέριου χρωματογράφου απευθείας ή με αυτόματο δειγματολήπτη, παρασύρεται από το φέρον αέριο, κατά μήκος της στήλης όπου λαμβάνει χώρα ο διαχωρισμός των προς ανάλυση ουσιών. Τα κλάσματα των

συστατικών ανιχνεύονται στην συνέχεια από τον ανιχνευτή και τα σήματα καταγράφονται από το καταγραφικό ή οδηγούνται σε υπολογιστή (Rossell&Pritchard, 1991).

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε συσκευή αέριου χρωματογράφου μοντέλου GC SHIMADZU 17A, η στήλη που χρησιμοποιήθηκε ήταν τριχοειδής μήκους 30 m. εσωτερικής διαμέτρου 0,25 mm και εξωτερικής διαμέτρου 0,39 mm, επικαλυμμένης με φιλμ πάχους 0,20 mm από silica gel με ανιχνευτή FID. Το φέρον αέριο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ήλιο (He) με πίεση 82 KPa. Σαν βοηθητικά αέρια επίσης χρησιμοποιήθηκαν το υδρογόνο (H₂) με πίεση 60 KPa και αέρας με πίεση 50 KPa. Η εισαγωγή των δειγμάτων έγινε με τη χρήση αυτόματου δειγματολήπτη μοντέλου HT 310A. Τα σήματα της ανίχνευσης οδηγήθηκαν σε υπολογιστή και τα χρωματογραφήματα καταγράφηκαν και παρουσιάστηκαν μέσω του προγράμματος CSW32. Το θερμοκρασιακό πρόγραμμα ήταν ρυθμισμένο ως εξής:

Αρχική θερμοκρασία 150 °C → παραμονή για 5 min

Με ρυθμό αύξησης 5 °C/ min μέχρι τους 170 °C → παραμονή για 10 min

Με ρυθμό αύξησης 5 °C/ min μέχρι τους 220 °C → παραμονή για 20 min

Το θερμοκρασιακό πρόγραμμα ήταν ρυθμισμένο ως εξής:

Συνολικός χρόνος μεθόδου: 49 min.

4.3.3 Εφαρμογή της μεθόδου

4.3.3.1 Προετοιμασία των προτύπων διαλυμάτων

Σαν πρότυπα διαλύματα χρησιμοποιήθηκαν: το εξάνιο καθαρό και απαλλαγμένο από προσμίξεις και ένα μίγμα δύο διαφορετικών μειγμάτων πρότυπων ουσιών ώστε να γίνει ο προσδιορισμός και η ταυτοποίηση των λιπαρών οξέων. Τα δύο διαφορετικά μίγματα που χρησιμοποιήθηκαν σαν ένα μετά την ανάμιξη τους ήταν : α) της εταιρείας Alltech: 50 mg K3000 F.A.M.E MIX και β) της εταιρείας SUPELCO: 100 mg C14-C22 F.A.M.E MIX.

α) Alltech : δίνει 4 κορυφές :

- αραχιδικό οξύ m.e (C20:0) 2%
- βεγενικό οξύ m.e (C22:0) 2%

- αραχιδονικό οξύ m.e (C20:4) 10%
- DHA ω-3 οξύ m.e (C22:6) 10%

β) SUPELCO: δίνει 10 κορυφές:

- μυριστικό οξύ m.e (C14:0) 4%
- παλμιτικό οξύ m.e (C16:0)10%
- στεατικό οξύ m.e (C18:0) 6%
- ελαϊκό οξύ- cis m.e (C18:1)25%
- ελαιδικό οξύ-trans m.e(C18:1)10%
- λινελαικό οξύ- cis m.e (C18:2) 34%
- λινελαιδικό οξύ-trans m.e (C18:2) 2%
- λινολενικό οξύ-cis m.e (C18:3) 5%
- αραχιδικό οξύ m.e (C20:0) 2%
- βεγενικό οξύ m.e (C22:0) 2%

Σε 2 γυάλινα μπουκαλάκια των 1000 μl στα οποία έγιναν πολλαπλές πλύσεις με εξάνιο, προστέθηκε το καθαρό εξάνιο και το πρότυπο διάλυμα (MIX) ξεχωριστά στο καθένα και τοποθετήθηκαν στον αυτόματο δειγματολήπτη. Για την ταυτοποίηση του CLA χρησιμοποιήθηκαν δύο πρότυπα διαλύματα της εταιρείας LARODAN AB LEVIHAMNS GARDENS (SWEDEN). Το πρώτο πρότυπο περιείχε το (CLA) cis-9, trans-11 και το δεύτερο περιείχε το trans-10, cis-12 ισομερές του CLA .

4.3.3.2 Προετοιμασία των δειγμάτων

Πέντε δείγματα πάρθηκαν από τον καταψύκτη και σε αυτά έγινε αραίωση με 2 ml εξάνιο, ακολούθησε ισχυρή ανάδευση και μετάγγιση σε γυάλινα μπουκαλάκια των 1000 μl, τα οποία τοποθετήθηκαν στον αυτόματο δειγματολήπτη. Η διαδικασία αυτή ακολουθήθηκε και για τα υπόλοιπα δείγματα. Έχοντας τα πρώτα χρωματογραφήματα και έχοντας υπόψη την αρχική αραίωση διαπιστώθηκε ότι σε όλα τα δείγματα χρειαζόταν να γίνει περαιτέρω αραίωση. Έτσι εφαρμόστηκαν αραιώσεις με εξάνιο 1/50 από το ήδη αρχικό αραιωμένο μίγμα σε όλα τα δείγματα.

4.3.3.3 Διαδικασία προσδιορισμού των λιπαρών οξέων σε δείγματα κρόκου αυγών

Μετά την προετοιμασία των προτύπων και των δειγμάτων και την τοποθέτηση τους στον αυτόματο δειγματολήπτη, ορίστηκαν οι συνθήκες μέσω ενός προγράμματος ρυθμιζόμενο από τον αυτόματο δειγματολήπτη. Στην έναρξη της χρωματογραφικής ανάλυσης, τα πρώτα χρωματογραφήματα που εξήχθησαν ήταν το διάγραμμα του εξανίου και του πρότυπου διαλύματος. Με βάση τον χρόνο κατακράτησης (Reten.Time) και τον όγκο κατακράτησης (Area %), έγινε η ταυτοποίηση των λιπαρών οξέων του πρότυπου χρωματογραφήματος, που αποτέλεσε οδηγό για τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων των δειγμάτων. Η χρωματογραφική ανάλυση πραγματοποιήθηκε και για τα 20 δείγματα.

5. Αποτελέσματα

5.1 Σύσταση λιπών στις κατηγορίες κρόκου αυγών.

Χρησιμοποιήθηκαν πέντε δείγματα αυγών διαφορετικής προέλευσης της κατηγορίας Συμβατικά αυγά όπως Ορεινό, Νεοχωρούδα, Mega Farm, Αρβανιτίδης και Ηλιάδης, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο των πειραματικών δεδομένων. Στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας, που αναλύθηκε παραπάνω, στα δείγματα εφαρμόστηκε η χρωματογραφική ανάλυση με σκοπό τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων. Με την βοήθεια του πρότυπου χρωματογραφήματος έγινε ταυτοποίηση των λιπαρών οξέων στα πέντε δείγματα. Οι τιμές από τον όγκο κατακράτησης (Area %) για κάθε λιπαρό οξύ και στα πέντε χρωματογραφήματα, πάρθηκαν ως ποσοστά αυτών στο κάθε δείγμα. Εν συνεχεία υπολογίστηκε το άθροισμα των κορεσμένων, μονοακόρεστων, πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και των σχέσεων τους SFA/MUFA/PUFA καθώς το σύνολο των ω -3, ω -6 και η σχέση ω -6/ ω -3. Επίσης παρουσιάζεται το σύνολο των κορεσμένων, μονοακόρεστων, πολυακόρεστων, ω -3, ω -6 και ω -6/ ω -3 με τη μορφή ραβδογραμμάτων.

5.1.1 Αποτελέσματα της περιεκτικότητας λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Συμβατικά

Τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Συμβατικά παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα. 12.

Πίνακας 12. Κατανομή λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Συμβατικά.

ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ %	ΟΡΕΙΝΟ	ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ	MEGA FARM	ΑΡΒΑΝΙΤΙΔΗ	ΗΛΙΑΔΗ	Μ.Ο
C14	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,34
C16	24,4	24,4	20,2	23,8	24,6	23,48
C16:1	2,8	2,9	1,8	2,3	2,3	2,42
C18	8,5	8,8	8,4	9,2	9,4	8,86
C18:1 trans	-	-	-	-	-	-
C18:1 cis	40,6	36,7	38,8	39,0	34,7	37,96
C18:2 trans	2,8	-	-	2,1	1,8	1,34
C18:2 cis	10,3	18	20,5	17,3	18,6	30,16
C18:3	0,3	0,7	0,7	0,6	0,6	0,58
C20	-	-	-	-	-	-
C20:4	3,0	2,0	2,3	2,2	2,4	2,38
C22	-	-	-	-	-	-
C22:6	0,6	1,2	1,5	0,9	0,9	1,02
CLA (C18:2, trans10-cis12)	0,3	0,9	0,3	0,2	0,6	0,46
CLA (C18:2, cis9-11 trans)		-	-	-	-	
Άγνωστα	5,9	4,1	5,2	2,1	3,7	4,2

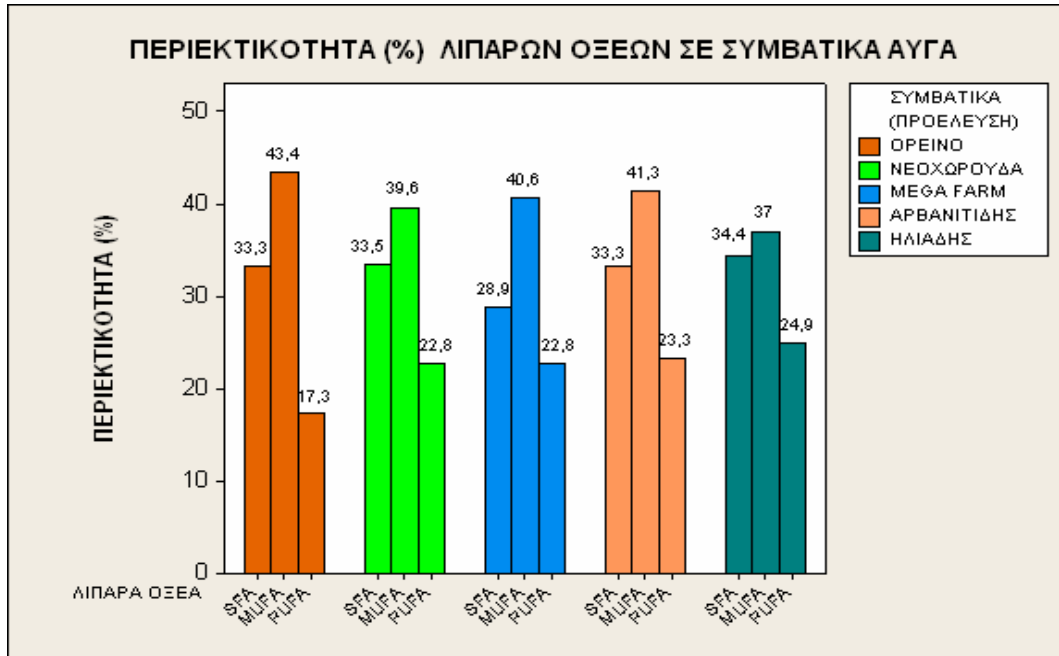
Στον Πίνακα 13. παρουσιάζεται το άθροισμα των SFA, MUFA, PUFA λιπαρών οξέων καθώς και των σχέσεων τους.

Πίνακας 13. Αποτελέσματα του συνόλου SFA, MUFA, PUFA λιπαρών οξέων και των σχέσεων SFA/MUFA/PUFA στα δείγματα της κατηγορίας Συμβατικά.

ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ				
	ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ(%)	ΜΟΝΟΑΚΟΡΕΣΤΑ(%)	ΠΟΛΥΑΚΟΡΕΣΤΑ(%)	SFA/MUFA/PUFA
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	SFA	MUFA	PUFA	
ΟΡΕΙΝΟ	33,3	43,4	17,3	2/2,5/1
ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ	33,5	39,6	22,8	1,5/2/1
MEGA FARM	28,9	40,6	22,8	1/2/1
ΑΡΒΑΝΙΤΙΔΗΣ	33,3	41,3	23,3	1,5/2/1
ΗΛΙΑΔΗΣ	34,4	37,0	24,9	1/1,5/1

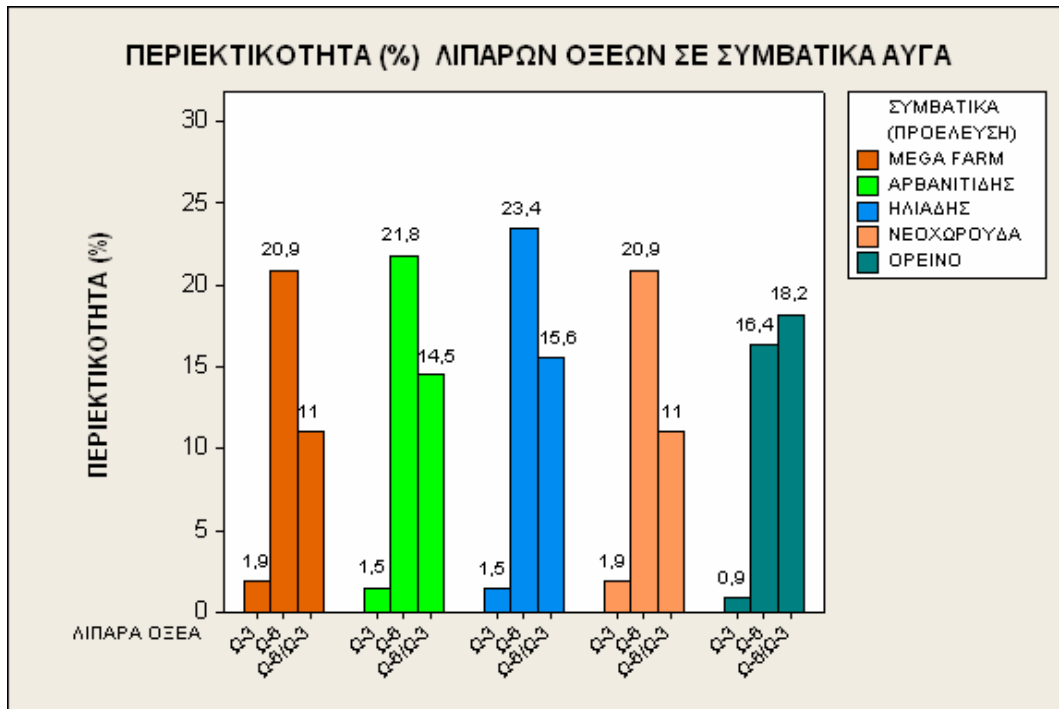
Τα ποσοστά των κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων για κάθε κατηγορία (Συμβατικά, Βιολογικά, Ελευθέρως βοσκής και Ωμέγα-3), περάστηκαν με την βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Minitab και κατασκευάστηκαν ραβδογράμματα (Bar charts) ώστε να ληφθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα για τις διακυμάνσεις των σχέσεων τους σε κάθε δείγμα.

Κατασκευάστηκαν δύο είδη ραβδογραμμάτων για τα δείγματα της κατηγορίας Συμβατικά, το πρώτο σχήμα περιλαμβάνει τα ποσοστά κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση και το δεύτερο ραβδόγραμμα παρουσιάζει το σύνολο των ω -3, ω -6 και ω -6 / ω -3.



Σχήμα 15. Παρουσίαση των κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Συμβατικά.

Στο Σχήμα 15. Παρατηρείται υψηλή περιεκτικότητα στα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα σε όλες τις προελεύσεις από 37 έως 43,4 %. Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα παρουσιάζουν μια περιεκτικότητα από 28,9 έως 34,4 %. Ενώ τα ποσοστά των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων κυμαίνονται από 17,3 έως 24,9 %.



Σχήμα 16. Παρουσίαση του συνόλου των ω-6, ω-3 και των σχέσεων ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Συμβατικά.

Σχήμα 16. Παρατηρείται υψηλή περιεκτικότητα στα ω-6 λιπαρά οξέα στα δείγματα της κατηγορίας συμβατικά τα οποία κυμαίνονται από 15,6 έως 23,4 %. Τα ω-3 λιπαρά οξέα παρουσιάζουν χαμηλή περιεκτικότητα σε όλες τις προελεύσεις της κατηγορίας συμβατικά από 0,9 έως 1,9 %. Οι σχέσεις ω-6/ω-3 παρουσιάζουν μια περιεκτικότητα από 11 έως 18,2 %, δίνουν πολύ υψηλές τιμές σε σύγκριση με την ιδανική αναλογία η οποία είναι 5/1.

5.1.2 Αποτελέσματα της περιεκτικότητας λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Ωμέγα-3.

Η δεύτερη κατηγορία αυγών εμπλουτισμένα με ω-3 λιπαρά οξέα περιλαμβάνει της προελεύσεις Αμερικάνικης Γεωργικής Σχολής, Χρυσά, Vi- ωμέγα-3, Egg-Plus και Columbs. Επίσης στα δείγματα εφαρμόστηκε χρωματογραφική ανάλυση με σκοπό τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων και πραγματοποιήθηκε η ταυτοποίησή τους. Υπολογίστηκε το άθροισμα των κορεσμένων, μονοακόρεστων, πολυακόρεστων

λιπαρών οξέων και των σχέσεων τους SFA/MUFA/PUFA καθώς το σύνολο των ω-3, ω-6 και η σχέση ω-6/ω-3. Με τη μορφή ραβδογραμμάτων παρουσιάζεται το σύνολο των κορεσμένων, μονοακόρεστων, πολυακόρεστων, ω-3, ω-6 και ω-6/ω-3. Από την ανάλυση προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Ωμέγα-3 παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα. 14.

Πίνακας 14. Κατανομή λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Ωμέγα-3.

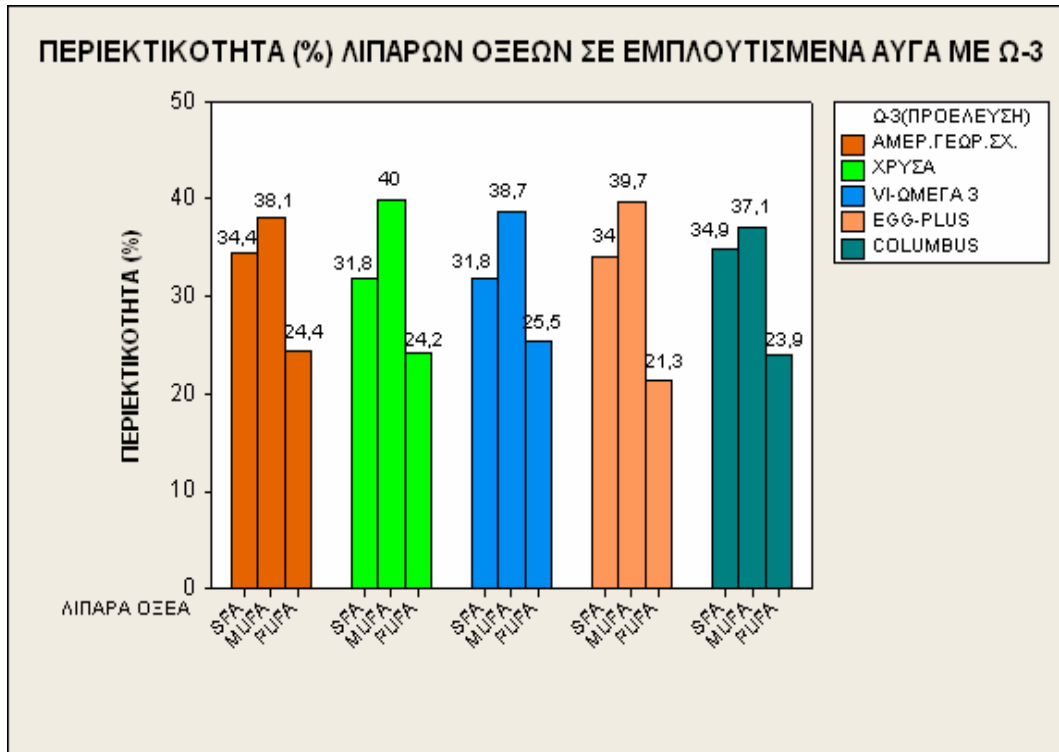
ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ %	ΑΜΕΡ.ΓΕΩΡ.ΣΧ.	ΧΡΥΣΑ	VI-ΩΜΕΓΑ 3	EGG- PLUS	COLUMBUS	M.O
C14	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3
C16	24	23,1	22,1	24,6	24,4	23,64
C16:1	2,1	2,0	1,8	2,3	2,0	2,04
C18	9,9	8,3	9,5	9,1	10,2	9,4
C18:1 trans	-	-	-	-	-	-
C18:1 cis	36,0	38,0	36,9	37,4	35,1	36,68
C18:2 trans	-	-	-	-	-	-
C18:2 cis	17,4	18,6	18,5	17,1	20,1	18,34
C18:3	0,8	1,0	3,1	0,7	0,8	1,28
C20	-	-	-	-	-	-
C20:4	2,4	1,3	1,5	1,9	1,8	1,78
C22	-	-	-	-	-	-
C22:6	1,3	2,2	2,1	1,3	0,9	1,56
CLA (C18:2, trans10- cis12)	0,4	1,1	0,3	0,3	0,3	0,48
CLA (C18:2, cis9- trans11)	-	-	-	-	-	-
Άγνωστα	3,1	4	4	5	4,1	4,04

Ομοίως η ίδια διαδικασία υπολογισμού εφαρμόστηκε και για τα δείγματα αυγών της κατηγορίας Ωμέγα-3. Στον Πίνακα 15. παρουσιάζεται το συνολικό ποσοστό των κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση.

Πίνακας 15. Αποτελέσματα του συνόλου SFA, MUFA, PUFA λιπαρών οξέων και των σχέσεων SFA/MUFA/PUFA στα δείγματα της κατηγορίας Ωμέγα-3.

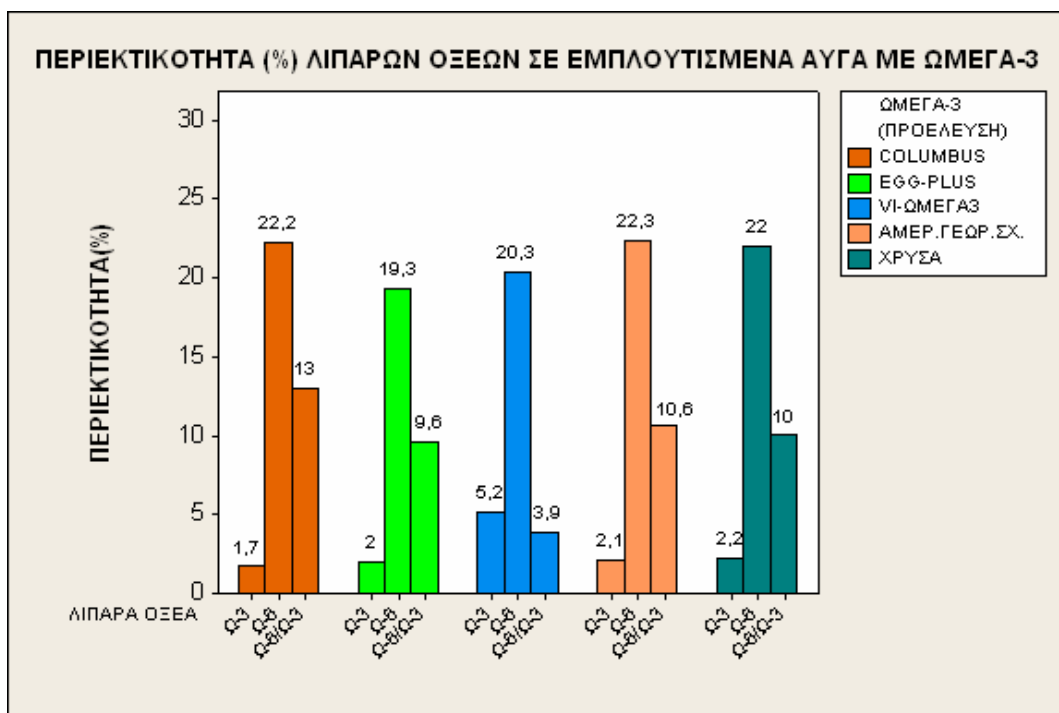
	ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ			
	ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ(%)	ΜΟΝΟΑΚΟΡΕΣΤΑ(%)	ΠΟΛΥΑΚΟΡΕΣΤΑ(%)	SFA/MUFA/PUFA
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	SFA	MUFA	PUFA	
ΑΜΕΡ.ΓΕΩΡ.ΣΧ.	34,4	38,1	24,4	1/1,5/1
ΧΡΥΣΑ	31,8	40	24,2	1/2/1
VI ΩΜΕΓΑ-3	31,8	38,7	25,5	1/1,5/1
EGG-PLUS	34	39,7	21,3	1,5/2/1
COLUMBUS	34,9	37,1	23,9	1,5/2/1

Κατασκευάστηκαν δύο είδη ραβδογραμμάτων για τα δείγματα της κατηγορίας Ωμέγα-3, το πρώτο σχήμα περιλαμβάνει τα ποσοστά κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση και το δεύτερο σχήμα περιλαμβάνει το σύνολο των ω-3, ω-6 και των ω-6/ω-3.



Σχήμα 17. Παρουσίαση των κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Ωμέγα-3.

Στο Σχήμα 17. Παρατηρείται υψηλή περιεκτικότητα στα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα σε όλες τις προελεύσεις από 37,1 έως 40 %. Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα παρουσιάζουν μια περιεκτικότητα από 31,8 έως 34,9 %. Ενώ τα ποσοστά των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων κυμαίνονται από 21,3 έως 25,5 %.



Σχήμα 18. Παρουσίαση του συνόλου των ω-6, ω-3 και των αναλογιών τους ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Ωμέγα-3.

Σχήμα 18. Παρατηρείται υψηλή περιεκτικότητα στα ω-6 λιπαρά οξέα στα δείγματα της κατηγορίας ωμέγα-3 η οποία κυμαίνεται από 19,3 έως 22,3 %. Τα ω-3 λιπαρά οξέα παρουσιάζουν χαμηλή περιεκτικότητα σε όλες τις προελεύσεις της κατηγορίας ωμέγα-3 από 1,7 έως 5,2 %. Οι σχέσεις ω-6/ω-3 παρουσιάζουν μια περιεκτικότητα από 3,9 έως 13 %. Η προέλευση νι-ωμέγα 3 παρουσιάζει την καλύτερη αναλογία γιατί είναι 5,2/1 επομένως αντιπροσωπεύει την ιδανική σχέση 5/1.

5.1.3 Αποτελέσματα της περιεκτικότητας λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Βιολογικά.

Στη τρίτη κατηγορία Βιολογικά αυγά περιλαμβάνονται οι προελεύσεις Ορεινό, Τενεκετζή, Χρυσά, Κ/μα Β. Όλγας και Βιο-Βιο. Ομοίως πραγματοποιήθηκε χρωματογραφική ανάλυση με σκοπό τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων και έγινε η ταυτοποίησή τους. Ακολούθησε υπολογισμός των κορεσμένων, μονοακόρεστων,

πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και των σχέσεων τους SFA/MUFA/PUFA καθώς το σύνολο των ω-3, ω-6 και η σχέση ω-6/ω-3. Τα αποτελέσματα του συνόλου των λιπαρών οξέων παρουσιάζονται με την μορφή ραβδογραμμάτων. Η ίδια διαδικασία εφαρμόστηκε και για τα δείγματα αυγών της κατηγορίας βιολογικά.

Τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Βιολογικά παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα. 16.

Πίνακας 16. Κατανομή λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Βιολογικά.

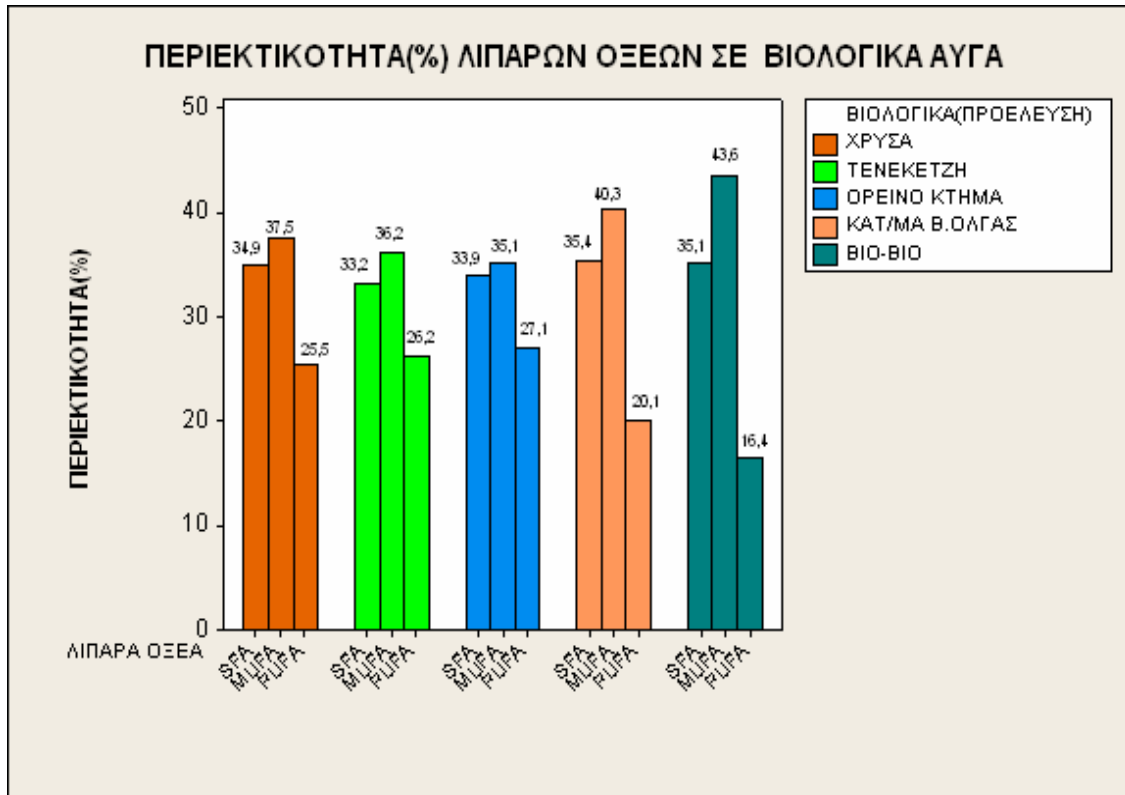
ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ	%	ΟΡΕΙΝΟ	ΤΕΝΕΚΕΤΖΗ	ΧΡΥΣΑ	ΚΑΤ/ΜΑ Β.ΟΛΓΑΣ	ΒΙΟ- ΒΙΟ	Μ.Ο
C14		0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,28
C16		23,5	23,3	23,6	24,1	24,6	23,82
C16:1		1,7	1,8	1,9	1,7	1,9	1,8
C18		11,2	9,6	10,0	10,5	10,5	10,36
C18:1 trans		-	-	-	-	-	-
C18:1 cis		35,8	34,4	33,2	33,0	38,4	34,96
C18:2 trans		-	-	-	-	-	-
C18:2 cis		21,2	21,0	22,3	22,3	16,4	20,64
C18:3		0,7	1,4	1,1	0,7	0,6	0,9
C20		-	-	-	-	-	-
C20:4		2,3	2,0	2,3	2,2	1,8	5,3
C22		-	-	-	-	-	-
C22:6		1,0	1,4	1,1	1,2	1	1,14
CLA (C18:2, trans10- cis12)		0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3
CLA (C18:2, cis9- trans-11)		-	-	-	-	-	-
Άγνωστα		2,1	4,4	3,9	3,8	4,2	3,68

Επίσης η ίδια διαδικασία υπολογισμού εφαρμόστηκε και για τα δείγματα αυγών της κατηγορίας Βιολογικά. Στον Πίνακα 17. παρουσιάζεται το συνολικό ποσοστό των κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση.

Πίνακας 17. Αποτελέσματα του συνόλου SFA, MUFA, PUFA λιπαρών οξέων και των σχέσεων SFA/MUFA/PUFA στα δείγματα της κατηγορίας Βιολογικά.

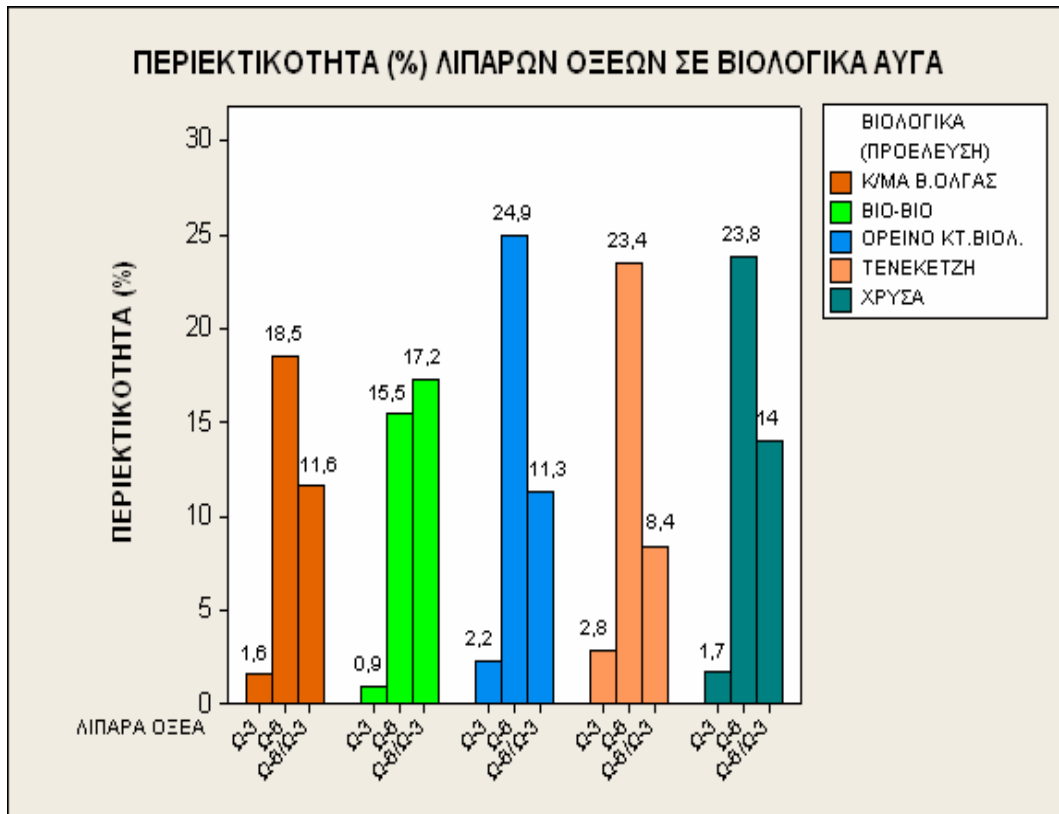
	ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ			
	ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ(%)	ΜΟΝΟΑΚΟΡΕΣΤΑ(%)	ΠΟΛΥΑΚΟΡΕΣΤΑ(%)	SFA/MUFA/PUFA
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	SFA	MUFA	PUFA	
ΧΡΥΣΑ	34,9	37,5	25,5	1/1,5/1
ΤΕΝΕΚΕΤΖΗ	33,2	36,2	26,2	1/1,5/1
ΟΡΕΙΝΟ ΚΤ.	33,9	35,1	27,1	1/1,5/1
ΚΑΤ/ΜΑ Β.ΟΛΓΑΣ	35,4	40,3	20,1	2/2/1
ΒΙΟ-ΒΙΟ	35,1	43,6	16,4	2/2,5/1

Κατασκευάστηκαν δύο είδη ραβδογραμμάτων για τα δείγματα της κατηγορίας Βιολογικά, το πρώτο σχήμα περιλαμβάνει τα ποσοστά κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση και το δεύτερο σχήμα περιλαμβάνει το σύνολο των ω-3, ω-6 και των ω-6/ω-3.



Σχήμα 19. Παρουσίαση των κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Βιολογικά.

Στο Σχήμα 19. Παρατηρείται υψηλή περιεκτικότητα στα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα σε όλες τις προελεύσεις από 35,1 έως 43,6 %. Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα παρουσιάζουν μια περιεκτικότητα από 33,2 έως 35,4 %. Ενώ τα ποσοστά των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων κυμαίνονται από 16,4 έως 27,1 %.



Σχήμα 20. Παρουσίαση του συνόλου των ω-6, ω-3 και των ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Βιολογικά.

Σχήμα 20. Παρατηρείται υψηλή περιεκτικότητα στα ω-6 λιπαρά οξέα στα δείγματα της κατηγορίας βιολογικά η οποία κυμαίνεται από 19,3 έως 22,3 %. Τα ω-3 λιπαρά οξέα παρουσιάζουν χαμηλή περιεκτικότητα σε όλες τις προελεύσεις της κατηγορίας βιολογικά από 0,9 έως 2,8 %. Οι σχέσεις ω-6/ω-3 παρουσιάζουν μια περιεκτικότητα από 8,4 έως 17,2 %. Καμία από τις αναλογίες δεν πλησιάζει την ιδανική.

5.1.4 Αποτελέσματα της περιεκτικότητας λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Ελευθέρως βοσκής.

Η τέταρτη κατηγορία αυγά Ελευθέρως βοσκής περιλαμβάνει τις προελεύσεις Κουφάλια, Προσοτσάνη, Πηγές Μαράς, Ν. Πέλλας και Π. Πέλλας. Στα δείγματα εφαρμόστηκε χρωματογραφική ανάλυση με σκοπό τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων και πραγματοποιήθηκε η ταυτοποίησή τους. Υπολογίστηκε το σύνολο των

κορεσμένων, μονοακόρεστων, πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και των σχέσεων SFA/MUFA/PUFA καθώς το σύνολο των ω-3, ω-6 και η σχέση ω-6/ω-3. Τέλος παρουσιάζεται το σύνολο των λιπαρών οξέων με την μορφή ραβδογραμμάτων.

Τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Ελευθέρως βοσκής παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα. 18.

Πίνακας 18. Κατανομή λιπαρών οξέων σε κρόκο αυγών της κατηγορίας Ελευθέρως βοσκής.

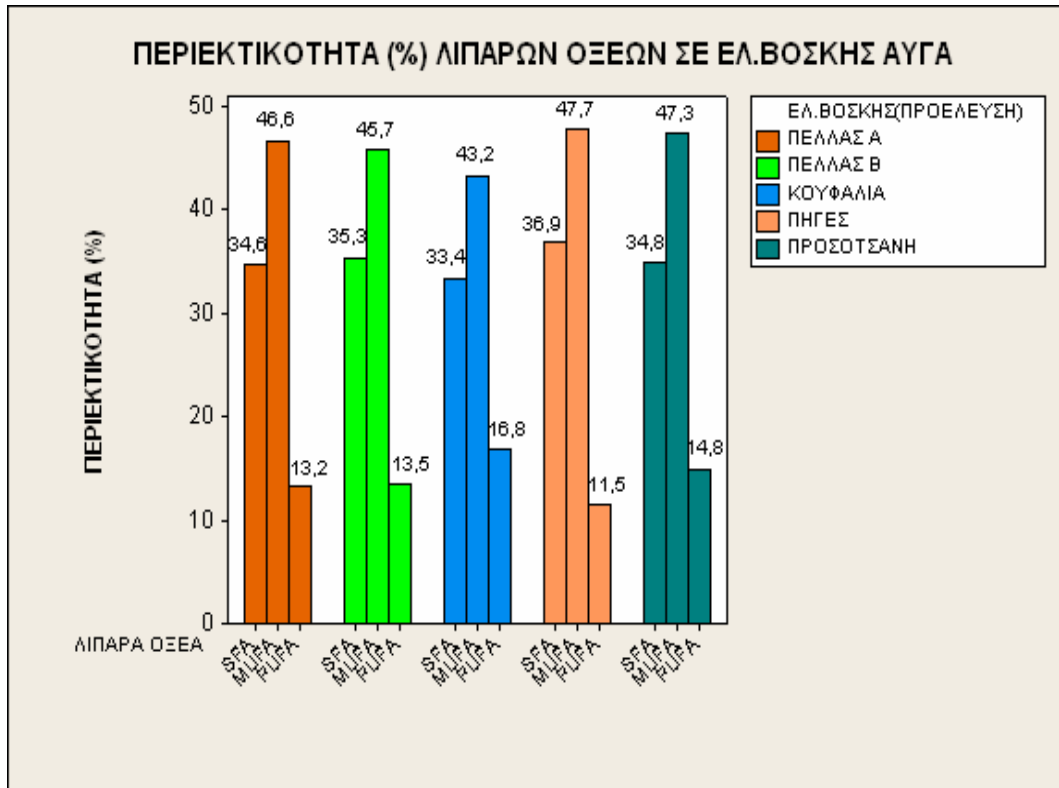
ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ %	ΚΟΥΦΑΛΙΑ	ΠΡΟΣΟΤΣΑΝΗ	ΠΗΓΕΣ ΜΑΡΑΣ	Ν.ΠΕΛΛΑ	Π.ΠΕΛΛΑ	Μ.Ο
C14	0,4	0,3	0,5	0,3	0,3	0,36
C16	24,5	24,6	23,4	24,7	25	24,44
C16:1	3,1	2,5	2,4	2,9	2,9	2,76
C18	9,7	10,4	9,5	11,9	9,5	10,2
C18:1 trans	-	-	-	-	-	-
C18:1 cis	43,5	43,2	40,8	44,8	44,4	43,34
C18:2 trans	-	-	-	-	-	-
C18:2 cis	9,0	9,6	11,8	7,8	9,4	9,52
C18:3	0,5	0,6	1,1	0,4	0,4	0,6
C20	-	-	-	-	-	-
C20:4	2,0	1,8	0,5	1,7	1,6	1,52
C22	-	-	-	-	-	-
C22:6	1,5	1,2	2,4	0,9	0,7	1,34
CLA (C18:2, trans10-cis12)	0,2	0,3	1,1	0,7	0,4	0,54
CLA (C18:2, cis9-trans11)	-	-	-	-	-	-
Άγνωστα	5,6	5,5	6,5	3,9	5,4	5,38

Τέλος η ίδια διαδικασία εφαρμόστηκε και για τα δείγματα αυγών της κατηγορίας Ελευθέρας Βοσκής. Στον Πίνακα 19. παρουσιάζονται τα ποσοστά των συνόλων των κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων των πέντε δειγμάτων της κατηγορίας Ελευθέρας Βοσκής.

Πίνακας 19. Αποτελέσματα του συνόλου SFA, MUFA, PUFA λιπαρών οξέων και των σχέσεων SFA/MUFA/PUFA στα δείγματα της κατηγορίας Ελευθέρας Βοσκής.

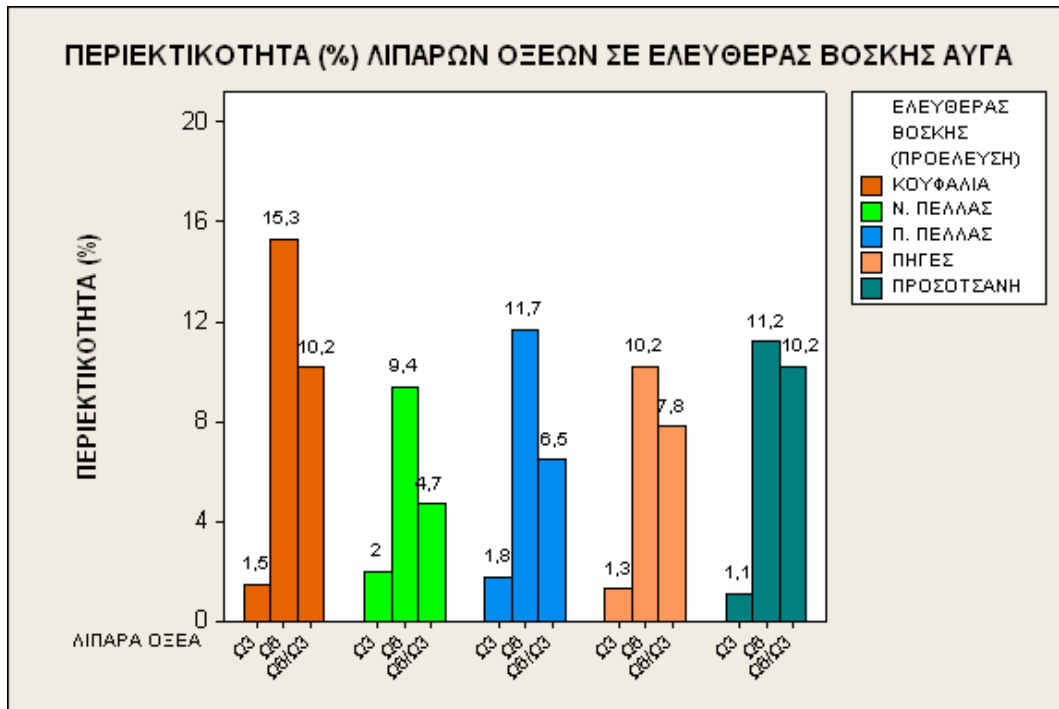
	ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ			
	ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ(%)	ΜΟΝΟΑΚΟΡΕΣΤΑ(%)	ΠΟΛΥΑΚΟΡΕΣΤΑ(%)	SFA/MUFA/PUFA
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	SFA	MUFA	PUFA	
N.ΠΕΛΛΑΣ	34,6	46,6	13,2	2,5/3,5/1
Π.ΠΕΛΛΑΣ	35,3	45,7	13,5	2,5/3,5/1
ΚΟΥΦΑΛΙΑ	33,4	43,2	16,8	2/2,5/1
ΠΗΓΕΣ	36,9	47,7	11,5	2,5/3/1
ΠΡΟΣΟΤΣΑΝΗ	34,8	47,3	14,8	3/4/1

Κατασκευάστηκαν δύο είδη ραβδογραμμάτων για τα δείγματα της κατηγορίας Ελευθέρως βοσκής, το πρώτο σχήμα περιλαμβάνει τα ποσοστά κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση και το δεύτερο σχήμα περιλαμβάνει το σύνολο των ω -3, ω -6 και των ω -6/ ω -3.



Σχήμα 21. Παρουσίαση των κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Ελευθέρως Βοσκής..

Στο Σχήμα 21. Παρατηρείται υψηλή περιεκτικότητα στα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα σε όλες τις προελεύσεις από 43,2 έως 47,7 %. Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα παρουσιάζουν μια περιεκτικότητα από 33,4 έως 36,9 %. Ενώ τα ποσοστά των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων κυμαίνονται από 11,5 έως 16,8 %.



Σχήμα 22. Παρουσίαση του συνόλου των ω-6, ω-3 και των ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων σε κάθε προέλευση της κατηγορίας Ελευθέρως βοσκής .

Σχήμα 22. Παρατηρείται υψηλή περιεκτικότητα στα ω-6 λιπαρά οξέα στα δείγματα της κατηγορίας ελευθέρως βοσκής η οποία κυμαίνεται από 9,4 έως 15,3 %. Τα ω-3 λιπαρά οξέα παρουσιάζουν χαμηλή περιεκτικότητα σε όλες τις προελεύσεις της κατηγορίας βιολογικά από 1,1 έως 1,8 %. Οι σχέσεις ω-6/ω-3 παρουσιάζουν μια περιεκτικότητα από 4,7 έως 10,2 %. Η σχέση 4,7/1 της προέλευσης Ν. Πέλλας είναι επιθυμητή διότι αντιπροσωπεύει την ιδανική αναλογία 5/1.

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα SFA, MUFA, PUFA και οι σχέσεις SFA/ MUFA/PUFA για όλες τις κατηγορίες αυγών όπου η ιδανική τιμή για την διατροφή είναι 1/2/1 ή 1/1/1.

Πίνακας 20. Αποτελέσματα του συνόλου SFA, MUFA, PUFA λιπαρών οξέων και των σχέσεων SFA/ MUFA/PUFA για όλες τις κατηγορίες αυγών.

		ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ		
ΣΥΝΟΛΟ %	ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ	ΩΜΕΓΑ-3	ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ	ΕΛΕΥΘΕΡΑΣ ΒΟΣΚΗΣ
ΣSFA	32,7	33,4	34,5	34,9
ΣMUFA	40,4	38,7	37,8	46,1
ΣPUFA	22,2	23,9	23,7	13,4
SFA/MUFA/PUFA	1.5/1.8/1	1.4/1.6/1	1.5/1.6/1	2.5/3/1

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ω-6, ω-3 και οι σχέσεις ω-6/ω-3 για όλες τις κατηγορίες αυγών όπου η ιδανική τιμή για την διατροφή είναι 5/1.

Πίνακας 21. Σύνολο των ω-6, ω-3 και των σχέσεων ω-6/ω-3 για όλες τις κατηγορίες αυγών.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	Ω-6(%)	Ω-3(%)	Σ Ω-6/Ω-3
ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ	20.7	1.54	13/1
ΩΜΕΓΑ-3	21.2	2.8	8/1
ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ	20.4	2.4	8/1
ΕΛΕΥΘΕΡΑΣ ΒΟΣΚΗΣ	11.6	1.5	7/1

6. Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων

6.1 Έλεγχος της επίδρασης του παράγοντα προέλευση στην περιεκτικότητα των λιπαρών οξέων της μεθόδου προσδιορισμού αέριας χρωματογραφίας.

Ο έλεγχος ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA), εφαρμόστηκε για να εξεταστεί η επίδραση των τεσσάρων κατηγοριών (Συμβατικά, Βιολογικά, Ελευθέρως βοσκής, Ωμέγα-3,) αυτών στην περιεκτικότητα του κάθε λιπαρού οξέος ξεχωριστά μεταξύ των επιπέδων των διαφορετικών προελεύσεων.

Εφόσον εξετάστηκε ότι ισχύουν οι προϋποθέσεις εφαρμογής της ανάλυσης της διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way Anova), δηλαδή η κανονικότητα και ομοιογένεια των διακυμάνσεων (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι), έγινε εφαρμογή του ελέγχου για όλα τα λιπαρά οξέα.

Χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος της ολικής ή πραγματικής σημαντικής διαφοράς του Tukey. Με τον έλεγχο αυτό διενεργούνται οι συγκρίσεις όλων των δυνατών συνδυασμών των μέσων των ομάδων ενός πειράματος. Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου είναι $H_0: \mu_A = \mu_B$ και η εναλλακτική $H_A: \mu_A \neq \mu_B$, όπου οι συμβολισμοί μ_A και μ_B υπονοούν ένα οποιοδήποτε ζεύγος μέσων για σύγκριση. Οι υπολογισμοί του ελέγχου έχουν ως εξής : κατάταξη των μέσων όρων των ομάδων κατά αυξανόμενο μέγεθος, σύγκριση του μέγιστου μέσου με τον κατώτατο μέσο, υπολογισμός της διαφοράς των μέσων που προκύπτει από κάθε ζεύγος σύγκρισης $X_A - X_B$.

6.1.1 Έλεγχος της επίδρασης του παράγοντα προέλευση στην περιεκτικότητα παλμιτελαϊκού οξέος.

Τα αποτελέσματα του ελέγχου Tukey συνοψίζονται στο σχήμα που ακολουθεί.

	Τελικό συμπέρασμα			
Φθίνουσα διάταξη	X4	X1	X2	X3
Μέσοι όροι	2,76	2,42	2,04	1,96
			
			

Τα δείγματα που βρίσκονται κάτω από την ίδια γραμμή είναι μεταξύ τους στατιστικά ίσα επομένως ισχύει $X_4=X_1$ και $X_1=X_2=X_3$. Έτσι προκύπτει ότι $X_4>X_2$, $X_4>X_3$ είναι οι μόνες στατιστικά σημαντικές διαφορές.

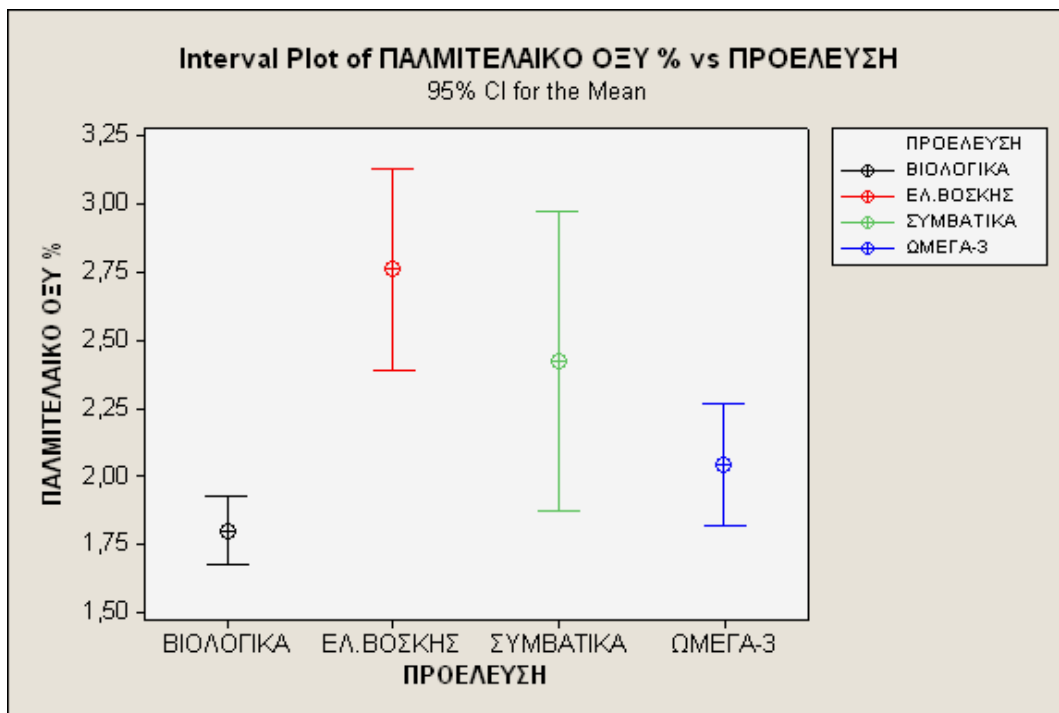
$X_4 \rightarrow$ Ελευθέρας βοσκής

$X_1 \rightarrow$ Συμβατικά

$X_2 \rightarrow$ Ωμέγα-3

$X_3 \rightarrow$ Βιολογικά

6.1.2 Παρουσίαση των μέσων όρων και τα 95% όρια εμπιστοσύνης για το παλμιτελαϊκό οξύ



Σχήμα 23. Μέσοι όροι και 95% όρια εμπιστοσύνης για το παλμιτελαϊκό οξύ

Σχήμα 23. Η τιμή $P < 0,05$, άρα υπάρχει διαφορά της περιεκτικότητας παλμιτελαϊκού οξέος στις κατηγορίες αυτών που έχουν εξεταστεί. Στο παλμιτελαϊκό οξύ ο μέσος όρος των δειγμάτων ελευθέρας βοσκής υπερτερεί σε σχέση με τους μέσους όρους των

υπολοίπων κατηγοριών επομένως υπάρχει σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα, ενώ στην κατηγορία Βιολογικά το παλμιτελαϊκό οξύ υπάρχει σε μικρότερη ποσότητα.

6.1.3 Έλεγχος της επίδρασης του παράγοντα προέλευση στην περιεκτικότητα ελαϊκού οξέος.

Τα αποτελέσματα του ελέγχου Tukey συνοψίζονται στο σχήμα που ακολουθεί.

	Τελικό συμπέρασμα			
Φθίνουσα διάταξη	X4	X1	X2	X3
Μέσοι όροι	43,34	37,96	36,68	35,81
			

Το δείγμα X4 παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς την περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ από τα άλλα. Οι ανισότητες που προκύπτουν είναι $X4 > X1$, $X4 > X2$, $X4 > X3$. Ενώ τα δείγματα X1, X2, X3 εμφανίζονται να είναι στατιστικά ίσα ως προς την περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ ($X1 = X2 = X3$).

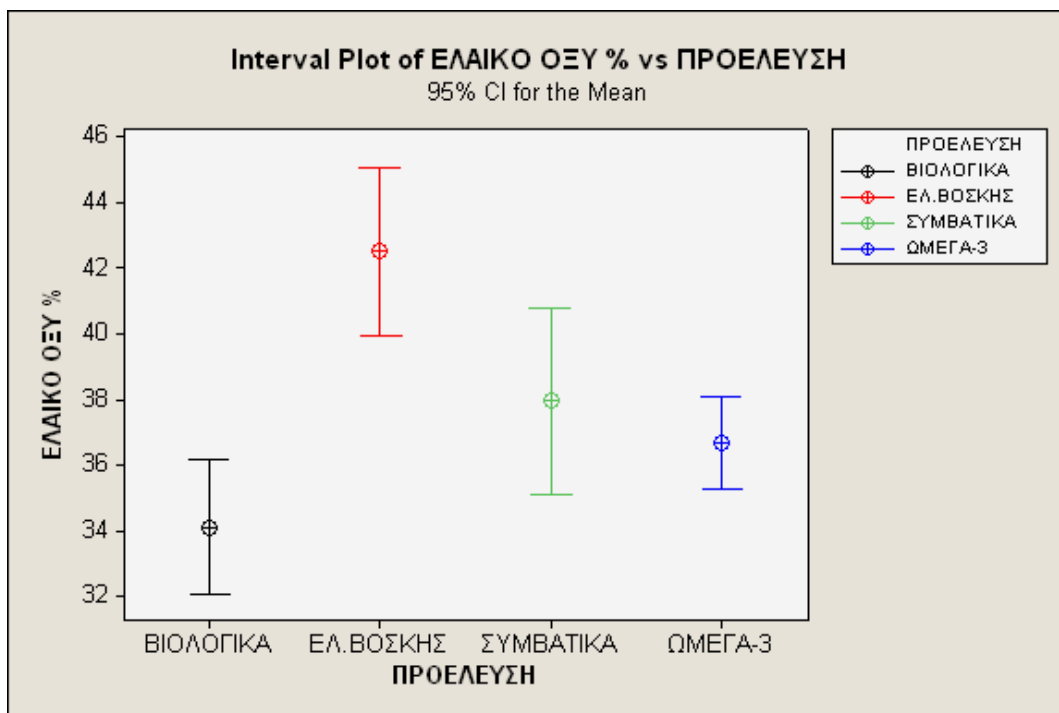
X4 → Ελευθέρας βοσκής

X1 → Συμβατικά

X2 → Ωμέγα-3

X3 → Βιολογικά

6.1.4 Παρουσίαση των μέσων όρων και τα 95% όρια εμπιστοσύνης για το ελαϊκό οξύ



Σχήμα 24. Μέσοι όροι και 95% όρια εμπιστοσύνης για το ελαϊκό οξύ

Σχήμα 24. Η τιμή $P < 0,05$, άρα υπάρχει διαφορά της περιεκτικότητας ελαϊκού οξέος στις κατηγορίες αυγών που έχουν εξεταστεί. Η κατηγορία ελευθέρως βοσκής εμφανίζει τον μεγαλύτερο μέσο όρο επομένως έχει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες αυγών. Ενώ η κατηγορία Βιολογικά παρουσιάζει τον μικρότερο μέσο όρο.

6.1.5 Έλεγχος της επίδρασης του παράγοντα προέλευση στην περιεκτικότητα λινοελαϊκού οξέος.

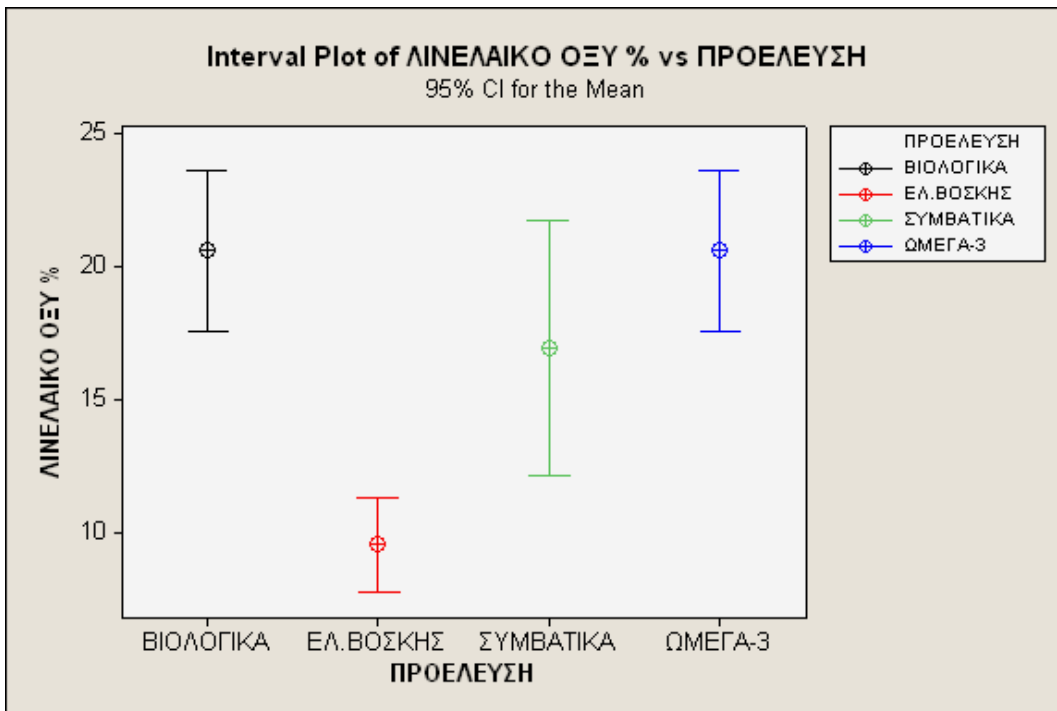
Στο σχήμα που ακολουθεί κατατάσσονται τα δείγματα με φθίνουσα σειρά ως προς την περιεκτικότητα σε λινοελαϊκό οξύ. Τα αποτελέσματα του ελέγχου Tukey συνοψίζονται στο σχήμα που ακολουθεί.

Τελικό συμπέρασμα				
Φθίνουσα διάταξη	X3	X2	X1	X4
Μέσοι όροι	19,35	18,34	16,94	9,52
.....				

Όπως προκύπτει από το Tukey-test τα δείγματα X3,X2,X1 εμφανίζουν στατιστικά ίση περιεκτικότητα σε λινελαϊκό οξύ ($X3=X2=X1$) ενώ το δείγμα X4 εμφανίζει στατιστικά μικρότερη περιεκτικότητα σε λινελαϊκό οξύ από τα άλλα δείγματα έτσι ισχύουν οι ανισότητες $X3>X4$, $X2>X4$, $X1>X4$.

- X3 → Βιολογικά
- X2 → Ωμέγα-3
- X1 → Συμβατικά
- X4 → Ελευθέρας βοσκής

6.1.6 Παρουσίαση των μέσων όρων και τα 95% όρια εμπιστοσύνης για το λινελαϊκό οξύ



Σχήμα 25. Μέσοι όροι και 95% όρια εμπιστοσύνης για το λινελαϊκό οξύ

Σχήμα 25. Η τιμή $P < 0,05$, άρα υπάρχει διαφορά της περιεκτικότητας λινελαϊκού οξέος στις κατηγορίες αυγών που έχουν εξεταστεί. Στο λινελαϊκό οξύ ο μέσος όρος των βιολογικών δειγμάτων υπερτερεί σε σχέση με τους μέσους όρους των υπολοίπων κατηγοριών επομένως υπάρχει σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα, ενώ στην κατηγορία Ελευθέρως βοσκής το λινελαϊκό οξύ υπάρχει σε μικρότερη περιεκτικότητα.

7. Συζήτηση των αποτελεσμάτων

Συγκρίνοντας το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων, παρατηρείται ότι σε όλες τις κατηγορίες το ποσοστό δεν παρουσιάζει διαφορές και είναι σε όλες περίπου το ίδιο. Παρόμοιο είναι και το συμπέρασμα για τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα όπου στο σύνολό τους δεν υπάρχει κάποια σημαντική διαφορά, εκτός από την κατηγορία Ελευθέρως βοσκής όπου όπως προαναφέρθηκε για το ελαϊκό οξύ η περιεκτικότητα είναι μεγαλύτερη. Όσον αφορά τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα παρατηρήθηκαν διαφορές ανάμεσα στις κατηγορίες αυγών. Τα βιολογικά αυγά είναι αυτά που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και ακολουθούν οι κατηγορίες ωμέγα-3, Συμβατικά και τέλος τα Ελευθέρως βοσκής.

Σχετικά με την αναλογία SFA/MUFA/PUFA στις κατηγορίες Συμβατικά, Βιολογικά και ωμέγα-3 παρατηρείται μια ισορροπία στην σχέση των λιπαρών οξέων και αυτό φαίνεται από τις τιμές των σχέσεων τους οι οποίες είναι 1.5/1.8/1, 1.5/1.6/1, 1.4/1.6/1 αντίστοιχα. Η αναλογία στη κατηγορία Ελευθέρως βοσκής είναι 2.5/3/1, παρόλο που έχει υψηλή τιμή για τα κορεσμένα λιπαρά οξέα, αξιολογείται ως καλύτερη σε σύγκριση με τα άλλα αυγά, λόγω του ότι η τιμή των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων είναι αρκετά υψηλή συγκρινόμενη με την επιθυμητή σχέση 1/2/1.

Όσον αφορά την ιδανικότερη αναλογία ω-6/ω-3 καμία από τις κατηγορίες των αυγών δεν πλησιάζει προς την ιδανική σχέση η οποία είναι 5/1. Ωστόσο η κατηγορία Ελευθέρως βοσκής εμφανίζει την μικρότερη αναλογία 7/1 η οποία αντιπροσωπεύει την ιδανική σχέση και είναι υψηλότερης διατροφικής αξίας. Ενώ η κατηγορία Συμβατικά παρουσιάζει την υψηλότερη αναλογία με τιμή 13/1 και θεωρείται χαμηλής διατροφικής αξίας.

Η περιεκτικότητα σε ελαϊκό και παλμιτελαϊκό οξύ βρέθηκε μεγαλύτερη στη κατηγορία ελευθέρως βοσκής σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες αυγών.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν στο ποσοστό του λινελαϊκού οξέος, συγκεκριμένα τα αυγά ελευθέρως βοσκής έχουν το μικρότερο ποσοστό λινελαϊκού οξέος, ενώ παράλληλα διαφέρουν ως προς το ποσοστό τα βιολογικά και τα ωμέγα-3.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας με αυτά άλλων ερευνητών έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής: βρέθηκαν ομοιότητες με την επιστημονική εργασία των Guardiola *et al*, 1994 σύμφωνα με τους οποίους το ποσοστό του

λινολενικού οξέος στα ελευθέρως βοσκής αυγά ανέρχεται σε 0.6% όπως και στα αποτελέσματα που προέκυψαν από την δική μας εργασία.

Οι Cherian *et al*, 2002, δεν βρίσκουν διαφορές στο σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων μεταξύ των συμβατικών αυγών και ελευθέρως βοσκής, ενώ στην εργασία μας τα ελευθέρως βοσκής αυγά παρουσιάζουν μεγαλύτερο ποσοστό μονοακόρεστων λιπαρών οξέων. Διαφορές επίσης παρατηρούνται σχετικά με τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα όπου τα συμβατικά αυγά έχουν μεγαλύτερο ποσοστό από τα ελευθέρως βοσκής (22.2 % έναντι 13.4 % αντίστοιχα).

Διαφορές παρατηρούνται με την έρευνα των Schreiner *et al*, 2004 όπου τα εμπλουτισμένα αυγά οδηγούν σε αύξηση του ποσοστού των ω-3 λιπαρών οξέων και ταυτόχρονα την μείωση του ποσοστού του αραχιδονικού οξέος. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την κατηγορία ωμέγα-3 της πτυχιακής μας εργασίας παρουσιάζουν υψηλή περιεκτικότητα σε ω-3 λιπαρά οξέα και χαμηλό ποσοστό αραχιδονικού οξέος .

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των Stibilj *et al*, 1999 η οποία εστιάζεται στην σχέση ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων που βρέθηκε να είναι περίπου 5 στα ωμέγα-3 και περίπου 10 στα συμβατικά σε αντίθεση με την δική μας εργασία στην οποία βρέθηκαν 8 και 13 αντίστοιχα.

Ομοιότητες βρέθηκαν στα αποτελέσματα της πτυχιακής εργασίας (Ανθή&Παπαγιάννη,2008) σε σχέση με την παρούσα εργασία, κατά την οποία το ποσοστό του ελαϊκού οξέος είναι 41,12 % στα αυγά ελευθέρως βοσκής όπως επίσης και στα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, όπου εμφανίζεται σε μεγαλύτερο ποσοστό με 43,34 %. Η περιεκτικότητα του λινελαϊκού οξέος ανέρχεται σε χαμηλότερο ποσοστό με 10,34 και 9,52 % αντίστοιχα. Επίσης η περιεκτικότητα των κορεσμένων λιπαρών οξέων είναι η ίδια σε όλες τις κατηγορίες αυγών με 33,78 %. Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανά ποικιλία αυγού με τα βιολογικά αυγά να έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό το οποίο είναι 23,5 και 23,7 % αντίστοιχα. Σε αντίθεση με το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στην κατηγορία ελευθέρως βοσκής βρέθηκε 14,44 και 13,4 %. Την βέλτιστη σχέση SFA/MUFA/PUFA έχουν τα βιολογικά αυγά με 1,5/1,6/1 και στις δύο εργασίες, χωρίς βέβαια να είναι η ιδανική. Ωστόσο καλή θεωρείται και αυτή των ελευθέρως βοσκής με 2,5/3/1. Η κατηγορία συμβατικά αυγά εμφανίζει την ακαταλληλότερη σχέση ω-6/ω-3 με 10/1 και 13/1 αντίστοιχα. Ενώ η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ των δύο εργασιών είναι ότι η κατηγορία Χρυσά αυγά παρουσιάζει την καλύτερη σχέση 5.6/1

σε αντίθεση με την παρούσα εργασία κατά την οποία η κατηγορία ελευθέρως βοσκής εμφανίζει την ιδανικότερη σχέση ω -6/ ω -3 με τιμή 7/1.

8. Συμπεράσματα

Από όλα όσα προαναφέρθηκαν προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα έχουν την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε όλες τις κατηγορίες αυγών.
2. Το ποσοστό των κορεσμένων λιπαρών οξέων είναι το ίδιο σε όλες τις κατηγορίες.
3. Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανά ποικιλία αυγού με τα βιολογικά αυγά να έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό σε αντίθεση με τα ελευθέρως βοσκής που έχουν το μικρότερο.
4. Την βέλτιστη (σύμφωνα με τον WHO, 2005) αναλογία SFA/MUFA/PUFA την έχουν τα βιολογικά αυγά χωρίς βέβαια να είναι η ιδανική. Ωστόσο, καλή θεωρείται και αυτή των ελευθέρως βοσκής.
5. Τα ελευθέρως βοσκής αυγά έχουν την καλύτερη (Simopoulos, 2008) αναλογία ω-6/ω-3 ενώ η κατηγορία Συμβατικά εμφανίζει την ακαταλληλότερη αναλογία από άποψη διατροφικής αξίας.
6. Το ποσοστό του ελαϊκού οξέος βρέθηκε υψηλότερο στα αυγά ελευθέρως βοσκής.
7. Το ποσοστό του λινελαϊκού οξέος είναι χαμηλότερο στα αυγά ελευθέρως βοσκής.
8. Το ποσοστό του παλμιτελαϊκού οξέος είναι υψηλότερο στα αυγά ελευθέρως βοσκής.
9. Βρέθηκαν ομοιότητες και διαφορές με άλλες επιστημονικές εργασίες καθώς και με την πτυχιακή εργασία (Ανθή&Παπαγιάννη, 2008) όσον αφορά τα παραπάνω συμπεράσματα στοιχείο που επιβεβαιώνει την μεγάλη μεταβλητότητα της σύνθεσης του λίπους των αυγών ανάλογα με την διατροφή των πτηνών.

9. Βιβλιογραφία Ξενόγλωσση

Ⓔ Beatriz, M., Oliveira P., Margarida P. and Ferreira A. (1996). ‘ Capillary Gas Chromatographic Evaluation of Trans-Fatty Acid Content of Food Produced Under the Traditional Conditions of Semi-Industrial Frying’ *Journal High Resol. Chromatogr.*, **19**, 180-182.

Ⓔ Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P., 2007. Αυγά στην: Χημεία Τροφίμων, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, σ. 1055-1069.

Ⓔ Belury, M.A. (2002). Dietary Conjugated Linoleic Acid in Health: Physiological Effects and Mechanisms of Action .*Annual Review of Nutrition*, **22**, 505-531.

Ⓔ Benito, P., Caballero, J., Moreno, J., Gutiérrez-Alcántara, C., Muñoz, C., Rojo, G., Garcia, S., and Soriguer, F.C. (2006). Effects of milk enriched with omega-3 fatty acid, oleic acid and folic acid in patients with metabolic syndrome. *Clinical Nutrition*, **25(4)**, 581-587.

Ⓔ Blich, E.G., and Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **37**, 911-917.

Ⓔ Chamruspollert, M., and Sell, J.L. (1999). Transfer of Dietary Conjugated Linoleic Acid to Egg Yolks of Chickens. *Poultry Science*, **78 (8)**, 1138-1150.

Ⓔ Chen, J.Y., Latshaw, J. D., Lee, H. O., and Min, D. B. (2007). α -Tocopherol Content and Oxidative Stability of Egg Yolk as Related to Dietary α -Tocopherol. *Journal of Food Science*, **63(5)**, 919-922.

Ⓔ Cherian, G., Holsonbake, T.B., and Goeger, M.P. (2002). Fatty Acid Composition and Egg Components of Specialty Eggs. *Poultry Science*, **81 (1)**, 30-33.

Ⓔ Fidler, N., Sauerwald, T., Demmelmair, H., Pohl, A., and Koletzko, B. (1999). Oxidation of an Oil Rich in Docosahexaenoic Acid Compared to Linoleic Acid in Lactating Women. *Journal of Nutrition Metabolic Disease and Metabolism*, **43(6)**, 339-345.

Ⓔ Flachowsky, G., Engelman, D., Sünder, A., Halle, I., and Sallmann, H. P. (2002). Eggs and poultry meat as tocopherol sources in dependence on tocopherol supplementation of poultry diets. *Food Research International*, **35(2-3)**, 239-243.

Ⓔ Franczyk-Zarów, M., Kostogryś, R.B., Szymczyk, B., Jawień, J., Gajda, M., Cichocki, T., Wojnar, L., Chlopicki, S., and Pisulewski, P.M. (2008). Functional effects of eggs, naturally enriched with conjugated linoleic acid, on the blood lipid profile,

development of atherosclerosis and composition of atherosclerotic plaque in apolipoprotein E and low-density lipoprotein receptor double-knockout mice (apoE/LDLR^{-/-}). *The British Journal of Nutrition*, 99(1), 49-58.

Galobart, J., Barroeta, A.C., Baucells, M.D., Codony, R., and Ternes, W. (2001). Effect of Dietary Supplementation with Rosemary Extract and α -Tocopherol Acetate on Lipid Oxidation in Eggs Enriched with ω 3-Fatty Acids. *Poultry Science*, **80** (4), 460-467.

Galobart, J., Barroeta, A.C., Baucells, M.D., and Guardiola, F. (2001). Lipid Oxidation in Fresh and Spray-Drier Eggs Enriched with ω 3 and ω 6 Polyunsaturated Fatty Acids During Storage as Affected by Dietary Vitamin E Canthaxanthin Supplementation. *Poultry Science*, **80** (3), 327-337.

Gnadig, S., Rainer, R., Jean Louis, S., and Steinhart, H. (2001). Conjugated linoleic acid (CLA): physiological effects and production. *Eur.Lipid.Sci.Technol.*, 103, 56-61.

Guardiola, F., Codony, R., Rafecas M., Boatella, J., and Lopez, A. (2004). Fatty Acid Composition and Nutrition Value of Fresh Eggs, from Large-and Small-Scale Farms. *Journal of Food Composition and Analysis*, **7**, 171-188.

ISO 1980 τόμος 2.34 (International Standards Organisation).

Khanal, K.G., Olson K.C. (2004). Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in Milk, Meat, and Egg : A Review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3, 82-98.

Kolanowski, W., Laufenberg, G. (2006). Enrichment of food products with polyunsaturated fatty acids by fish oil addition. *European Food Research and Technology*, **222**, 472-477.

Kramer, J., and Zhou, J. (2001). Conjugated linoleic acid and octadecenoic acids : Extraction and isolation of lipids. *Eur.Lipid.Sci.Technol.*, 103, 594-632.

Kresge, N., Simoni, R.D., and Hill, R.L. (2006). Salih Wakil's Elucidation of the Animal Fatty Acid Synthetase Complex Architecture. *Journal of Biological Chemistry*, **281**(5), 5.

Lees, M. and Karel R. S. (1990). Health Effects of Omega-3 Fatty Acids In : 'Omega- 3 Fatty Acids in Health and Disease' Ch3., pp. 27-40, Marcel Dekker, New York.

- ④ Mc Donalt, H.B. (2002). Conjugated Linoleic Acid and Diseases Prevention : A Review of Current Knowledge .*American College of Nutrition*, **19 (90002)** , 1115 – 1185.
- ④ Michaud, A.L., Yurawecz, M., Delmonte, P., Corl, B.A., Bauman, D.E., and Brenna, J.T. (2003). Identification and Characterization of Conjugated Fatty Acid Methyl Esters of Mixed Double Bond Geometry by Acetonitrile Chemical Ionization Tandem Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry*, **75**, 4925-4930.
- ④ Milinsk, M.C. Murakami A.E., Gomes S.T.M., Matsushita, M., and Souza N.E. (2003). Fatty acid profile of egg yolk lipids from hens Fed diets rich in n-3 fatty acids. *Food Chemistry*, **83 (2)**, 287-292.
- ④ Pariza , M.W., Park, Y., and Cook M.E.(2001).The biologically active isomers of conjugated linolenic acid. Review. *Progress in Lipid Research*, **40 (4)**, 283-298.
- ④ Porsgaard, T., Xuebing, X., and Huiling M. (2006). The Form of Dietary Conjugated Linoleic Acid Does Not Influence Plasma and Liver Triacylglycerol Concentrations in Syrian Golden Hamsters. *Journal of Nutrition*, **136**, 2201-2206.
- ④ Rossell, J. B. and Pritchard J. I. R. (1991). ‘ Analysis of Oilseeds Fats and Fatty Foods’ Ch6., pp. 238-241, Elsevier Applied Science, London and New York.
- ④ Schreiner, M., Hulan, H.W., Razzazi-Fazeli, E., Bohm, J., and Iben,C. (2004). Feeding Laying Hens Seal Blubber Oil : Effects on Egg Yolk Incorporation, Stereo specific Distribution of Omega-3 Fatty Acids and Sensory Aspects. *Poultry Science*, **83 (3)**, 462-473.
- ④ Schmidt, E.B., Skou, H.A., Christensen, J.H., and Dyeberg, J. (1999). N-3 Fatty acids from fish and coronary artery disease : applications for public health. *Public Health Nutrition*, **3 (1)**, 91-98.
- ④ Simopoulos, A. (1999). Evolutionary aspects of omega-3 fatty acids in the food supply. **60 (5-6)**, 421-429.
- ④ Simopoulos, A. , and Cleland , L.G. (2004). Omega-6 / Omega-3 essential Fatty acid ratio : the scientific evidence. *Book Review*.
- ④ Simopoulos, A. (2008). The Importance of the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio in Cardiovascular Disease and Other Chronic Diseases. *Experimental Biology and Medicine*, **233**, 674-688.
- ④ Sparks, N. (2006). The hen's egg – is its role in human nutrition changing? *World's Poultry Science Journal* , **62**, 308-315.

- © Stibilj, V., Rajsp-Koman, M., and Holcman, A. (1999). Fatty acid composition of eggs enriched with omega-3 fatty acids on the market. *Zb. Biotehniške fak Univ. v Ljubljani. Kmetijstvo. Zootehnika*, **74(2)**, 27-36.
- © Švedová, M., Vaško, L., Trebunová, A., Kašteľ, R., Tučková, M., Čertík, M. (2008). Influence of Linseed and Fish Oil on Metabolic and Immunological Indicators of Laying Hens. *Acta Veterinaria Brunensis*, **77**, 39-44.
- © Szymczyk, B., and Pisulewski, P.M. (2003). Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition and cholesterol content of hen egg yolks. *British Journal of Nutrition*, **90**, 93-99.
- © Tesedo, J., Barrado, E., Angeles-Sanz, M., Tesedo, A., and De La Rosa, F. (2006). Fatty Acid Profiles of Processed Chicken Egg Yolks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **54**, 6255-6260.
- © Yannakopoulos, A.L., Tserveni-Gousi, and S. Yannakakis, (1996). Effect of feeding flaxseed to laying hens on the performance and egg quality and fatty acid composition of egg yolk. *Arch. Geflugelk.* **63(6)**:260-263
- © Watkins, B.A., Feng, S., Strom, A.K., Devitt, A.A., Yu, L., and Li, Y. (2003). Conjugated Linoleic Acids Alter the Fatty Acid Composition and Physical Properties of Egg York and Albumen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51 (32)**, 6870-6876.

Ελληνική

- Βουδούρη, Ε. Κ., Κοντομηνά, Μ. Γ. (2000) . Ανάλυση Τροφίμων Θεωρία και Εφαρμογές , Ιωάννινα σελ. 57-58.
- Γεωργάτσος, Ι. Γ. (2001). Μεταβολισμός των Λιπιδίων:Εισαγωγή στην Βιοχημεία, Εκδόσεις Παχούδη, Θεσσαλονίκη, σελ. 214-216, 225-240.
- Ηλιόπουλος, Γ. (2002). Σημειώσεις Χημείας Τροφίμων, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, σελ.5-9,16-30.
- Καννελάκης, Ε. Σ. (1993).Υγεία και Μακροζωία, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα, σελ. 66- 71.
- Κυπαρισσίου, Π., Μαζαράκη Σ. και Παπακωνσταντίνου Μ. (2006).« Γνωρίζοντας τα Τρόφιμα, Τροφογνώσια- Εμπορευματογνώσια », Κεφ 13 , σελ. 184-185, Εκδόσεις Les Livres du Tourisme, Αθήνα.
- Κυριτσάκης, Α. (1992). Λίπη : Λίπη και Έλαια, Εκδόσεις ΟΕΔΒ, Αθήνα σελ. 1-12, 15-21.
- Μπόσκος, Δ. (1997). Λίπη Έλαια και άλλα Λιπίδια : Χημεία Τροφίμων, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη σελ.125-129, 136-143, 144-146.
- Μπόσκος, Δ. (2004). *Λίπη - Έλαια και άλλα Λιπίδια* : Χημεία Τροφίμων, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη σελ. 23-25, 166-173.
- Πανεράς, Ε. (1996). *Λιπαρές ουσίες- Λίπη και Έλαια , Βιταμίνες : Επιστήμη τροφίμων*, Θεσσαλονίκη,σελ.106-107,190,228.
- Πετρίδης, Δ. (2000). Ανάλυση της διακύμανσης ενός παράγοντα ή μια κατεύθυνσης. pp. 90-96 Εφαρμοσμένης Στατιστικής (Με έμφαση στην επιστήμη τροφίμων); Εκδόσεις Όμηρος , Θεσσαλονίκη.
- Ψωμιάδου, Ε. (2000). « Επίδραση ισοπρενοειδών Λιπιδίων και χλωροφυλλών στην οξειδωτική σταθερότητα ελαίων πλουσίων σε μονοακόρεστα οξέα »,σελ. 1-6, Α.Π.Θ Τμήμα Χημικού, Θεσσαλονίκη.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

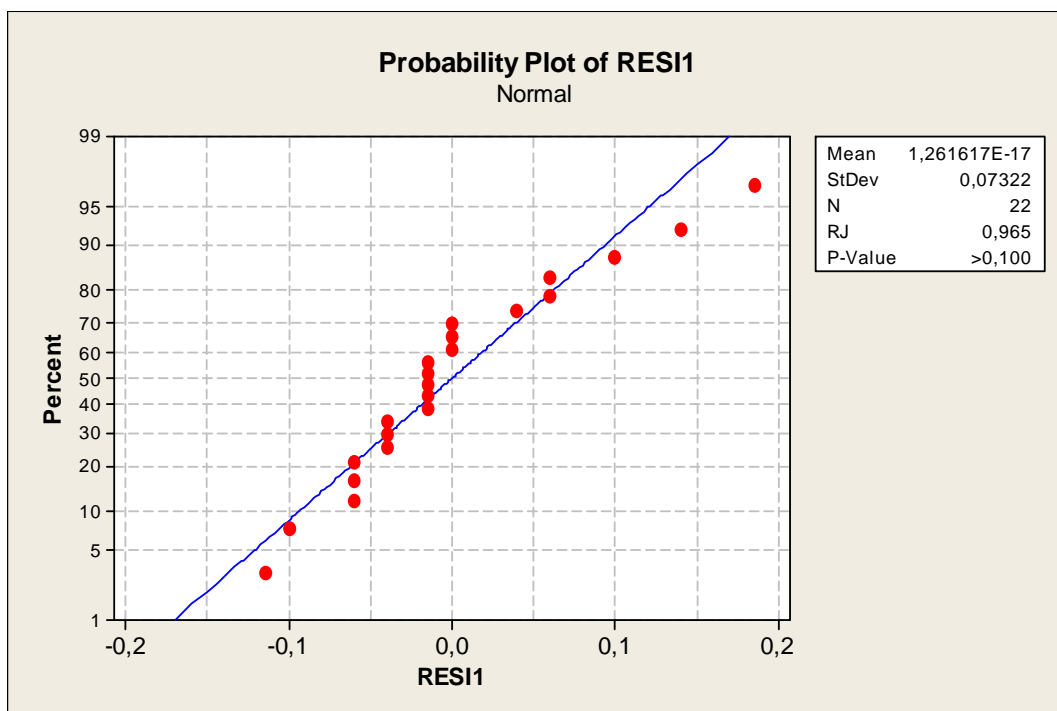
© www.chemistry.gr, 2008

© www.mednet.gr, 2008

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-Ι

ΜΥΡΙΣΤΙΚΟ ΟΞΥ:

ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ



ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ

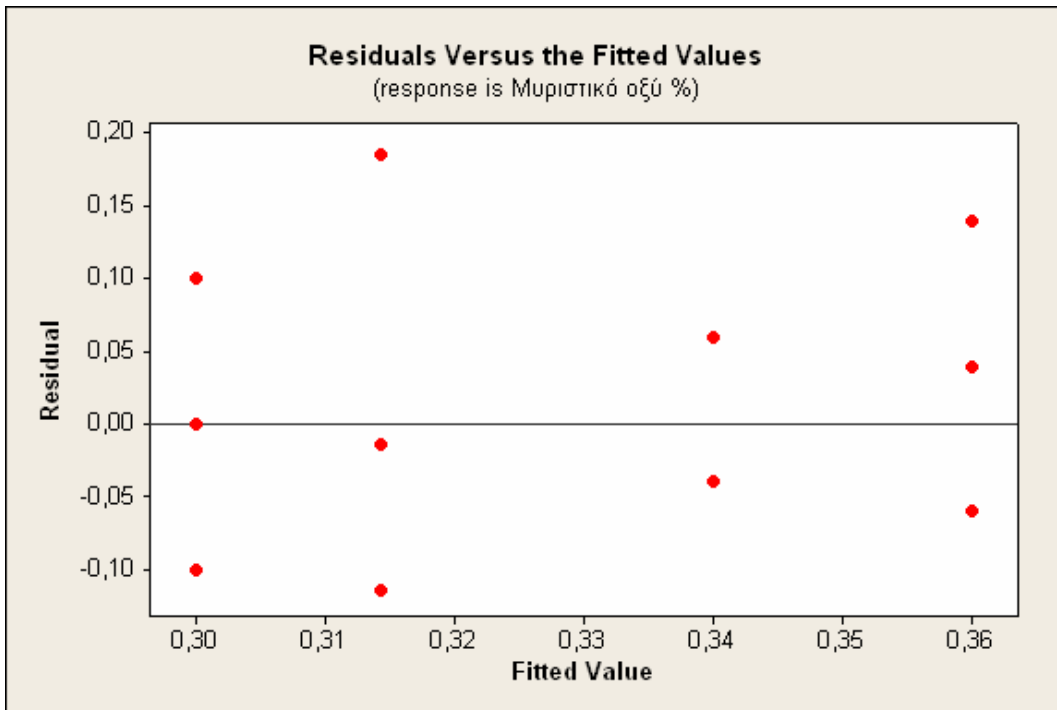
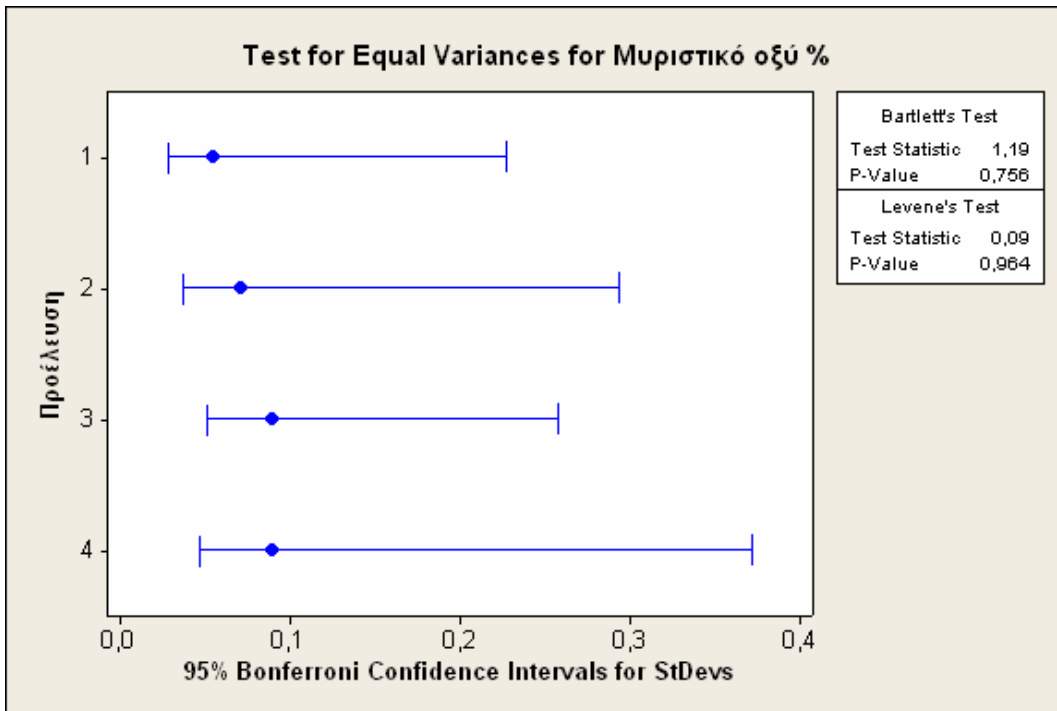
Test for Equal Variances: Μυριστικό οξύ % versus Προέλευση

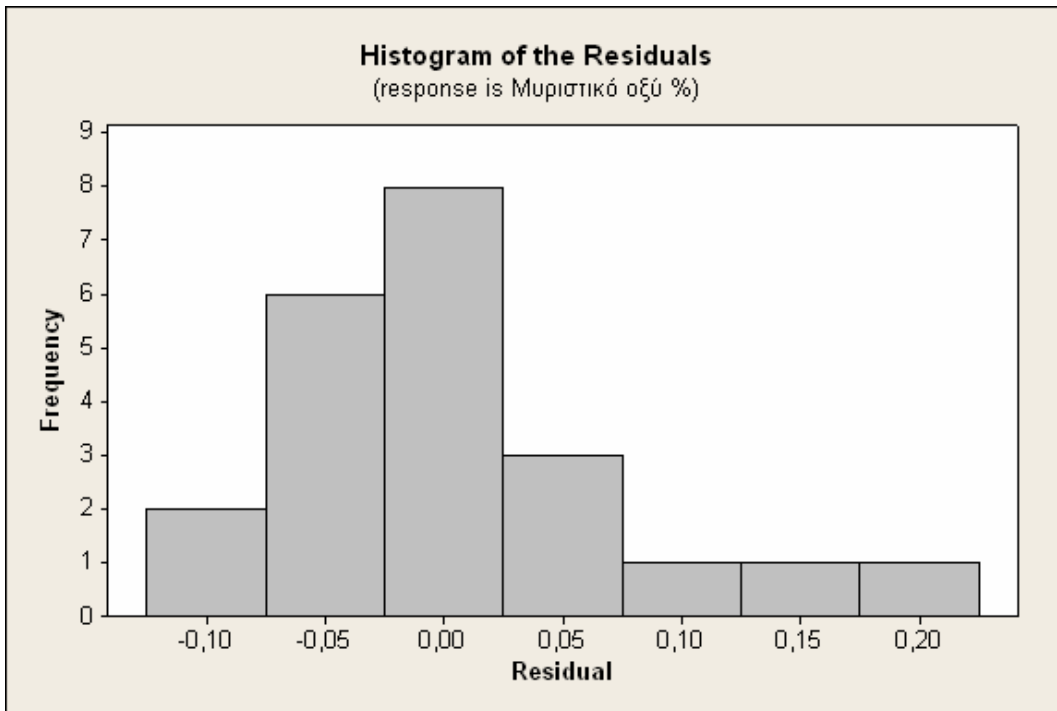
95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

προέλευση	N	Lower	StDev	Upper
1	5	0,0289149	0,0547723	0,227237
2	5	0,0373290	0,0707107	0,293361
3	7	0,0519565	0,0899735	0,257410
4	5	0,0472178	0,0894427	0,371076

Bartlett's Test (normal distribution)
Test statistic = 1,19; p-value = 0,756

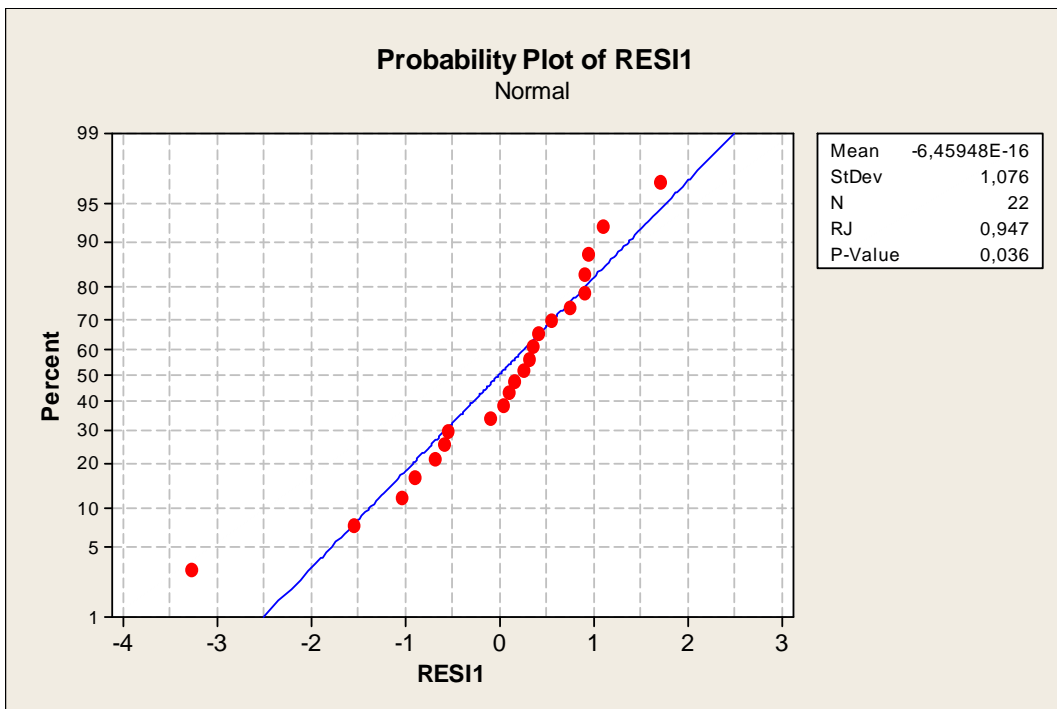
Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 0,09; p-value = 0,964





ΠΑΛΜΙΤΙΚΟ ΟΞΥ:

ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ



ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ

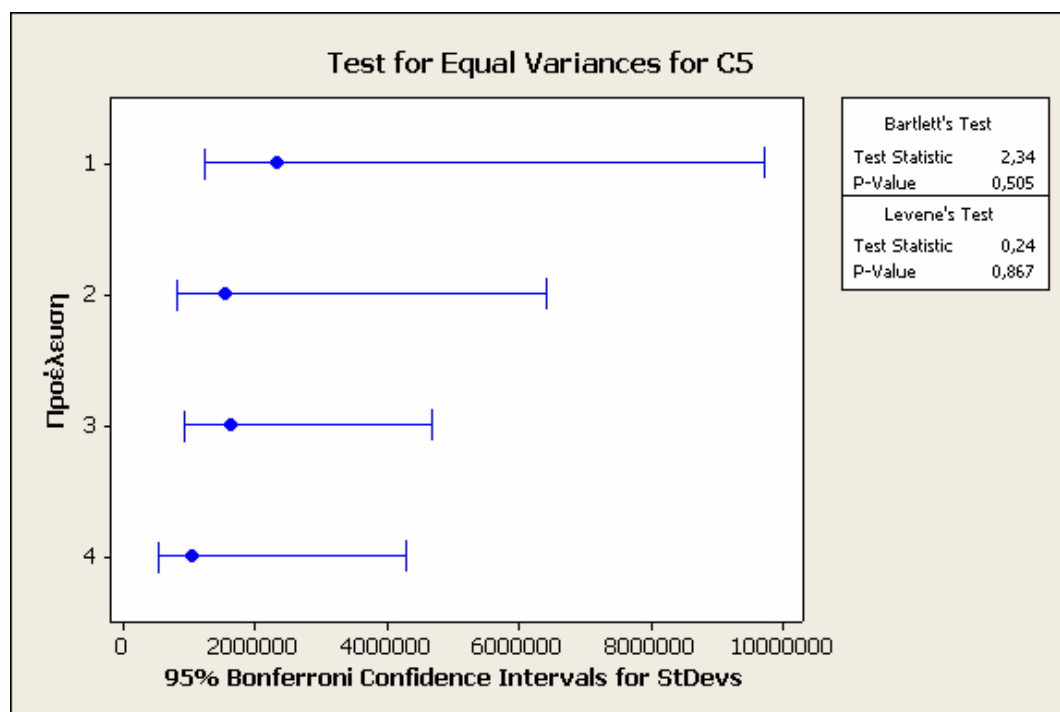
Test for Equal Variances: Παλμικό οξύ % C5 versus Προέλευση

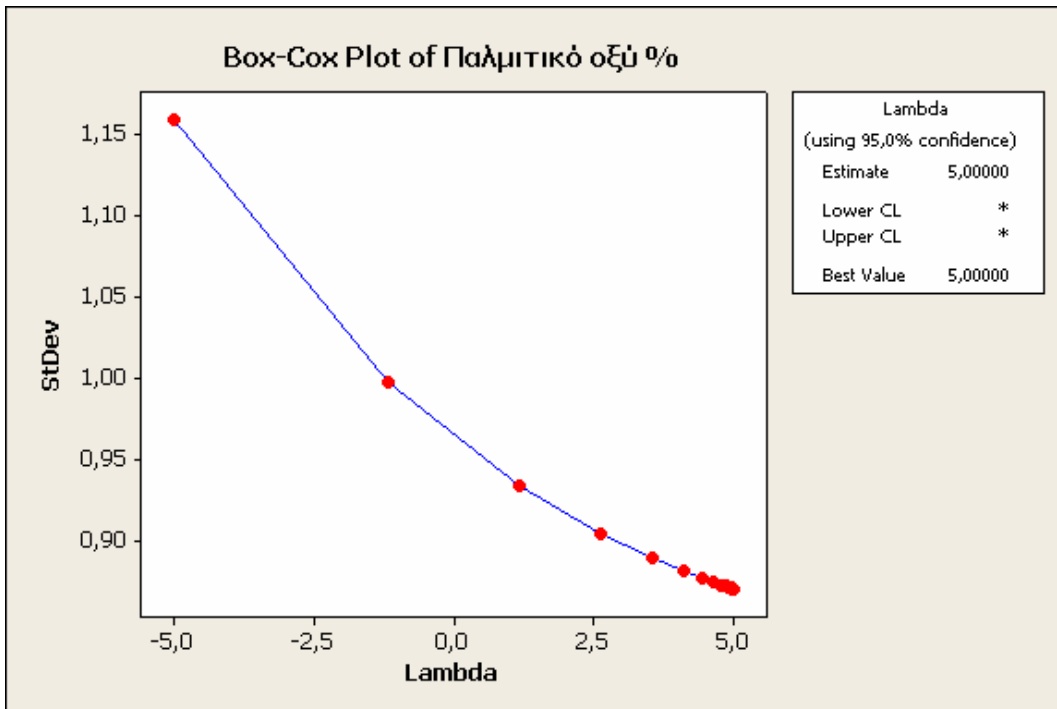
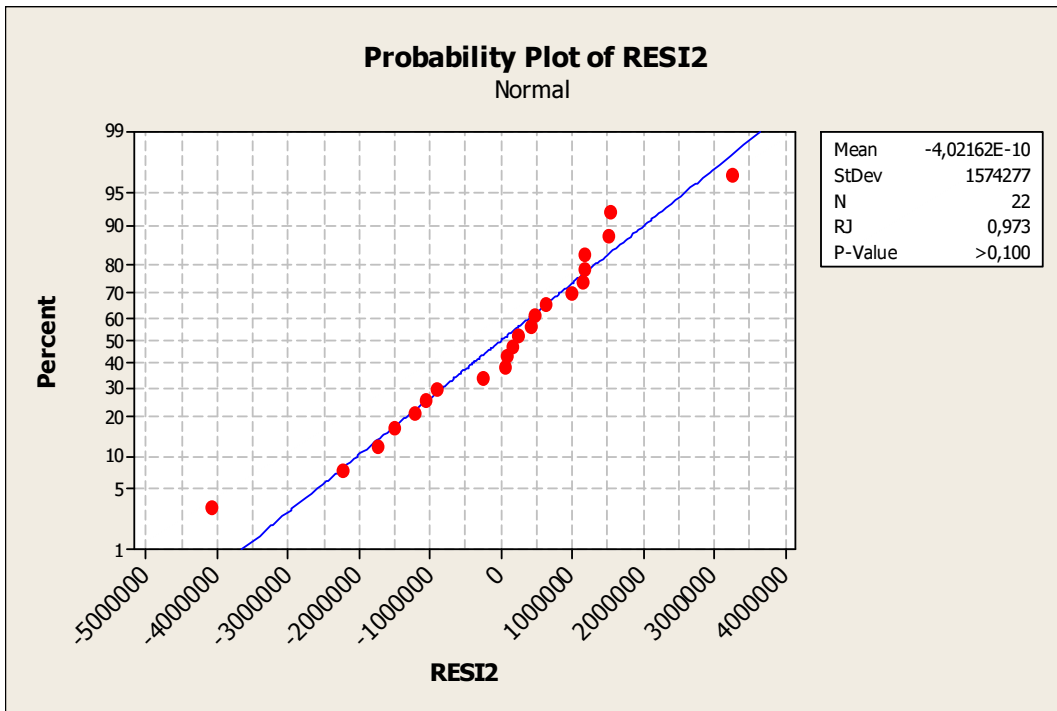
95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

προέλευση	N	Lower	StDev	Upper
1	5	1239180	2347327	9738486
2	5	818946	1551295	6435942
3	7	945102	1636640	4682353
4	5	547852	1037773	4305466

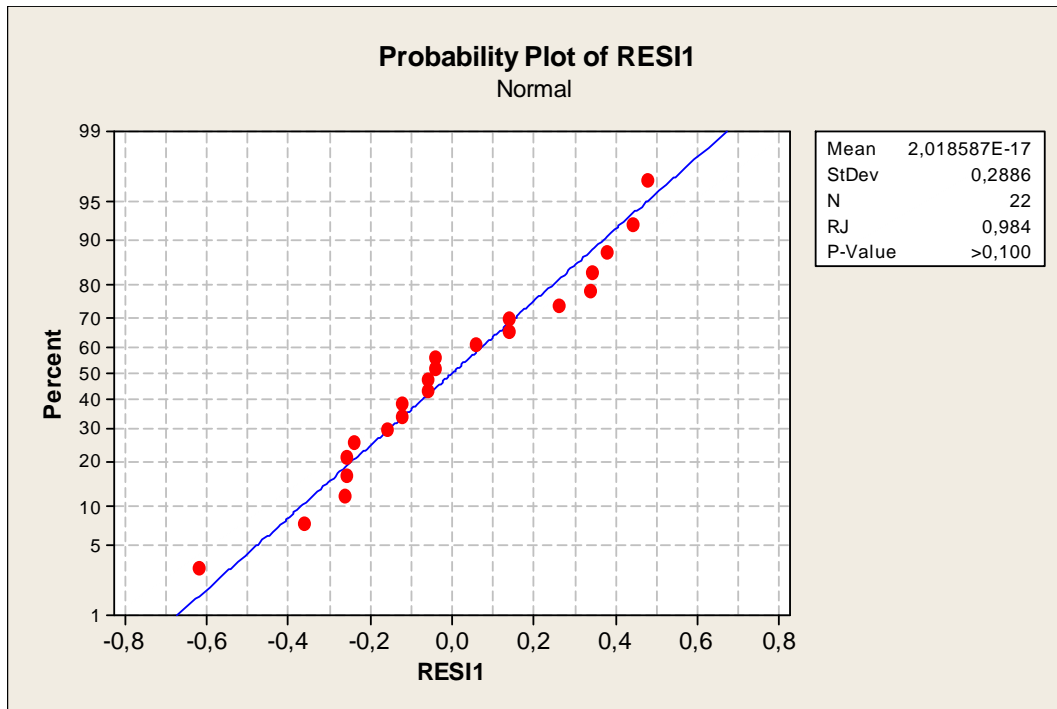
Bartlett's Test (normal distribution)
Test statistic = 2,34; p-value = 0,505

Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 0,24; p-value = 0,867





**ΠΑΛΜΙΤΕΛΑΙΚΟ ΟΞΥ:
ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ**



ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ

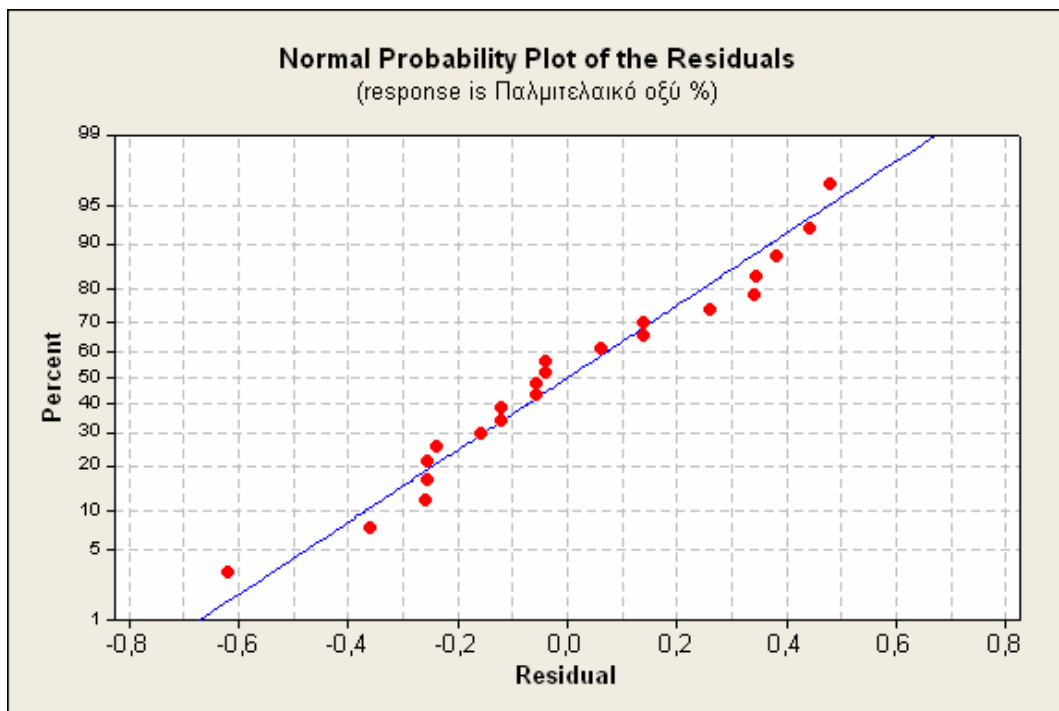
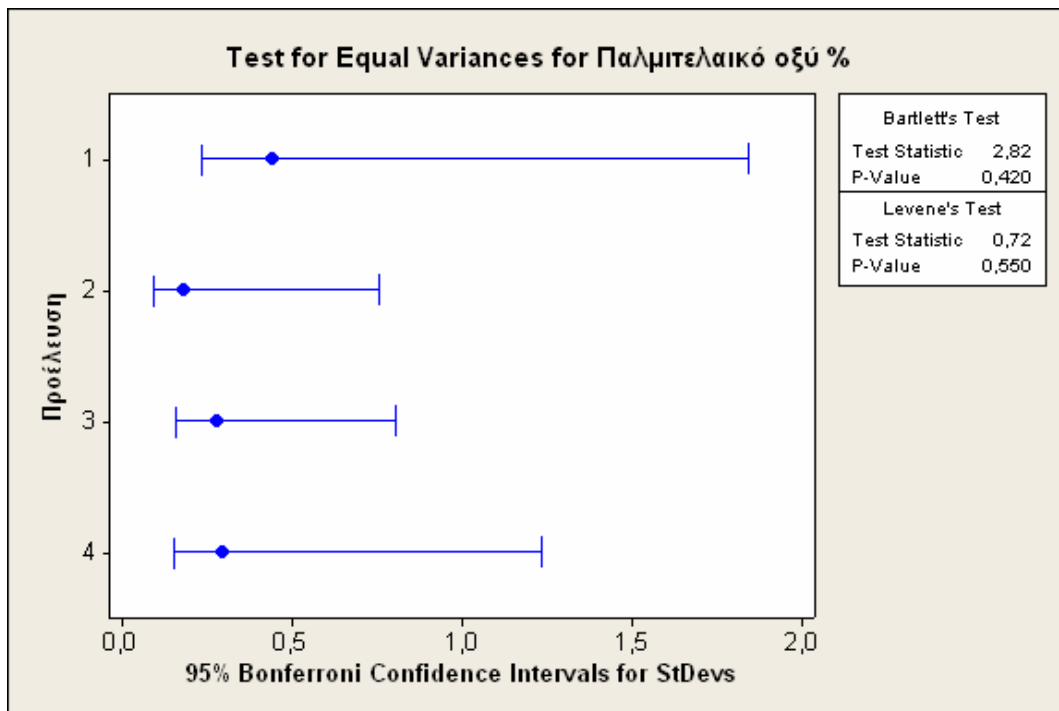
Test for Equal Variances: Παλμιτελαϊκό οξύ % versus Προέλευση

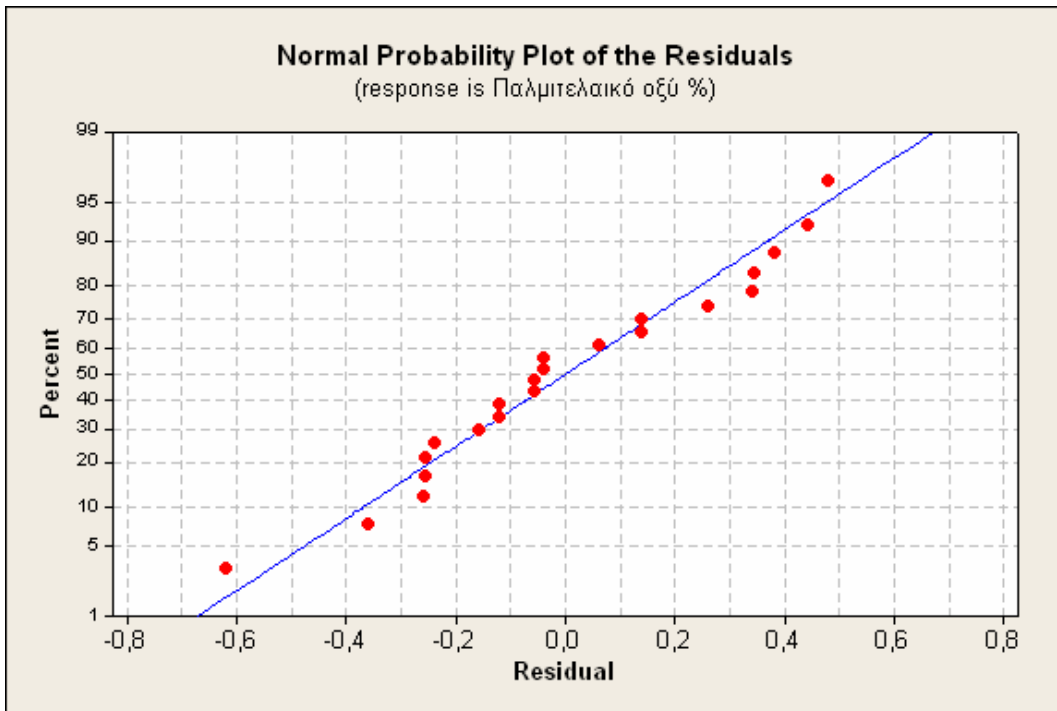
95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

προέλευση	N	Lower	StDev	Upper
1	5	0,234312	0,443847	1,84141
2	5	0,095900	0,181659	0,75366
3	7	0,162845	0,282000	0,80679
4	5	0,156604	0,296648	1,23072

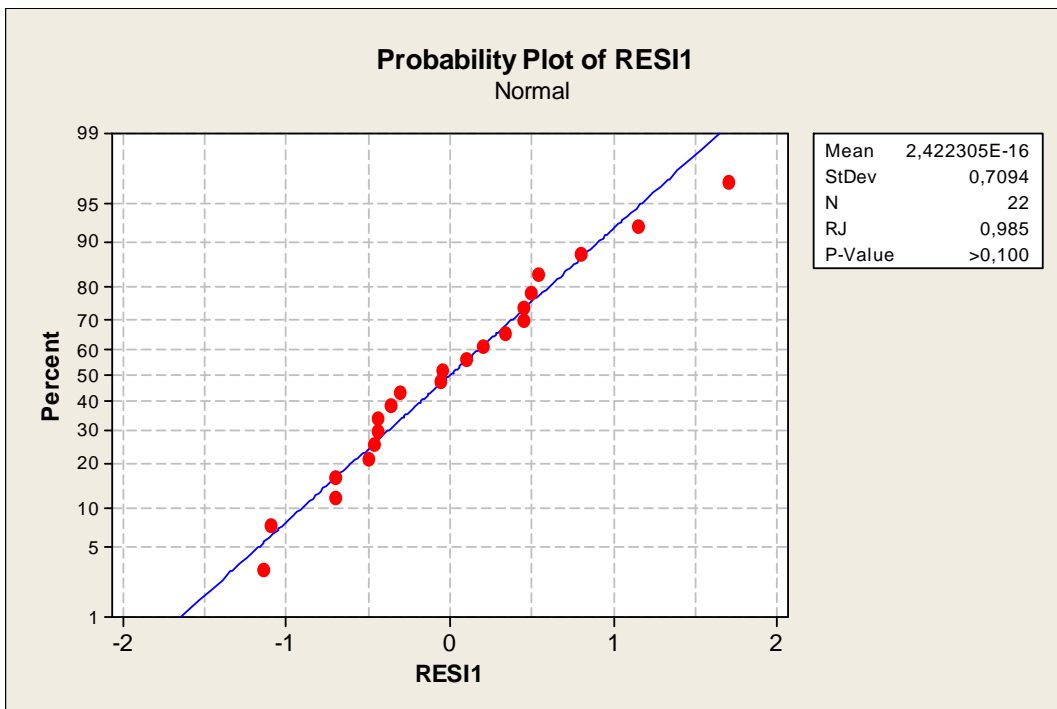
Bartlett's Test (normal distribution)
Test statistic = 2,82; p-value = 0,420

Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 0,72; p-value = 0,550





**ΣΤΕΑΤΙΚΟ ΟΞΥ:
ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ**



ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ

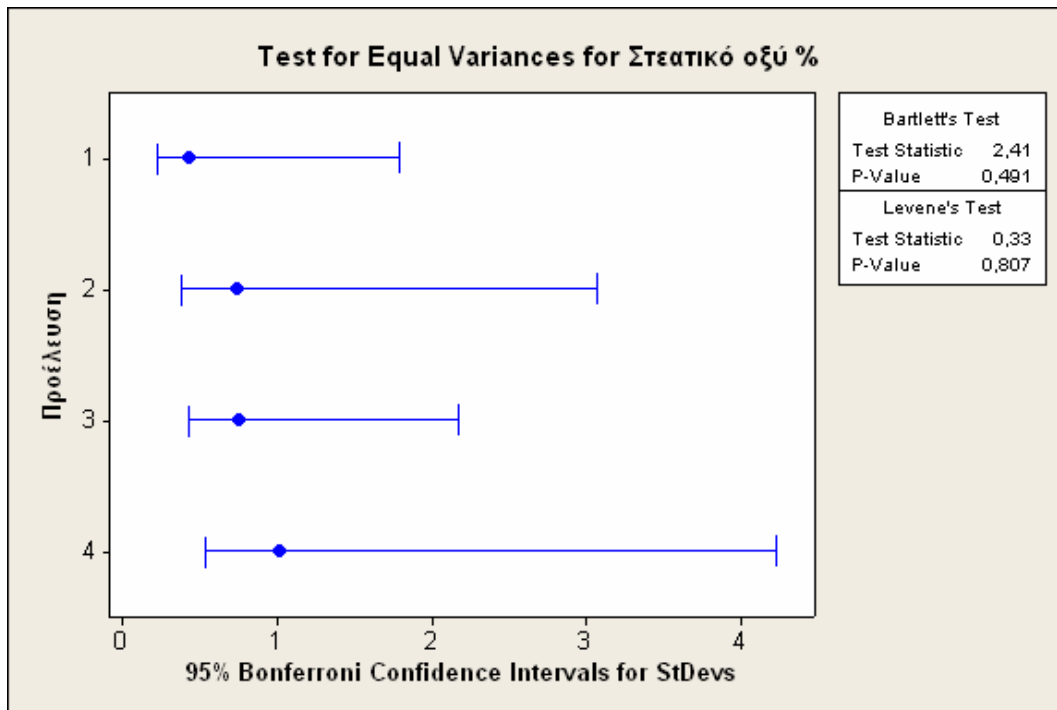
Test for Equal Variances: Στατικό οξύ% versus Προέλευση

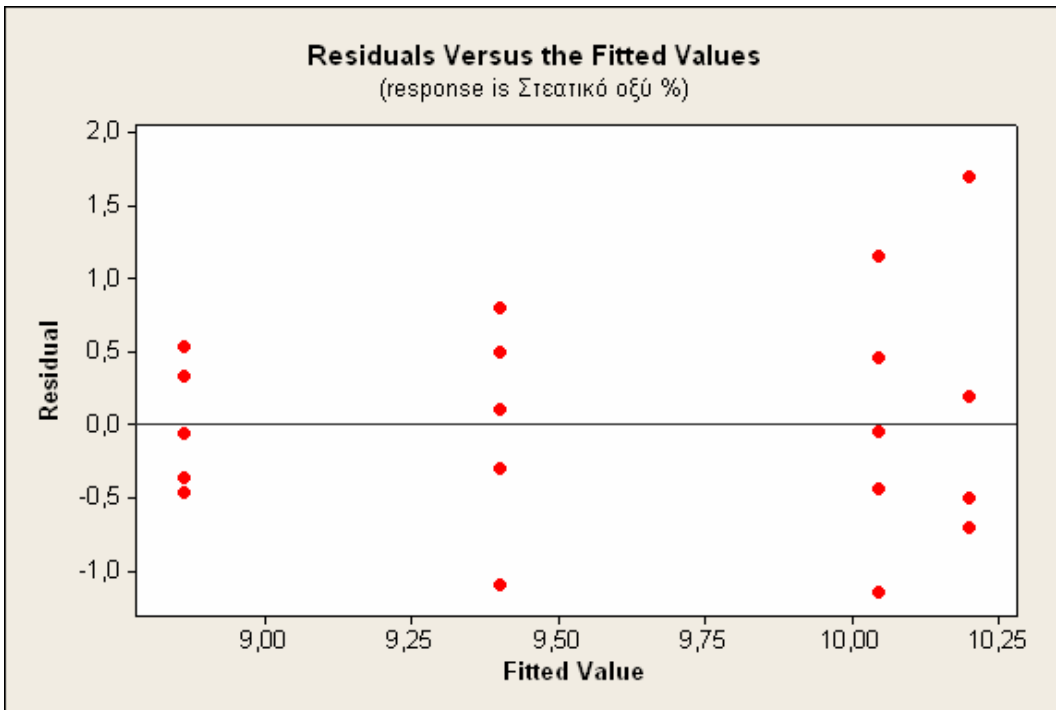
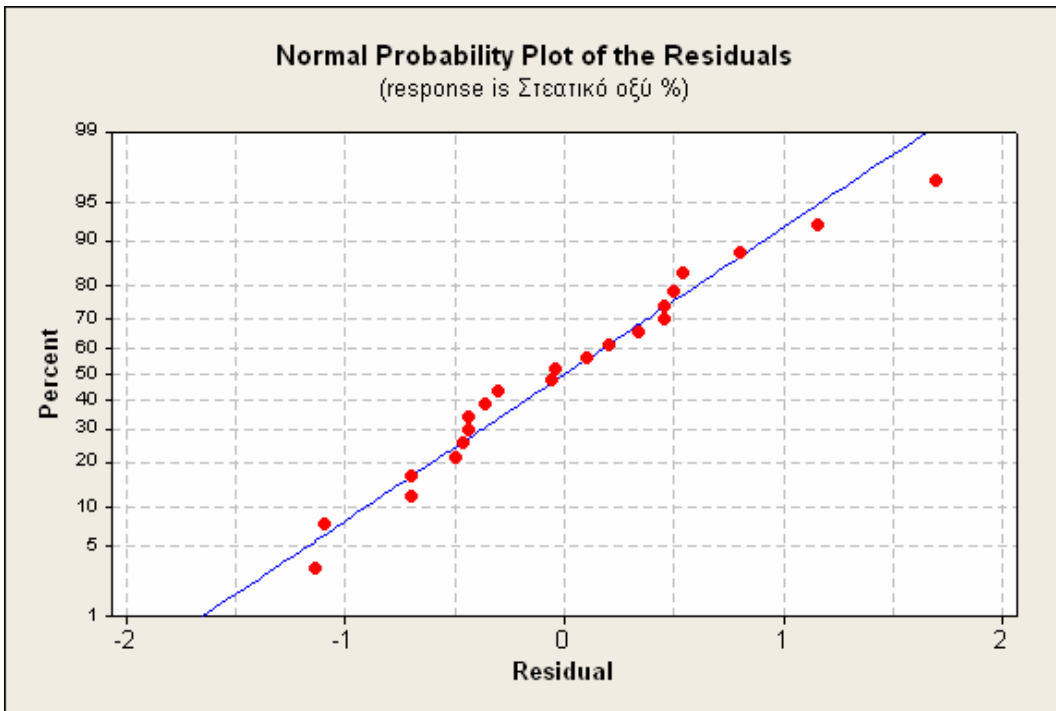
95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

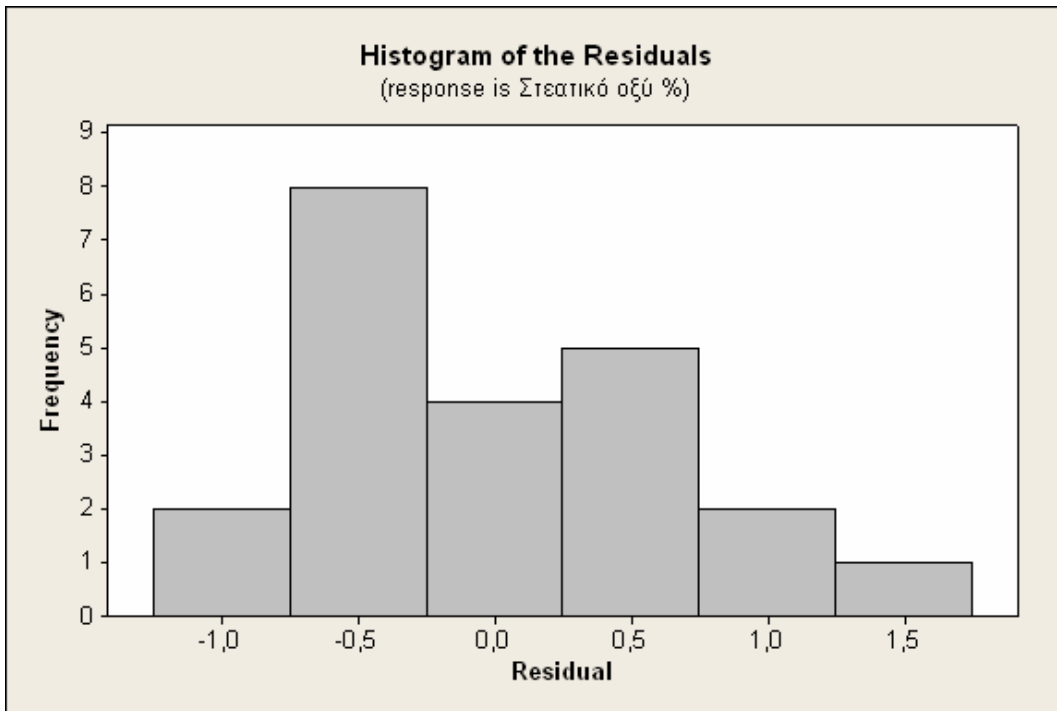
προέλευση	N	Lower	StDev	Upper
1	5	0,228897	0,43359	1,79886
2	5	0,391509	0,74162	3,07680
3	7	0,438337	0,75907	2,17167
4	5	0,538366	1,01980	4,23092

Bartlett's Test (normal distribution)
Test statistic = 2,41; p-value = 0,491

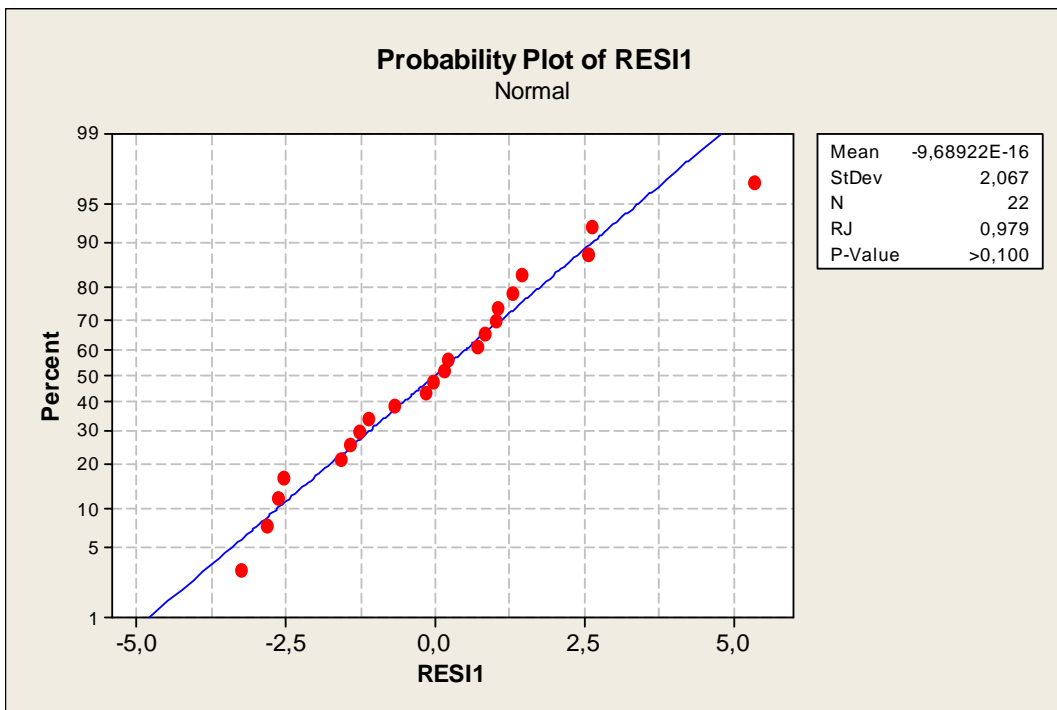
Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 0,33; p-value = 0,807







**ΕΛΛΙΚΟ ΟΞΥ:
ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ**



ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ

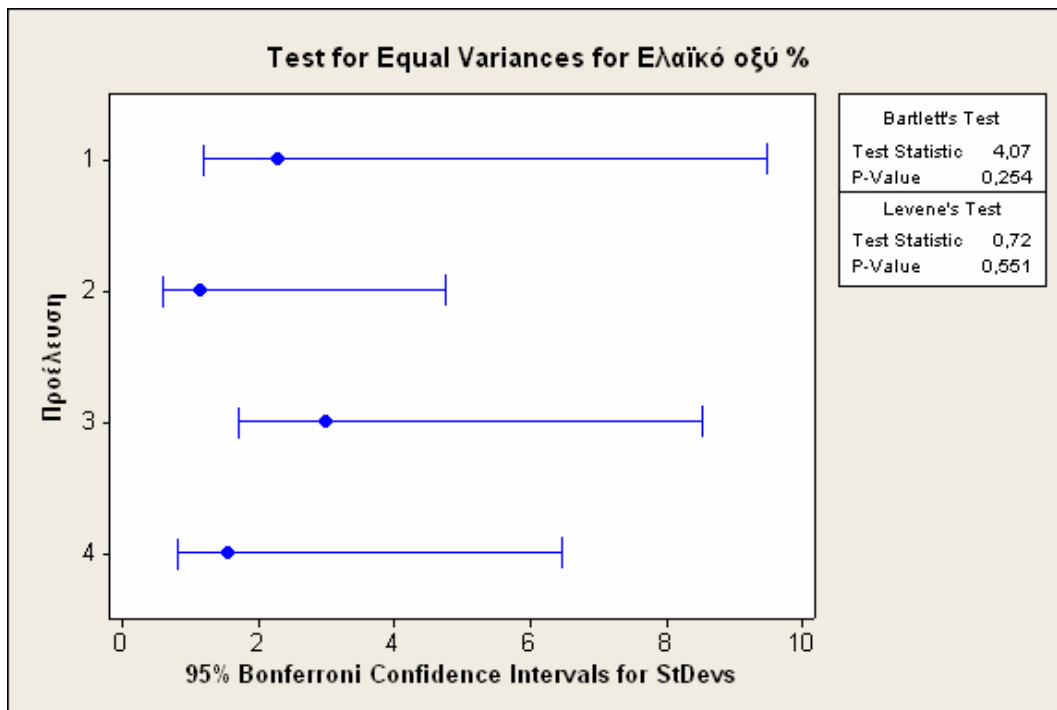
Test for Equal Variances: Ελαϊκό οξύ % versus Προέλευση

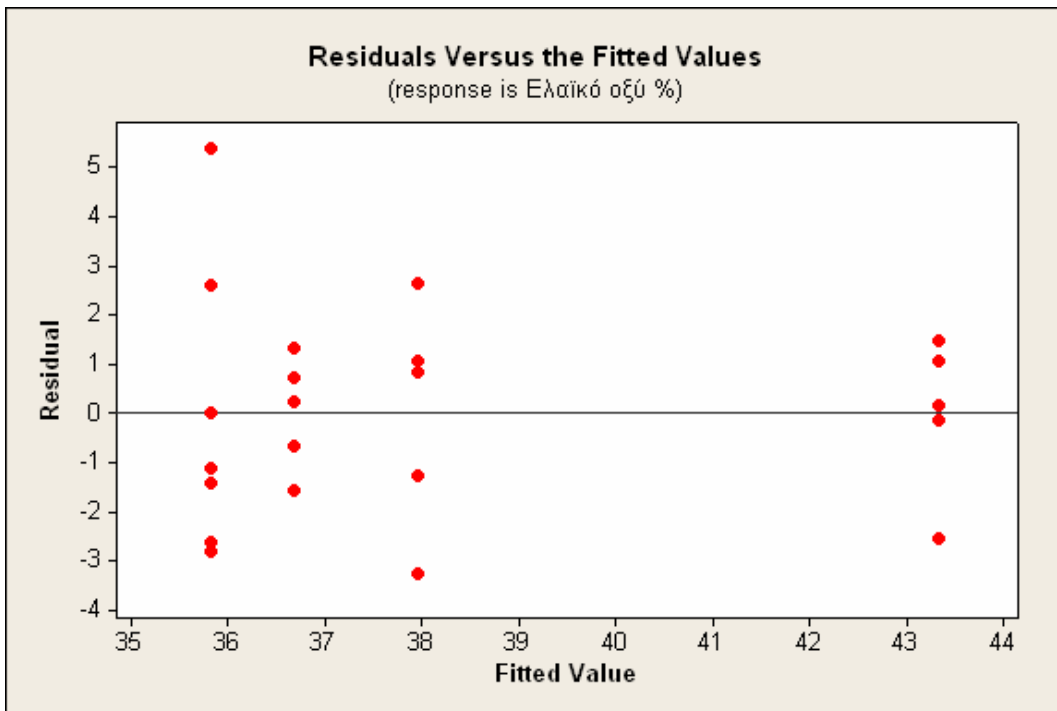
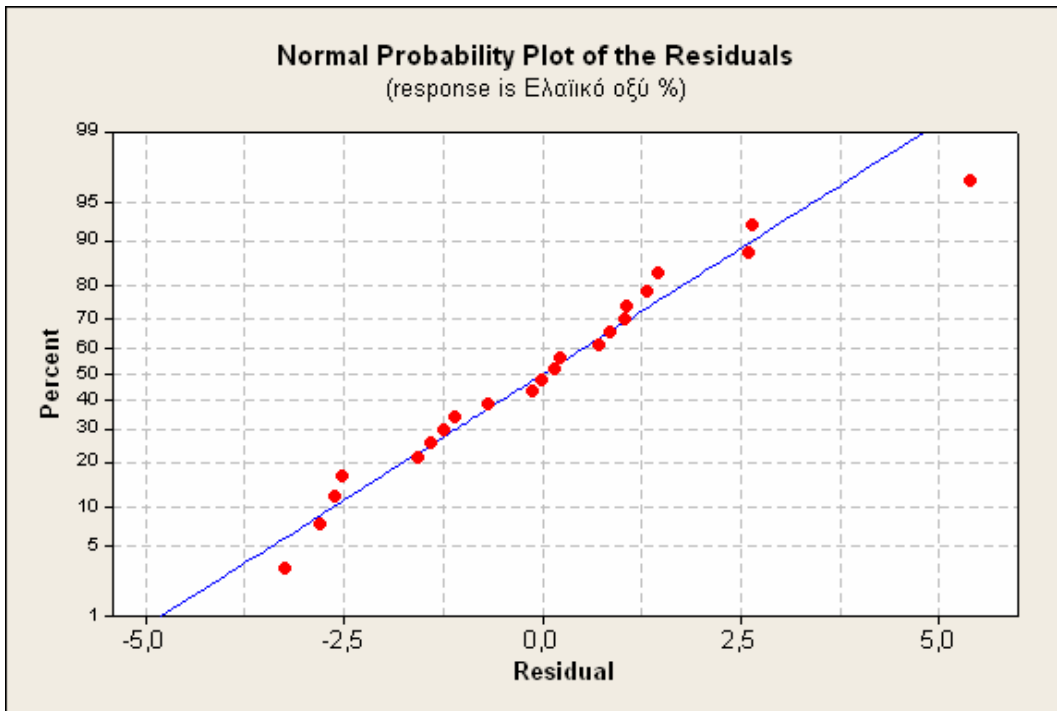
95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

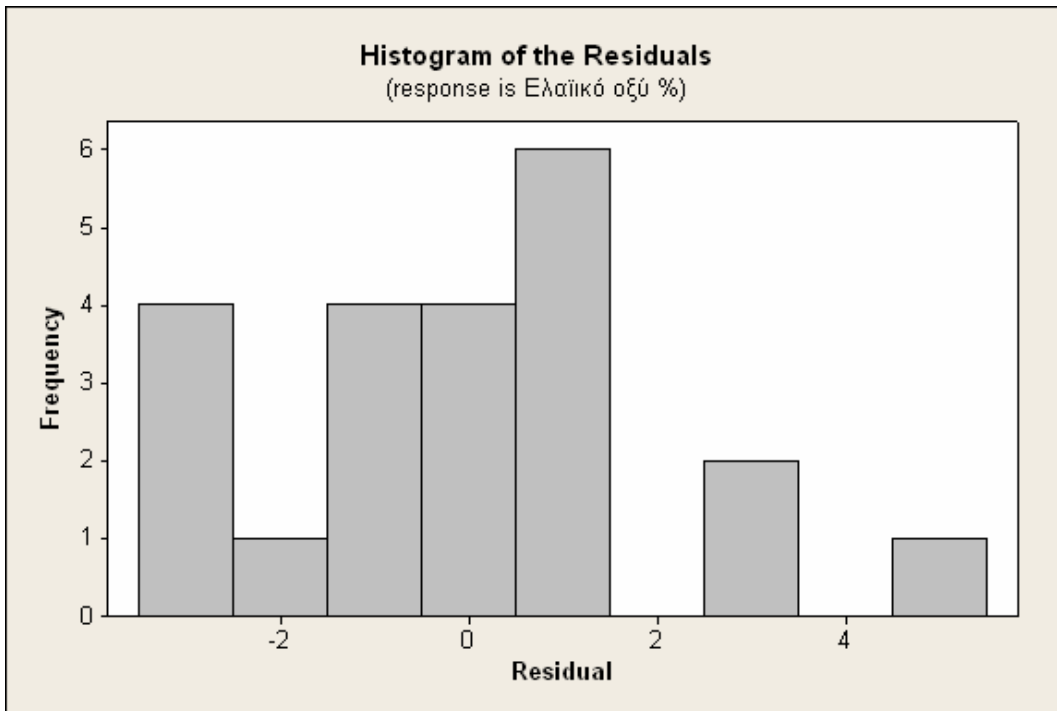
προέλευση	N	Lower	StDev	Upper
1	5	1,20879	2,28976	9,49965
2	5	0,60583	1,14761	4,76114
3	7	1,72739	2,99134	8,55808
4	5	0,82429	1,56141	6,47791

Bartlett's Test (normal distribution)
Test statistic = 4,07; p-value = 0,254

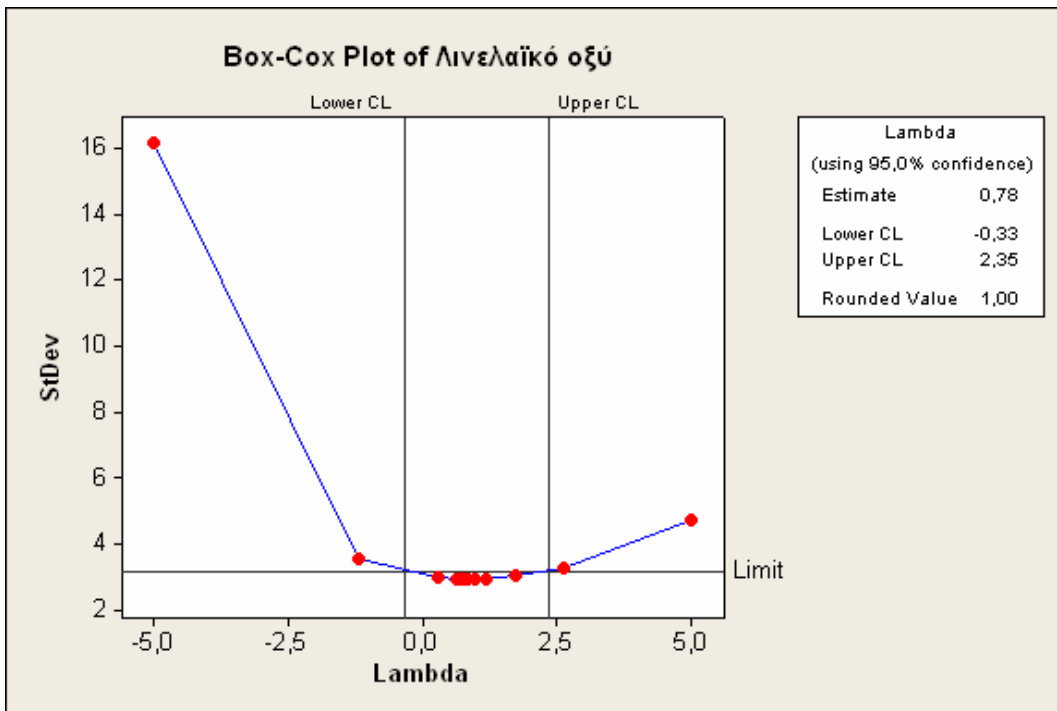
Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 0,72; p-value = 0,551

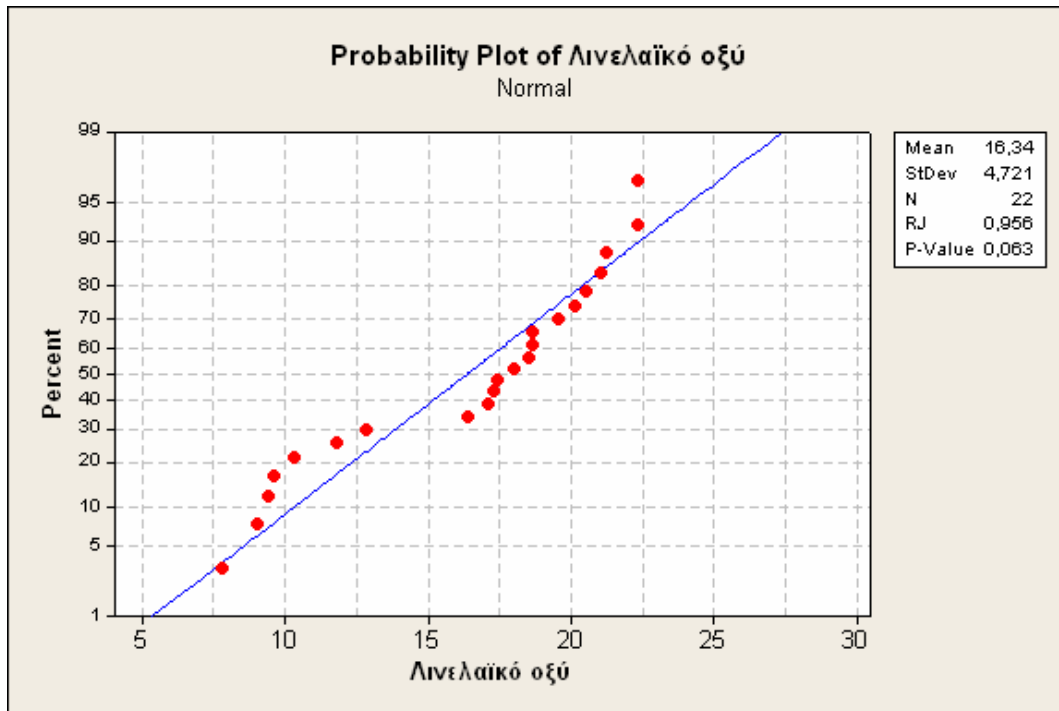




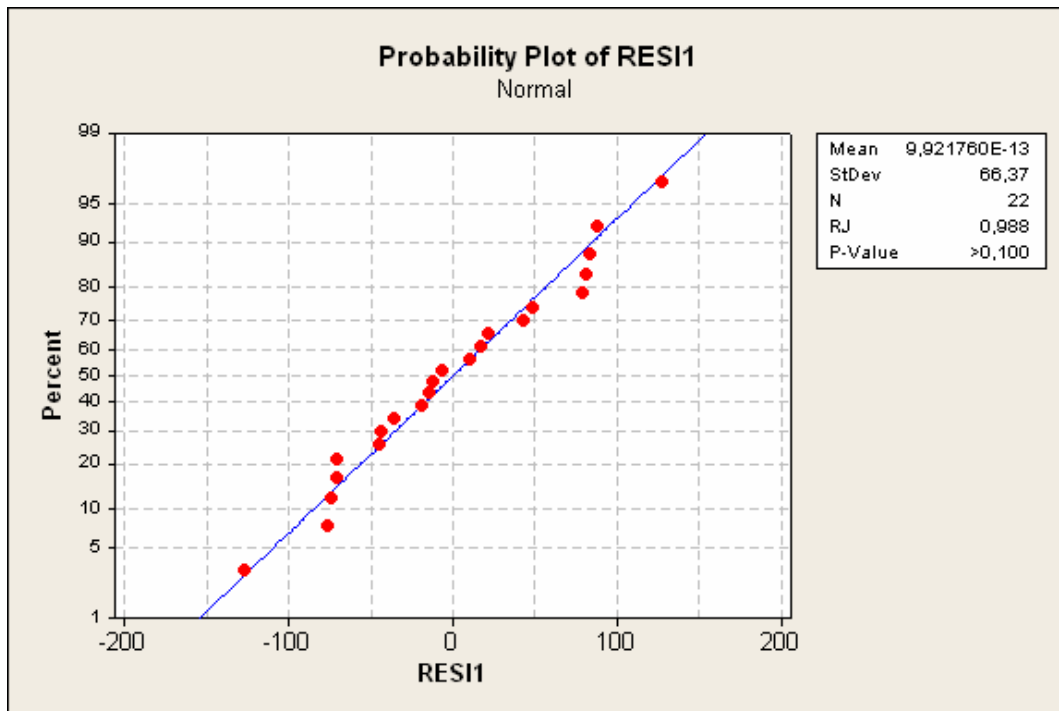


**ΛΙΝΕΛΑΙΚΟ ΟΞΥ:
ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ**





**ΛΙΝΟΛΕΝΙΚΟ ΟΞΥ:
ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ**



ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ

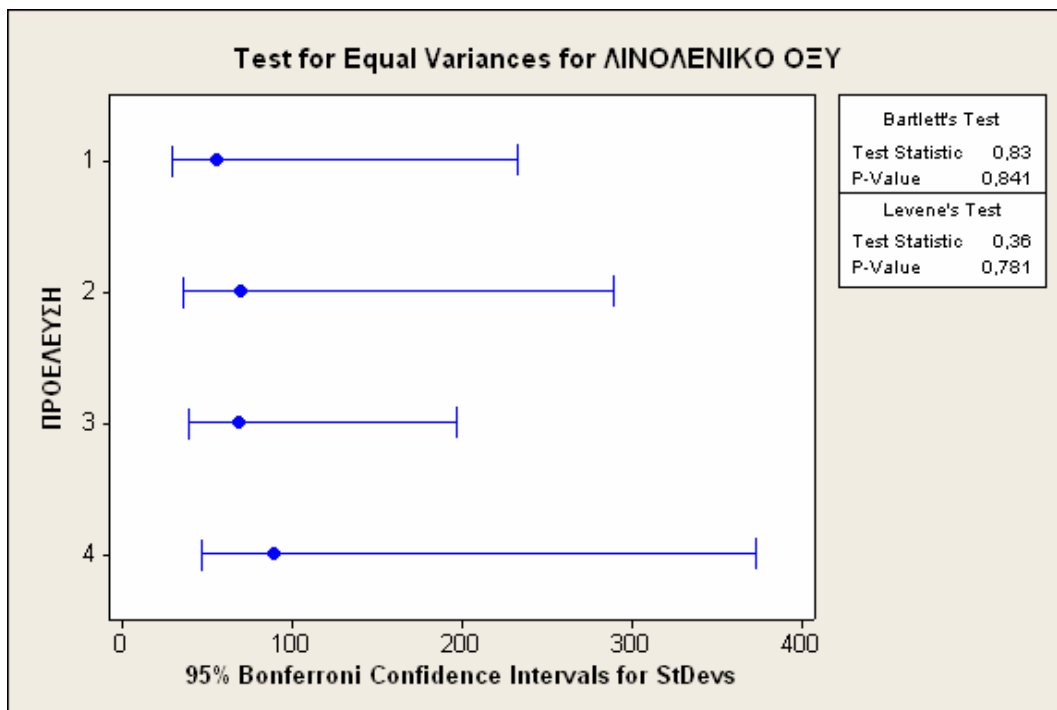
Test for Equal Variances: ΛΙΝΟΛΕΝΙΚΟ ΟΞΥ versus ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ

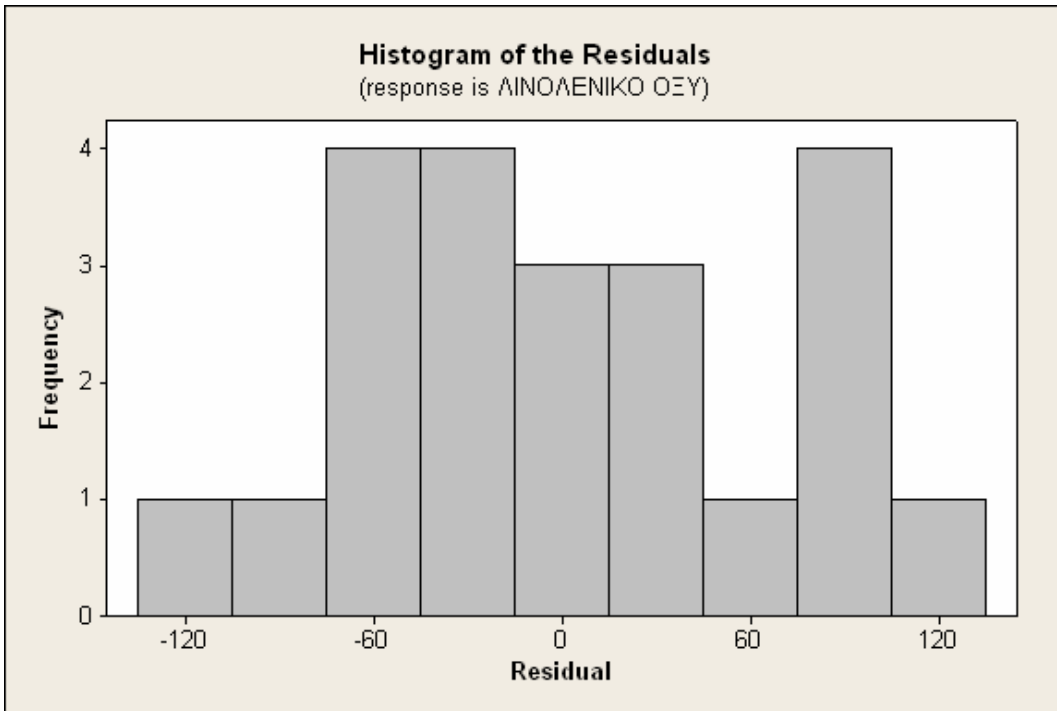
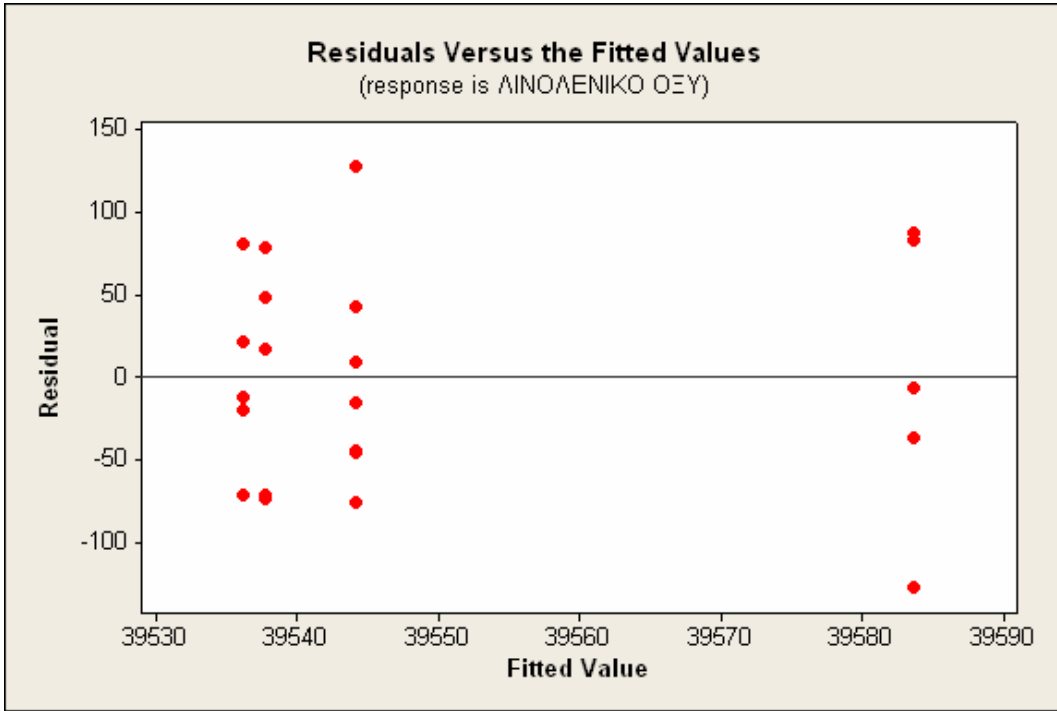
95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	N	Lower	StDev	Upper
1	5	29,6181	56,1044	232,763
2	5	36,7181	69,5536	288,561
3	7	39,6555	68,6718	196,467
4	5	47,4087	89,8042	372,576

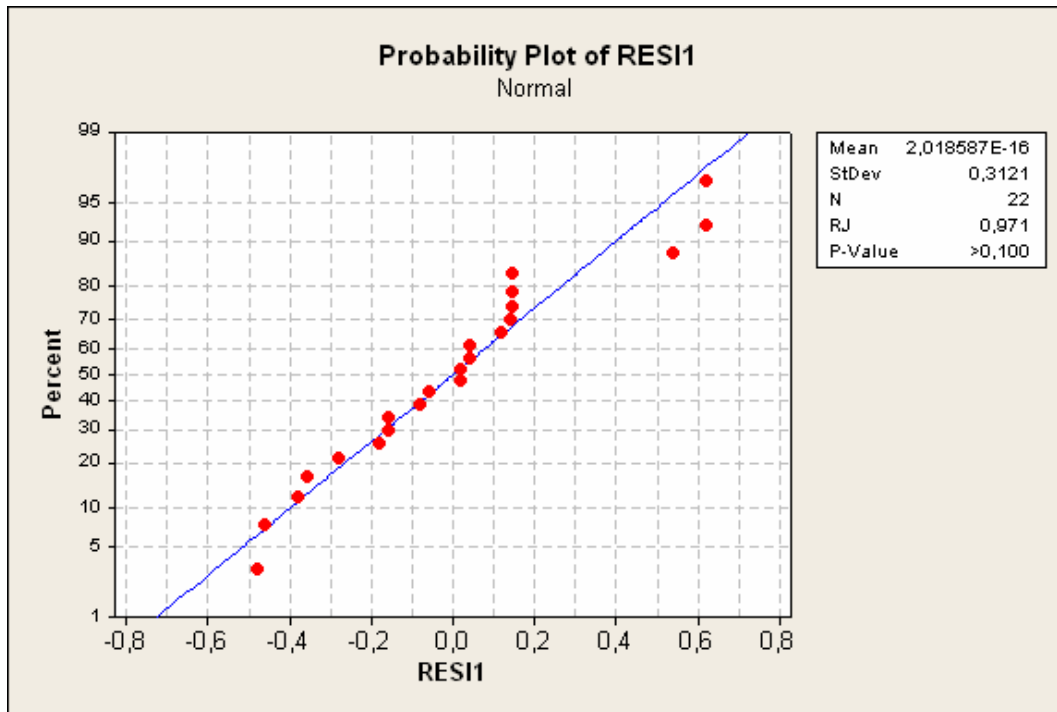
Bartlett's Test (normal distribution)
Test statistic = 0,83; p-value = 0,841

Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 0,36; p-value = 0,781





**ΑΡΑΧΙΔΟΝΙΚΟ ΟΞΥ:
ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ**



ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ

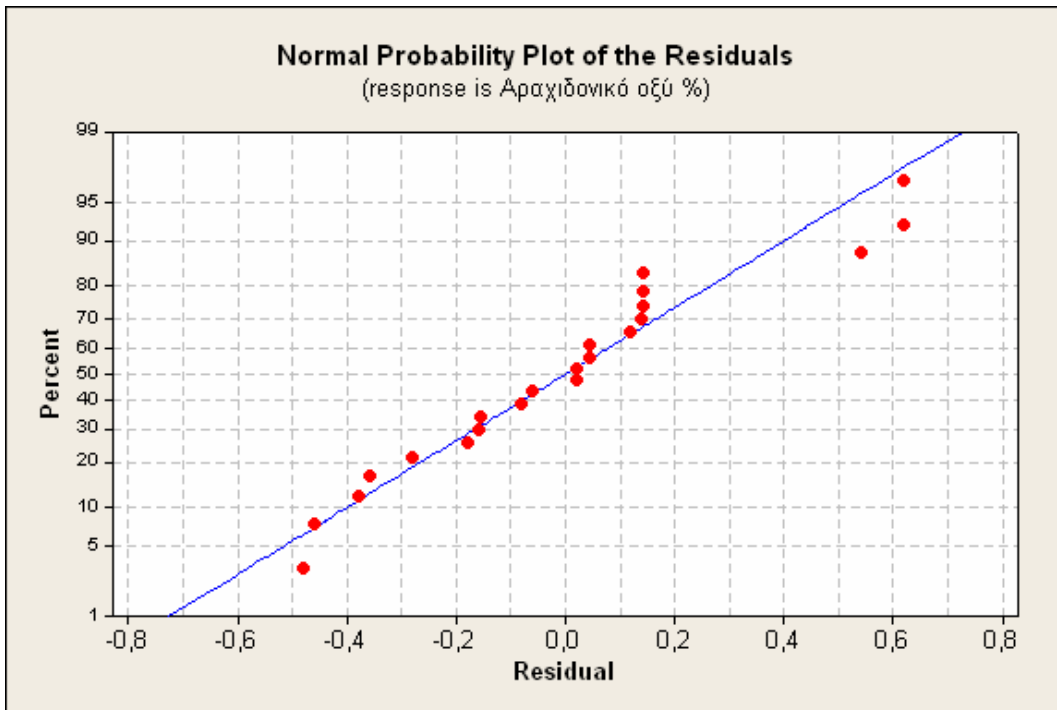
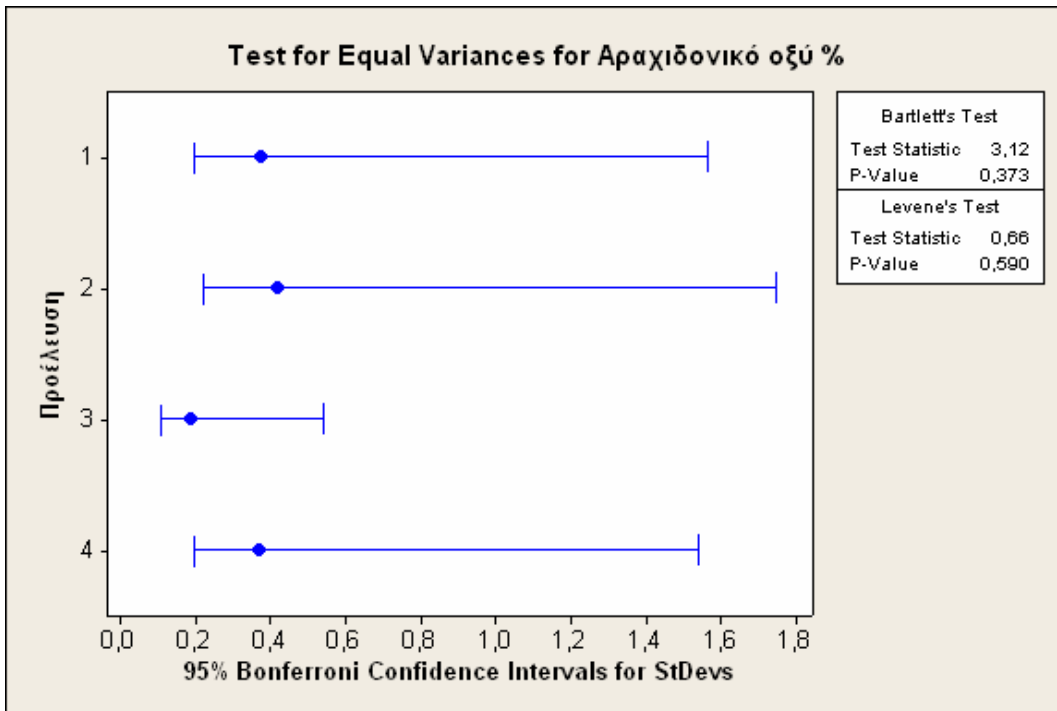
Test for Equal Variances: Αραχιδονικό οξύ % versus Προέλευση

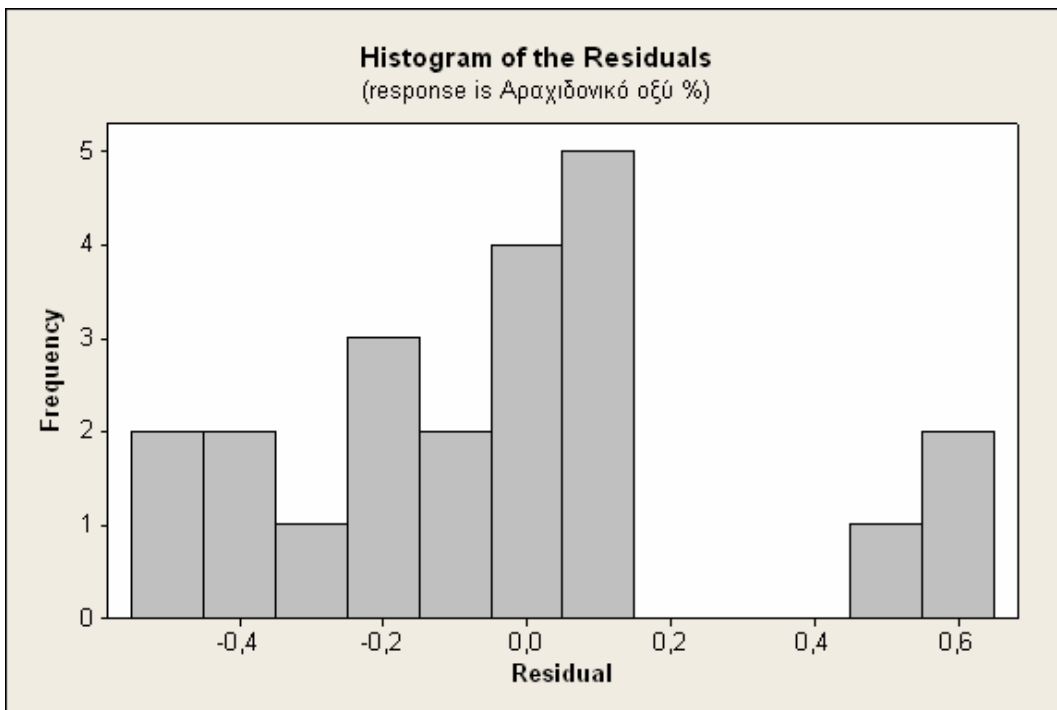
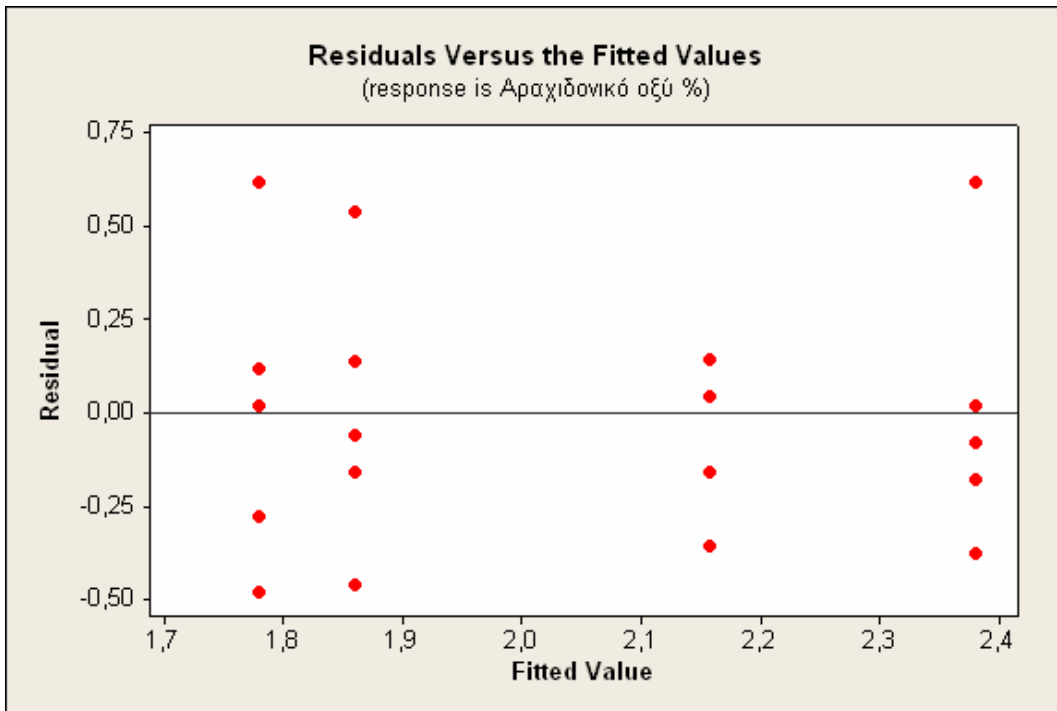
95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

προέλευση	N	Lower	StDev	Upper
1	5	0,198932	0,376829	1,56337
2	5	0,222099	0,420714	1,74544
3	7	0,109856	0,190238	0,54426
4	5	0,196110	0,371484	1,54119

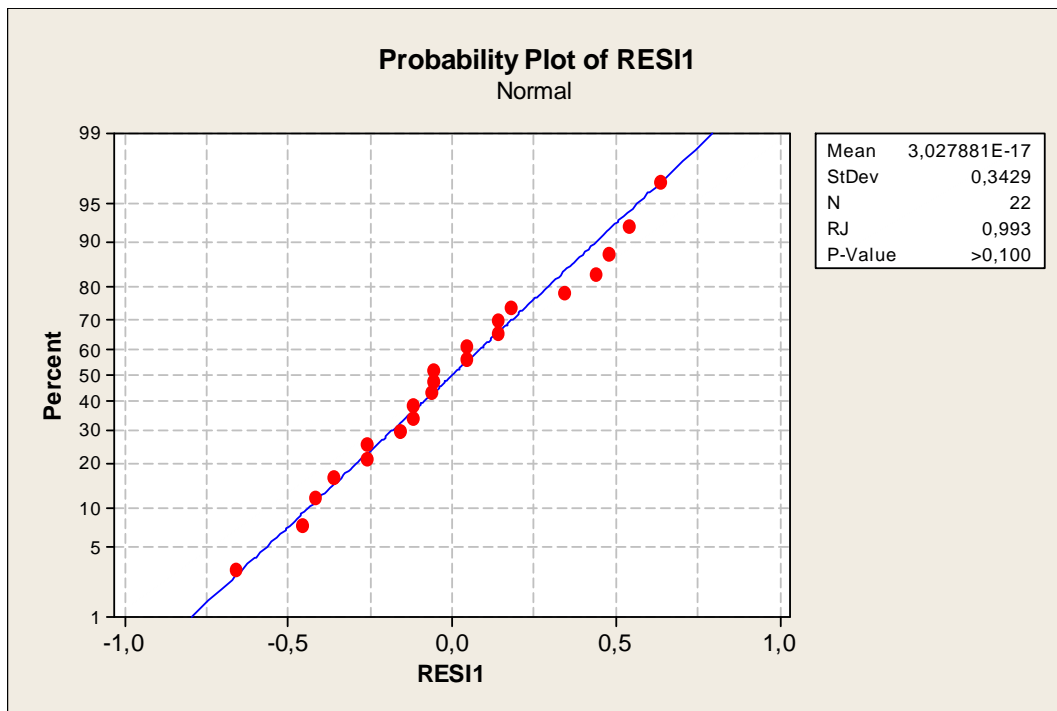
Bartlett's Test (normal distribution)
Test statistic = 3,12; p-value = 0,373

Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 0,66; p-value = 0,590





**DHA ΟΕΥ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ**



ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ

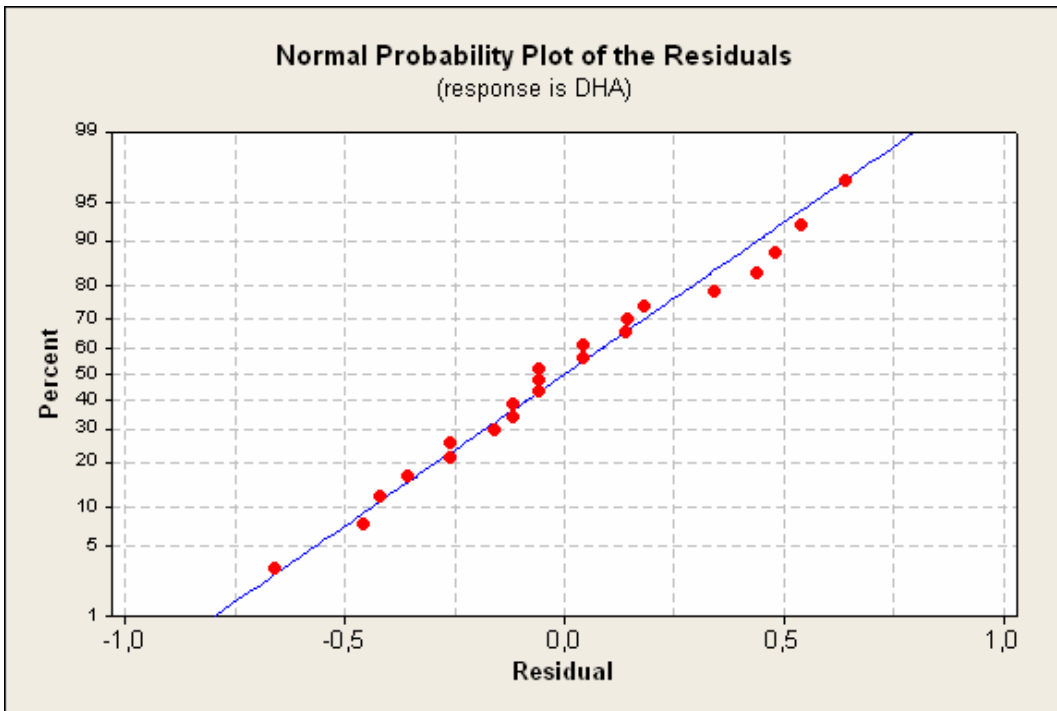
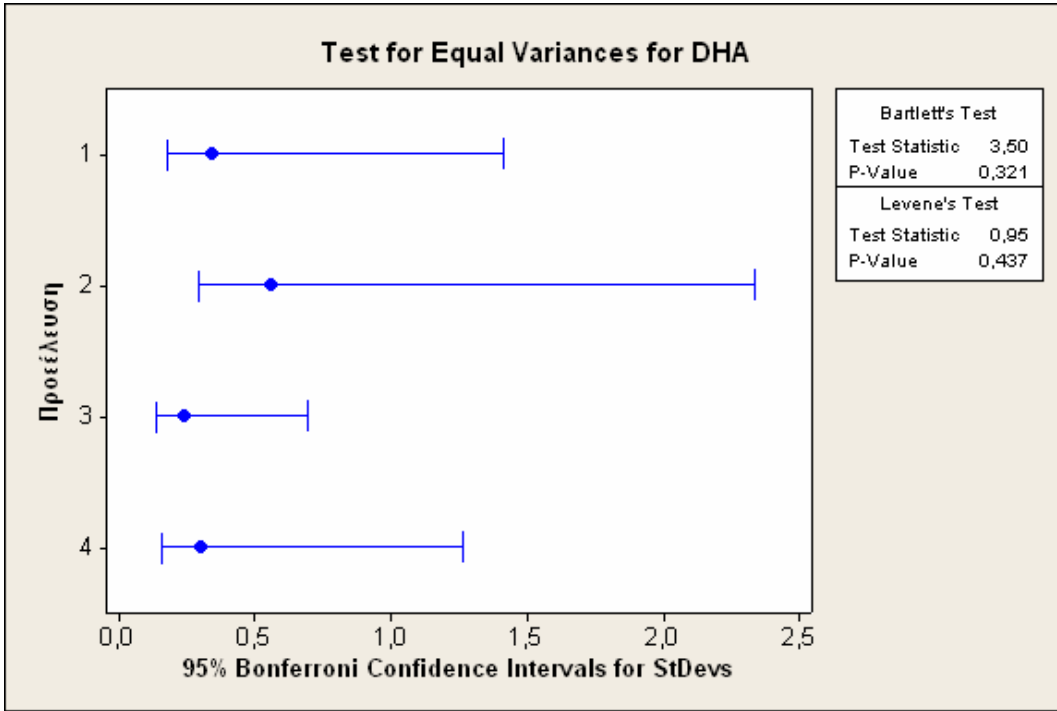
Test for Equal Variances: DHA % versus Προέλευση

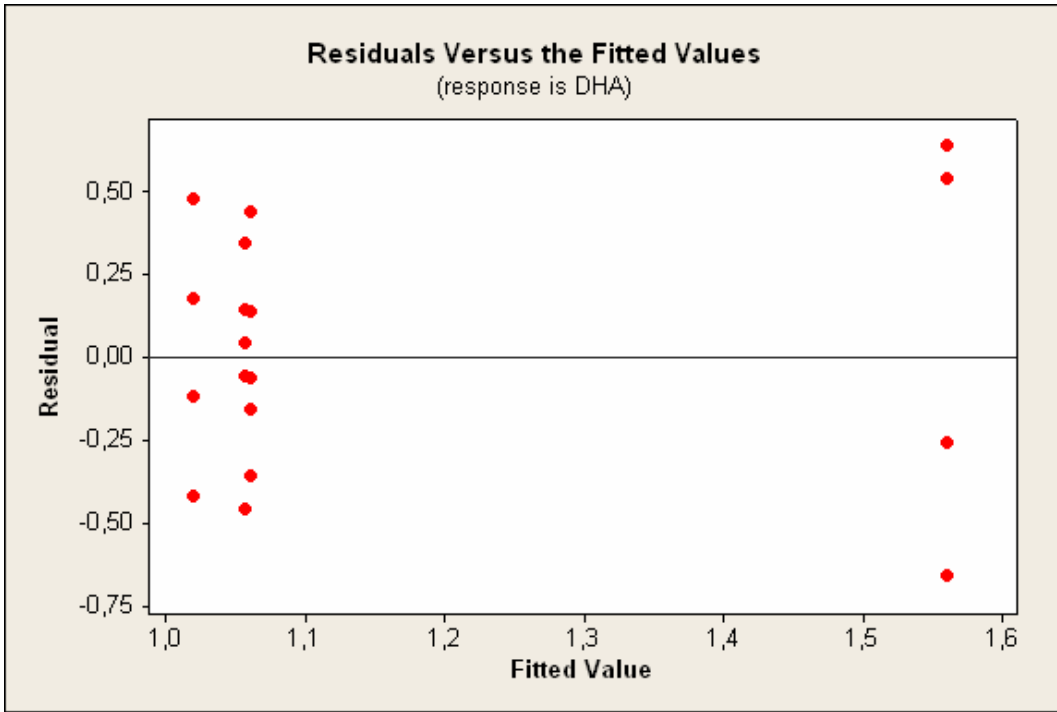
95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

προέλευση	N	Lower	StDev	Upper
1	5	0,180573	0,342053	1,41909
2	5	0,297697	0,563915	2,33954
3	7	0,140887	0,243975	0,69800
4	5	0,160991	0,304959	1,26520

Bartlett's Test (normal distribution)
Test statistic = 3,50; p-value = 0,321

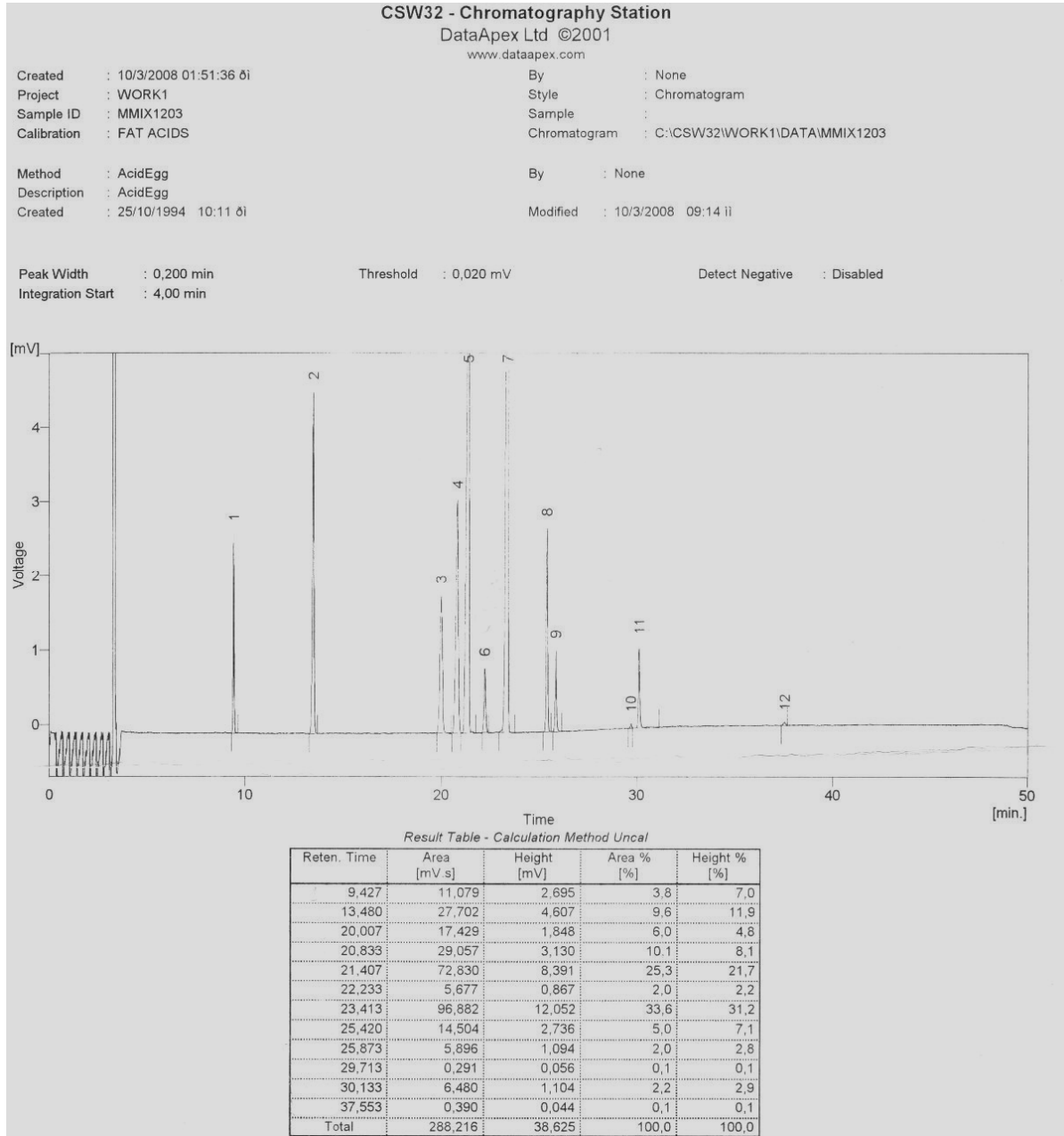
Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 0,95; p-value = 0,437





ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - Ι Ι

MIX



CLA (trans10-cis12)

CSW32 - Chromatography Station

DataApex Ltd ©2001

www.dataapex.com

Created : 10/3/2008 02:45:15 ði
Project : WORK1
Sample ID : MCLAX1203
Calibration : FAT ACIDS

By : None
Style : Chromatogram
Sample :
Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\MCLAX1203

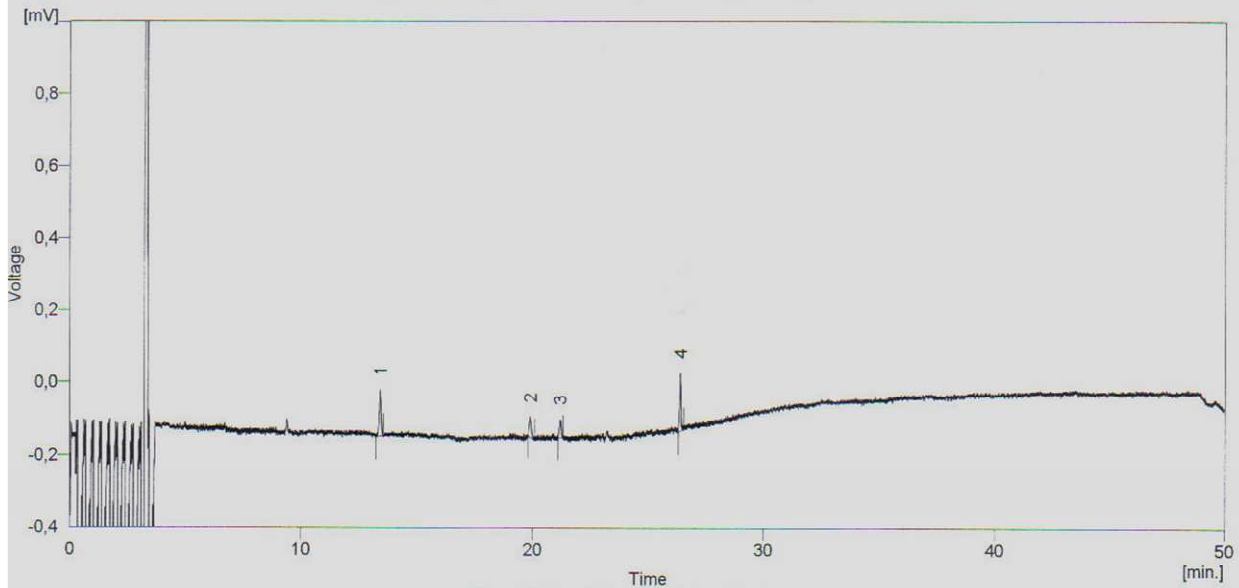
Method : AcidEgg
Description : AcidEgg
Created : 25/10/1994 10:11 ði

By : None
Modified : 10/3/2008 08:34 ði

Peak Width : 0,010 min
Integration Start : 4,00 min

Threshold : 0,020 mV

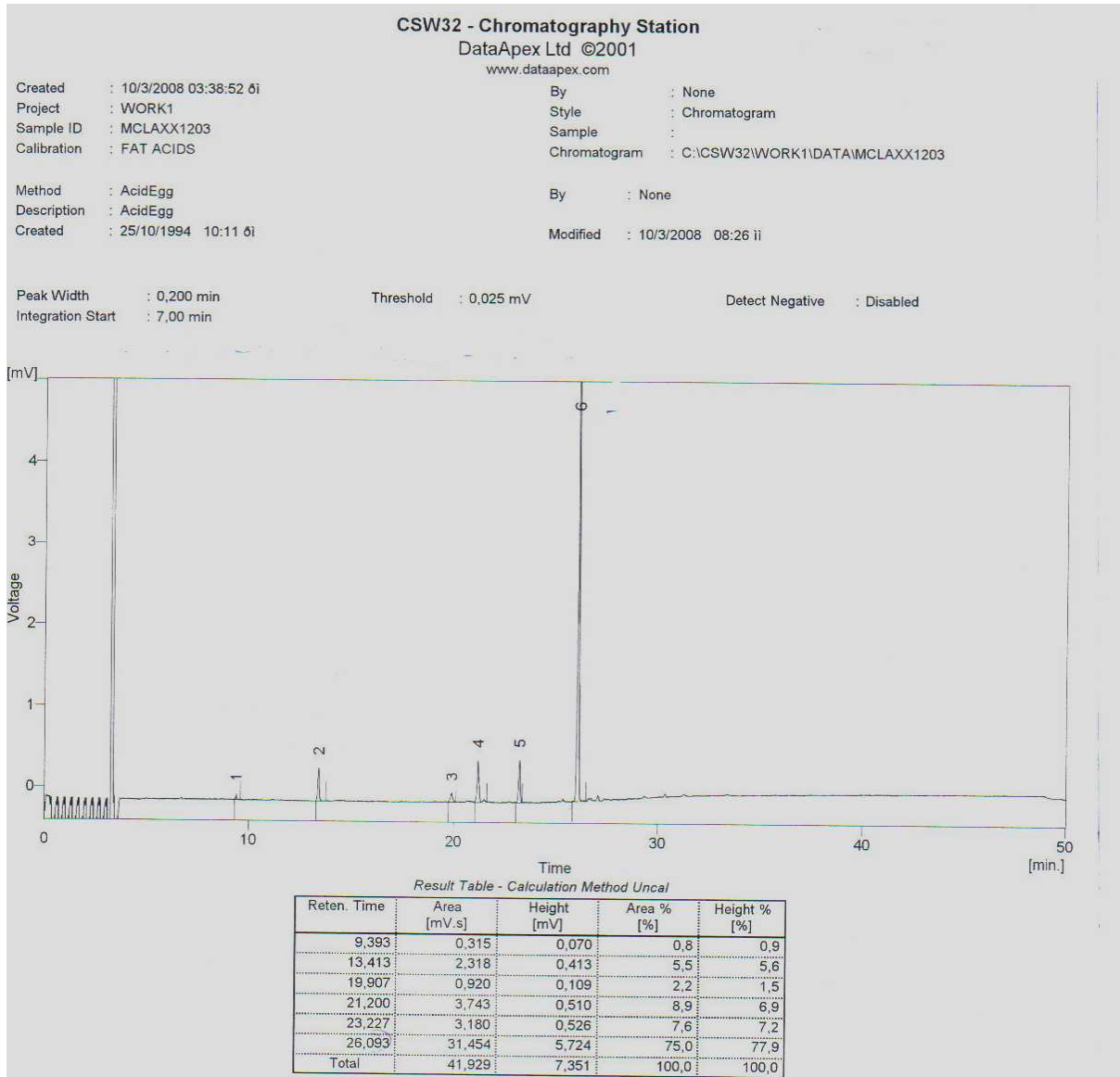
Detect Negative : Disabled



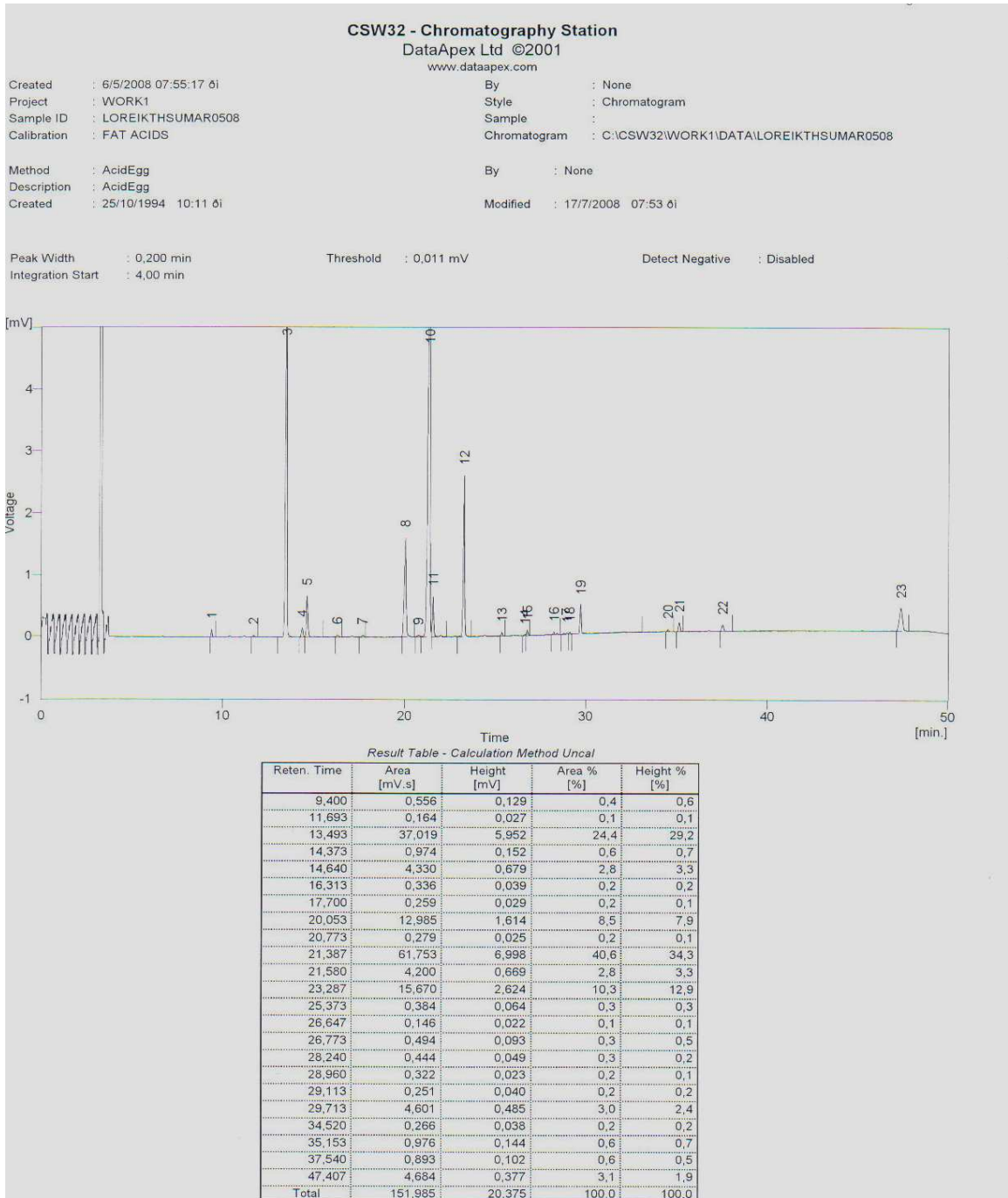
Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
13,412	0,754	0,127	33,5	32,4
19,913	0,382	0,055	17,0	14,0
21,197	0,296	0,051	13,2	13,1
26,386	0,815	0,160	36,3	40,6
Total	2,247	0,393	100,0	100,0

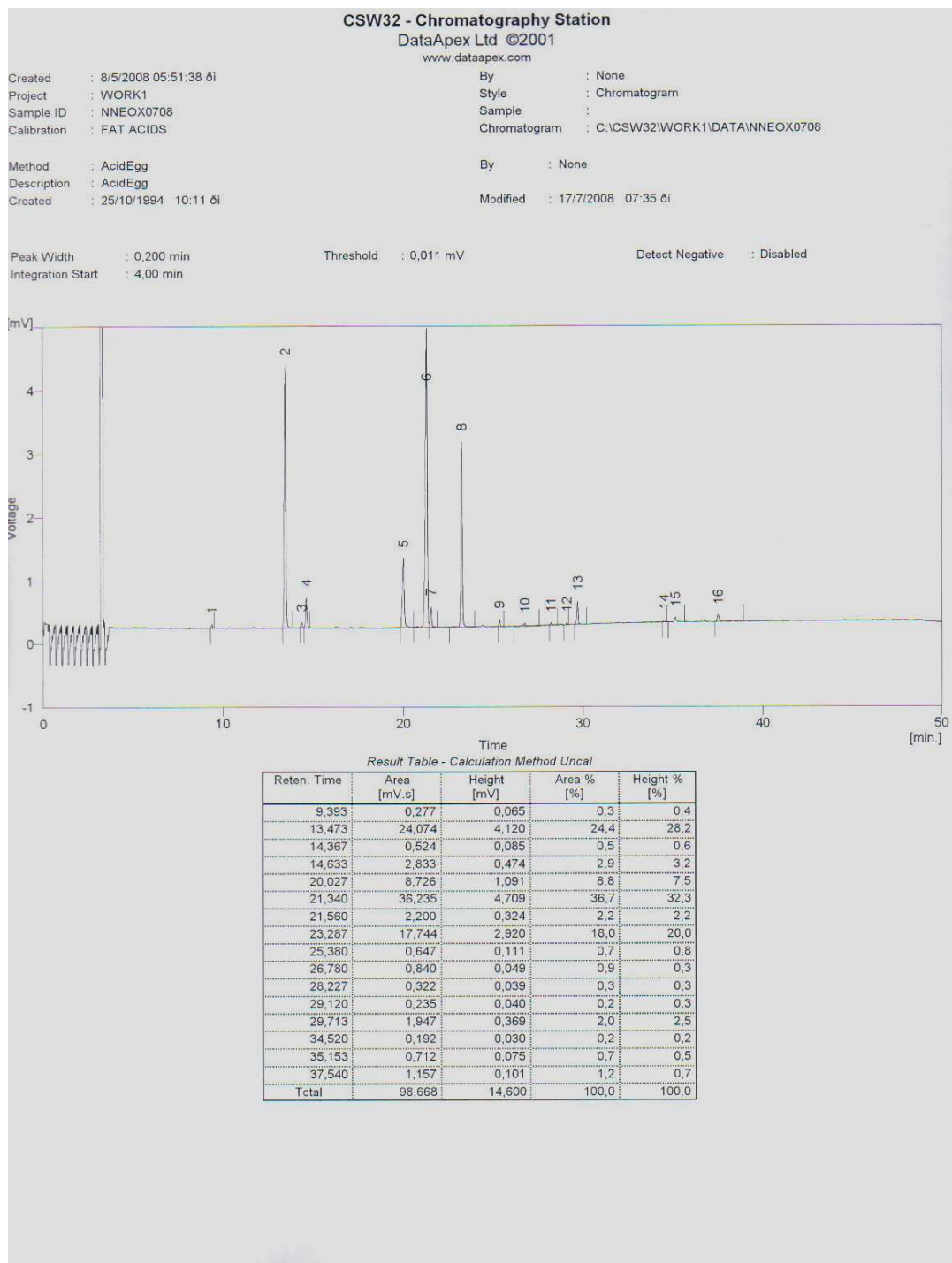
CLA (cis9-trans11)



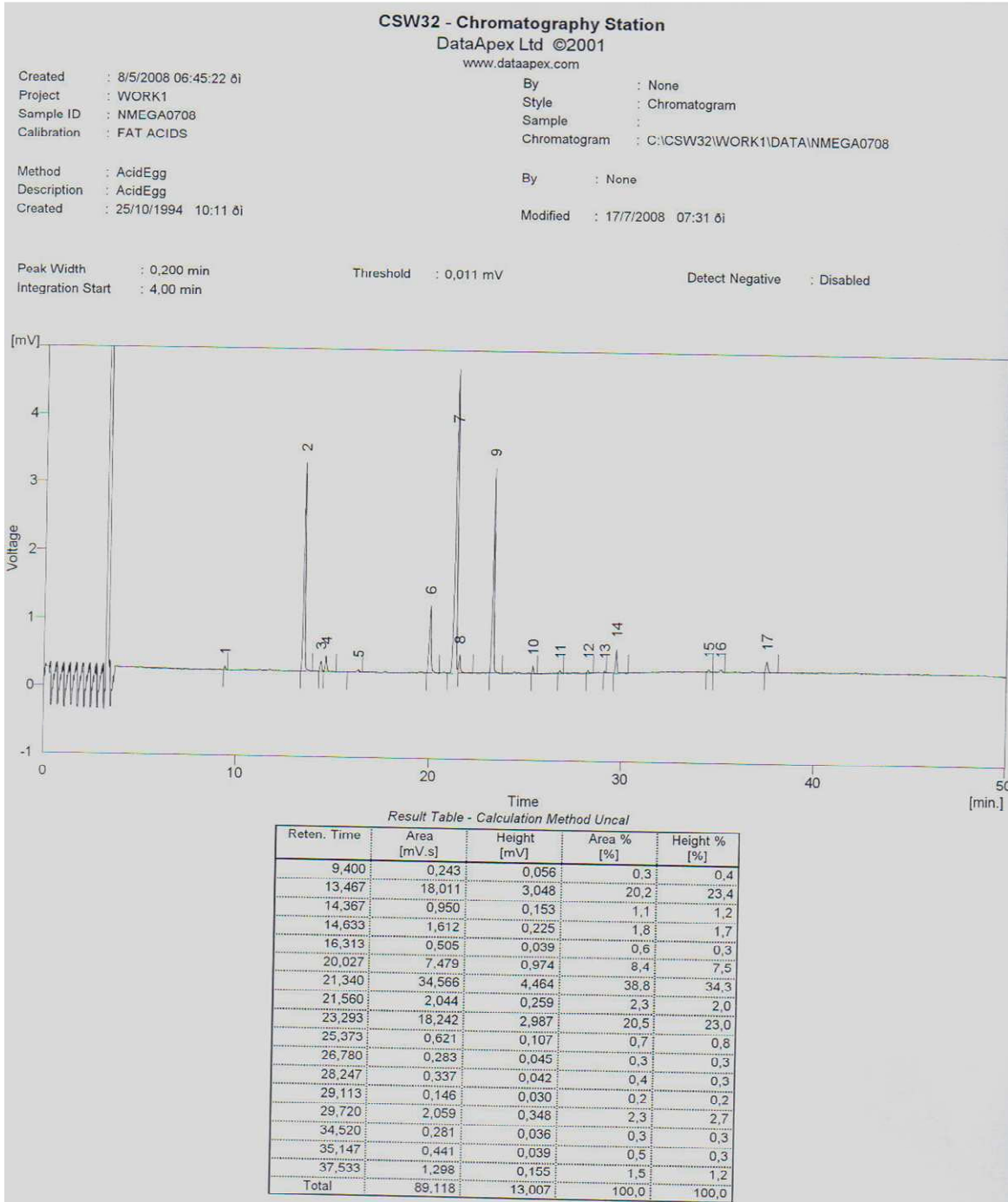
Κατηγορία : Συμβατικά
Προέλευση: Ορεινό κτήμα



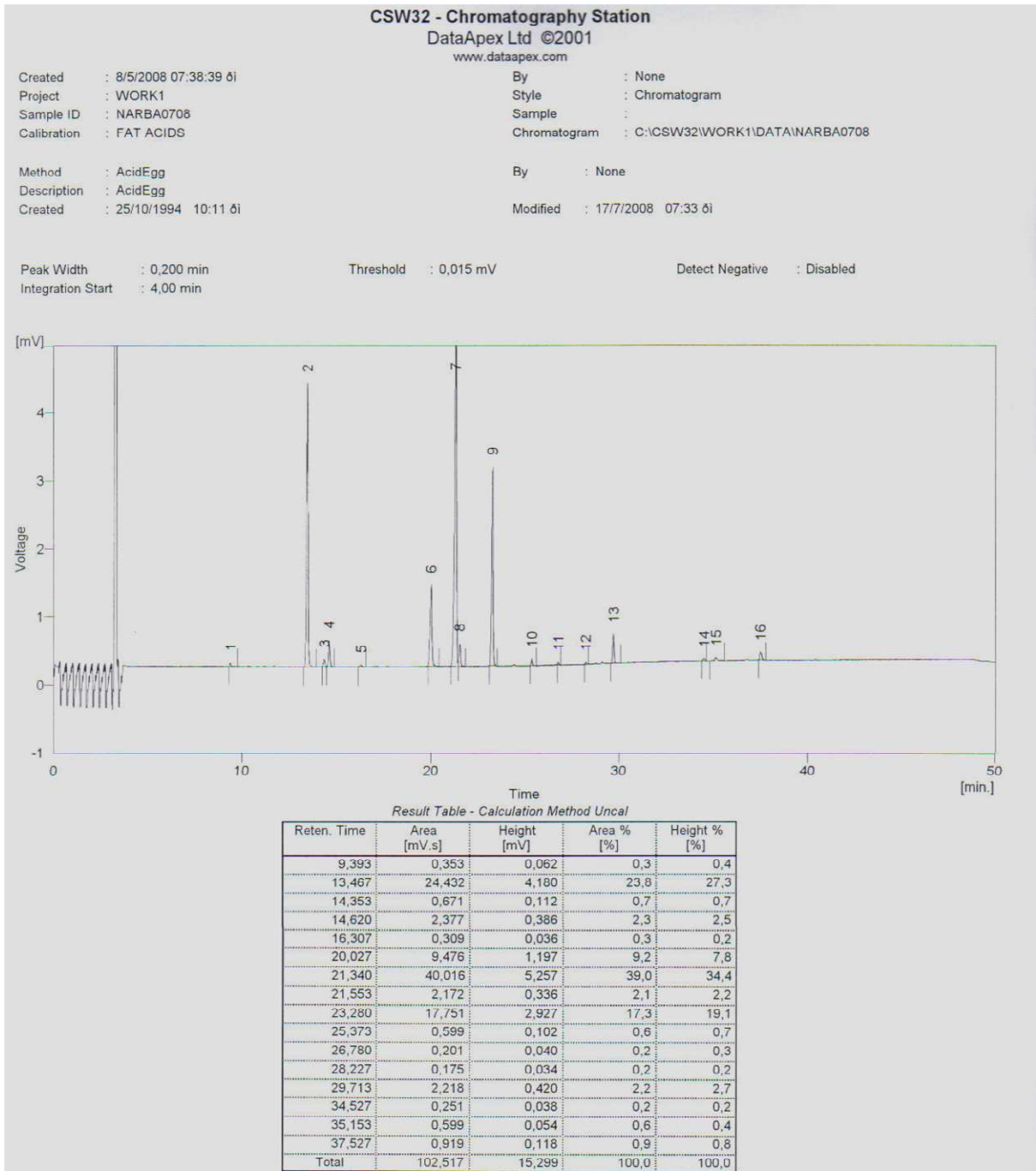
Προέλευση: Νεοχωρούδα



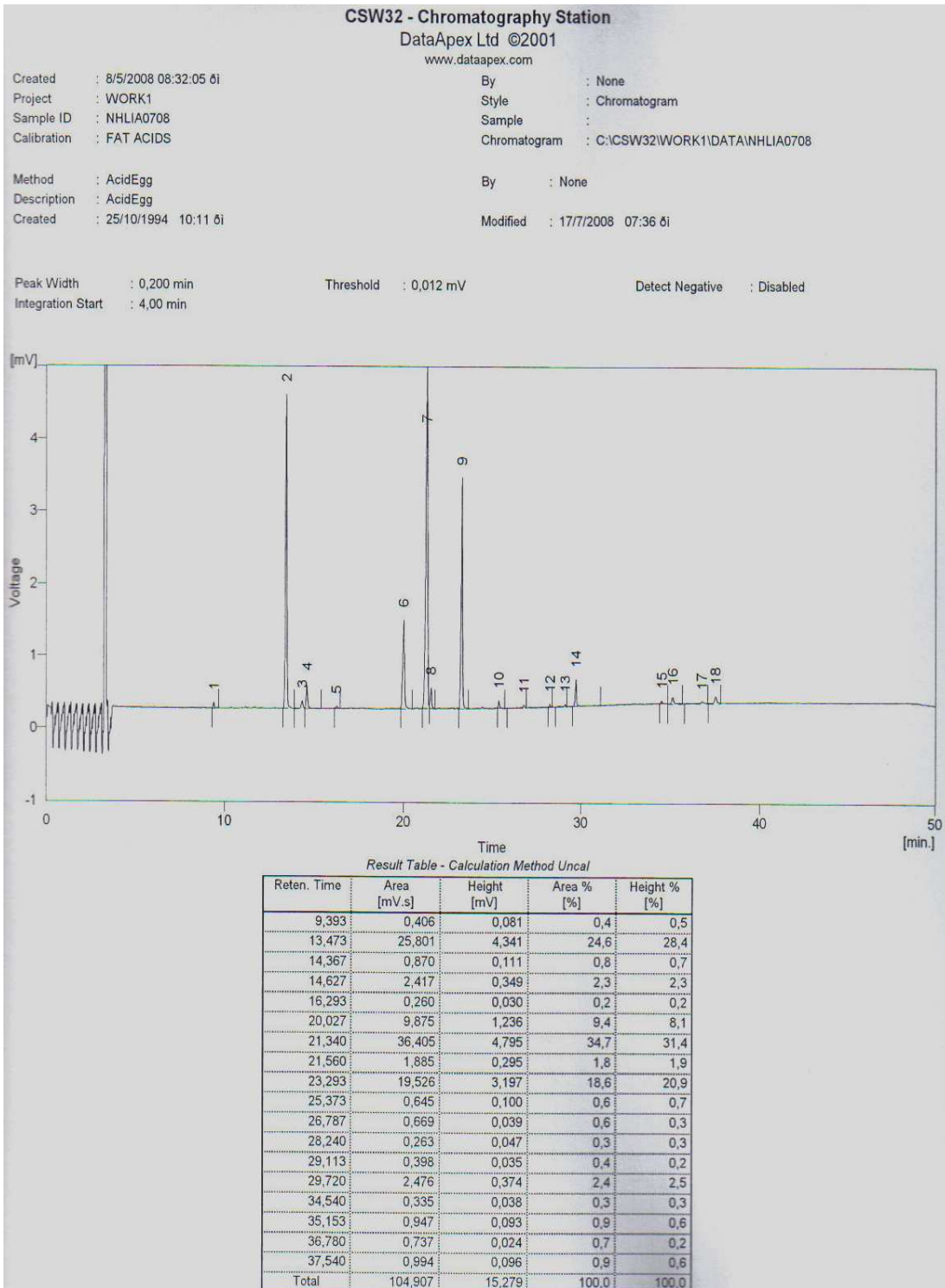
Προέλευση: Mega Farm



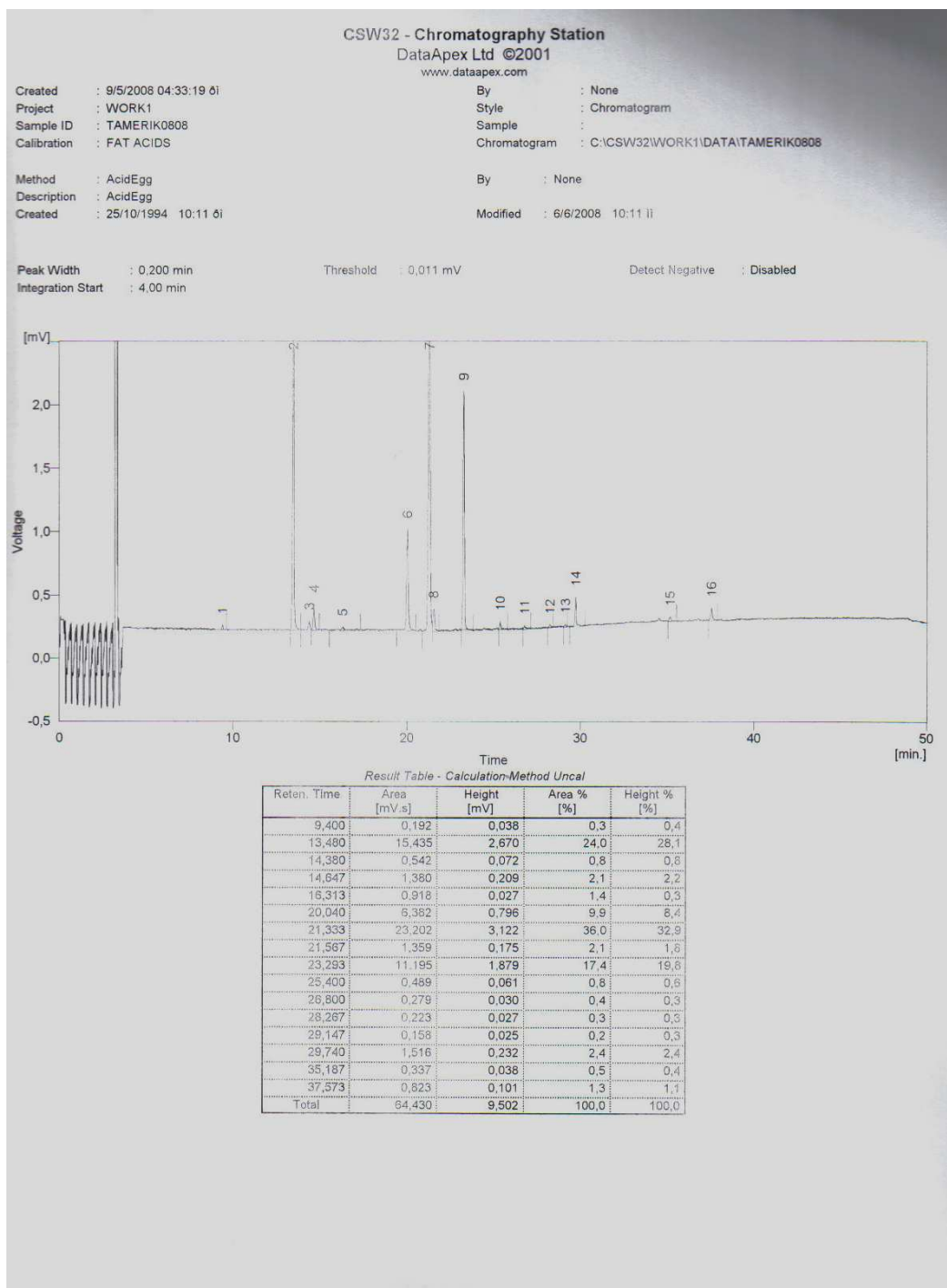
Προέλευση: Αρβανιτίδης



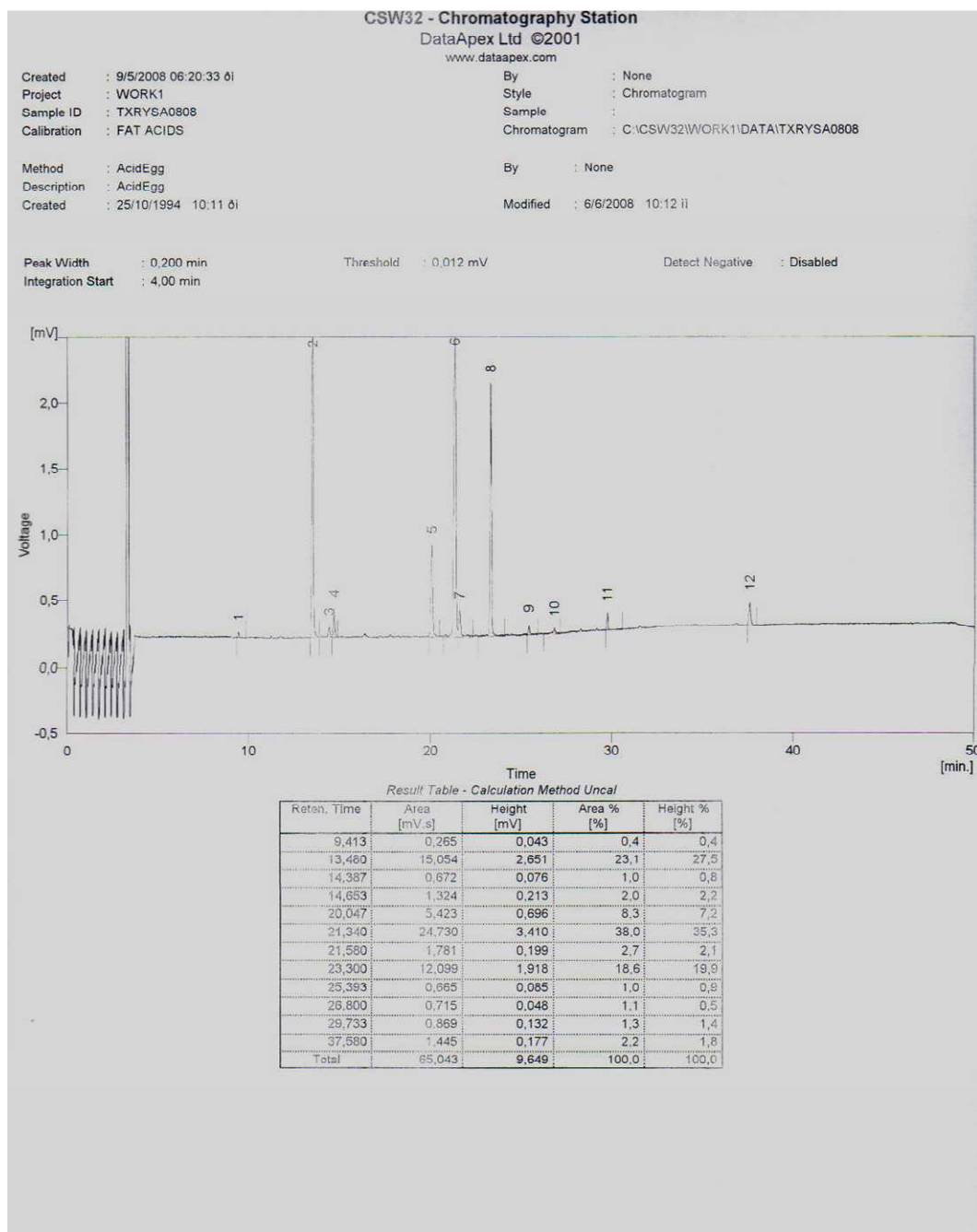
Προέλευση: Ηλιάδης



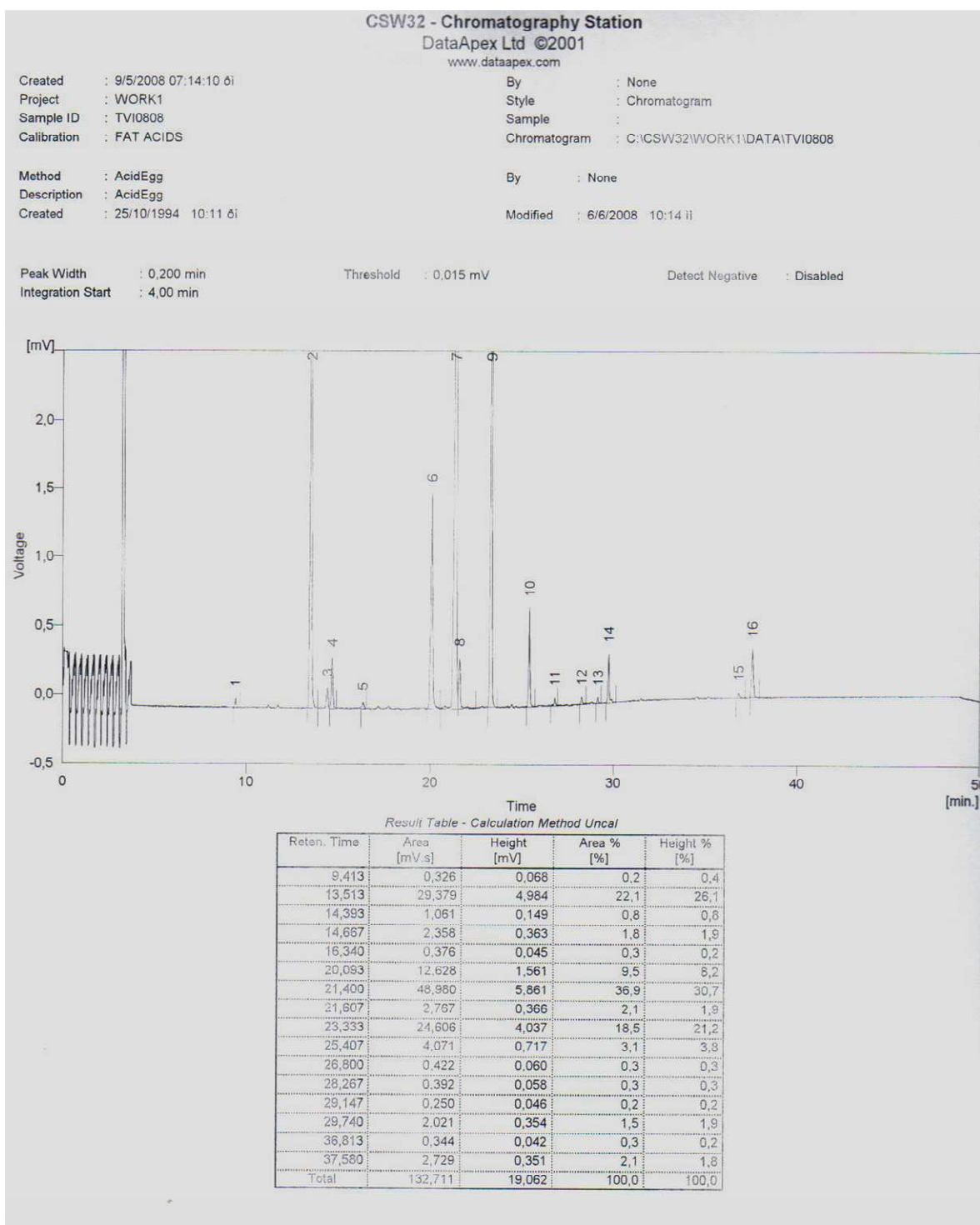
Κατηγορία : Ωμέγα-3 Προέλευση: Αμερικάνικης Γεωργικής Σχολής



Προέλευση: Χρυσά αυγά



Προέλευση: Vi – αυγά



Προέλευση: Egg-Plus

CSW32 - Chromatography Station

DataApex Ltd ©2001

www.dataapex.com

Created : 8/5/2008 09:25:52 δι
 Project : WORK1
 Sample ID : NEGG0708
 Calibration : FAT ACIDS

By : None
 Style : Chromatogram
 Sample :
 Chromatogram : C:\CSW32\WORK1\DATA\NEGG0708

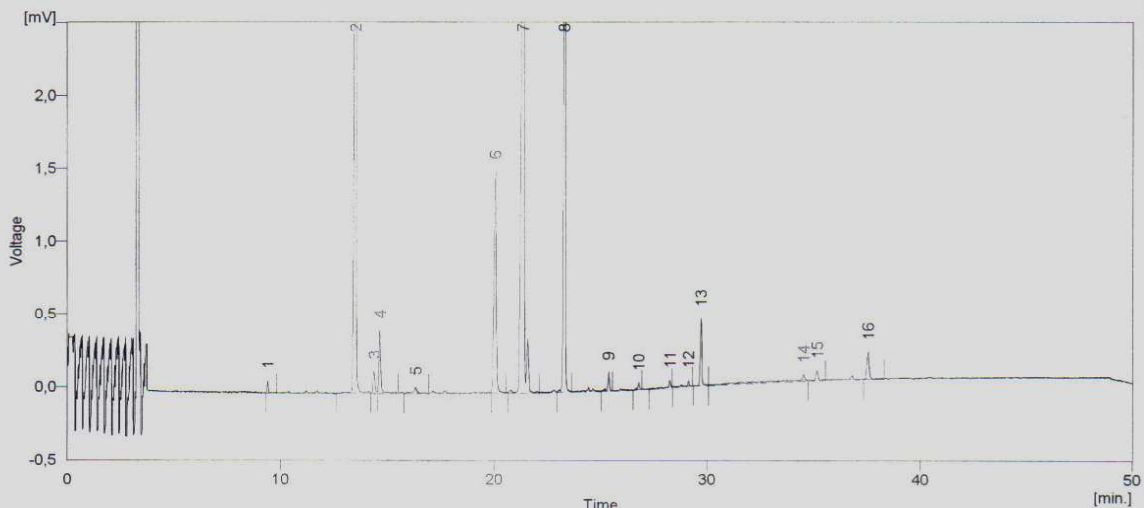
Method : AcidEgg
 Description : AcidEgg
 Created : 25/10/1994 10:11 δι

By : None
 Modified : 6/6/2008 10:20 ιι

Peak Width : 0,200 min
 Integration Start : 4,00 min

Threshold : 0,011 mV

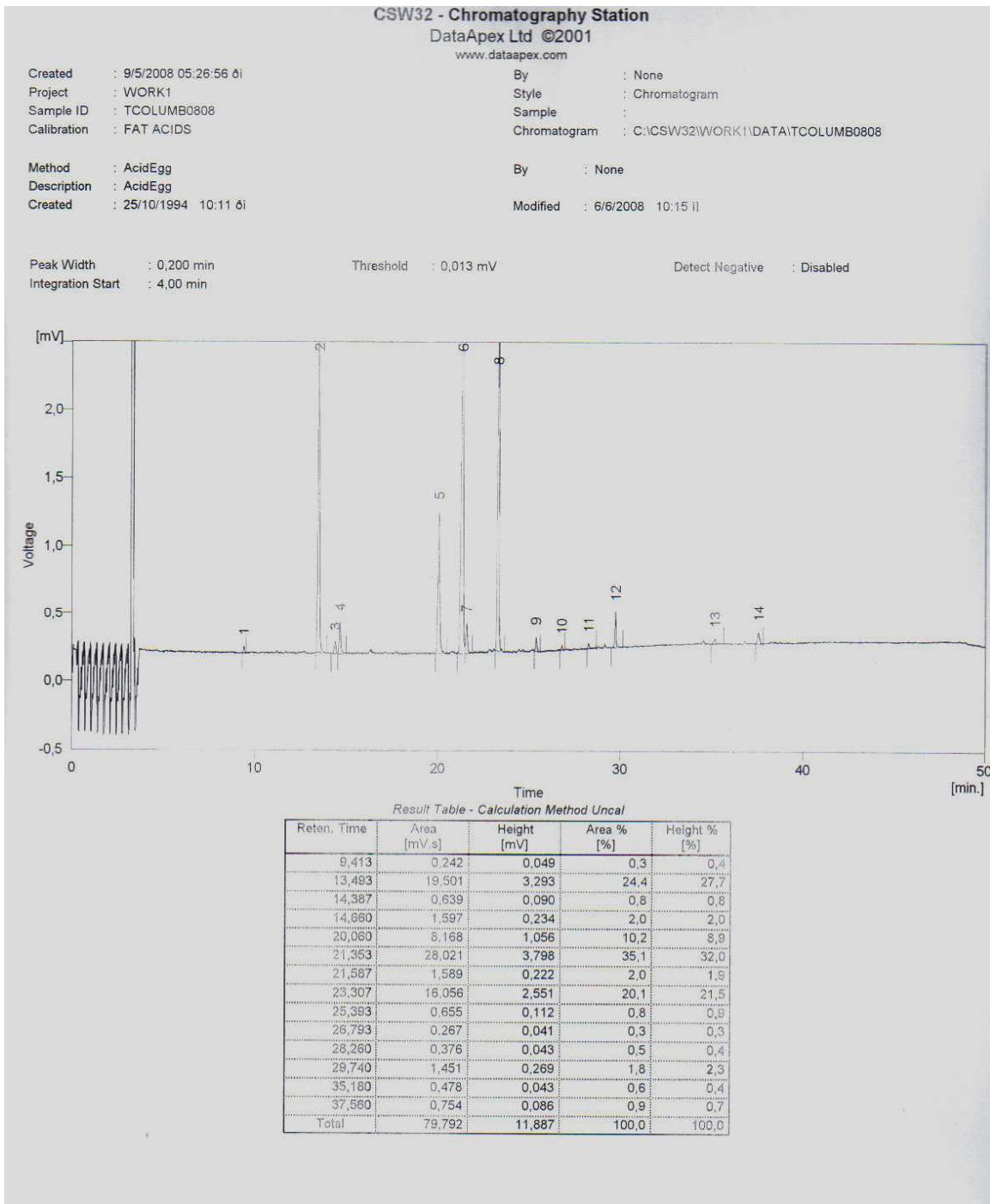
Detect Negative : Disabled



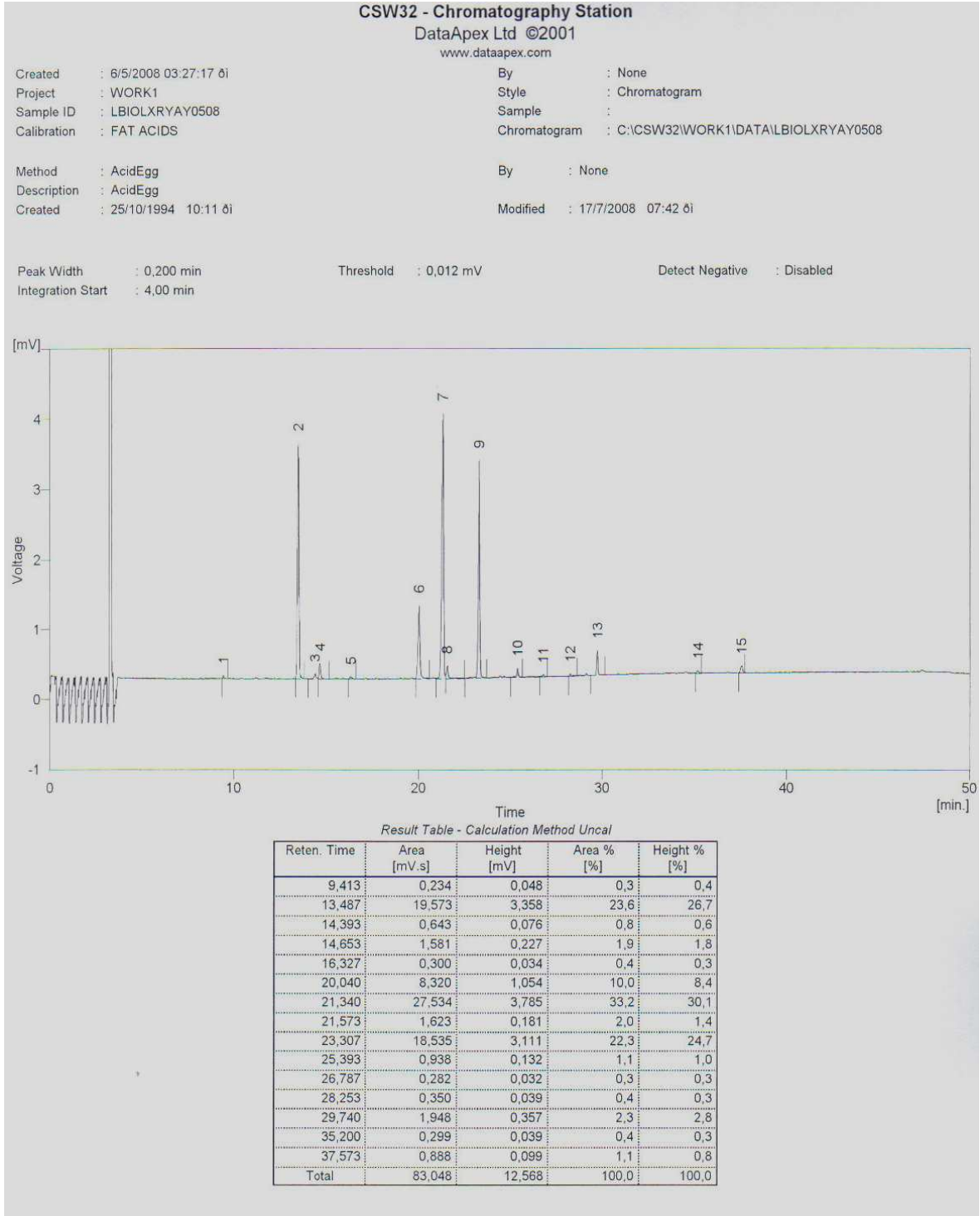
Result Table - Calculation Method Uncal

Reten. Time	Area [mV.s]	Height [mV]	Area % [%]	Height % [%]
9,400	0,422	0,084	0,3	0,5
13,500	32,438	5,466	24,6	29,6
14,373	0,986	0,150	0,7	0,8
14,847	3,017	0,428	2,3	2,3
16,320	0,719	0,042	0,5	0,2
20,067	12,024	1,520	9,1	8,3
21,380	49,345	5,808	37,4	31,7
23,313	22,565	3,797	17,1	20,7
25,393	0,888	0,127	0,7	0,7
26,793	0,403	0,048	0,3	0,3
28,247	0,730	0,056	0,6	0,3
29,127	0,460	0,040	0,3	0,2
29,727	2,531	0,462	1,9	2,5
34,540	3,076	0,045	2,3	0,2
35,173	0,761	0,069	0,6	0,4
37,560	1,702	0,186	1,3	1,0
Total	132,067	18,329	100,0	100,0

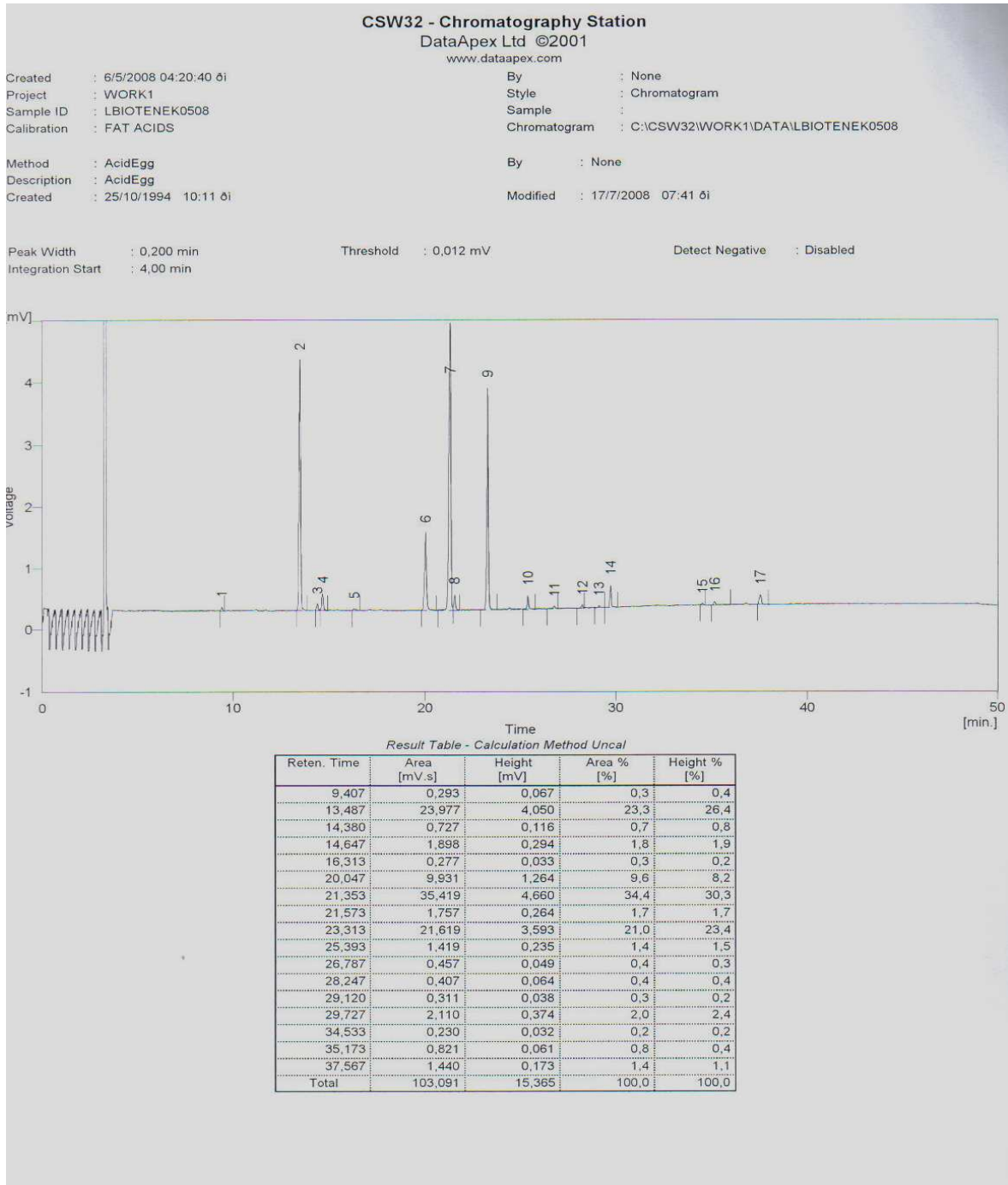
Προέλευση: Columbus



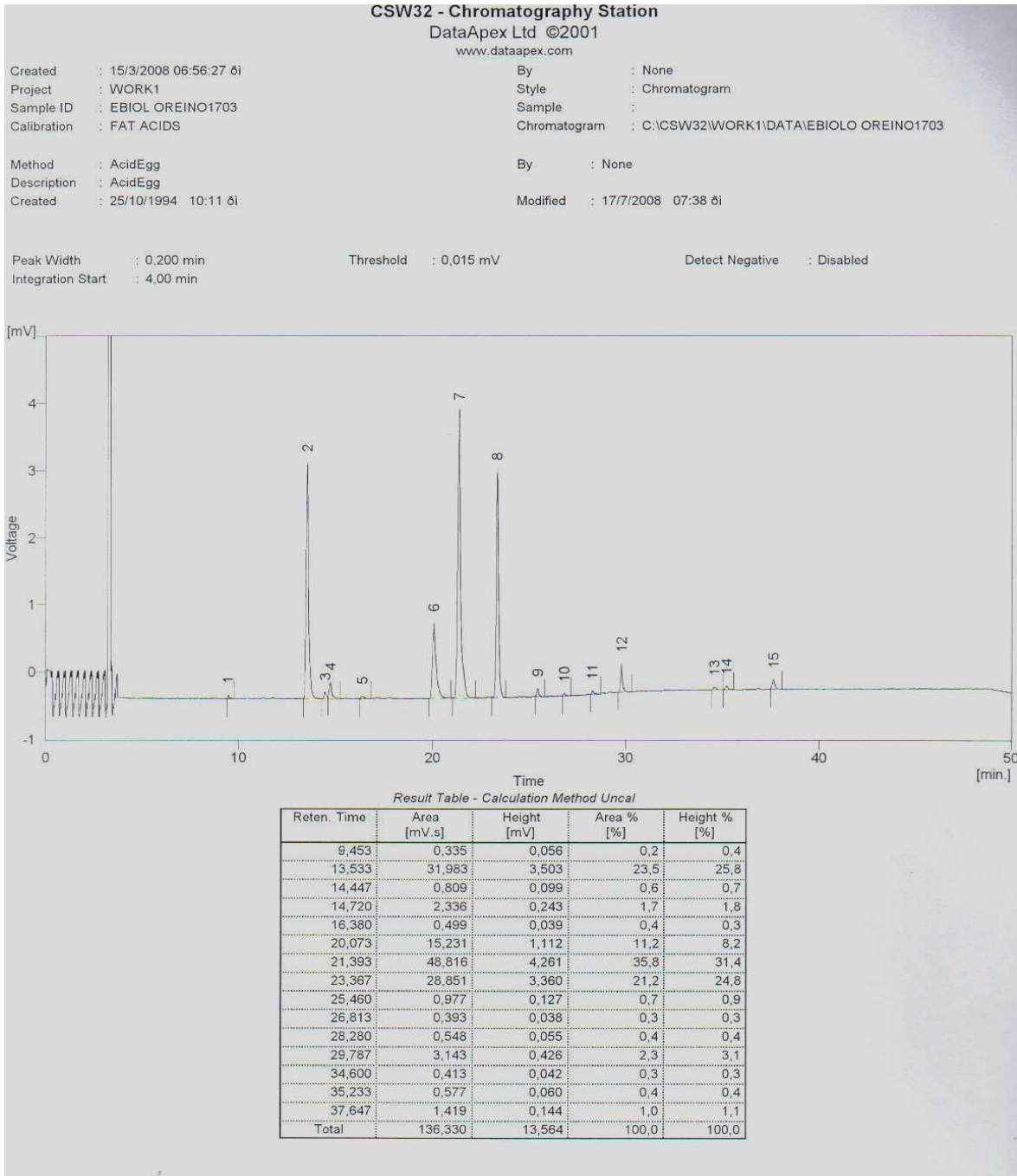
Κατηγορία: Βιολογικά
Προέλευση: Χρυσά



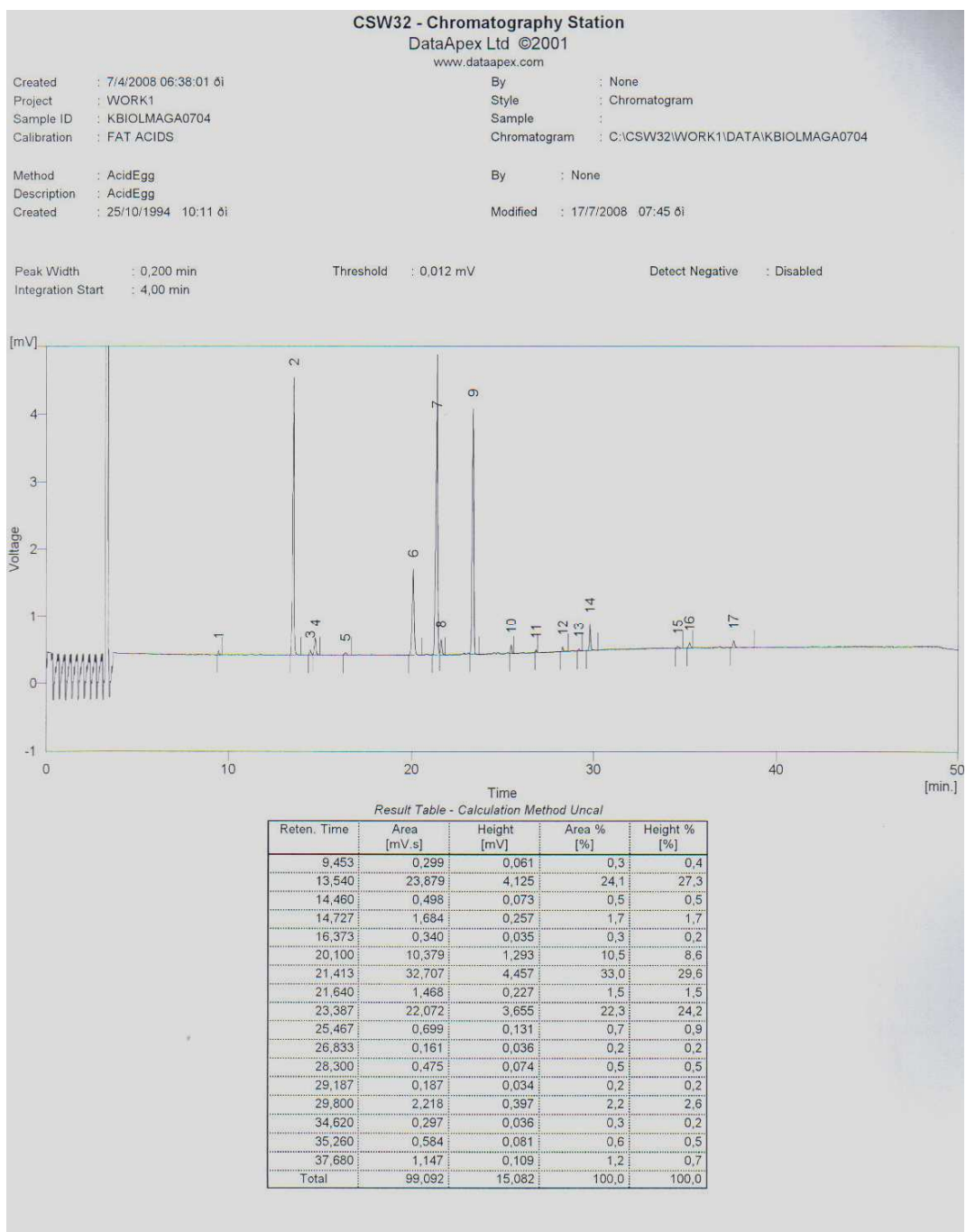
Προέλευση: Τενεκετζή



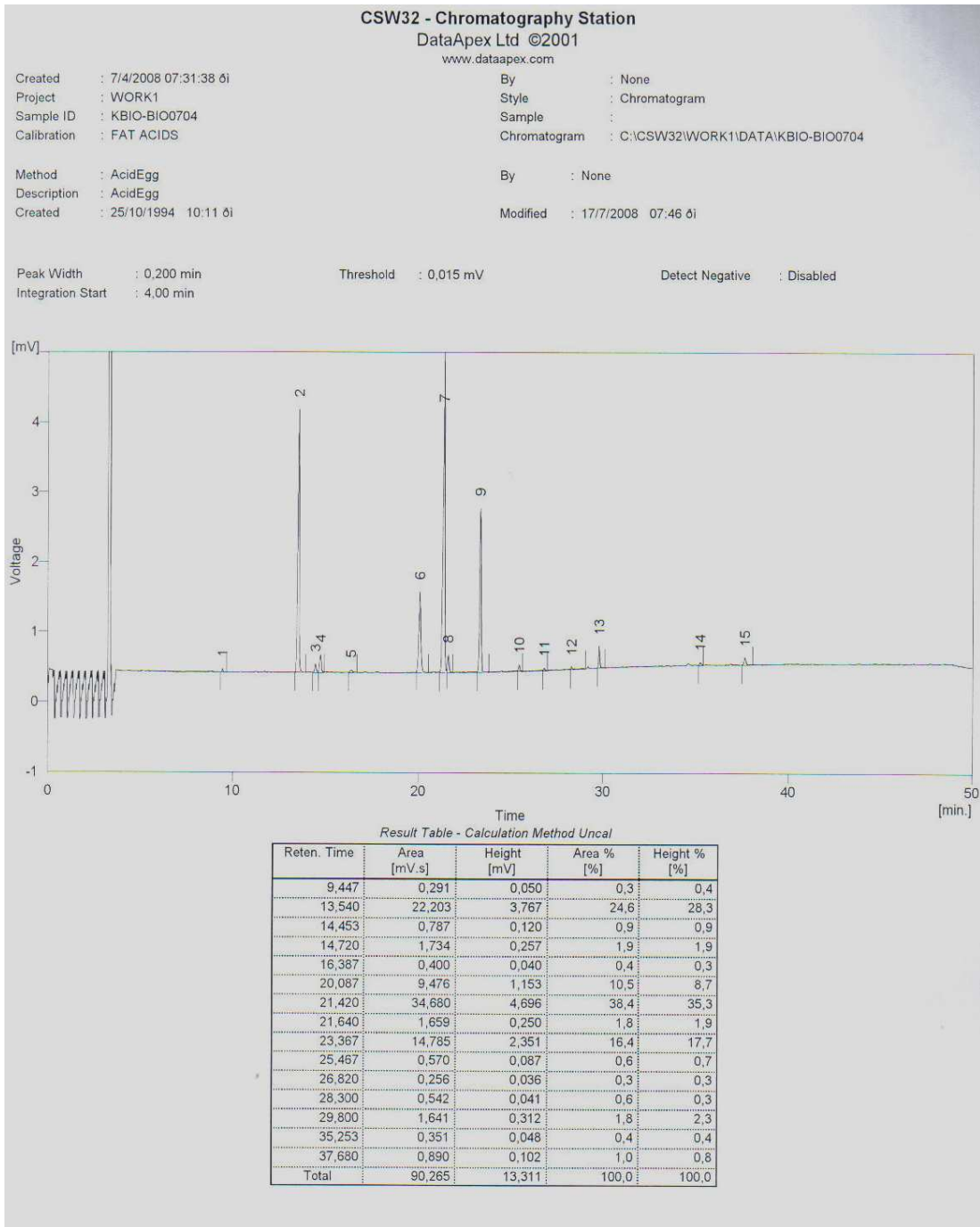
Προέλευση: Βιολογικά Ορεινό



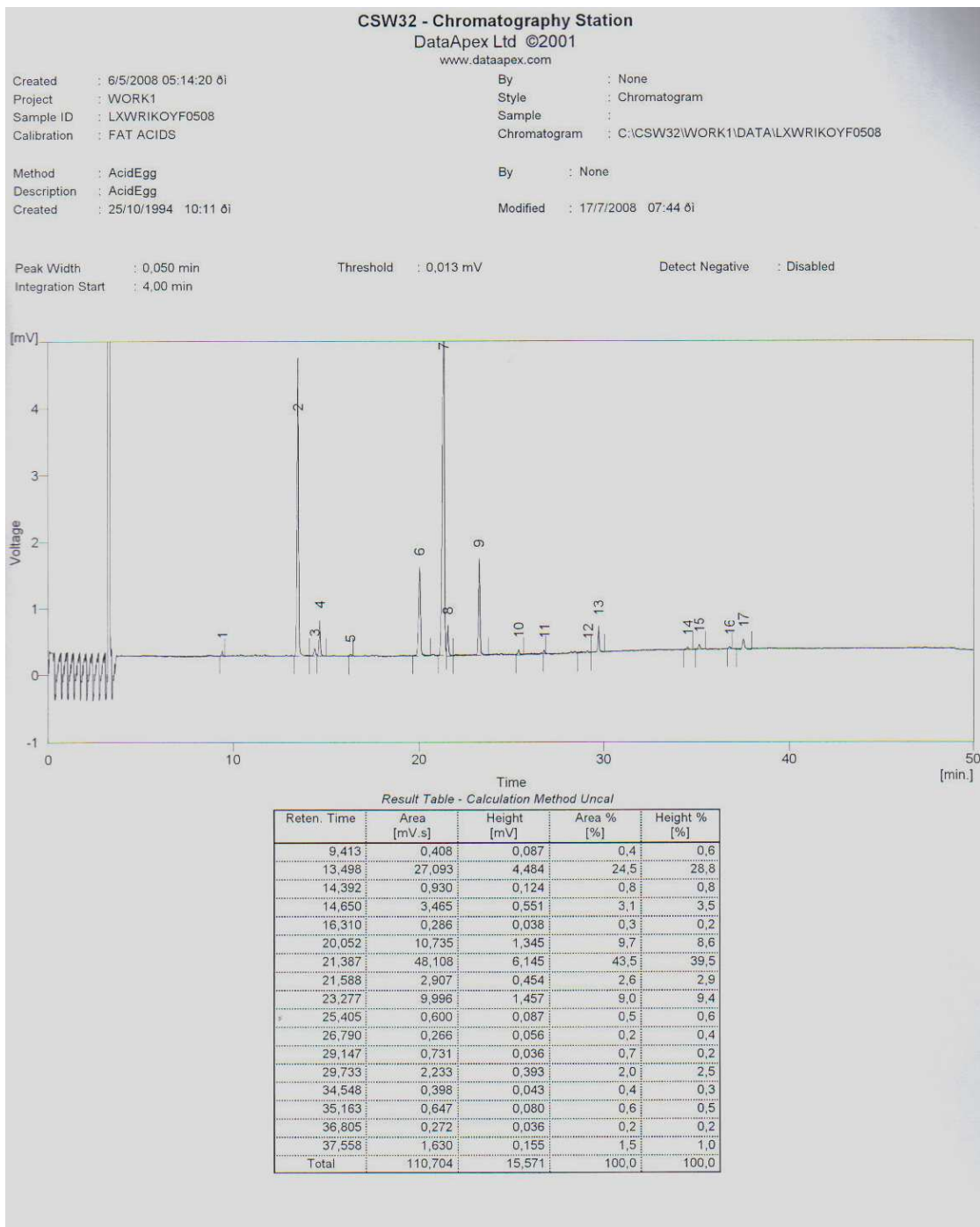
Προέλευση : Κ/μα Β. Όλγας



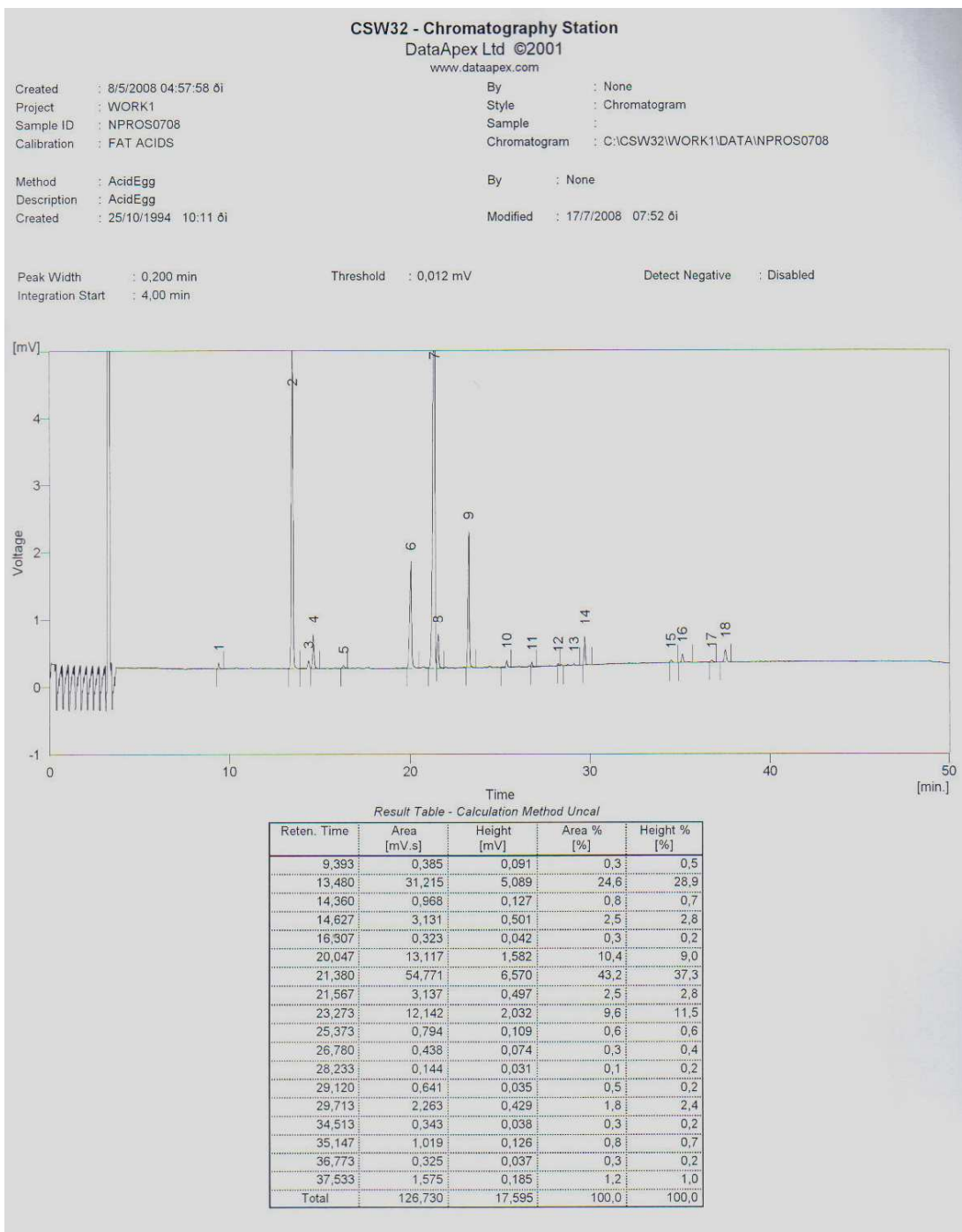
Προέλευση : Bio – Bio



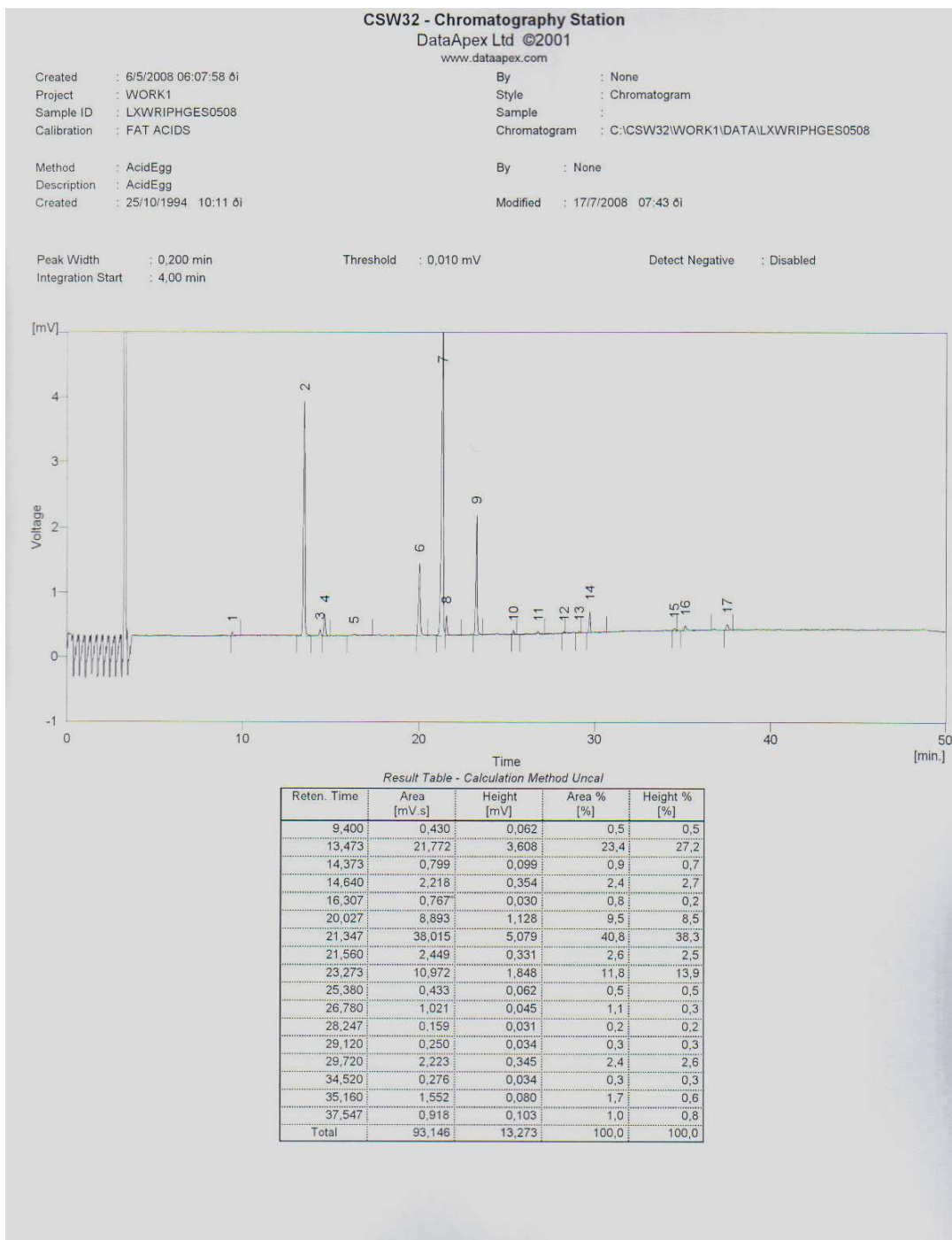
Κατηγορίες : Ελευθέρας Βοσκής Προέλευση : Κουφάλια



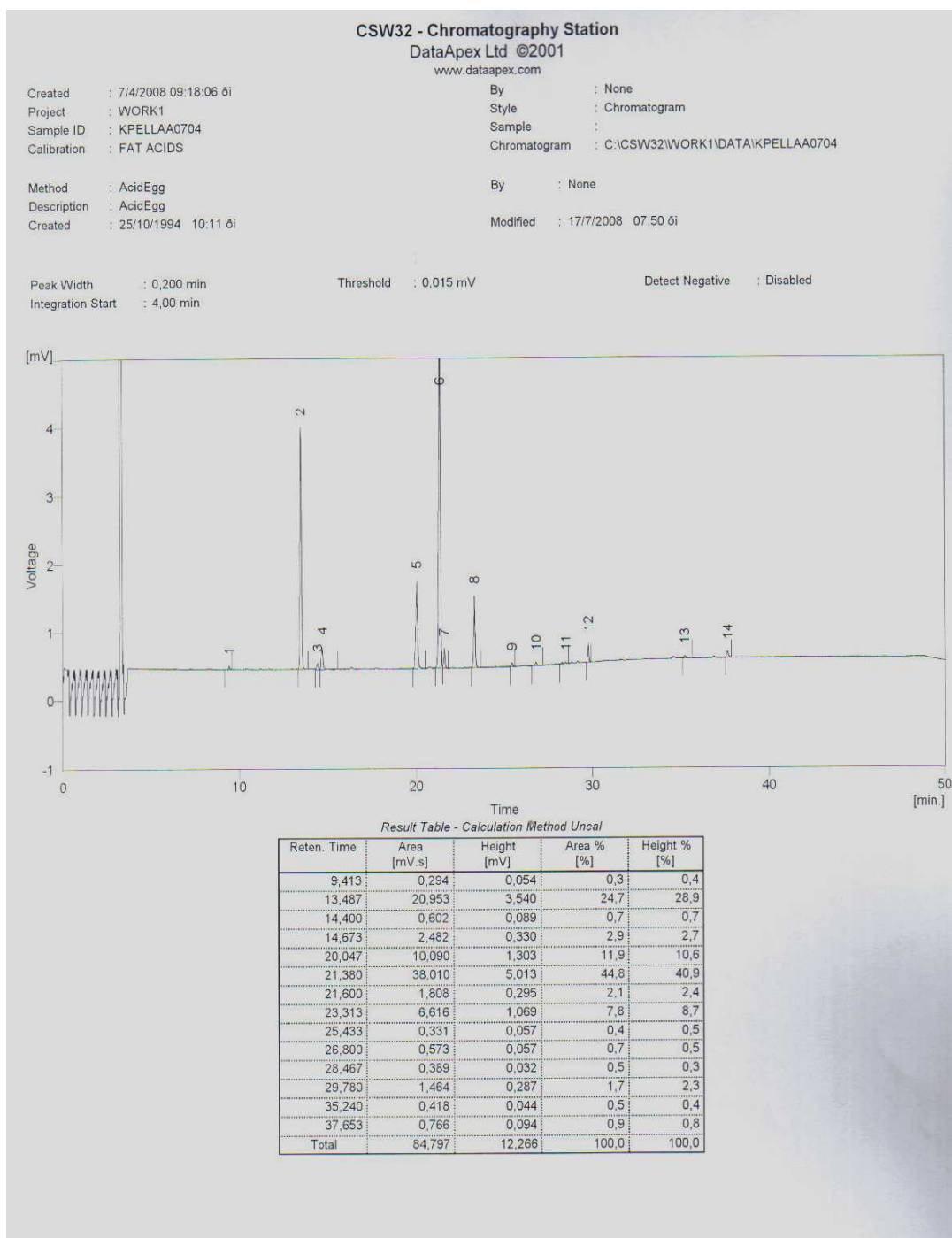
Προέλευση : Προσοτσάνη



Προέλευση : Μαράς



Προέλευση: Ν. Πέλλα



Προέλευση: Π. Πέλλα

