

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ**

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΩΝ ΟΞΥΓΟΝΟΥ,
ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΑΖΩΤΟΥ,
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΣΗΣ, ΥΛΙΚΟΥ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ, ΦΩΤΟΣ,
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ
ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΚΑΙ ΘΡΥΜΜΑΤΙΣΜΕΝΟΥ ΑΜΥΓΔΑΛΟΥ**

**ΜΕΞΗΣ ΣΤΑΜΑΤΙΟΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΟΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ, Μ.Δ.Ε.**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΙΩΑΝΝΙΝΑ
2011**

Ημερομηνία αίτησης του κ.Μέξη Σταμάτιου: 20-12-2007

Ημερομηνία ορισμού Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής: 688^A/18-1-2008

Ημερομηνία ορισμού θέματος: 18-12-2009



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Ημερομηνία 4-3-2011

ΙΩΑΝΝΙΝΑ, 45110

Τηλ. +302651008342

Fax. +302651008795

E-mail: mkontomi@cc.uoi.gr

Προς
Το Τμήμα Χημείας
Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

ΘΕΜΑ: Απονομή του τίτλου του Διδάκτορα στον κ. Σταμάτιο Μέξη

Σήμερα στις 4 Μαρτίου 2011 και ώρα 13:30 στην αίθουσα Χ2-094 του Τμήματος Χημείας, ενώπιον της Επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής αποτελούμενης από τους κκ.: Μιχαήλ Κοντομηνά, Καθηγητή (επιβλέποντα), Μιχαήλ Κωμαΐτη, Καθηγητή, Αθανάσιο Κουτίνα, Καθηγητή, Βάϊο Καραθάνο, Καθηγητή, Κυριάκο Ρηγανάκο, Αναπλ. Καθηγητή, Μαρία Τασιούλα-Μάργαρη, Επικ. Καθηγήτρια, και Αναστασία Μπαδέκα, Λέκτορα, που ορίστηκε στην υπ' αριθμ. 808^A/28-1-11 Γ.Σ. του Τμήματος Χημείας, έγινε από τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Σταμάτιο Μέξη η δημόσια παρουσίαση της διδακτορικής διατριβής του με θέμα:

«Επίδραση χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, ακτινοβολήσης, υλικού συσκευασίας, φωτός, θερμοκρασίας και χρόνου συντήρησης στη ποιότητα του ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου».

Στη συνέχεια ο υποψήφιος απάντησε σε σχετικές ερωτήσεις του ακροατηρίου και της Εξεταστικής Επιτροπής, και αφού αποχώρησε ο υποψήφιος και το ακροατήριο, έγινε σύσκεψη της Εξεταστικής Επιτροπής.

Η Επιτροπή έκρινε ότι το περιεχόμενο της διατριβής είναι πρωτότυπο, συμβάλλει ουσιαστικά στην πρόοδο της επιστήμης, η δε κατάρτιση του υποψηφίου είναι ευρεία και ολοκληρωμένη.

Με βάση τα παραπάνω η Εξεταστική Επιτροπή αποφάσισε ομόφωνα να γίνει η απονομή του τίτλου του διδάκτορα από το Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων στον κ. Σταμάτιο Μέξη με βαθμό ...**ΆΡΙΣΤΑ**..

Η Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή

Καθ. Μ.Γ. Κοντομηνάς (Επιβλέπων)

Καθ. Α.Α. Κουτίνας

Αναπλ. Καθ. Κ.Α. Ρηγανάκος

Λέκτορας Α. Β. Μπαδέκα

Καθ. Μ.Ε. Κωμαΐτης

Καθ. Β. Καραθάνος

Επικ. Καθ. Μ. Τασιούλα-Μάργαρη

**Αφιερώνεται σε όσους αγαπούν την
δουλειά τους
και
το αποδεικνύουν καθημερινά παρ' όλες τις
αντιξοότητες που αντιμετωπίζουν**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	Σελ. i
Εισαγωγή	Σελ. iii
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ	Σελ. 1
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	Σελ. 1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	Σελ. 2
ΞΗΡΟΙ ΚΑΡΠΟΙ	Σελ. 2
1. Εισαγωγή	Σελ. 3
1.1 Σύσταση ξηρών καρπών	Σελ. 3
1.1.1 Πρωτεΐνες	Σελ. 5
1.1.2 Λιπαρές ύλες	Σελ. 6
1.1.3 Υδατάνθρακες	Σελ. 9
1.1.4 Αντιοξειδωτικά	Σελ. 10
1.1.5 Υγρασία	Σελ. 12
1.1.6 Ανόργανα συστατικά	Σελ. 13
1.1.7 Βιταμίνες	Σελ. 15
1.1.8 Άλλα συστατικά των ξηρών καρπών	Σελ. 16
1.9 Κατανάλωση ξηρών καρπών και οφέλη στην υγεία	Σελ. 16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	Σελ. 19
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΞΗΡΩΝ ΚΑΡΠΩΝ	Σελ. 19
2. Προστασία από την οξείδωση	Σελ. 19
2.1 Εισαγωγή	Σελ. 19
2.1.1 Επίδραση του υλικού συσκευασίας, της τροποποιημένης ατμόσφαιρας και της θερμοκρασίας αποθήκευσης στην οξείδωση του λίπους των ξηρών καρπών	Σελ. 21
2.1.2 Επίδραση της προ-επεξεργασίας (βαθμός ωρίμανσης καρπού, ψήσιμο, ξεφλούδισμα) και της σύνθεσης λίπους των ξηρών καρπών στην οξείδωση τους	Σελ. 34
2.1.3 Επίδραση της ενεργότητας ύδατος και της σχετικής υγρασίας αποθήκευσης στην οξείδωση του λίπους των ξηρών καρπών	Σελ. 44
2.1.4 Επίδραση των φυσικώς ενυπαρχόντων και προστιθέμενων	

αντιοξειδωτικών στην οξείδωση του λίπους των ξηρών καρπών	Σελ. 47
2.2 Μικροβιακή υποβάθμιση και επίδραση εντόμων στην ποιότητα και ασφάλεια ξηρών καρπών	Σελ. 51
2.2.1 Εξυγίανση ξηρών καρπών με χρήση ιονίζουσας ακτινοβολίας	Σελ. 51
2.2.1.1 Επίδραση χρήσης ιονίζουσας ακτινοβολίας στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ξηρών καρπών αμέσως μετά την ακτινοβόληση	Σελ. 52
2.2.1.2 Επίδραση του χρόνου αποθήκευσης στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ακτινοβολημένων ξηρών καρπών.	Σελ. 54
2.3 Οργανοληπτική αξιολόγηση ξηρών καρπών	Σελ. 58
2.4 Αντικείμενο έρευνας	Σελ. 74
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ	Σελ. 75
Υλικά και Μέθοδοι	Σελ. 75
3. Υλικά	Σελ. 76
3.1 Υπόστρωμα	Σελ. 76
3.2 Πείραμα Α: Μελέτη οξείδωσης ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, θερμοκρασίας και του χρόνου αποθήκευσης	Σελ. 76
3.2.1 Σχεδιασμός πειράματος Α	Σελ. 77
3.3 Πείραμα Β: Μελέτη επίδρασης γ-ακτινοβολίας στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ολόκληρων αμυγδάλων κατόπιν ακτινοβόλησης (Πείραμα Β1) και μακροχρόνιας αποθήκευσης τους ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού και της δόσης ακτινοβολίας (Πείραμα Β2)	Σελ. 78
3.3.1 Σχεδιασμός πειράματος Β1	Σελ. 78
3.3.2 Σχεδιασμός πειράματος Β2	Σελ. 79
3.3 Αντιδραστήρια	Σελ. 80
3.4 Όργανα	Σελ. 80
3.5 Μέθοδοι	Σελ. 81

3.5.1 Μέθοδος παραλαβής/απομόνωσης λίπους κατά Welmann	Σελ. 81
3.5.2 Αριθμός υπεροξειδίων	Σελ. 82
3.5.3 Ημι-ποσοτικός προσδιορισμός πτητικών συστατικών	Σελ. 82
3.5.4 Ποσοτικός προσδιορισμός εξανάλης	Σελ. 86
3.5.5 Προσδιορισμός λιπαρών οξέων	Σελ. 89
3.5.6 Μέτρηση χρώματος	Σελ. 89
3.5.7 Οργανοληπτική αξιολόγηση	Σελ. 89
3.6 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων	Σελ. 90
ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ	Σελ. 91
Αποτελέσματα και Συζήτηση	Σελ. 91
ΠΕΙΡΑΜΑ Α: Μελέτη οξείδωσης ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου σαν συνάρτηση του είδους της συσκευασίας, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, χρήσης απορροφητή οξυγόνου, φωτός, θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης	Σελ. 92
4.0 Έλεγχος τροποποιημένης ατμόσφαιρας υπερκείμενου χώρου συσκευασίας ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου	Σελ. 92
4.1 Χημικές αναλύσεις ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου	Σελ. 95
4.1.1 Αριθμός υπεροξειδίων ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου	Σελ. 95
4.1.2 Περιεκτικότητα εξανάλης ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου	Σελ. 103
4.1.3 Μεταβολή σύνθεσης λιπαρών οξέων ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, θερμοκρασίας αποθήκευσης και του χρόνου αποθήκευσης	Σελ. 109
4.1.4 Μεταβολή πτητικών συστατικών ολόκληρου και θρυμματισμένου αμύγδαλο ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, θερμοκρασίας αποθήκευσης και του χρόνου αποθήκευσης	Σελ. 113
4.1.5 Μεταβολή παραμέτρων χρώματος L^*, a^* και b^* ολόκληρου και	

θρυμματισμένου αμύγδαλο ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, θερμοκρασίας αποθήκευσης και του χρόνου αποθήκευσης	Σελ. 118
4.1.6 Οργανοληπτική αξιολόγηση ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου	Σελ. 119
4.1.6 Γενικά συμπεράσματα	Σελ. 127
ΠΕΙΡΑΜΑ B1: Μελέτη επίδρασης τις γ-ακτινοβολίας στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ολόκληρων αμυγδάλων αμέσως μετά την ακτινοβολήση τους	Σελ. 128
4.2 Επίδραση αυξανόμενων δόσεων γ-ακτινοβολίας στην συγκέντρωση των πρωτογενών προϊόντων οξειδωσης (AY) μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου	Σελ. 128
4.2.1 Επίδραση αυξανόμενων δόσεων γ-ακτινοβολίας στην σύνθεση λιπαρών οξέων μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου	Σελ. 129
4.2.2 Ταυτοποίηση και ημιποσοτικός προσδιορισμός πτητικών συστατικών μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου	Σελ. 131
4.2.3 Χρώμα	Σελ. 133
4.2.4 Οργανοληπτική αξιολόγηση αμυγδάλων	Σελ. 133
4.2.5 Συμπεράσματα	Σελ. 136
ΠΕΙΡΑΜΑ B2: Μελέτη επίδρασης γ-ακτινοβολίας (1 και 3kGy) στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ολόκληρων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή PET-SiOx//LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C	Σελ. 136
5.0 Έλεγχος τροποποιημένης ατμόσφαιρας υπερκείμενου χώρου συσκευασίας μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου	Σελ. 136
5.1 Χημικές αναλύσεις ολόκληρου μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου	Σελ. 138
5.1.1 Αριθμός υπεροξειδίων ολόκληρου μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου	Σελ. 138

5.1.2 Περιεκτικότητα εξάναλης ολόκληρου μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου	Σελ. 142
5.1.3 Μεταβολή σύνθεσης λιπαρών οξέων μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, δόσης ακτινοβολίας και του χρόνου συντήρησης	Σελ. 145
5.1.4 Μεταβολή σύνθεσης πτητικών συστατικών μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, δόσης ακτινοβολίας και του χρόνου συντήρησης	Σελ. 149
5.1.5 Μεταβολή παραμέτρων χρώματος L^*, a^* και b^* μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, δόσης ακτινοβολίας και του χρόνου συντήρησης	Σελ. 152
5.1.5 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, δόσης ακτινοβολίας και του χρόνου συντήρησης	Σελ. 153
Γενικά συμπεράσματα	Σελ. 159
Βιβλιογραφία	Σελ. 161
Περίληψη Abstract	Σελ. 181
Παράρτημα I	Σελ. 186

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία ανατέθηκε από τον καθηγητή του Τομέα Βιομηχανικής Χημείας και Χημείας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων κ. Μιχάλη Κοντομηνά και υλοποιήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας Τροφίμων του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων στο διάστημα 2007-2009. Τον καθηγητή κ. Μιχάλη Κοντομηνά ευχαριστώ θερμά για την απεριόριστη βοήθειά του σε οποιοδήποτε πρόβλημα αντιμετώπισα κατά τη διεξαγωγή τόσο του πειραματικού μέρους όσο και κατά τη συγγραφή της διδακτορικής διατριβής καθώς επίσης και για την αμέριστη ηθική και ψυχολογική συμπαράστασή του καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής της διατριβής. Τον επιβλέποντα καθηγητή μου ήθελα να ευχαριστήσω επίσης για την συνεχή του ενθάρρυνση για τη λήψη πρωτοβουλιών, αναζήτηση και υλοποίηση όσων από μια ιδέα καταλήγουν να γίνουν κεκτημένη γνώση που μοιράζεται και αποτελεί την βάση για τη πρόοδο και ένα καλύτερο μέλλον.

Ευχαριστώ θερμά τα άλλα δύο μέλη της τριμελούς μου συμβουλευτικής επιτροπής, τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Κυριάκο Ρηγανάκο και την επίκουρο καθηγήτρια κ. Μαρία Τασιούλα, για τις εύστοχες συμβουλές τους και την εποικοδομητική συνεργασία που είχαμε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της διατριβής.

Ευχαριστίες οφείλονται και προς τα λοιπά μέλη της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής: τον καθηγητή κ. Κωμαΐτη Μιχαήλ, τον καθηγητή κ. Αθανάσιο Κουτίνα, τον καθηγητή κ. Βάιο Καραθάνο και την λέκτορα κ. Αναστασία Μπαδέκα για τις εύστοχες παρατηρήσεις και υποδείξεις στο κείμενο της παρούσας διατριβής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Λέκτορα κ. Αναστασία Μπαδέκα για τη συνεργασία και την πολύτιμη βοήθεια της κατά το στήσιμο των μεθόδων ποσοτικού προσδιορισμού της εξανάλης και του ημι-ποσοτικού των πτητικών συστατικών.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γεώργιο Σδούκο (Εκ φύσεως, ΒΙ.ΠΕ. Ιωαννίνων) για τη διάθεση της πρώτης ύλης αμυγδάλου, τον κ. Kenzi Yoshizaki (Oxygen Absorber Division), [Mitsubishi Gas Chemical Company Inc Ιαπωνία, Τόκυο], για την διάθεση των απορροφητών οξυγόνου και την εταιρία Ελληνική Βιομηχανία Νοσοκομειακού Υλικού Α.Ε. (ΕΛ.ΒΙΟ.ΝΥ. Α.Ε) για την άδεια χρήσης του ακτινοβολητή.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αμύγδαλα ανήκουν στην κατηγορία των ξηρών καρπών των οποίων η κατανάλωση προσφέρει πολλά οφέλη στην υγεία· είναι τρόφιμα με υψηλή θρεπτική αξία. Λόγω της υψηλής τους περιεκτικότητας σε λίπος χαρακτηρίζονται ως ευοξειδωτα καθώς επίσης αποτελούν άριστο υπόστρωμα για την ανάπτυξη ζυμών, μυκήτων και εντόμων. Η αντιμετώπιση των τελευταίων επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους μεταξύ των οποίων είναι και η ακτινοβολία. Με βάση τα παραπάνω το αντικείμενο της παρούσας έρευνας ήταν:

- η βελτιστοποίηση των συνθηκών συντήρησης ολόκληρων και θρυμματισμένων αμυγδάλων χρησιμοποιώντας ενεργή συσκευασία και συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας
- η μελέτη της επίδρασης της γ-ακτινοβολίας στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ολόκληρων αμυγδάλων

με σκοπό τη διατήρηση της αρχικής τους ποιότητας για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

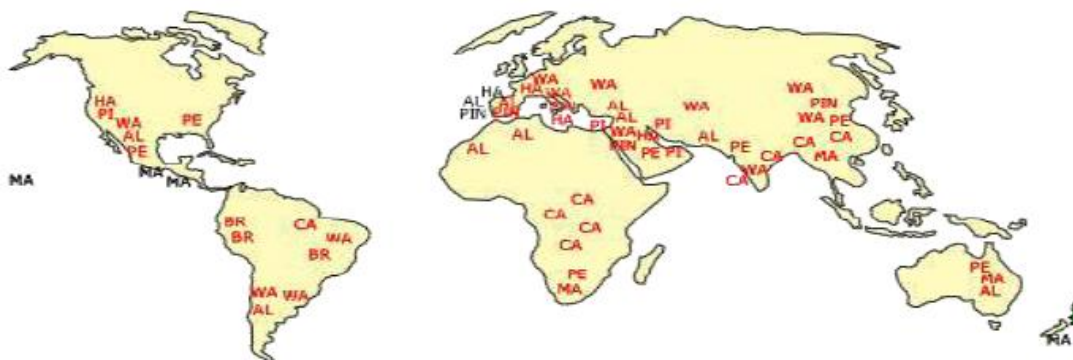
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΞΗΡΟΙ ΚΑΡΠΟΙ

1. Εισαγωγή

Η ιστορία αναφέρει ότι οι ξηροί καρποί ήταν γνωστοί από τους πανάρχαιους χρόνους. Ευρήματα αρχαιολογικών ανασκαφών αποδεικνύουν την κατανάλωση ξηρών καρπών από τους ανθρώπους 10000 χρόνια π.Χ. (Rosengarten, 1984). Οι ιθαγενείς Αμερικάνοι, των περιοχών της Νοτιοδυτικής Αμερικής, κατανάλωναν κουκουναρόσπορους όπως ακριβώς συμβαίνει και σήμερα. Τόσο ο ηλιόσπορος καθώς και το φιστίκι αποτελούσαν σημαντικό τμήμα της διατροφής των Ίνκας. Είναι σημαντικό να αναφερθεί επίσης ότι οι Ίνκας έψηναν τα φιστίκια πριν την κατανάλωσή τους. Τα καρύδια αποτελούσαν μέρος της διατροφής των αρχαίων Ελλήνων, ενώ οι καρποί *Macadamia nuts* και *Brazil nuts* καταναλώνονταν από τους λαούς της Αυστραλίας και του Αμαζόνιου, αντίστοιχα (Spiller & Bruce, 1997).



Καρπός <i>Macadamia</i> (MA)	Καρπός Brazil nut (BR)	Καρπός Cashew (CA)	Φουντούκι (HA)	Καρπός PECAN (PE)
Αυστραλία-Βραζιλία-Κοσταρική- Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής-Γουατεμάλα- Ισραήλ- Μαλάουι- Ταϊλάνδη	Βολιβία – Βραζιλία-Εκουαδόρ- Περου	Βραζιλία-Κίνα-Ινδία-Ινδονησία-Κένυα-Μοζαμβίκη-Νιγηρία-Τανζανία-Ταϊλάνδη	Γαλλία- Ελλάδα-Ιταλία- Ισπανία- Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής- Τουρκία- Ρωσία	Αυστραλία-Ισραήλ- Μεξικό- Αφρική- Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής
Κουκουναρόσπορος (PIN)	Φιστίκι Τύπου Αγγίνης (PI)	Αμύγδαλα (AL)		
Κίνα- Ιταλία- Πορτογαλία-Ισπανία- Τουρκία	Ελλάδα- Ιράν-Ιταλία- Συρία- Τουρκία- Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής	Αφγανιστάν- Αυστραλία- Χιλή- Ιράν- Ισραήλ- Ιταλία- Ελλάδα- Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής-Μαρόκο- Πορτογαλία- Ισπανία- Τυνησία- Τουρκία		

Εικόνα 1. Κυρίες Χώρες Παραγωγής Ξηρών Καρπών

Πηγή: Official Response to Draft Report of Joint World Health Organization (WHO) Food & Agriculture Organization (FAO) Expert Consultation on Diet, Nutrition & the Prevention of Chronic Diseases (2002)

1.1 Σύσταση ξηρών καρπών

Οι ξηροί καρποί κατατάσσονται στα τρόφιμα υψηλής θρεπτικής αξίας (Πίνακας 1). Χαρακτηριστικές εικόνες διαφόρων ξηρών καρπών παρουσιάζονται στην Εικόνα 2. Η περιεκτικότητα των καρπών σε θρεπτικά συστατικά εξαρτάται, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, από:

- γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες,
- τον τρόπο και την περίοδο συγκομιδής,
- την ποικιλία,
- το έτος εσοδείας,
- το γένος του καρπού,
- την ωριμότητα του καρπού κατά την συγκομιδή,
- το είδος της καλλιέργειας,
- το χρόνο και τις συνθήκες αποθήκευσης του καρπού,
- την ατμοσφαιρική μόλυνση,
- τη σύσταση του νερού που χρησιμοποιείται για το πότισμα των δέντρων,
- το είδος και την ποσότητα των λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται.

(Sattar *et al.*, 1989; Parcerisa *et al.*, 1993; Parcerisa *et al.*, 1994; Parcerisa *et al.*, 1995; Lopez *et al.* 1995; Lavedrine *et al.*, 1997; Zwarts *et al.* 1999; Maskan & Karatas 1999; Savage *et al.* 1999; Zacheo *et al.*, 2000; Wakeling *et al.*, 2001; Oliveira *et al.*, 2002; Garcia-Pascual *et al.* 2003; Alasalvar, *et al.*, 2003b; Satil *et al.*, 2003; Koyuncu 2004; Talcott *et al.*, 2005; Torres *et al.* 2005; Amaral, *et al.*, 2006a; Amaral *et al.*, 2006b; Milbury *et al.*, 2006)



Εικόνα 2. Χαρακτηριστικές εικόνες διαφόρων ξηρών καρπών

A. Φουντούκι (*Corylus americana*), B. Ελαιοκάρυο (*Carya illinoensis*), C. Φιστίκι (*Arachis hypogea*), D. Καρπός Μακαντάμια (*Macadamia integrifolia*), E. Αμύγδαλο (*Prunus amygdalus*), F. Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*), G. Κάστανο (*Castanea dentata*), H. Καρπός Kukui (*Aleurites molucana*), I. Water Chestnut (*Trapa bicornis*), J. Καρύδι (*Juglans regia*). [Ξηροί καρποί: A. & G.; Φρούτα με σκληρό κουκούτσι: B., D., E., H., I. & J.; Σπόροι: F.; Οσπρία: C. Σημείωση: Το ελαιοκάρυο (B) και τα καρύδια (J) κατατάσσονται και στην κατηγορία των ξηρών καρπών σύμφωνα με ορισμένους βοτανολόγους.]

Πίνακας 1. Χημική σύσταση και θρεπτική αξία ξηρών καρπών ανά 100g καρπού

Θρεπτική αξία	Μονάδες	Αμύγδαλα	Καρπός Brazil	Καρπός Cashew	Φουντούκι	Καρπός Macadamia	Φιστίκι αράπικο	Ελαιοκάρνο	Κουκουνάρσπορος	Φιστίκι Αιγίνης	Καρύδια
Θερμίδες	kcal	578	656	574	628	718	567	691	629	557	654
Πρωτεΐνες	g	21	14	15	15	8	26	9	12	21	15
Λίπος	g	51	66	46	61	76	49	72	61	44	65
Κορεσμένα λιπαρά	g	4	16	9	4	12	7	6	9	5	6
Μονοακόρεστα λιπαρά	g	32	23	27	46	59	24	41	23	23	9
Πολυακόρεστα λιπαρά	g	12	24	8	8	2	16	22	26	13	47
Λινελαϊκό οξύ	g	12	24	8	8	1	16	21	25	13	38
Λινολεϊκό οξύ	g	0	.06	0.16	0.09	0.21	0	0.99	0.79	.25	9.08
Χοληστερόλη	mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υδατάνθρακες	g	20	13	33	17	14	16	14	19	28	14
Φυτικές ίνες	g	12	5	3	10	9	9	10	11	10	7
Ασβέστιο	mg	248	176	45	114	85	92	70	8	107	98
Σίδηρος	mg	4	3	6	5	4	5	3	3	4	3
Μαγνήσιο	mg	275	225	260	163	130	168	121	234	121	158
Φώσφορος	mg	474	600	490	290	188	376	277	35	490	346
Κάλιο	mg	728	600	565	680	368	200	410	628	1025	441
Νάτριο	mg	1	2	16	0	5	18	0	72	1	2
Ψευδάργυρος	mg	3.36	4.59	5.60	2.45	1.30	3.27	4.53	4.28	2.20	3.09
Χαλκός	mg	1.11	1.77	2.22	1.73	0.76	1.14	1.20	1.04	1.30	1.59
Μαγγάνιο	mg	2.53	0.77	0.82	6.18	4.13	1.93	4.50	4.33	1.20	3.41
Σελήνιο	μg	4.40	29.6	11.70	4.00	3.60	7.20	6.00	16.82	7.00	4.60
Βιταμίνη C	mg	0	0.7	0	6.3	1.2	0	1.1	2.0	5.0	1.3
Θειαμίνη	mg	0.24	1	0.20	0.64	1.20	0.64	0.66	1.24	0.87	0.34
Ριβοβλαβίνη	mg	0.81	0.12	0.20	0.11	0.16	0.14	0.13	.22	0.16	0.15
Νιασίνη	mg	3.93	1.62	1.4	1.8	2.47	12.06	1.17	4.37	1.30	1.99
Παντοθενικό οξύ	mg	0.35	0.23	1.21	0.92	0.76	1.77	0.86	0.21	0.52	0.57
Βιταμίνη Β6	mg	0.13	0.25	0.26	0.56	0.28	0.35	0.21	0.11	1.70	0.54
Φολικό οξύ	μg	29	0	69	113	11	240	22	58	51	98
Βιταμίνη Α	IU	10	0	0	40	0	0	77	29	553	41
Βιταμίνη Ε	mgATE	26.18	7.6	0.57	15.19	0.54	9.13	4.05	0	4.58	2.92
α- Τοκοφερόλη	mg AT	25.87	0	0	15.03	0.54	8.33	1.40	0	2.3	0.70
β- Τοκοφερόλη	mg	0.43	0	0	0.33	0	0	0.39	0	0	0.15
γ-Τοκοφερόλη	mg	0.89	0	0	0	0	0	24.44	0	22.60	20.83
δ-Τοκοφερόλη	mg	0.25	0	0	0	0	0	0.47	0	0.80	1.89
Φυτοστερόλες	mg	120	0	158	96	116	220	102	0	214	72

Πηγή: USDA Nutrient Database for Standard Reference, 2004.

1.1.1 Πρωτεΐνες

Οι ξηροί καρποί αποτελούν μία πολύ καλή πηγή πρωτεϊνών με συγκέντρωση που κυμαίνεται από 2-26 g ανά 100g καρπού. Το κάστανο είναι ο καρπός με πρωτεϊνικό περιεχόμενο μόλις 2,9 g ανά 100g καρπού. Το φιστίκι τύπου αράπικο και το στραγάλι τύπου Λιβανέζικο είναι οι καρποί με την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες 26% και 26,15%, αντίστοιχα (Savage & McNeil, 1998; Amaral *et al.*, 2003; Alasalvar *et al.*, 2003b; USDA, 2004; Coskuner & Karababa, 2004; Caglarirmak & Batkan, 2005; Amaral *et al.*, 2006b; Venkatachalam & Sathe, 2006). Θα πρέπει να τονιστεί σε αυτό το σημείο ότι το κάστανο παρότι με βάση την περιεκτικότητά του σε υγρασία δεν θα έπρεπε να ανήκει στους ξηρούς καρπούς, πολύ βοτανολόγοι το κατατάσσουν σε αυτή την κατηγορία, λόγω της σύνθεσης των λιπαρών οξέων και των αμινοξέων του που μοιάζει με αυτή των άλλων ξηρών καρμών (Pereira-Lorenzo *et al.*, 2006). Ο Fidanza (2002) ανέφερε ότι ο καρπός με το υψηλότερο πρωτεϊνικό περιεχόμενο, μεταξύ καρμών Ιταλικής προέλευσης (αμύγδαλα, καρύδια, φουντούκι, σπόρος κουκουναριού, και φιστίκι τύπου Αιγίνης), εμφανίζεται να είναι ο σπόρος του κουκουναριού (32,9 g ανά 100g καρπού).

Σχετικά με την περιεκτικότητα των ξηρών καρμών σε αμινοξέα, τα αμινοξέα με υδρόφοβη συμπεριφορά είναι αυτά που υπερισχύουν με τιμές από 37,16 % (καρπός macadamia) έως 44,54 % (Brazil nut) (Πίνακας 2). Τα μη απαραίτητα αμινοξέα είναι αυτά που ακολουθούν με ποσοστό 27,95 % (Brazil nut) - 35,96 % (αμύγδαλα). Τέλος τα αμινοξέα με υδρόφιλη συμπεριφορά ακολουθούν σε ποσοστό 8,48 % (αμύγδαλα) - 11,61 % (φιστίκια Αιγίνης) (Savage & McNeil, 1998; Alasalvar *et al.*, 2003b; Venkatachalam & Sathe, 2006). Όσον αφορά την περιεκτικότητα των ξηρών καρμών σε απαραίτητα αμινοξέα έχει βρεθεί ότι και αυτή είναι ιδιαίτερα υψηλή. Ιδιαίτερα υψηλή συγκέντρωση στο απαραίτητο αμινοξύ μεθειονίνη εμφανίζει ο καρπός Brazil nut (47mg/g ολικό N) (Antunes & Markakis, 1977). Ο καρπός του φουντουκιού περιέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα σε ιδιαίτερα υψηλή περιεκτικότητα, με εξαίρεση την λυσίνη που βρίσκεται σε περιεκτικότητα 100 mg/100 g καρπού (Villarroel *et al.*, 1987). Όσον αφορά το περιεχόμενο του φουντουκιού σε μη απαραίτητα αμινοξέα παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση σε γλουταμινικό (2836mg/100g) και ασπαραγινικό οξύ (1493mg/100g), ενώ έχει ιδιαίτερα χαμηλή συγκέντρωση στο αμινοξύ μεθειονίνη (162mg/100g) (Koksal *et al.*, 2006). Έτσι τα φουντούκια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μία σημαντική πηγή πρωτεϊνών σε μία ισορροπημένη διατροφή (Villarroel *et al.*, 1987; Koksal *et al.*, 2006).

Πίνακας 2. Σύνθεση επιλεγμένων ξηρών καρπών σε αμινοξέα (g/100g)

Αμινοξέα	Αμύγδαλα	Brazil Nut	Καρπός Cashew	Φουντούκι	Καρπός Macadamia	Ελαιοκάρυο pecan	Κουκουνα ρόσπορος	Φιστίκι τύπου Αιγίνης	Καρύδια	Virginia Peanut	LSD
Asx	9.18 ± 0.08	7.69 ± 0.18	8.53 ± 0.16	9.25 ± 0.02	8.69 ± 0.51	9.33 ± 0.46	8.63 ± 0.00	8.55 ± 0.27	9.11 ± 0.71	12.07 ± 0.26	1.18
Glx	26.78 ± 1.09	20.26 ± 0.09	22.43 ± 0.13	23.88 ± 0.04	23.65 ± 1.04	21.06 ± 0.37	20.45 ± 0.02	23.02 ± 0.43	21.03 ± 0.63	21.11 ± 0.17	1.90
Ser	3.67 ± 0.18	4.00 ± 0.53	5.21 ± 0.21	4.69 ± 0.10	4.30 ± 0.13	5.21 ± 0.02	5.47 ± 0.06	6.25 ± 0.11	5.33 ± 0.18	4.81 ± 0.17	0.74
Gly	6.88 ± 0.07	4.75 ± 0.08	4.55 ± 0.25	4.73 ± 0.05	4.87 ± 0.33	4.73 ± 0.38	4.39 ± 0.04	4.93 ± 0.35	4.89 ± 0.03	6.43 ± 0.30	0.80
His (1.9/1.5)	2.97 ± 0.14	2.92 ± 0.07	2.68 ± 0.02	2.65 ± 0.09	2.45 ± 0.28	2.80 ± 0.11	2.23 ± 0.16	2.38 ± 0.10	2.43 ± 0.04	2.54 ± 0.07	0.44
Arg	10.09 ± 0.29	12.91 ± 0.38	9.84 ± 0.04	12.51 ± 0.13	12.53 ± 0.13	12.45 ± 0.14	15.41 ± 0.01	9.15 ± 0.19	13.80 ± 0.07	11.04 ± 0.19	0.65
Thr (3.4/0.9)	2.60 ± 0.10	2.27 ± 0.29	3.22 ± 0.26	2.95 ± 0.05	2.81 ± 0.34	2.90 ± 0.23	2.43 ± 0.10	2.97 ± 0.25	3.00 ± 0.39	2.21 ± 0.11	0.82
Ala	4.85 ± 0.10	4.30 ± 0.30	4.44 ± 0.06	5.12 ± 0.06	4.51 ± 0.09	5.06 ± 0.02	5.00 ± 0.02	4.78 ± 0.24	4.69 ± 0.02	4.58 ± 0.20	0.49
Pro	5.09 ± 0.38	5.21 ± 0.20	5.37 ± 0.04	4.81 ± 0.09	6.77 ± 0.81	5.50 ± 0.35	5.27 ± 0.02	5.53 ± 0.63	5.50 ± 0.67	5.81 ± 0.16	1.47
Val (3.5/1.3)	4.41 ± 0.12	4.71 ± 0.05	5.65 ± 0.08	4.66 ± 0.04	4.31 ± 0.03	4.72 ± 0.03	4.52 ± 0.05	5.69 ± 0.08	4.61 ± 0.08	3.95 ± 0.02	0.68
Met (2.5/1.7)	0.81 ± 0.20	8.98 ± 0.14	2.27 ± 0.11	1.90 ± 0.00	2.15 ± 0.05	2.52 ± 0.02	2.93 ± 0.02	1.88 ± 0.04	2.14 ± 0.05	1.31 ± 0.04	0.30
Cys	0.30 ± 0.10	0.75 ± 0.14	0.54 ± 0.02	0.52 ± 0.03	0.84 ± 0.23	0.45 ± 0.01	0.67 ± 0.01	0.53 ± 0.03	0.46 ± 0.06	0.33 ± 0.07	0.32
Ile (2.8/1.3)	3.79 ± 0.12	3.21 ± 0.02	4.15 ± 0.02	3.69 ± 0.01	3.26 ± 0.03	4.08 ± 0.04	3.65 ± 0.03	4.10 ± 0.11	4.00 ± 0.03	3.45 ± 0.04	0.19
Leu (5.6/1.9)	7.19 ± 0.19	7.89 ± 0.08	8.00 ± 0.05	7.40 ± 0.04	6.55 ± 0.04	7.51 ± 0.06	7.30 ± 0.01	7.56 ± 0.23	7.76 ± 0.01	7.03 ± 0.03	0.35
Phe (6.3/1.9)	5.46 ± 0.11	4.06 ± 0.07	4.83 ± 0.03	4.54 ± 0.03	3.34 ± 0.04	5.09 ± 0.02	3.59 ± 0.02	4.92 ± 0.24	4.63 ± 0.04	5.38 ± 0.12	0.33
Tyr	2.21 ± 0.45	2.47 ± 0.14	2.43 ± 0.13	2.82 ± 0.12	4.31 ± 0.19	3.01 ± 0.01	3.73 ± 0.12	2.40 ± 0.10	3.41 ± 0.02	3.40 ± 0.19	0.64
Lys (5.8/1.6)	3.06 ± 0.30	2.95 ± 0.06	4.59 ± 0.08	2.93 ± 0.01	4.10 ± 0.03	3.17 ± 0.01	3.54 ± 0.08	4.64 ± 0.69	2.71 ± 0.06	3.88 ± 0.07	0.83
Trp (1.1/0.5)	0.70 ± 0.01	0.71 ± 0.02	1.31 ± 0.08	0.98 ± 0.01	0.59 ± 0.04	0.47 ± 0.01	0.84 ± 0.05	0.78 ± 0.06	0.55 ± 0.02	0.73 ± 0.01	0.13

Πηγή: Venkatachalam & Sathe (2006)

1.1.2 Λιπαρές ύλες

Οι ξηροί καρποί εμφανίζουν μεγάλη διακύμανση σε λιπαρές ύλες με τιμές που κυμαίνονται από 1,7 έως 76 % (Venkatachalam & Sathe, 2006; USDA, 2004; Pereira-Lorenzo *et al.*, 2006). Ο καρπός με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε λιπαρές ύλες είναι ο καρπός macadamia (76 g ανά 100g καρπού) ενώ ακολουθεί το ελαιοκάρυο (72 g ανά 100g καρπού), το Brazil nut (68,6 g ανά 100g καρπού) και το καρύδι (65 g ανά 100g καρπού) (USDA 2004; Kaijser *et al.*, 2000; Kornsteiner *et al.*, 2006; Pinto Ramos *et al.*, 2003; Crowe & White, 2003a). Το κάστανο είναι ο καρπός με μόλις 1,7 g λιπαρά ανά 100 g καρπού. Επίσης εμφανίζονται και μεγάλες διαφορές στη συγκέντρωση λιπαρών σε καρπούς του ίδιου είδους. Στην έρευνα των Satil *et al.* (2003) βρέθηκε ότι η συγκέντρωση σε λιπαρά φιστικιών τύπου Αιγίνης διαφορετικών ποικιλιών, που καλλιεργούνται σε διαφορετικές περιοχές της Τουρκίας, εμφάνιζαν σημαντική διαφορά της τάξης του 6,5%.

Σχετικά με το προφίλ των λιπαρών οξέων των ξηρών καρπών, έχει βρεθεί ότι τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFAs) σε συνδυασμό με τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFAs) είναι τα επικρατέστερα (Maguire *et al.*, 2004; Venkatachalam, & Sathe, 2006). Θα πρέπει να τονιστεί πως η συγκέντρωση σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα διαφέρει σημαντικά μεταξύ των διαφόρων ειδών των ξηρών καρπών. Για παράδειγμα η συγκέντρωση σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα του ελαιοκάρυου ανέρχεται στο 27,55%, στον καρπό macadamia σε ποσοστό 80% (Kaijser *et al.*, 2000) ενώ στο φουντούκι

ανέρχεται στο 83,10 % (Venkatachalam & Sathe, 2006). Το ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$) είναι το κυρίαρχο οξύ στους ξηρούς καρπούς και βρίσκεται σε υψηλότερη συγκέντρωση στα φουντούκια (Amaral *et al.*, 2006a) ενώ σε χαμηλότερη στα καρύδια (Fidanza, 2002). Ακολουθεί το παλμιτελαϊκό οξύ ($C_{16:1\ n-9}$) το οποίο προσδιορίζεται κυρίως στον καρπό macadamia ενώ βρίσκεται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις στα φουντούκια (Maguire *et al.*, 2004).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι όσον αφορά την περιεκτικότητα του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1\ n-9}$) στο φιστίκι τύπου Αιγίνης εμφανίζονται μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές όπως αναφέρεται από διάφορους ερευνητές οι τιμές κυμαίνονται από 50 - 74 % (Venkatachalam & Sathe, 2006). Επιπλέον για το ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$) θα πρέπει να σημειωθεί ότι η περιεκτικότητά του, στον καρπό macadamia, επηρεάζεται από τις συνθήκες καλλιέργειας σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι τα άλλα λιπαρά οξέα. Η τιμή του είναι 42 % για την ποικιλία PA 39 ενώ 53 % για την ποικιλία Beaumont (Kaijser *et al.*, 2000). Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι η σύνθεση σε λιπαρά οξέα του φουντουκιού μοιάζει σε μεγάλο βαθμό με αυτή του ελαιόλαδου (Fidanza 2002; Amaral *et al.*, 2006c). Στο ελαιόλαδο το δεύτερο και τρίτο κύριο λιπαρό οξύ είναι το παλμιτικό ($C_{16:0}$) και το λινελαϊκό οξύ ($C_{18:2\ n-9,12}$) ενώ στο λίπος του φουντουκιού συμβαίνει το ακριβώς το αντίστροφο, με δεύτερο οξύ το λινελαϊκό ($C_{18:2\ n-9,12}$). Συνεπώς η συνολική περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα είναι μικρότερη στα φουντούκια σε σχέση με το ελαιόλαδο (Amaral *et al.*, 2006a). Το καρύδι έχει βρεθεί ότι υπερτερεί όσον αφορά την περιεκτικότητά του σε λινολενικό οξύ ($C_{18:3\ n-9,12,15}$) εν συγκρίσει με τους άλλους ξηρούς καρπούς (Διάγραμμα 1). Η τιμή του κυμαίνεται από 9 έως 13,5 % εξαρτωμένης της ποικιλίας. Το λινελαϊκό οξύ ($C_{18:2\ n-9,12}$) βρίσκεται σε συγκέντρωση 57 έως και 64 % στα καρύδια (Maguire *et al.*, 2004; Venkatachalam & Sathe, 2006). Οι κύριοι εκπρόσωποι των κορεσμένων λιπαρών οξέων στους ξηρούς καρπούς είναι το παλμιτικό ($C_{16:0}$) και το στεατικό οξύ ($C_{18:0}$). Το παλμιτελαϊκό οξύ ($C_{16:1\ n-9}$) βρίσκεται σε ιδιαίτερα υψηλή συγκέντρωση στα φουντούκια (Venkatachalam & Sathe, 2006).



Διάγραμμα 1. Περιεκτικότητα ξηρών καρπών σε λινολενικό οξύ **Πηγή:** www.superfoodgrower.com/nutcomparison.gif

Στο ασαπωνοποίητο κλάσμα του ελαίου των ξηρών καρπών βρίσκονται σε μικρές ποσότητες μία σειρά από συστατικά τα οποία αναφέρονται ως δευτερεύοντα συστατικά και των οποίων η παρουσία είναι ιδιαίτερα σημαντική εξαιτίας των ιδιοτήτων τους (Κυριτσάκης, 2007). Η τιμή του ασαπωνοποίητου κλάσματος των ξηρών καρπών κυμαίνεται από 0,27g /100g εκχυλισμένου λαδιού στα φουντούκια έως και 0,52g /100g εκχυλισμένου λαδιού στο Brazil Nut (Kornsteiner *et al.*, 2006). Μία κατηγορία συστατικών που απαντούν στο ασαπωνοποίητο κλάσμα του ελαίου των ξηρών καρπών, είναι οι στερόλες. Ο καρπός με την μέγιστη περιεκτικότητα σε στερόλες είναι τα αμύγδαλα ενώ ακολουθούν κατά σειρά μειούμενης περιεκτικότητας σε στερόλες το φιστίκι τύπου αράπικο, ο καρπός macadamia, τα καρύδια και τέλος τα φουντούκια (Maguire *et al.*, 2004). Ο κύριος εκπρόσωπος μεταξύ των στερολών είναι η β-σιτοστερόλη (Grosso & Ressurreccion, 2002; Alasalvar *et al.*, 2003b; Maguire *et al.*, 2004; Phillips *et al.*, 2005; Kaijser *et al.*, 2000; Bernardo-Gill *et al.*, 2002; Amara *et al.*, 2003). Είναι αξιοσημείωτο ότι η περιεκτικότητα σε β-σιτοστερόλη μερικών ξηρών καρπών ξεπερνά την περιεκτικότητα του ελαιόλαδου στην στερόλη αυτή. Η β-σιτοστερόλη ανέρχεται στα 102mg/100g ελαιόλαδου η οποία είναι ελαφρώς χαμηλότερη σε σχέση με τα 105,48 mg/100g ελαίου φουντουκιού (Alasalvar *et al.*, 2003b). Οι επόμενοι κύριοι εκπρόσωποι των στερολών μετά την β-σιτοστερόλη είναι η Δ^5 - ανεμοστερόλη και η καμπεστερόλη οι οποίες εμφανίζονται σε υψηλές συγκεντρώσεις κυρίως στα φουντούκια και στον καρπό macadamia, αντίστοιχα (Bernardo-Gill *et al.*, 2002; Kaijser *et al.*, 2000; Amara *et al.*, 2006b; Maguire *et al.*, 2004;). Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην ανάλυση του

κλάσματος των στερολών εμφανίζονται και άλλες στερόλες εκτός των παραπάνω οι οποίες όμως εμφανίζονται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Έτσι κατά την ανάλυση του λιπαρού κλάσματος του φουντουκιού ταυτοποιήθηκε η στερόλη χοληστερόλη της οποίας η περιεκτικότητα ανέρχεται στα 1,49 mg/100g ελαίου (Amara *et al.*, 2006b).

1.1.3 Υδατάνθρακες

Οι ξηροί καρποί αποτελούν επίσης μία πολύ καλή πηγή υδατανθράκων και φυτικών ινών. Σύμφωνα με τον Πίνακα 1 (USDA, 2004) ο καρπός με την μέγιστη περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες είναι ο καρπός cashew (33%), ενώ με την ελάχιστη το Brazil nut (13%). Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν επίσης με τα αποτελέσματα της έρευνας των Venkatachalam & Sathe (2006) σημειώνοντας όμως ότι οι τιμές που δίνονται από αυτούς τους ερευνητές είναι σαφώς μικρότερες σε σχέση με τις τιμές που αναγράφονται στον σχετικό Πίνακα του USDA.

Στην έρευνα των Pereire-Lorenzo *et al.* (2006) προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα σακχάρων σε κάστανα από διάφορες Ισπανικές ποικιλίες. Σε ορισμένες από αυτές η περιεκτικότητα έφτανε το 22,2% εκ των οποίων το 57% ήταν ο πολυσακχαρίτης άμυλο. Το κάστανο είναι ο καρπός με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα αμύλου έναντι των άλλων ξηρών καρπών. Η περιεκτικότητα σε άμυλο ξηρών καρπών Ιταλικής ποικιλίας (αμύγδαλο, φουντούκι, σπόρος κουκουναριού, καρύδια, φιστίκι τύπου Αιγίνης) βρέθηκε ότι κυμαίνεται μεταξύ του 0,6 με 3,3 % (Fidanza, 2002).

Στην κατηγορία των πολυσακχαριτών ανήκουν επίσης και οι φυτικές ίνες η παρουσία των οποίων είναι πολύ σημαντική για τη διατροφή. Σχετικά με το ποιος είναι ο καρπός με την μέγιστη περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες οι απόψεις δίστανται. Σύμφωνα με τον Πίνακα 1, το αμύγδαλο εμφανίζεται ως ο καρπός με τη μέγιστη περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες με περιεκτικότητα 12 % ενώ ο καρπός cashew ως ο καρπός με την ελάχιστη περιεκτικότητα με μόλις 3 %. Αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα μεταξύ πέντε καρπών Ιταλικής προέλευσης (αμύγδαλα, καρύδια, φουντούκι, σπόρος κουκουναριού, και φιστίκι τύπου Αιγίνης) όπου το αμύγδαλο εμφανίζεται και πάλι ως ο καρπός με τη μέγιστη περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες (Fidanza, 2002). Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των Lintas & Cappelloni (1992); Plessi *et al.* (1999) σύμφωνα με τους οποίους ο καρπός με την μέγιστη περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες είναι το κάστανο με περιεκτικότητα 30 %. Σύμφωνα με την έρευνα των Lintas & Cappelloni (1992) μεταξύ 9 ξηρών καρπών Ιταλικής προέλευσης (αμύγδαλο, φουντούκι, καρπός

macadamia, φιστίκι τύπου αράπικο, ελαιοκάρυο, σπόρος κουκουναριού, κολοκυθόσπορος, φιστίκι τύπου Αιγίνης και καρύδι) που μελέτησαν, ο καρπός με την ελάχιστη περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες ήταν ο σπόρος του κουκουναριού ενώ στην έρευνα των Plessi *et al.* (1999) το αμύγδαλο εμφανίζεται ως ο καρπός με την ελάχιστη περιεκτικότητα των 132 mg/100g μεταξύ των καρπών του καρυδιού, του φουντουκιού, και του φιστικιού τύπου αράπικο.

1.1.4 Αντιοξειδωτικά

Οι τοκοφερόλες (α-, β-, γ- και δ-) αποτελούν ένα από τα συστατικά του ασαπωνοποίητου κλάσματος του ελαίου με ιδιαίτερη σημασία εξαιτίας της αντιοξειδωτικής τους δράσης (Belitz & Grosch, 1987) η οποία αυξάνεται από την α- προς τη δ- (Κυριτσάκης, 2007). Η συγκέντρωση των ξηρών καρπών σε τοκοφερόλες κατά μειούμενη περιεκτικότητα είναι η εξής: φουντούκια, αμύγδαλα, φιστίκι τύπου αράπικο, φιστίκι τύπου Αιγίνης, κουκουναρόσπορος, καρύδια, Brazil nut, ελαιοκάρυο, cashews και ο καρπός macadamia (Πίνακας 3) (Kornsteiner *et al.*, 2006).

Πίνακας 3. Συγκέντρωση τοκοφερολών και καροτινοειδών (mg/100g) διαφόρων ξηρών καρπών.

	α-Τοκοφερόλη		β- και γ- Τοκοφερόλη		δ -Τοκοφερόλη		β-Καροτένιο		Λουτεΐνη	
	Μέσος όρος Έυρος		Μέσος όρος Έυρος		Μέσος όρος Έυρος		Μέσος όρος Έυρος		Μέσος όρος Έυρος	
Αμύγδαλα ^{+,+2}	24.2	nd to 34.9	3.1	0.5-10.4	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Καρπός Brazil nut ^b	1.0	nd to 2.2	13.2	8.2-17.9	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Καρπός Cashew ^b	nd	nd	5.1	4.8-5.3	0.3	0.3-0.4	nd	nd	nd	nd
Φουντούκια ^b	31.4	15.7-42.1	6.9	4.3-9.4	0.1	nd to 0.3	nd	nd	nd	nd
Καρπός Macadamia nut ^b	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Φιστίκι τύπου Αράπικο ^{+,b}	6.1	1.7-10.4	8.1	5.4-10.0	1.8	1.4-2.4	nd	nd	nd	nd
Ελαιοκάρυο ^b	nd	nd	14.8	2.1-23.8	0.2	nd to 0.7	nd	nd	nd	nd
Κουκουναρόσπορος ^b	4.1	2.2-6.0	8.1	6.4-9.8	0.3	nd to 0.7	nd	nd	nd	nd
Φιστίκι τύπου Αιγίνης ^a	nd	nd	29.3	10.0-43.4	0.5	nd to 2.3	0.4	nd to 1.0	4.4	1.5-9.6
Καρύδια ^b	nd	nd	21.9	12.4-32.8	3.8	2.3-5.4	nd	nd	nd	nd

^a n=6 ^b n=3 ⁺Χωρίς φλοιό ⁺Με φλοιό nd= Κάτω του ορίου ανίχνευσης

Πηγή: Kornsteiner *et al.* (2006)

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην έρευνα των Maguire *et al.* (2004) ως καρπός με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε τοκοφερόλες εμφανίζονται τα αμύγδαλα και ακολούθως τα φουντούκια. Η α-τοκοφερόλη αποτελεί τον κύριο εκπρόσωπο μεταξύ των διαφόρων ειδών των τοκοφερολών στους ξηρούς καρπούς. Συγκεκριμένα τα φουντούκια περιέχουν α- τοκοφερόλη σε συγκέντρωση 39,4 mg/100g ελαίου, που ξεπερνά κατά πολύ την περιεκτικότητα στην τοκοφερόλη αυτή στα έλαια των άλλων ξηρών καρπών (Alasalvar *et al.*, 2003a; Kornsteiner *et al.*, 2006; Bernardo-Gill *et al.*, 2002; Amaral *et al.*, 2006a; Parcerisa *et al.*, 1995). Το ηλιέλαιο μόνο περιέχει α-τοκοφερόλη σε μεγαλύτερη συγκέντρωση από το φουντούκι. Αναλόγως της ποικιλίας ο καρπός του φουντουκιού έχει 2 με 3 φορές μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε α- τοκοφερόλη σε σχέση με το έξτρα παρθένο ελαιόλαδο (Alasalvar *et al.*, 2003a). Εξαίρεση μεταξύ των ξηρών καρπών όσον αφορά την περιεκτικότητά του σε τοκοφερόλες αποτελεί ο καρπός macadamia. Στα αποτελέσματα διαφόρων ερευνητών αναφέρεται είτε απουσία τοκοφερολών από τον καρπό macadamia (Kornsteiner *et al.*, 2006) είτε η παρουσία τους σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις με μεγάλη διακύμανση μεταξύ των τιμών που δίνονται. Συγκεκριμένα οι Kaijser *et al.* (2000) αναφέρουν ότι η περιεκτικότητα του καρπού macadamia σε α-τοκοφερόλη είναι λιγότερη από 1,1 μg /100g λαδιού. Η περιεκτικότητα αυτή είναι ιδιαίτερα χαμηλή σε σχέση με την συγκέντρωση των 123,3μg /100g λαδιού που αναφέρουν οι Maguire *et al.* (2004). Σε υψηλές συγκεντρώσεις εμφανίζονται επίσης και τα άλλα είδη των τοκοφερολών. Οι τοκοφερόλες β- και γ- επικρατούν μεταξύ των άλλων τοκοφερολών σε 7 είδη ξηρών καρπών. Ο καρπός με τη μέγιστη περιεκτικότητα β- και γ- τοκοφερολών είναι το φιστίκι τύπου Αιγίνης ενώ ακολουθούν με σειρά μειούμενης περιεκτικότητας τα καρύδια, το ελαιοκάρυο, το Brazil nut, το pine nut, το φιστίκι τύπου αράπικο και τέλος ο καρπός cashew (Kornsteiner *et al.*, 2006). Στον καρπό macadamia η γ-τοκοφερόλη ανιχνεύθηκε σε ίχνη σύμφωνα με την έρευνα των Maguire *et al.* (2004), ενώ στην έρευνα των Kaijser *et al.* (2000) αναφέρεται πως οι μοναδικές τοκοφερόλες που βρίσκονται στον καρπό αυτό είναι η α- και δ- τοκοφερόλη. Τέλος όσον αφορά την δ-τοκοφερόλη αυτή βρίσκεται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις της τάξης των <4mg /100 g ελαίου στους καρπούς των cashews, φουντουκιών, φιστικιών, καρυδιών, κουκουναρόσπορο (Kornsteiner *et al.*, 2006).

Άλλη μία κατηγορία αντιοξειδωτικών που απαντώνται στους ξηρούς καρπούς είναι οι φαινόλες. Η περιεκτικότητα των καρπών σε φαινόλες κυμαίνεται μεταξύ των 32 και 1625 mg ισοδυνάμων γαλλικού οξέος / 100g φρέσκου καρπού (Kornsteiner *et al.*, 2006). Σύμφωνα με την έρευνα των Shobha *et al.* (1992) η μέγιστη περιεκτικότητα σε φαινόλες

στον καρπό cashew εμφανίζεται κατά την περίοδο της 10^{ης} εβδομάδας μετά την περίοδο άνθησης του δέντρου. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στα παραπροϊόντα των ξηρών καρπών, φλούδες και στα κελύφη περιέχονται αρκετά υψηλές τιμές σε φαινόλες. Η καφέ φλούδα και το πράσινο κέλυφος του αμύγδαλου περιέχει 10 φορές περισσότερες φαινόλες σε σχέση με τον καρπό (Wijeratne *et al.*, 2006).

Η περιεκτικότητα των καρπών σε φαινόλες εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό επίσης από την μέθοδο επεξεργασίας του καρπού, την περιεκτικότητα του καρπού σε άλλα αντιοξειδωτικά, την θερμοκρασία αποθήκευσης και το βαθμό οξείδωσης του καρπού (Yu *et al.*, 2005; Wijeratne *et al.*, 2006; Talcott *et al.*, 2005; Sze-Tao *et al.* 2001). Σε έρευνα που έγινε στο φλοιό του φιστικιού τύπου αράπικο μελετήθηκε η επίδραση τριών μεθόδων επεξεργασίας (επεξεργασία: ξεφλουδίσματος, ζεματίσματος και καβουρδίσματος) καθώς και τριών διαλυτών (νερού, αιθανόλης και μεθανόλης) στην περιεκτικότητα σε φαινόλες και σε άλλα αντιοξειδωτικά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μέθοδοι επεξεργασίας αλλά και οι διαλύτες επέδρασαν στατιστικώς σημαντικά στην τελική παραλαβή σε φαινόλες από το φλοιό του φιστικιού τύπου αράπικο. Η συνολική περιεκτικότητα σε φαινόλες κυμάνθηκε μεταξύ των 90-125mg/ g αποξηραμένης φλούδας. Μεταξύ των 3^{ων} μεθόδων επεξεργασίας βρέθηκε ότι μετά το καβούρδισμα του φλοιού του φιστικιού τύπου αράπικο λαμβανόταν υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινόλες έναντι των άλλων μεθόδων. Τέλος η αιθανόλη βρέθηκε ότι είναι ο κατάλληλος διαλύτης μεταξύ των τριών διαλυτών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραλαβή μεγαλύτερης ποσότητας φαινολών από το φλοιό του φιστικιού τύπου αράπικο (Yu *et al.*, 2005). Αντίστοιχα και για τα αμύγδαλα ο καλύτερος διαλύτης για την παραλαβή των φαινολών, είναι η αιθανόλη (Wijeratne *et al.*, 2006). Για τα καρύδια έχει αποδειχθεί ότι ο καλύτερος διαλύτης για την παραλαβή της πολυφαινόλης τανίνης είναι η μεθανόλη (Sze-Tao *et al.* 2001).

1.1.5 Υγρασία

Η περιεκτικότητα των ξηρών καρπών σε υγρασία είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Σε έρευνα των Venkatachalam & Sathe (2006) προσδιορίστηκε μεταξύ των άλλων η περιεκτικότητα δέκα ξηρών καρπών (αμύγδαλα, Brazil nut, καρπός cashew, φουντούκι, καρπός macadamia, ελαιοκάρυο, κουκουναρόσπορος, φιστίκι τύπου Αιγίνης, καρύδια και Virginia peanut) σε υγρασία. Ο σπόρος κουκουναριού ήταν αυτός με την μικρότερη περιεκτικότητα σε υγρασία (1,47±0,29 %) ενώ τα αμύγδαλα με τη μεγαλύτερη (9,51 ± 0,08). Τα αποτελέσματα των Venkatachalam & Sathe (2006) έρχονται σε συμφωνία με τα

αποτελέσματα των Koksall *et al.* (2006) και Alasalvar *et al.* (2003a) για το φουντούκι και των Monaghan *et al.* (2006) για τον καρπό macadamia, ενώ έρχονται σε αντίθεση με εκείνα του Fidanza (2002) σχετικά με την περιεκτικότητα καρπών Ιταλικής ποικιλίας και συγκεκριμένα του αμυγδάλου (5,5 %), του σπόρου κουκουναριού (4,3%), του φιστίκι τύπου Αιγίνης (3,8%) και του καρυδιού (3,6%). Οι διαφορές αυτές σχετικά με την περιεκτικότητα των ξηρών καρπών σε υγρασία πιθανότατα οφείλονται σε κάποιο από τους παράγοντες που επηρεάζουν την σύσταση των ξηρών καρπών οι οποίοι αναφέρθηκαν στην παράγραφο 1.1.

1.1.6 Ανόργανα συστατικά

Οι ξηροί καρποί αποτελούν επίσης πολύ καλή πηγή ανόργανων συστατικών. Σύμφωνα με την έρευνα των Cabrera *et al.* (2003) η περιεκτικότητα σε ανόργανα συστατικά των παρακάτω οκτώ ξηρών καρπών Ισπανικής προέλευσης: αμύγδαλα, καρπός cashew, φιστίκι τύπου αράπικο, φιστίκι τύπου Αιγίνης, ηλιόσπορος, καρύδια, κάστανα και στον σπόρο κουκουναριού, κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 4 - 26,5 μg χαλκού ανά γραμμάριο ξηρού καρπού, 0,25- 1,05μg χρωμίου ανά γραμμάριο ξηρού καρπού, 7,3 – 75,6 μg σιδήρου ανά γραμμάριο ξηρού καρπού, 25,6 -69 μg αργιλίου ανά γραμμάριο ξηρού καρπού, 0,10 – 0,64 μg νικελίου ανά γραμμάριο ξηρού καρπού, 0,14- 0,39 μg παλλαδίου ανά γραμμάριο ξηρού καρπού. Ο καρπός με τη μέγιστη περιεκτικότητα σε χαλκό είναι τα καρύδια με 22 μg/g καρπού, ενώ με τη μικρότερη περιεκτικότητα το κάστανο με 4,80 μg/g καρπού (Sattar *et al.*, 1989). Θα πρέπει να τονιστεί ότι τα αποτελέσματα των Cabrera *et al.* (2003) όσον αφορά την περιεκτικότητα του κάστανου σε χαλκό δεν συμφωνούν με τα αποτελέσματα των Koksall *et al.* (2006) οι οποίοι αναφέρουν ότι η περιεκτικότητα του κάστανου Τουρκικής ποικιλίας σε χαλκό ανέρχεται σε 23μg/g καρπού. Και εδώ είναι εμφανής η σημαντική επίδραση της ποικιλίας στη χημική σύσταση των καρπών. Ο καρπός με τη μέγιστη περιεκτικότητα σε σίδηρο είναι το φιστίκι τύπου Αιγίνης με 73,5 μg/ g καρπού ενώ και πάλι τη μικρότερη περιεκτικότητα έχει το κάστανο με 9 μg/g καρπού. Μεταξύ καρπών Ιταλικής προέλευσης (αμύγδαλα, καρύδια, φουντούκι, σπόρος κουκουναριού και φιστίκι τύπου Αιγίνης) ο καρπός με τη μέγιστη περιεκτικότητα σε σίδηρο είναι το φουντούκι με περιεκτικότητα 3,3mg ανά 100g καρπού ενώ με ελάχιστη περιεκτικότητα ο σπόρος κουκουναριού 2,3mg ανά 100g καρπού (Fidanza, 2002). Τα αποτελέσματα του Fidanza (2002) δεν συμφωνούν με τα αποτελέσματα της έρευνας των Plessi *et al.* (1999) που αφορούσε μεταξύ των άλλων τον προσδιορισμό ιχνοστοιχείων σε ξηρούς καρπούς που

αγοράστηκαν από την Ιταλική αγορά. Σύμφωνα με αυτή τη δημοσιευμένη εργασία μεταξύ των αμύγδαλων, καρυδιών, φουντουκιών και φιστικιών τύπου αράπικο, ο καρπός με τη μέγιστη περιεκτικότητα σε σίδηρο είναι το αμύγδαλο με 240 mg ανά 100g καρπού. Στην έρευνα των Reddy & Hotwani (1993) ο ξηρός καρπός με τη μέγιστη περιεκτικότητα σε σίδηρο εμφανίζεται το φιστίκι τύπου Αιγίνης με περιεκτικότητα 12,6 mg/100g καρπού. Ο ηλιόσπορος είναι ο καρπός με τη μέγιστη περιεκτικότητα σε χρώμιο και ψευδάργυρο με περιεκτικότητα 0,68 και 58,8 μg/g καρπού, αντίστοιχα. Οι καρποί με τη μικρότερη περιεκτικότητα σε χρώμιο και ψευδάργυρο είναι το cashew nut και το φιστίκι τύπου αράπικο με περιεκτικότητες 0,29 και 31,9 μg/g καρπού, αντίστοιχα. Στην έρευνα των Cabrera *et al.* (2003) μελετήθηκε επίσης και η περιεκτικότητα των προαναφερθέντων ξηρών καρπών σε αλουμίνιο, νικέλιο, μόλυβδο και κάδμιο. Ο καρπός με τη μέγιστη περιεκτικότητα σε αλουμίνιο, νικέλιο και μόλυβδο είναι το φουντούκι με περιεκτικότητα 9,4 0,38 και 0,31 μg/g καρπού, αντίστοιχα. Όσον αφορά το κάδμιο ο καρπός με τη μέγιστη περιεκτικότητα είναι το ψημένο αλατισμένο καλαμπόκι με περιεκτικότητα 0,016 μg/g καρπού. Οι καρποί με τη μικρότερη περιεκτικότητα σε αλουμίνιο, νικέλιο και μόλυβδο είναι το φιστίκι τύπου αράπικο (1,9 μg/g καρπού), ο σπόρος κουκουναριού (0,11 μg/g καρπού) και ο ηλιόσπορος μαζί με το φιστίκι Αιγίνης (0,18 μg/g καρπού). Στην έρευνα των Sattar *et al.* (1989) μελετήθηκε επίσης και η περιεκτικότητα σε μαγνήσιο. Μεταξύ των αμυγδάλων, των καρυδιών και των φιστικιών τύπου αράπικο που μελετήθηκαν το αμύγδαλο βρέθηκε ότι είναι αυτό με τη μέγιστη περιεκτικότητα 21,3 μg/g καρπού ενώ ο καρπός με τη μικρότερη περιεκτικότητα είναι ο σπόρος κουκουναριού 5,92 μg/g καρπού. Αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα των Plessi *et al.* (1999) οι οποίοι μελέτησαν αμύγδαλα, καρύδια, φουντούκια και φιστίκια τύπου αράπικο που αγοράστηκαν στην Ιταλία. Σύμφωνα και με αυτούς υψηλότερη περιεκτικότητα σε μαγνήσιο εμφανίζει το αμύγδαλο ενώ ακολουθούν το καρύδι και φιστίκι τύπου αράπικο. Στην αναφορά του Fidazna (2002) παρουσιάζεται επίσης και η περιεκτικότητα καρπών Ιταλικής προέλευσης (αμύγδαλο, καρύδι, φουντούκι, σπόρος κουκουναριού, και φιστίκι τύπου Αιγίνης) σε κάλιο, ασβέστιο και φώσφορο. Μεταξύ των καρπών αυτών το φιστίκι τύπου Αιγίνης και το αμύγδαλο είναι οι καρποί με την μέγιστη περιεκτικότητα με τιμές που ανέρχονται στα 972 mg/100g φιστικιού τύπου Αιγίνης, 240 mg/100g αμυγδάλου και 550 mg/100g αμυγδάλου, αντίστοιχα. Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο καρπός Brazil nut περιέχει πολύ υψηλή συγκέντρωση σε σελήνιο. Στην έρευνα των Chang *et al.* (1994) αναφέρεται πως η περιεκτικότητα του καρπού Brazil nut σε σελήνιο κυμαίνεται μεταξύ 0,03 – 512

mg/l εξαρτωμένης κυρίως της γεωγραφικής περιοχής που καλλιεργείται ο καρπός. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ημερήσιες συνιστώμενες ποσότητες των παραπάνω μετάλλων, για έναν υγιή άνδρα ή γυναίκα ηλικίας 31-50 ετών, είναι οι εξής: χαλκός (10 μg/ημέρα), σίδηρος (45 mg/ ημέρα), μαγνήσιο (350 mg/ημέρα), μόλυβδος (2 μg/ ημέρα), νικέλιο (1 mg/ημέρα) (USDA 2011).

1.1.7 Βιταμίνες

Εκτός της βιταμίνης E (τοκοφερόλες α-, β-, γ-, δ-) την οποία ήδη έχουμε αναφέρει (Πίνακας 3, παράγραφος 1.1.4), οι ξηροί καρποί περιέχουν επίσης υψηλές συγκεντρώσεις και σε άλλες βιταμίνες. Στην έρευνα των Dismore *et al.* (2003) μελετήθηκε η περιεκτικότητα της βιταμίνης K σε 10 ξηρούς καρπούς, 40 φρέσκα και αποξηραμένα φρούτα και κονσέρβες φρούτων. Ο σπόρος του κουκουναριού και ο καρπός cashew κατέλαβαν την δεύτερη και τρίτη θέση με περιεκτικότητες 53,9 μg βιταμίνης K/ 100 g καρπού και 34,8 μg βιταμίνης K/ 100 g καρπού, αντίστοιχα.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 1 ο καρπός με τη μέγιστη περιεκτικότητα σε βιταμίνη C είναι το φουντούκι με περιεκτικότητα 6,3 mg/ 100g καρπού, ενώ ακολουθεί το φιστίκι τύπου Αιγίνης με 5 mg/ 100g καρπού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η τιμή του φουντουκιού που δίνεται στον Πίνακα 1 είναι πολύ υψηλή σε σχέση με την περιεκτικότητα που δίνεται από τους Alasalvar *et al.* (2003b) (5,54 mg/ 100g καρπού) όπως επίσης και από τους Koksall *et al.* (2006) (2,45 mg/ 100g καρπού). Και εδώ είναι εμφανής η επίδραση των παραγόντων που έχουν αναφερθεί στην αρχή του κεφαλαίου και αφορούν τη σύσταση των ξηρών καρπών.

Το φιστίκι τύπου Αιγίνης αποτελεί μία πολύ καλή πηγή βιταμίνης A (USDA, 2004).

Επιπλέον πολύ καλή πηγή θειαμίνης (B1), ριβοφλαβίνης (B2), νιασίνης (B3), παντοθενικού οξέος (B5) και πυριδοξίνης (B6) αποτελούν το φιστίκι τύπου αράπικο (12,06 mg/100g καρπού), ο σπόρος του κουκουναριού (1,24 mg/100g καρπού), το αμύγδαλο (0,81 mg/100g καρπού), το φιστίκι τύπου Αιγίνης (1,7 mg/100g καρπού) και το φιστίκι τύπου αράπικο (1,77 mg/100g καρπού), αντίστοιχα (USDA 2004).

Τέλος, ιδιαίτερης σημασίας είναι επίσης η παρουσία της ριβοφλαβίνης όπως και άλλων συστατικών όπως η χλωροφύλλη, οι οποίες ως γνωστό δρούν προστατευτικά έναντι της οξειδωσης των ελαίων όταν αυτά αποθηκεύονται στο σκοτάδι ενώ ευνοούν την οξειδωσή τους σε συνθήκες φωτός (Κυριτσάκης, 2007). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό

για την περίπτωση των ξηρών καρπών όπου όπως είδαμε είναι ιδιαίτερα ευοξειδωτοι λόγω της περιεκτικότητάς τους σε ακόρεστα λιπαρά οξέα. Στην έρευνα των Crowe & White (2003b) βρέθηκε ότι η παρουσία της χλωροφύλλης στον καρπό του καρυδιού ανέρχεται σε 4μg/g ενώ οι Chen *et al.* (2006) ανέφεραν ότι η συγκέντρωση του αμυγδάλου σε ριφοβλαβίνη ανέρχεται σε 0,81 mg/100g καρπού.

1.1.8 Άλλα συστατικά των ξηρών καρπών

Ένας από τους σημαντικότερους υδρογονάνθρακες ο οποίος συναντάται στους ξηρούς καρπούς είναι το σκουαλένιο. Η παρουσία του είναι ιδιαίτερα σημαντική αφού αποτελεί πρόδρομο βιοσύνθεσης των στερολών (Κυριτσάκης, 2007). Ο καρπός με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σκουαλένιο είναι τα φουντούκια ($186,4 \pm 11,6$ μg/g λαδιού) ενώ τα καρύδια είναι αυτά με τη μικρότερη περιεκτικότητα ($9,4 \pm 8,5$ μg/g λαδιού) (Maguire *et al.*, 2004).

Όσον αφορά την περιεκτικότητα των καρπών σε καροτενοειδή έχει βρεθεί ότι αυτά βρίσκονται σε ίχνη στους ξηρούς καρπούς (Πίνακας 2). Εξαίρεση αποτελεί το φιστίκι τύπου Αιγίνης στο οποίο η περιεκτικότητα σε β-καροτένιο ανέρχεται στα 0,4mg/100g εκχυλιζόμενου λαδιού (Kornsteiner, *et al.*, 2006).

1.2 Κατανάλωση ξηρών καρπών και οφέλη στην υγεία

Οι ξηροί καρποί όπως έχει ήδη αναφερθεί στις παραγράφους όπου περιγράφεται η χημική σύσταση των ξηρών καρπών, είναι τρόφιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα, ενώ έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Η σύνθεση των λιπαρών οξέων, σε συνδυασμό με την πληθώρα των μικροθρεπτικών συστατικών, πρωτεϊνών, φυτικών ινών και των υδατανθράκων, λαμβανομένου επίσης υπόψη ότι οι ξηροί καρποί είναι τρόφιμα έτοιμα προς κατανάλωση (ready-to-eat), μπορούν να θεωρηθούν ως το ιδανικό τρόφιμο για την κάλυψη μέρους των διατροφικών αναγκών του σύγχρονου ανθρώπου.

Σε αρκετές μελέτες έχει βρεθεί θετική συσχέτιση κατανάλωσης ξηρών καρπών και προστασίας έναντι διαφόρων ασθενειών, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Πίνακας συσχέτισης κατανάλωσης ξηρών καρπών και προστασίας έναντι καρδιακών νοσημάτων, καρκίνου, διαβήτη και της χολολιθίασης.

Θετική συσχέτιση κατανάλωσης ξηρών καρπών και προστασίας έναντι:	Ξηρός καρπός που μελετήθηκε:	Βιβλιογραφία:
Α.Καρδιακών νοσημάτων	Συμπέρασμα βιβλιογραφικής Ανασκόπησης (Φουντούκια, αμύγδαλα, καρύδια, ελαιοκάρυο και άλλα)	Berry <i>et al.</i> 1992; Fraser <i>et al.</i> 1992; Sabate 1993; Sabate & Fraser 1994; Spiller & Bruce 1997; Hu <i>et al.</i> 1998; Kris-Etherton <i>et al.</i> 1999b; Fraser 1999;; Sabate 1999; Bruce <i>et al.</i> 2000; Kris-Etherton, <i>et al.</i> 2001; Jenkins <i>et al.</i> 2001; Albert <i>et al.</i> 2002; Higgs 2002; Sola-Alberich <i>et al.</i> 2002; Feldman 2002; Hu 2003; Simopoulos 2004; Mukuddem-Petersen 2005; Nash & Westpfal 2005; Jiang <i>et al.</i> 2005; Lairon <i>et al.</i> 2005; Kelly & Sabate 2006;
	Καρπός Macadamia	Curd <i>et al.</i> 2000; Manohar <i>et al.</i> 2003
	Καρπός κάσιου	Schutte <i>et al.</i> 2006; Laaksonen 2006
	Καρύδια	Lavedrine <i>et al.</i> 1999; Ros, <i>et al.</i> 2004; Zibaeenezhad <i>et al.</i> 2005; Rajaram <i>et al.</i> 2006
	Φιστίκι τύπου Αιγίνης	Edwards <i>et al.</i> 1999; Kocyigit <i>et al.</i> 2006
	Αμύγδαλο και έλαιο αμυγδάλου	Hyson <i>et al.</i> 2002
	Κατανάλωση τροφίμων φυτικής προελεύσεως	Gardner <i>et al.</i> 2005
	Καρύδια, αμύγδαλα	Abbey <i>et al.</i> 1994
	Φιστίκι τύπου αράπικο	Kris-Etherton <i>et al.</i> 1999a
	Αμύγδαλα	Spiller <i>et al.</i> 1998
	Ελαιοκάρυο	Morgan <i>et al.</i> 2000; Rajaram <i>et al.</i> 2001; Haddad <i>et al.</i> 2006
Β. Καρκίνου	Τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνη Ε όπως οι ξηροί καρποί	Yochum <i>et al.</i> 2000
	Όσπρια*	Sing & Fraser 1998
Γ. Διαβήτη	Συμπέρασμα Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης (Φιστίκια τύπου αράπικο, αμύγδαλα, καρύδια και άλλοι)	Bruce <i>et al.</i> 2000; Jenab <i>et al.</i> 2004
	Συμπέρασμα Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης(αμύγδαλα καρύδια και άλλοι)	Hebert <i>et al.</i> 1998; Garg 1998; Jiang <i>et al.</i> 2002; Higgs 2002; Jenkins <i>et al.</i> 2003; Lairon <i>et al.</i> 2005; Jiang <i>et al.</i> 2005;
Δ. Χολολιθίασης	Φιστίκι τύπου αράπικο	Tsai <i>et al.</i> 2004

*Σύμφωνα με ορισμένους βοτανολόγους αρκετοί ξηροί καρποί κατατάσσονται και στην κατηγορία των οσπρίων

Ενδεικτικά θα μπορούσε να αναφερθεί η εργασία των Spiller *et al.* (1998) όπου μελετήθηκε η επίδραση της προσθήκης καθορισμένης ποσότητας αμυγδάλων στο διαιτολόγιο μίας ομάδας καταναλωτών εν συγκρίσει με δύο άλλες ομάδες στο διαιτολόγιο των οποίων προστέθηκε αντί για αμύγδαλα, ελαιόλαδο καθώς και γαλακτοκομικά προϊόντα, αντίστοιχα. Οι τρεις ομάδες αποτελούνταν συνολικά από 45 άτομα η επιλογή των οποίων έγινε με βάση την ηλικία τους (53 ± 10 έτη) καθώς και τις τιμές ολικής χοληστερόλης, χαμηλής και υψηλής πυκνότητας χοληστερόλης καθώς και του λόγου

ολικής προς υψηλής πυκνότητας χοληστερόλης (TC: 251 ± 30 mg/dl, LDL-C: 166 ± 26 mg/dl, HDL-C: 59 ± 16 mg/dl, TG: 133 ± 63 mg/dl και TC/HDL: 465 ± 1.1)]

Ο σχεδιασμός της έρευνας περιελάμβανε την προσθήκη 450 θερμίδων οι οποίες θα προέρχονταν από αμύγδαλα, ελαιόλαδο και γαλακτοκομικά προϊόντα (βούτυρο και τυρί) για κάθε μία από τις τρεις ομάδες αντίστοιχα. Παράλληλα οι διοργανωτές του πειράματος καθόρισαν και τις υπόλοιπες πηγές τροφών μέσω των οποίων οι συμμετέχοντες είχαν το δικαίωμα να καταναλώσουν για την κάλυψη των υπολοίπων θερμιδικών αναγκών τους. Οι αναλύσεις που διεξήχθησαν για την αξιολόγηση της επίδρασης των παραπάνω τροφίμων στις αντίστοιχες ομάδες περιλάμβαναν: Αναλύσεις αίματος και συγκεκριμένα TC, LDL-C, HDL-C, TG καθώς και ζύγιση των συμμετεχόντων για τον έλεγχο της πιθανής μεταβολής του βάρους τους. Το όλο πείραμα διήρκησε τέσσερις εβδομάδες.

Η στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι η ομάδα στο διαιτολόγιο της οποίας είχαν προστεθεί οι 450 θερμίδες που προέρχονταν από τα αμύγδαλα, παρουσίασε τη σημαντικότερη μείωση στην ολική και τη χαμηλής πυκνότητας χοληστερόλη ενώ παράλληλα η υψηλής πυκνότητας χοληστερόλη διατηρήθηκε σε υψηλά επίπεδα. Επιπλέον το βάρος των συμμετεχόντων της ομάδας αυτής δεν μεταβλήθηκε σημαντικά ($p > 0,05$). Οι διοργανωτές της έρευνας κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι προσθέτοντας στο διαιτολόγιο των καταναλωτών μονοακόρεστα λιπαρά οξέα προερχόμενα από λίπος αμυγδάλου με παράλληλη μείωση των κορεσμένων λιπαρών οξέων από το διαιτολόγιο τους, μπορεί να επιτευχθεί μείωση της ολικής και της χαμηλής πυκνότητας χοληστερόλης με παράλληλη διατήρηση ή και αύξηση της υψηλής πυκνότητας χοληστερόλης. Τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των εργασιών των Spiller *et al.* (1997); Berry *et al.* (1992); Abbey *et al.* (1994); Kris- Etherton *et al.* (1999a); Zibaeenezhad *et al.* (2005).

Τέλος είναι αξιοσημείωτο να αναφέρουμε ότι πολλοί καταναλωτές αποφεύγουν την κατανάλωση των ξηρών καρπών εξαιτίας του υψηλού θερμιδικού περιεχομένου τους (Albert *et al.* 2002 ; Fraser 1999; Sabate 1993). Αυτό το θέμα έχει αποτελέσει πεδίο έρευνας από πολλούς ερευνητές. Όπως προαναφέραμε στην εργασία τους οι Spiller *et al.* (1998) δεν παρατήρησαν σημαντική ($p > 0,05$) μεταβολή του βάρους των συμμετεχόντων κατά την προσθήκη 450 θερμίδων προερχομένων από την κατανάλωση αμυγδάλων στο διαιτολόγιο των συμμετεχόντων της έρευνάς τους για χρονικό διάστημα τεσσάρων εβδομάδων. Αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα των Fraser *et al.* 1992; Sabate 1993; Griel *et al.* 2004.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΞΗΡΩΝ ΚΑΡΠΩΝ

2. Προστασία από την οξείδωση

2.1 Εισαγωγή

Λαμβανομένου υπόψη του υψηλού κόστους παραγωγής και επεξεργασίας των ξηρών καρπών, ένα μεγάλο μέρος των δημοσιευμένων εργασιών ασχολείται με τη βελτίωση των συνθηκών συντήρησής τους. Απώτερος σκοπός είναι η επιμήκυνση του χρόνου αποθήκευσης του καρπού και η κατά το δυνατό διατήρηση της αρχικής του ποιότητας.

Το υλικό συσκευασίας, η σχετική υγρασία, η θερμοκρασία αποθήκευσης, η χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας καθώς και η προσθήκη αντιοξειδωτικών χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό ή και μόνα τους προκειμένου να επιμηκυνθεί ο χρόνος ζωής των ξηρών καρπών. Ως κριτήριο για την αξιολόγηση των μέσων επιμήκυνσης του χρόνου ζωής των ξηρών καρπών, χρησιμοποιείται η μεταβολή που υφίσταται η λιπαρή ύλη του καρπού κατά τη διάρκεια αποθήκευσής του. Η σημαντικότερη μεταβολή που υφίστανται οι λιπαρές ύλες είναι η οξείδωσή τους (Mate *et al.* 1996; Garcia-Pascual *et al.* 2003; Pastorelli *et al.* 2006; Mexis *et al.*, 2009ab). Αποτέλεσμα της οξείδωσης είναι η μεταβολή σημαντικών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών όπως το χρώμα, η υφή, το άρωμα, καθώς και υποβάθμιση της θρεπτικής αξίας λόγω της καταστροφής των βιταμινών, των πρωτεϊνών και ωφέλιμων για την υγεία λιπαρών οξέων (Maskan & Karatas 1999; Coni *et al.* 2004; Mexis *et al.*, 2009ab). Η οξείδωση του λίπους των ξηρών καρπών αξιολογείται με βάση τον προσδιορισμό παραμέτρων όπως ο αριθμός υπεροξειδίων (PV), η συγκέντρωση της εξανάλης, ο αριθμός θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA), ο αριθμός ιωδίου, η τιμή της πανισιδίνης, η δοκιμή Rancimat, καθώς και η μέθοδος του φούρνου (Schaal). Επίσης ορισμένοι ερευνητές έχουν μελετήσει και τη μεταβολή της συγκέντρωσης των επιμέρους λιπαρών οξέων που συνθέτουν το λίπος των ξηρών καρπών. Οι παράγοντες που ευνοούν την οξείδωση των ξηρών καρπών παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Πίνακας βιβλιογραφικής ανασκόπησης παραγόντων που ευνοούν την οξείδωση του λίπους των ξηρών καρπών

Παράγοντας	Βιβλιογραφία
Θερμοκρασία	Harris <i>et al.</i> 1972; Jan, <i>et al.</i> 1988; Senesi <i>et al.</i> 1991; Ribeiro <i>et al.</i> 1993; Braddock <i>et al.</i> 1995; Lopez, <i>et al.</i> 1995; Mugendi <i>et al.</i> 1998; Zacheo <i>et al.</i> 1998; Maskan. & Karatas 1998; Senesi <i>et al.</i> 1996; Fritsch <i>et al.</i> 1997; Maskan & Karatas 1999; Martin & Fernandez-Garcia, 2001; Jensen <i>et al.</i> 2001; Reed <i>et al.</i> 2002; Crowe & White 2003a; Jensen <i>et al.</i> 2003; Garcia-Pascual <i>et al.</i> 2003; Kazantzis <i>et al.</i> 2003; Talcott <i>et al.</i> 2005; Baino & Nobile 2005; Handolin <i>et al.</i> 2005; Nepote <i>et al.</i> 2006; Vanhanen & Savage 2006; Pastorelli <i>et al.</i> 2006; Lee & Resurrecion 2006; Mexis <i>et al.</i> 2009ab
Οξυγόνο	Tappel <i>et al.</i> 1957; Jan, <i>et al.</i> 1988; Senesi <i>et al.</i> 1991; Mate <i>et al.</i> 1996; Maskan & Karatas 1998; Mate & Krochta. 1998; Mugendi <i>et al.</i> 1998; ; Maskan & Karatas 1999; Severini <i>et al.</i> 2000; Jensen <i>et al.</i> 2001; Martin & Fernandez-Garcia, 2001; Reed <i>et al.</i> 2002; Adebisi <i>et al.</i> 2002; Severini <i>et al.</i> 2003; Jensen <i>et al.</i> 2003; Talcott <i>et al.</i> 2005; Nepote <i>et al.</i> 2006; Vanhanen & Savage 2006; Pastorelli <i>et al.</i> 2006; Mexis <i>et al.</i> 2009ab
Συγκέντρωση και είδος πολυακόρεστων λιπαρών οξέων	Tappel <i>et al.</i> 1957; Braddock <i>et al.</i> 1995; Lopez <i>et al.</i> 1995; Warner <i>et al.</i> 1996; Mate <i>et al.</i> 1996; Mugendi <i>et al.</i> 1998; Savage <i>et al.</i> 1999; Maskan & Karatas 1999; Jensen <i>et al.</i> 2001; Reed <i>et al.</i> 2002; Crowe & White 2003a; Jensen <i>et al.</i> 2003; Garcia-Pascual <i>et al.</i> 2003; Talcott, <i>et al.</i> 2005; Baino & Nobile 2005; Vanhanen & Savage 2006; Nepote, <i>et al.</i> 2006; Li <i>et al.</i> 2007
Υγρασία	Lopez <i>et al.</i> 1995; Braddock <i>et al.</i> 1995; Mate <i>et al.</i> 1996; Zacheo <i>et al.</i> 1998; Mate & Krochta. 1998; Mugendi, <i>et al.</i> 1998; Jensen, <i>et al.</i> 2001; Reed <i>et al.</i> 2002; Adebisi <i>et al.</i> 2002; Kazantzis <i>et al.</i> 2003; Crowe & White 2003b; Jensen <i>et al.</i> 2003; Garcia-Pascual <i>et al.</i> 2003; Talcott <i>et al.</i> 2005; Baino & Nobile 2005; Handolin <i>et al.</i> 2005; Vanhanen & Savage 2006; Lee & Resurrecion 2006
Συγκέντρωση ελεύθερων λιπαρών οξέων	Tappel <i>et al.</i> 1957; Kaijser <i>et al.</i> 2000; Baino & Nobile 2005; Handolin <i>et al.</i> 2005
Παρουσία Φωτός	Sattar <i>et al.</i> 1990; Sattar, <i>et al.</i> 1991; Jensen <i>et al.</i> 2001; Reed <i>et al.</i> 2002; Adebisi <i>et al.</i> 2002; Crowe & White. 2003b; Jensen <i>et al.</i> 2003; Garcia-Pascual <i>et al.</i> 2003; Coni <i>et al.</i> 2004; Talcott <i>et al.</i> 2005; Vanhanen & Savage 2006 Pastorelli, <i>et al.</i> 2006; Mexis <i>et al.</i> 2009ab
Παρουσία μετάλλων	Crowe & White 2003b; Garcia-Pascual <i>et al.</i> 2003; Baino & Nobile. 2005;
Συγκέντρωση Αντιοξειδωτικών	Tappel <i>et al.</i> 1957; Maskan & Karatas 1998; Fourie & Basson. 1989; Maskan. & Karatas. 1999; Savage <i>et al.</i> 1999; Kaijser, <i>et al.</i> 2000; Crowe & White 2003ab; Garcia-Pascual <i>et al.</i> 2003; Coni <i>et al.</i> 2004; Talcott, <i>et al.</i> 2005; Baino & Nobile 2005; Li <i>et al.</i> 2007
Επίδραση ενζύμων	Zacheo <i>et al.</i> 1998; Maskan & Karatas 1998; Maskan & Karatas 1999; Garcia-Pascual <i>et al.</i> 2003;
Ποικιλία	Lopez <i>et al.</i> 1995; Mugendi <i>et al.</i> 1998; Savage <i>et al.</i> 1999; Severini <i>et al.</i> 2000; Kaijser <i>et al.</i> 2000; Severini <i>et al.</i> 2003; Talcott <i>et al.</i> 2005;
Μέθοδος επεξεργασίας	Erickson, 1994; Braddock <i>et al.</i> 1995; Mate <i>et al.</i> 1996; Mugendi, <i>et al.</i> 1998; Severini <i>et al.</i> 2000; Zacheo <i>et al.</i> 2000; Martin & Fernandez-Gracia, 2001; Reed <i>et al.</i> 2002; Severini <i>et al.</i> 2003; Crowe & White, 2003ab; Koyuncu 2004; Chun, <i>et al.</i> 2005
Βαθμός ωριμότητας του καρπού κατά την συγκομιδή	Braddock <i>et al.</i> 1995; Mugendi <i>et al.</i> 1998; Reed <i>et al.</i> 2002; Kazantzis <i>et al.</i> 2003
Κέλυφος καρπών	Jurd 1956; Dull & Kays 1988; Zacheo <i>et al.</i> 2000; Martin & Fernandez-Garcia 2001 Jensen <i>et al.</i> 2001; Garcia-Pascual <i>et al.</i> 2003; Handolin <i>et al.</i> 2005

2.1.1 Επίδραση του υλικού συσκευασίας, της τροποποιημένης ατμόσφαιρας και της θερμοκρασίας αποθήκευσης στην οξείδωση του λίπους των ξηρών καρπών

Στην έρευνα των Fritsch *et al.* (1997) μελετήθηκε η επίδραση τριών υλικών συσκευασίας (χαρτοσακούλα με χαμηλό φραγμό στην υγρασία, σακούλα υψηλού φραγμού στο οξυγόνο και ενδιάμεσου φραγμού στην υγρασία [acrylic coated polyvinyl alcohol with polyethylene], σακούλα υψηλού φραγμού στο οξυγόνο και την υγρασία [vacuum packaged laminated polyester και foil pouches], της θερμοκρασίας (4, 21 και 38 °C), της σχετικής υγρασίας (25 και 60-80% RH) καθώς και η επίδραση του ψησίματος (ηλιόσπορος ωμός, ηλιόσπορος ψημένος σε σογιέλαιο με προσθήκη αντιοξειδωτικών) για χρονικό διάστημα 12 μηνών στην ποιότητα του ηλιόσπορου. Οι παράμετροι οι οποίες αξιολογήθηκαν περιελάμβαναν προσδιορισμό αριθμού υπεροξειδίων, εξανάλης, ελευθέρων λιπαρών οξέων, υγρασίας ενώ παράλληλα ο καρπός αξιολογήθηκε και οργανοληπτικά τόσο από εξειδικευμένους δοκιμαστές αλλά και από καταναλωτές. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως με τη χρήση της χαρτοσακούλας ο χρόνος ζωής των ψημένων ηλιόσπορων ανήλθε στους:

- 10 μήνες κατά την αποθήκευση στους 4,5 °C
- 4,5 μήνες κατά την αποθήκευση σε θερμοκρασία 21 °C και
- 2 μήνες κατά την αποθήκευση σε θερμοκρασία 38 °C.

Στην περίπτωση χρήσης υλικών συσκευασίας υψηλού φραγμού στην υγρασία και το οξυγόνο [vacuum packaged laminated polyester και foil pouches], ο χρόνος ζωής του ψημένου ηλιόσπορου ανήλθε:

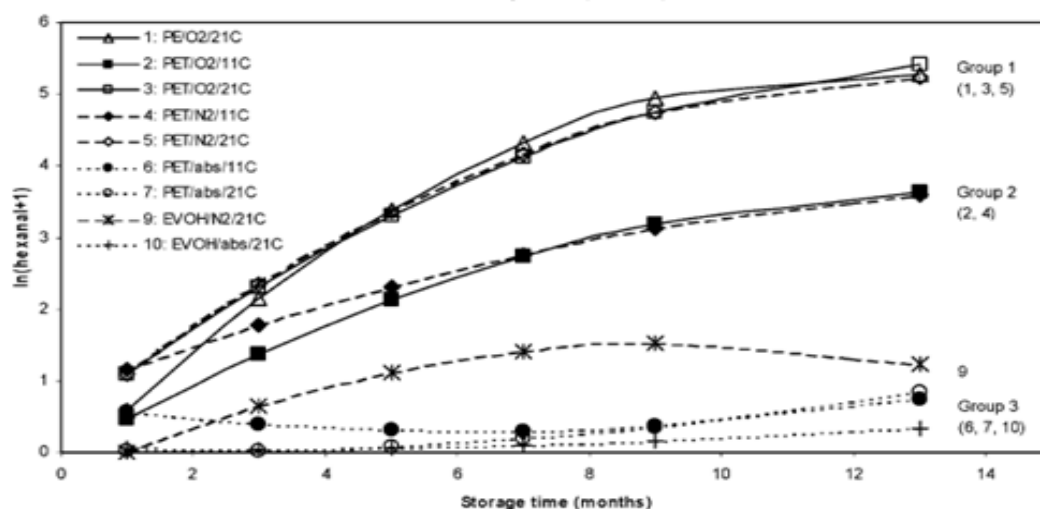
- τουλάχιστον στους 12 μήνες ακόμα και κατά την αποθήκευση στους 38 °C.

Τέλος ο χρόνος ζωής του ωμού ηλιόσπορου ανήλθε:

- τουλάχιστον στους 12 μήνες με την χρήση υλικού συσκευασίας με υψηλό φραγμό στην υγρασία.

Στην έρευνα των Jensen *et al.* (2003) μελετήθηκε η επίδραση τριών υλικών συσκευασίας (70μm LDPE, 12μm PET/50 μm LDPE και 50 μm LDPE/15 μm EVOH/ 50 μm LDPE), της θερμοκρασίας αποθήκευσης (11 και 21 °C), της παρουσίας και απουσίας φωτός καθώς και η επίδραση της χρήσης τροποποιημένης ατμόσφαιρας για χρονικό διάστημα 13^{ον} μηνών στην ποιότητα του καρυδιού. Οι χημικές παράμετροι οι οποίες προσδιορίστηκαν ήταν: η συγκέντρωση εξανάλης, η περιεκτικότητα του καρπού σε υγρασία, το περιεχόμενο λίπος καθώς και η σύνθεση των λιπαρών οξέων. Η εξανάλη είναι

το κύριο προϊόν οξείδωσης του λινελαϊκού οξέος (Crowe & White 2003b; Pastorelli *et al.* 2006) και σχετίζεται άμεσα με την έντονη δυσάρεστη οσμή του χόρτου (Braddock *et al.* 1995; Ashurst 1999; Bauer *et al.* 2001). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα φρέσκα καρύδια δεν περιέχουν εξανάλη εν συναρτήση βέβαια των συνθηκών μεταφοράς και αποθήκευσής τους (Adebiyi *et al.*, 2002; Jensen *et al.* 2003;). Στην έρευνα των Jensen *et al.* (2003) γίνεται μία κατηγοριοποίηση των αποτελεσμάτων με βάση την αύξηση της συγκέντρωσης της εξανάλης με την πάροδο του χρόνου. Οι κατηγορίες που δημιουργούνται είναι τρεις και κάθε μία περιλαμβάνει τα εξής δείγματα. Κατηγορία 1^η LDPE-stored in air 21 °C , PET//LDPE- packaged under air 21°C , PET//LDPE-packaged under N₂ 21 °C. Κατηγορία 2^η PET//LDPE - packaged under air 11 °C, PET//LDPE- packaged under N₂ 11°C. Κατηγορία 3^η PET//LDPE απορροφητές οξυγόνου 11°C, PET//LDPE απορροφητές οξυγόνου 21°C , LDPE/EVOH/LDPE απορροφητές οξυγόνου 21°C (Διάγραμμα 2).



Διάγραμμα 2. Μέτρηση της οξείδωσης του καρυδιού με κριτήριο την συγκέντρωση εξανάλης. **Πηγή:**Jensen *et al.* (2003)

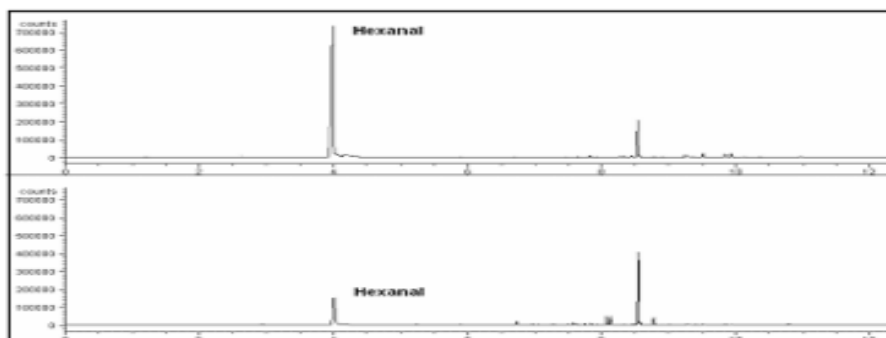
Στο παραπάνω διάγραμμα 2 γίνεται εμφανής η επίδραση ορισμένων παραμέτρων που ευνοούν την οξείδωση του λίπους με βάση την αύξηση της συγκέντρωσης της εξανάλης. Στην πρώτη κατηγορία παρατηρείται την αύξηση της συγκέντρωσης της εξανάλης με πολύ ταχύ ρυθμό εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας αποθήκευσης (21 °C) εν συγκρίσει με την κατηγορία δύο όπου η χαμηλή θερμοκρασία αποθήκευσης (11 °C) έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού οξείδωσης του λίπους. Τέλος στην 3^η κατηγορία γίνεται εμφανής η σημασία της απουσίας του οξυγόνου στην οξείδωση του λίπους. Η χρήση των απορροφητών οξυγόνου σε συνδυασμό με υλικά συσκευασίας με υψηλό

φραγμό σε αέρια, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού παραγωγής εξανάλης δηλαδή του ρυθμού οξείδωσης του λίπους των καρυδιών. Επίσης η αντικατάσταση του αέρα εντός της συσκευασίας του καρυδιού με άζωτο έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού οξείδωσης του λίπους αφού όπως παρατήρησαν οι Jensen *et al.* (2003) η παρουσία μόλις 2,1% O₂ είναι ικανή να ξεκινήσει την οξείδωση του λίπους. Οι παραπάνω ερευνητές σε προγενέστερη εργασία τους (Jensen *et al.* 2001) μελέτησαν την πιθανή χρήση της φασματοφωτομετρίας Vis/NIR για την αξιολόγηση της ποιότητας του καρπού του καρυδιού. Ο σχεδιασμός της έρευνας αυτής περιελάμβανε τη μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας αποθήκευσης (5°C εν συγκρίσει με αποθήκευση στους 21°C), της παρουσίας και απουσίας φωτός. Οι παραπάνω ερευνητές χρησιμοποίησαν 2 υλικά συσκευασίας: α) διαφανές πλαστικό φιλμ (OTR = 0,5 ml/m²/day/atm; διαπερατότητα στο φώς= 90 %) και β) πλαστικό φιλμ επικαλυμμένο με στρώμα αλουμινίου (OTR = 0,9 ml/m²/day/atm; διαπερατότητα στο φώς= 0,6%) το οποίο είχε ως σκοπό την προστασία του καρπού έναντι του φωτός. Συνολικά μελετήθηκαν τέσσερις μεταχειρίσεις: αποθήκευση στο φώς στους 5 και στους 21°C και αποθήκευση στο σκοτάδι στους 5 και στους 21°C. Το όλο πείραμα διήρκεσε 25 εβδομάδες και έγιναν οι ακόλουθοι χημικοί προσδιορισμοί: αριθμός υπεροξειδίων και εξανάλης. Επίσης διεξήχθη οργανοληπτική αξιολόγηση. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έδειξε πως τα δείγματα που είχαν αποθηκευτεί στους 21°C υπό την επίδραση του φωτός οξειδώθηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις. Τα καρύδια τα οποία αποθηκεύτηκαν στους 5 °C και απουσία φωτός διατήρησαν την ποιότητά τους καλύτερα απ' όλες τις άλλες μεταχειρίσεις. Επίσης οι παραπάνω ερευνητές μελέτησαν την επίδραση του φωτός στο χρώμα των καρυδιών. Αποδείχθηκε ότι τα καρύδια τα οποία είχαν αποθηκευτεί υπό την επίδραση του φωτός απέκτησαν πιο σκούρο χρώμα σε σχέση με αυτά που αποθηκεύτηκαν απουσία φωτός. Τέλος οι παραπάνω ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση της φασματοφωτομετρίας Vis/NIR μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο για την αξιολόγηση της ποιότητας του καρυδιού.

Οι Ribeiro *et al.* (1993) μελέτησαν επίσης τη χρήση απορροφητών οξυγόνου για την επιμήκυνση του χρόνου ζωής του καρπού Brazil nut, κατά την αποθήκευσή του σε θερμοκρασία δωματίου (17 έως 31 °C) και σχετική υγρασία από 65 έως 78,5% για χρονικό διάστημα 12 μηνών. Τα δείγματα συσκευάστηκαν σε μεταλλικά δοχεία στον αέρα, σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου και τέλος στον αέρα παρουσία απορροφητή οξυγόνου. Για το κλείσιμο των δοχείων χρησιμοποιήθηκε φιλμ PP επικαλυμμένο με

στρώμα PVdC. Οι παράμετροι οι οποίες αξιολογήθηκαν περιελάμβαναν τη μέτρηση της οξύτητας, του αριθμού υπεροξειδίων, των τιμών K_{232} και K_{270} και της υγρασίας. Οι παραπάνω ερευνητές παρατήρησαν ότι καρποί οι οποίοι αποθηκεύτηκαν στον αέρα εμφάνισαν τον υψηλότερο ρυθμό οξείδωσης, ακολουθούμενοι από εκείνους που συσκευάστηκαν σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου ενώ στις μεταχειρίσεις όπου επιλέχθηκε η χρήση απορροφητή οξυγόνου εμφανίστηκε ο χαμηλότερος ρυθμός οξείδωσης. Επίσης στην περίπτωση χρήσης απορροφητών οξυγόνου, μετά την πάροδο των 12 μηνών αποθήκευσης καταγράφηκαν οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις στις παραμέτρους αξιολόγησης του βαθμού οξείδωσης που προαναφέρθηκαν. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι παραπάνω ερευνητές ανέφεραν ότι μετά την πάροδο 12 μηνών αποθήκευσης η συγκέντρωση υπεροξειδίων ήταν 9,98 έναντι 12,19 και 17,09 meq O_2/kg για τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν παρουσία απορροφητών οξυγόνου, σε ατμόσφαιρα αζώτου και στον αέρα, αντίστοιχα.

Εκτός από τους Jensen *et al.* (2003) και τους Ribeiro *et al.* (1993), οι Pastoreli *et al.* (2006) μελέτησαν επίσης τη χρήση των απορροφητών οξυγόνου για τη διατήρηση της ποιότητας του φουντουκιού. Οι παραπάνω ερευνητές συσκεύασαν φουντούκια σε σακούλες από πλαστικό φιλμ και στις μισές από αυτές μαζί με τα φουντούκια έβαλαν μέσα στις σακούλες απορροφητές οξυγόνου. Ως δείκτης προσδιορισμού της ποιότητας χρησιμοποιήθηκε ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης της εξανάλης. Όπως και στην έρευνα των Jensen *et al.* (2003) οι παραπάνω ερευνητές συμπέραναν ότι παρουσία των απορροφητών οξυγόνου περιορίστηκε σημαντικά την οξείδωση του λίπους όπως φαίνεται και στα παρακάτω χρωματογραφήματα στα οποία παρουσιάζεται η συγκέντρωση της εξανάλης σε φουντούκια που συσκευάστηκαν παρουσία απορροφητών οξυγόνου και μη.



Διάγραμμα 3. Συγκέντρωση εξανάλης σε φουντούκια που συσκευάστηκαν απουσία απορροφητών οξυγόνου (επάνω χρωματογράφημα) και παρουσία απορροφητών οξυγόνου (κάτω χρωματογράφημα). **Πηγή:** Pastoreli *et al.* 2006

Στην εργασία τους οι Senesi *et al.* (1991) μελέτησαν την επίδραση του υλικού συσκευασίας (διαφανές και μεταλλοποιημένο φιλμ), της θερμοκρασίας αποθήκευσης (4 και 20°C), καθώς και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου σε ξεφλουδισμένα αμύγδαλα για χρονικό διάστημα 9 μηνών. Οι παραπάνω ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα ξεφλουδισμένα αμύγδαλα μπορούν να διατηρηθούν για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 9 μηνών χωρίς σημαντική υποβάθμιση της ποιότητάς τους εφόσον συσκευαστούν σε μεταλλοποιημένο φιλμ, ατμόσφαιρα αζώτου και σε θερμοκρασία 4 °C. Επίσης οι παραπάνω μελετητές συμπέραναν ότι κατά την αποθήκευση σε υλικό χαμηλού φραγμού η διατήρηση της ποιότητας μπορεί να επιτευχθεί έως και 12 μήνες εφόσον τα αμύγδαλα αποθηκευτούν σε θερμοκρασία 2°C.

Οι Lima *et al.* (1998) ερεύνησαν επίσης τη χρήση τριών υλικών συσκευασίας (PP/LDPE, metPET/LDPE και PET/Al/LDPE) στην ποιότητα των ψημένων και αλατισμένων καρπών cashews κατά την συντήρησή τους σε σχετική υγρασία 80%, στους 30 °C, στο σκοτάδι για 360 ημέρες. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω ερευνητές παρά την χρήση υλικών συσκευασίας υψηλού φραγμού δεν επέλεξαν την χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας, αλλά τα δείγματα συσκευάστηκαν στον αέρα. Αντίθετα τα δείγματα αναφοράς συσκευάστηκαν σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου σε PET/Al/LDPE και αποθηκεύτηκαν στους -18 °C. Εκ των παραμέτρων που αξιολογήθηκαν (υφή, υγρασία, αριθμός υπεροξειδίων, συγκέντρωση εξανάλης και τοκοφερολών, οργανοληπτική αξιολόγηση) προέκυψε σημαντική αύξηση των πρωτογενών προϊόντων οξείδωσης κυρίως μετά την πάροδο 180 ημερών αποθήκευσης για όλα τα δείγματα ενώ αντίθετα η συγκέντρωση των δευτερογενών προϊόντων οξείδωσης άρχισε να αυξάνεται σημαντικά μόλις μετά την πάροδο 40 ημερών αποθήκευσης. Η συγκέντρωση της εξανάλης, για τα δείγματα που συσκευάστηκαν στα υλικά συσκευασίας PP/PE και metPET/PE ήταν 1,8 και 1,9 ppm μετά την πάροδο 80 ημερών αποθήκευσης ενώ αντίθετα στη συσκευασία από PET/Al/LDPE δεν παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης της εξανάλης καθ' όλη την περίοδο αποθήκευσης (360 ημέρες). Σχετικά με την συγκέντρωση των τοκοφερολών καταγράφηκε μία αυξομείωση κατά την διάρκεια της αποθήκευσης, ενώ στο τέλος του χρόνου ζωής παρατηρήθηκε μία μικρή μείωση της συγκέντρωσης των τοκοφερολών. Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική διαφορά σε όλες τις δειγματοληψίες. Τέλος με βάση την οργανοληπτική αξιολόγηση προέκυψε ότι χρόνος ζωής των καρπών cashews ήταν 210 ημέρες κατά την αποθήκευση στο υλικό συσκευασίας PP/LDPE, 310

ημέρες κατά την αποθήκευση στο υλικό συσκευασίας metPET/LDPE και τουλάχιστον 360 ημέρες κατά την αποθήκευση στο PET/Al/LDPE.

Επίσης οι Mexis *et al.* (2011) και Mexis & Kontominas (2009b) μελέτησαν την επίδραση του υλικού συσκευασίας (LDPE, PET//LDPE και PET-SiOx//LDPE), της θερμοκρασίας αποθήκευσης (4 και 20 °C) και των συνθηκών φωτισμού (της παρουσίας και απουσίας φωτός), στην ποιότητα του ολόκληρου και του θρυμματισμένου καρυδιού για χρονικό διάστημα 12 μηνών. Οι παράμετροι οι οποίες αξιολογήθηκαν περιελάμβαναν τον προσδιορισμό του αριθμού υπεροξειδίων, εξανάλης, μηλονικής διαλδεύδης και την οργανοληπτική αξιολόγηση της γεύσης και της οσμής. Για το ολόκληρο καρύδι οι παραπάνω ερευνητές κατέγραψαν τιμές αριθμού υπεροξειδίων που κυμαίνονταν από 0,3 έως και 31,4 meq O₂ / kg ελαίου καρυδιών το οποίο συσκευάστηκε σε LDPE και αποθηκεύτηκε παρουσία φωτός για 12 μήνες. Αντίστοιχα κατέγραψαν συγκεντρώσεις εξανάλης < 28,5 μg/ kg έως και 36,0 mg / kg ενώ για το TBA οι αντίστοιχες τιμές ήταν 0.2 έως και 11 mg MDA / kg. Αντίστοιχα για τα θρυμματισμένα αμύγδαλα καταγράφηκαν τιμές αριθμού υπεροξειδίων που κυμαίνονταν 0,3 έως και 48,2 meq O₂ / kg ελαίου καρυδιών το οποίο συσκευάστηκε σε LDPE και αποθηκεύτηκε παρουσία φωτός για 12 μήνες. Αντίστοιχα κατέγραψαν συγκεντρώσεις εξανάλης < 28,5 μg/ kg έως και 41,2 mg / kg ενώ για το TBA οι αντίστοιχες τιμές ήταν 0,2 έως και 12,3 mg MDA / kg.

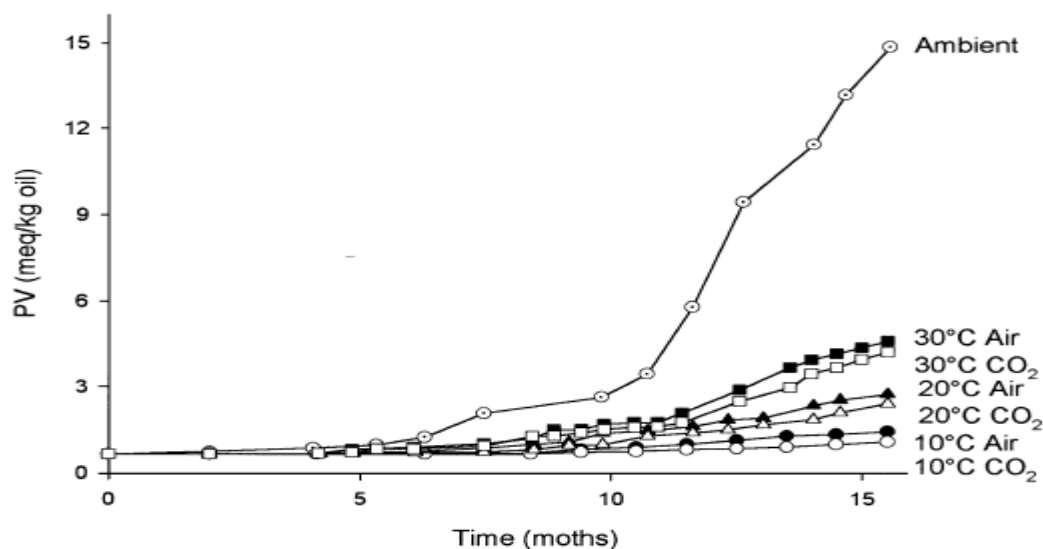
Επιπλέον πρέπει να σημειωθεί πως κατά την αποθήκευση απουσία φωτός η ποιότητα των καρυδιών ήταν καλύτερη εν συγκρίσει με εκείνα που αποθηκεύτηκαν παρουσία φωτός. Εκ των παραγόντων που αξιολογήθηκαν βρέθηκε ότι η θερμοκρασία αποθήκευσης είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επιδρά στην ποιότητα των καρυδιών και κατά σειρά μειούμενης σημασίας ακολουθούν ο φραγμός του υλικού συσκευασίας και η παρουσία ή απουσία φωτός.

Οι Martin & Fernandez-Garcia (2001) μελέτησαν την επίδραση της συγκέντρωσης του οξυγόνου εντός της συσκευασίας, στην ποιότητα του φουντουκιού. Σύμφωνα με το πλάνο του πειραματός τους αναποφλοιώτα και αποφλοιωμένα φουντούκια συσκευάστηκαν σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου σε συνδυασμό με 1, 5, 10 και 20 % οξυγόνο, αντίστοιχα. Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε σχετική υγρασία 60% και σε θερμοκρασία 7 και 25 °C για χρονικό διάστημα 12 μηνών. Οι παράμετροι που αξιολογήθηκαν περιελάμβαναν τον προσδιορισμό του αριθμού υπεροξειδίων, της οξύτητας, των τιμών K₂₃₂ και K₂₇₀, της σύνθεσης των λιπαρών οξέων, ενώ διεξήχθη και οργανοληπτική αξιολόγηση. Παρατηρήθηκε ότι σε καμία από τις μεταχειρίσεις η οξείδωση δεν ήταν

σημαντική. Επίσης επιβεβαιώθηκε ο προστατευτικός ρόλος του φλοιού έναντι της οξείδωσης (Garcia-Pascual *et al.* 2003; Handolin *et al.* 2005). Συμπερασματικά βρέθηκε ότι ο ρυθμός αυτοοξείδωσης μειώνεται κατά την αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες και σε ατμόσφαιρα με λιγότερο από 10% O₂.

Εκτός του αζώτου και το διοξείδιο του άνθρακα έχει χρησιμοποιηθεί ως μέσο για την αντικατάσταση του αέρα κατά τη συσκευασία των ξηρών καρπών. Οι Maskan & Karatas (1999) μελέτησαν την επίδραση της θερμοκρασίας [10, 20 και 30 °C καθώς και την αποθήκευση σε συνθήκες περιβάλλοντος (20-30°C) και σε σχετική υγρασία 27-92%] στην οξείδωση του λίπους ολόκληρου φιστικιού τύπου Αιγίνης. Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν στον αέρα ενώ άλλα αποθηκεύτηκαν σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας (2% O₂ και 98 % CO₂).

Οι χημικές αναλύσεις που διεξήχθησαν περιελάμβαναν τον προσδιορισμό: υγρασίας, λίπους, πρωτεϊνών, σύστασης σε λιπαρά οξέων, αριθμού ιωδίου, αριθμού υπεροξειδίων, αριθμού σαπωνοποίησης, προσδιορισμό ασαπωνοποιήτων συστατικών, τέφρας, σακχάρων και φυτικών ινών. Στο διάγραμμα 4 και στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας των Maskan & Karatas (1999) σχετικά με την οξείδωση του φιστικιού τύπου Αιγίνης μετά την αποθήκευσή του στις προαναφερθείσες συνθήκες για χρονικό διάστημα 15 μηνών.



Διάγραμμα 4. Αύξηση τιμής αριθμού υπεροξειδίων κατά την αποθήκευση ολόκληρου φιστικιού τύπου Αιγίνης. **Πηγή:** Maskan & Karatas (1999)

Η στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι δεν υπήρχε στατιστικώς σημαντική διαφορά στην αύξηση του αριθμού υπεροξειδίων μεταξύ των δειγμάτων κατά την αποθήκευσή τους μετά την πάροδο των πρώτων 6 μηνών αποθήκευσης. Αντίθετα μετά τους 6 μήνες, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4, η αύξηση του αριθμού υπεροξειδίων ήταν ραγδαία ιδιαίτερα για τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν σε συνθήκες περιβάλλοντος. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι τα δείγματα τα οποία είχαν αποθηκευτεί σε ατμόσφαιρα διοξειδίου του άνθρακα ανεξαρτήτως της θερμοκρασίας αποθήκευσης δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά όσον αφορά τις τιμές αριθμού υπεροξειδίων εν συγκρίσει με τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν στον αέρα. Επιπλέον αποδείχθηκε ότι ο ρυθμός οξείδωσης των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν σε συνθήκες τροποποιημένης ατμοσφαιράς ήταν σαφώς μικρότερος σε σχέση με τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν σε ατμοσφαιρικό αέρα στην ίδια θερμοκρασία. Επιπλέον θα πρέπει να σημειωθεί πως σε προγενέστερη εργασία τους (Maskan & Karatas, 1998) οι παραπάνω ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το CO₂ παρεμποδίζει την οξείδωση του λίπους του φιστικιού τύπου Αιγίνης.

Πίνακας 6. % μείωση συγκέντρωσης λινελαϊκού και λινολενικού οξέος του φιστικιού τύπου αράπικο κατά την αποθήκευση σε θερμοκρασίες 10, 20 και 30°C υπό την επίδραση του ατμοσφαιρικού αέρα και CO₂.

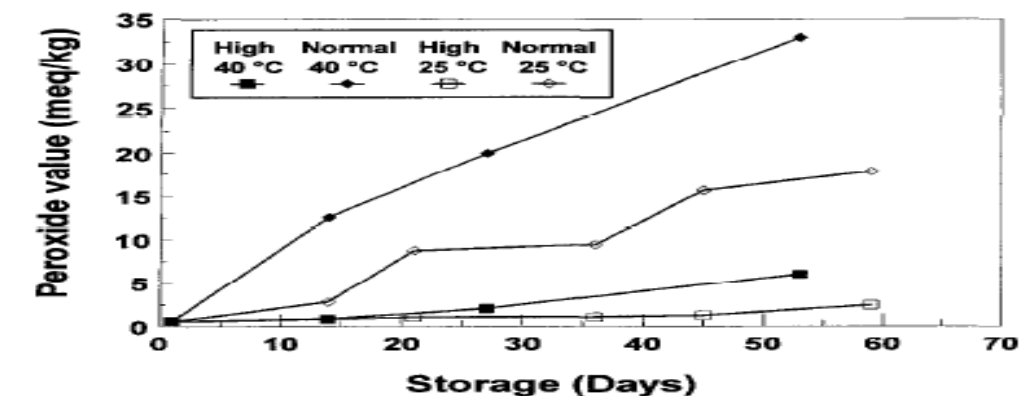
Λιπαρά οξέα	% Μείωση λιπαρών οξέων					
	10°C		20°C		30°C	
	Air	CO ₂	Air	CO ₂	Air	CO ₂
Λινελαϊκό οξύ	3.98	2.15	4.66	3.02	7.50	9.17
Λινολενικό οξύ	18.24	10.39	32.79	21.02	44.34	50.11

Πηγή: Maskan & Karatas (1999)

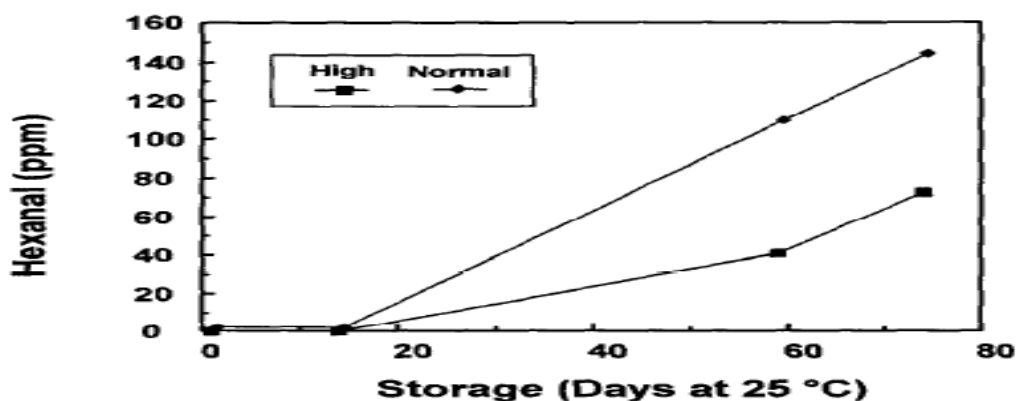
Στον παραπάνω Πίνακα 6 παρουσιάζεται η μείωση της συγκέντρωσης του λινελαϊκού (C_{18:2n-9,12}) και του λινολενικού (C_{18:3 n-9,12,15}) οξέος κατά την αποθήκευση στις προαναφερθείσες συνθήκες.

Στην έρευνα του Koyuncu (2004) μελετήθηκε επίσης, η μεταβολή του περιεχομένου λίπους καθώς και των επιμέρους λιπαρών οξέων σε δύο υποστρώματα αποξηραμένου φουντουκιού (ξεφλουδισμένου και ολόκληρου), σαν συνάρτηση του χρόνου (12 μήνες), της συσκευασίας (σακούλες πολυαιθυλενίου), της θερμοκρασίας (21 °C), και της σχετικής υγρασίας (60-65 %) αποθήκευσης. Η στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έδειξε αύξηση του λίπους από 58,68 % σε 62,48% ($p < 0,05$) πιθανότατα λόγω απώλειας υγρασίας. Επίσης στατιστικά σημαντική αποδείχθηκε και η αύξηση των λιπαρών οξέων παλμιτικό ($C_{16:0}$) και ελαϊκό ($C_{18:1 \text{ n-9}}$). Σχετικά με την επίδραση των παραγόντων που μελετήθηκαν στην συγκέντρωση των λιπαρών οξέων: παλμιτελαϊκό ($C_{16:1 \text{ n-9}}$), στεατικό ($C_{18:0}$), λινελαϊκό ($C_{18:2 \text{ n-9,12}}$) και λινολενικό ($C_{18:3 \text{ n-9,12,15}}$) οξύ βρέθηκε πως δεν ήταν σημαντική ($p > 0,05$). Σχετικά με την επίδραση του αποξηραμένου φουντουκιού (ξεφλουδισμένου και ολόκληρου) αυτή βρέθηκε ότι ήταν σημαντική ($p < 0,05$) όσον αφορά τη μεταβολή της ολικής περιεκτικότητας του λίπους του καρπού ενώ δεν ήταν σημαντική ($p > 0,05$) όσον αφορά την μεταβολή της περιεκτικότητας των λιπαρών οξέων. Οι Koyuncu *et al.* (2005) μελέτησαν εκ νέου την μεταβολή του περιεχομένου λίπους καθώς και των επιμέρους λιπαρών οξέων σε τρία υποστρώματα αποξηραμένου φουντουκιού διαφορετικής ποικιλίας (Tombul, Palaz και Kalinkara), σαν συνάρτηση του χρόνου (12 μήνες) και της συσκευασίας υπό κενό. Παρατήρησαν σημαντική ($p < 0,05$) αύξηση της ποσότητας του λίπους του αποξηραμένου φουντουκιού και των τριών ποικιλιών, ως αποτέλεσμα της απώλειας υγρασίας. Επιπλέον βρέθηκε σημαντική ($p < 0,05$) αύξηση των λιπαρών οξέων παλμικό ($C_{16:0}$) και ελαϊκό ($C_{18:1 \text{ n-9}}$) με παράλληλη μείωση του λινελαϊκού ($C_{18:2 \text{ n-9,12}}$) οξέως. Αντίθετα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές στα λιπαρά οξέα στεατικό ($C_{18:0}$) και λινολενικό ($C_{18:3 \text{ n-9,12,15}}$).

Στην εργασία του Braddock *et al.* (1995) μελετήθηκε μεταξύ των άλλων (υγρασία, σύνθεση λιπαρών οξέων, συγκέντρωση σακχαρώζης) η οξείδωση δύο υποστρωμάτων ψημένου φιστικιού τύπου αράπικο [υψηλής 79,3% και κανονικής 55% περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ($C_{18:1 \text{ n-9}}$)] σε δύο θερμοκρασίες αποθήκευσης (25 και 40 °C), δύο συνθήκες σχετικής υγρασίας (40 και 25 % αντίστοιχα με τις τιμές των θερμοκρασιών), απουσία φωτός (λόγω της αποθήκευσης σε αλουμινένια δοχεία) για χρονικό διάστημα εβδομήντα τεσσάρων ημερών. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής εμφανίζονται στα διαγράμματα 5α και 5β. Στο διάγραμμα 5α εμφανίζεται η οξείδωση του λίπους με βάση την τιμή του αριθμού υπεροξειδίων, ενώ στο διάγραμμα 5β με βάση τη συγκέντρωση της εξανάλης.



α



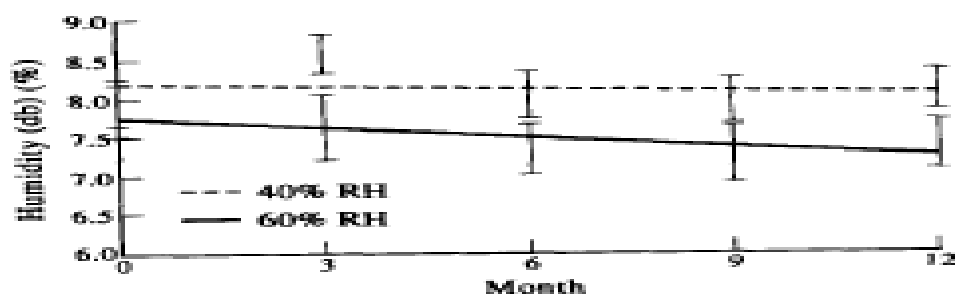
β

Διάγραμμα 5. α. Αύξηση συγκέντρωσης αριθμού υπεροξειδίων β. Αύξησης συγκέντρωσης εξανάλης στο φιστίκι τύπου αράπικο. (Πηγή: Braddock *et al.* 1995)

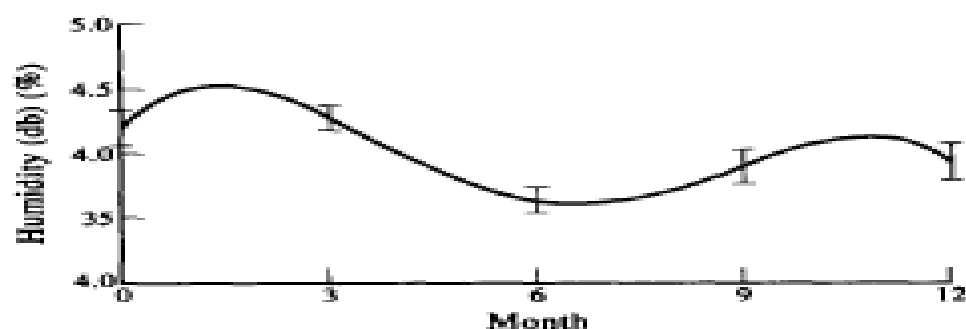
Τα αποτελέσματα των παραπάνω διαγραμμάτων της εργασίας των Braddock *et al.* (1995) έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Senesi *et al.* (1991), Jensen *et al.* (2003), του Garcia-Pascual *et al.* (2003), Mexis *et al.* (2011) και Mexis & Kontominas (2009b) και του Nepote *et al.* (2006). Όπως φαίνεται και στα διαγράμματα 5α και 5β αύξηση της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού οξείδωσης του φιστικιού τύπου αράπικο.

Στις προαναφερθείσες εργασίες όπως και σε αυτές που αναφέρονται παρακάτω, παρατηρείται η τάση των ερευνητών να μελετούν θερμοκρασίες οι οποίες ανήκουν σε διαφορετικές θερμοκρασιακές ζώνες, δηλαδή σύγκριση μεταξύ θερμοκρασιών αποθήκευσης :11 και 21 °C [Jensen *et al.* (2003), και Ribeiro *et al.* (1993)], 10, 20 και 30 °C [Maskan & Karatas (1999)], 4 και 20°C, [Mexis *et al.* (2011), Mexis & Kontominas (2009b) και Senesi *et al.* (1991)], 8 και 36 °C [Garcia-Pascual *et al.*(2003)], 23 και 40°C [Nepote *et al.* (2006)], 25 και 40 °C [Braddock *et al.* 1995], 25 και 40 °C [Crowe & White

(2003a)], 35 και 60 °C [Crowe & White (2003b)], 4 και 20°C [Handolin *et al* (2005)], -24,6 , 3,3 , 10,4 , 14,3 , 23 °C [Vanhanen & Savage (2006)]. Ιδιαίτερου ενδιαφέροντος είναι η εργασία των Lopez *et al.* (1995) οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση τριών θερμοκρασιών αποθήκευσης υπό ψύξη (3, 7 και 10 °C) σε καρύδι με τσόφλι. Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν στις προαναφερθείσες θερμοκρασίες σε σχετική υγρασία 40 και 60% για χρονικό διάστημα 12 μηνών. Επίσης μελετήθηκε η επίδραση της ποικιλίας και η επίδραση της χρονιάς συγκομιδής του καρυδιού, που, όπως έχει προαναφερθεί, είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη χημική σύσταση των ξηρών καρπών. Τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά τα οποία προσδιορίστηκαν από τους παραπάνω ερευνητές περιελάμβαναν: προσδιορισμό ελαττωματικών καρυδιών (ακατάλληλων για κατανάλωση), προσδιορισμό χρώματος και υγρασίας του εδώδιμου τμήματος του καρυδιού. Επίσης έγινε προσδιορισμός ελεύθερων λιπαρών οξέων, σταθερότητας στην οξείδωση και της σύνθεσης του καρυδιού σε λιπαρά οξέα. Στα παρακάτω διαγράμματα 6α και 6β παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εργασίας των Lopez *et al.* (1995) σχετικά με τη μεταβολή στην υγρασία τόσο από ολόκληρο το καρύδι (με το τσόφλι) όσο επίσης και από την ψίχα του καρυδιού.



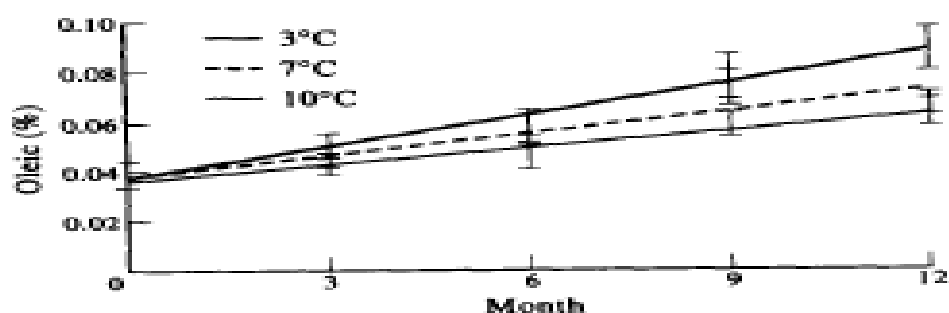
α



β

Διάγραμμα 6 α) Απορρόφηση υγρασίας από ολόκληρο το καρύδι ως συνάρτηση της σχετικής υγρασίας αποθήκευσης για χρονικό διάστημα 12 μηνών β) Απορρόφηση υγρασίας από την ψίχα του καρυδιού κατά την αποθήκευση για χρονικό διάστημα 12 μηνών **Πηγή:** Lopez *et al.* (1995)

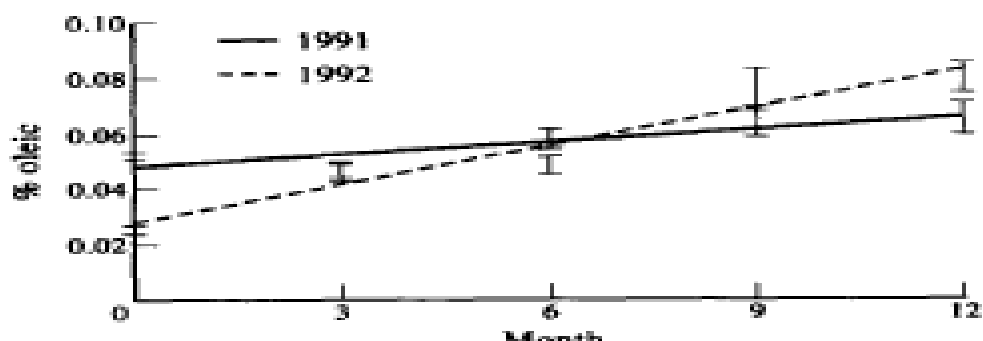
Στα διαγράμματα δα και δβ γίνεται εμφανής η σημαντική επίδραση του κελύφους στην προστασία της ψίχας του καρυδιού έναντι της πρόσληψης υγρασίας. Παρουσία του κελύφους (τσόφλι) στο καρύδι η απώλεια υγρασίας είναι γραμμική και ανέρχεται μόλις στο 0,042% ανά μήνα κατά την αποθήκευση σε σχετική υγρασία 40%. Κατά την αποθήκευση σε ERH 60 % η απώλεια υγρασίας αποδείχθηκε ότι είναι αμελητέα. Στο παρακάτω διάγραμμα 7 παρουσιάζεται η μεταβολή των ελευθέρων λιπαρών οξέων κατά τη διάρκεια αποθήκευσης για 12 μήνες.



Διάγραμμα 7. Αύξηση συγκέντρωσης ελευθέρων λιπαρών οξέων κατά την αποθήκευση.

Πηγή: Lopez *et al.* (1995)

Κατά την αποθήκευση των καρυδιών σε σχετική υγρασία 60% παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης των ελευθέρων λιπαρών οξέων δύο φορές περισσότερο σε σχέση με τα καρύδια που αποθηκεύτηκαν σε σχετική υγρασία 40% μετά την πάροδο 12 μηνών. Επίσης οι Lopez *et al.* (1995) παρατήρησαν διπλάσια αύξηση της συγκέντρωσης των ελευθέρων λιπαρών οξέων κατά την αποθήκευση στους 10°C εν συγκρίσει με τους 3°C. Στο παρακάτω διάγραμμα 8 παρουσιάζεται η επίδραση του παράγοντα έτους συγκομιδής.



Διάγραμμα 8. Επίδραση της χρονιάς συγκομιδής στην αύξηση συγκέντρωσης ελευθέρων λιπαρών οξέων κατά την αποθήκευση. **Πηγή:** Lopez *et al.* (1995)

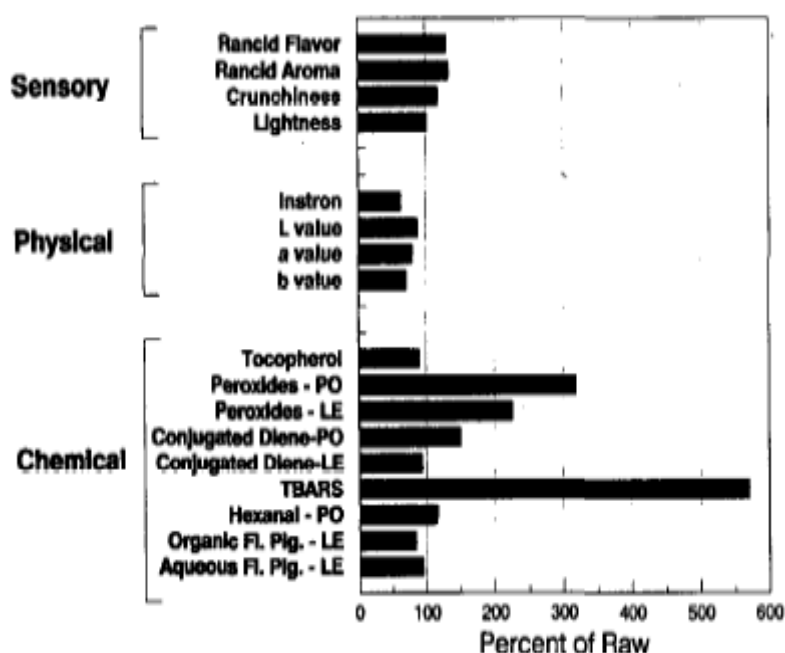
Οι καρποί των οποίων η συγκομιδή έγινε το έτος 1992 εμφάνισαν υψηλότερη αύξηση στη συγκέντρωση των ελευθέρων λιπαρών οξέων. Επίσης βρέθηκε μείωση της σταθερότητας του ελαίου του καρυδιού μετά την πάροδο αποθήκευσης των πρώτων 4,5 μηνών αποθήκευσης η οποία σύμφωνα με τους ερευνητές πιθανότατα οφείλεται στη μείωση της συγκέντρωσης των αντιοξειδωτικών του καρπού. Αξιολογώντας τα παραπάνω αποτελέσματα οι Lopez *et al.* (1995) κατέληξαν στο συμπέρασμα πως οι καρποί που διατηρήθηκαν για χρονικό διάστημα 12 μηνών σε σχετική υγρασία 60% και θερμοκρασία των 10°C διατήρησαν σε μεγαλύτερο βαθμό την ποιότητά τους ενώ παράλληλα συμπέραναν ότι κατά την αποθήκευση των δειγμάτων σε σχετική υγρασία 40% εμφανίστηκε το φαινόμενο της αφυδάτωσης των καρπών. Οι Vanhanen & Savage (2006) μελέτησαν τον αριθμό υπεροξειδίων ως μέτρο προσδιορισμού της ποιότητας του αλεύρου από καρύδι. Το αλεύρι καρυδιού παραλαμβάνεται μετά την παραλαβή του ελαίου από το καρύδι με εφαρμογή υψηλών πιέσεων σε χαμηλές θερμοκρασίες. Στο αλεύρι αυτό παραμένει περίπου 20% του ελαίου καρυδιού. Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν 5 θερμοκρασίες αποθήκευσης -24,6 , 3,3 , 10,4 , 14,3 , 23 °C με αντίστοιχες μέσες τιμές σχετικής υγρασίας 70, 43,8 , 86,5 , 58,4 , 67,4 % ενώ τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε τρία υλικά συσκευασίας: περιέκτη πολυπροπυλενίου σφραγισμένο με καπάκι πολυαιθυλενίου, σε χαρτοσακούλες με εσωτερική επένδυση ενός φύλλου 11μm πολυαιθυλενίου και σε καφέ χάρτινες σακούλες αδιαπέραστες στο λίπος [greaseproof paper lined manila (brown) paper Bags] για 26 εβδομάδες. Οι σακούλες κλείστηκαν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλιστεί η μέγιστη απομάκρυνση του αέρα από αυτές. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως κατά τη χρήση της συσκευασίας με τις καλύτερες ιδιότητες φραγμού στην υγρασία, δηλαδή του περιέκτη πολυπροπυλενίου το δείγμα διατήρησε την ποιότητά του σε μεγάλο βαθμό αφού δεν υπήρξε καμία σημαντική μεταβολή στην περιεκτικότητα υγρασίας του αλεύρου ενώ παράλληλα η οξείδωση στο δείγμα ήταν μικρότερη έναντι των άλλων δειγμάτων όπως προκύπτει από την μέτρηση και σύγκριση του αριθμού υπεροξειδίων. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Dull & Kays 1988; Severini *et al.* 2003; και Jensen *et al.* 2003 σχετικά με τη διατήρηση της ποιότητας που προσφέρουν τα υλικά συσκευασίας υψηλού φραγμού στην υγρασία.

2.1.2 Επίδραση της προ-επεξεργασίας (βαθμός ωρίμανσης καρπού, ψήσιμο, ξεφλούδισμα) και της σύνθεσης λίπους των ξηρών καρπών στην οξείδωση του λίπους των ξηρών καρπών

Εναλλακτικά της χρήσης τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα, οι Severini *et al.* (2000) μελέτησαν την επίδραση των πτητικών συστατικών που παράγονται κατά την αντίδραση Maillard, κατά το ψήσιμο του αμυγδάλου, στην πιθανή προστασία του καρπού από την οξείδωση. Συγκεκριμένα στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν αποφλοιωμένα και μη αμύγδαλα δύο ποικιλιών (Romana και Pizzuta) τα οποία ψήθηκαν στους 210 °C για 8 λεπτά και εν συνεχεία ένα μέρος τους (4 αποφλοιωμένα και 4 αναποφλοιώτα αμύγδαλα) συσκευάστηκε αμέσως, σε σακούλες υψηλού φραγμού στην υγρασία και το οξυγόνο (OPET/PE/EVOH/PE). Τα εναπομείναντα αμύγδαλα μετά την πάροδο του απαραίτητου χρόνου για την ψύξη τους συσκευάστηκαν ως εξής: συσκευασία στον αέρα (4 αποφλοιωμένα και 4 αναποφλοιώτα αμύγδαλα-δείγματα αναφοράς) και στο κενό (4 αποφλοιωμένα και 4 αναποφλοιώτα αμύγδαλα). Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν απουσία φωτός και το όλο πείραμα διήρκησε 8 μήνες. Οι παράμετροι οι οποίες αξιολογήθηκαν περιελάμβαναν τον προσδιορισμό του αριθμού υπεροξειδίων, ενεργότητας ύδατος, υγρασίας, χρώματος και CO₂ στον υπερκείμενο χώρο. Εκ των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι κατά τη συσκευασία του αμυγδάλου παρουσία των πτητικών συστατικών η προστασία έναντι της οξείδωσης δεν ήταν τόσο αποτελεσματική όσο στη συσκευασία υπό κενό αλλά παρόλα αυτά ο βαθμός οξείδωσης ήταν σαφώς μικρότερος εν συγκρίσει με τη συσκευασία στον αέρα. Επιπλέον και σε αυτή την εργασία αποδείχτηκε η προστατευτική δράση του φλοιού έναντι της οξείδωσης του αμυγδάλου και της επίδρασης της ποικιλίας αφού, όπως βρέθηκε τα αμύγδαλα της ποικιλίας Pizzuta βρέθηκαν ότι ήταν πιο ευοξειδωτά εν συγκρίσει με αυτά της ποικιλίας Romana. Σε μεταγενέστερη εργασία τους οι Severini *et al.* (2003) μελέτησαν εκ νέου την οξείδωση των ψημένων αναποφλοίωντων και αμυγδαλών δύο ποικιλιών (Pizzuta και Romana). Ως υλικά συσκευασίας χρησιμοποιήθηκαν φιλμ υψηλού φραγμού (EVOH) και φραγμού (OPA) στο οξυγόνο. Η αποθήκευση έγινε για χρονικό διάστημα 8 μηνών σε θερμοκρασία δωματίου απουσία φωτός. Επίσης τα δείγματα συσκευάστηκαν υπό κενό. Τα αποτελέσματα των Severini *et al.* (2003) έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Jensen *et al.* (2003) και Dull & Kays (1988) σχετικά με την επίδραση της παρουσίας ή απουσίας του οξυγόνου στην οξείδωση των ψημένων με φλοιό ή αμυγδαλών αφού τα δείγματα που είχαν αποθηκευτεί σε φιλμ υψηλού φραγμού στο οξυγόνο εμφάνισαν χαμηλό ρυθμό οξείδωσης

έναντι των δειγμάτων που είχαν αποθηκευτεί σε φιλμ με χαμηλό φραγμό στο οξυγόνο. Επιπλέον και πάλι επιβεβαιώθηκε η προστατευτική δράση του φλοιού του αμυγδαλού έναντι της οξείδωσης.

Οι Erickson *et al.* (1994) μελέτησαν την επίδραση του ψησίματος (ωμό, ψημένο) και της σχετικής υγρασίας (55 – 65% RH) αποθήκευσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού pecan μετά την αποθήκευση για 8 μήνες στους 24 °C. Οι παράμετροι που αξιολογήθηκαν περιελάμβαναν τον προσδιορισμό: υγρασίας, αριθμού υπεροξειδίων, συζυγών διενίων, τοκοφερολών, θειοβαρβιτουρικού οξέος, εξανάλης, καροτενοειδών, χρωστικών, χρώματος και της υφής. Παράλληλα έγινε και οργανοληπτική εξέταση η οποία περιελάμβανε την αξιολόγηση του χρώματος (ανοιχτόχρωμο-σκουρόχρωμο), του αρώματος, της γεύσης οξείδωσης και της τραγανότητας. Στο παρακάτω διάγραμμα 9 παρουσιάζεται η επίδραση του ψησίματος στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού pecan.

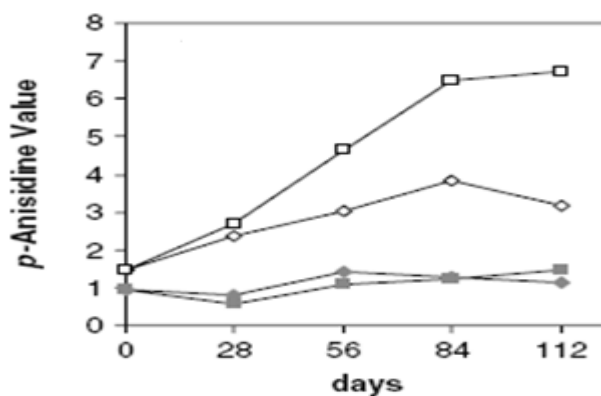


Διάγραμμα 9. Επίδραση του ψησίματος στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του καρπού pecan (PO = έλαιο που παραλήφθηκε μηχανικά μέσα, LE=έλαιο που παραλήφθηκε μετά από χρήση διαλυτών, TBARS= σύνολο ενώσεων που αντιδρούν με το θειοβαρβιτουρικό οξύ, Fl= φθορίζουσες ενώσεις) **Πηγή:** Erickson *et al.* (1994)

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα το ψήσιμο ευνόησε την οξείδωση του λίπους του καρπού, χωρίς όμως να επιδράσει σημαντικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της οσμής και της γεύσης οξείδωσης.

Μετά την αποθήκευση για 8 μήνες οι παραπάνω ερευνητές παρατήρησαν ότι η σχετική υγρασία αποθήκευσης δεν επηρέασε την γεύση και την οσμή τόσο του ωμού όσο και του ψημένου καρπού *pecan* αντίθετα όμως επηρέασε σημαντικά την τραγανότητά του. Υψηλότερης αποδοχής όσον αφορά την τραγανότητα, έτυχαν τα δείγματα τα οποία αποθηκεύτηκαν σε περιβάλλον με σχετική υγρασία 55%. Θα πρέπει να σημειωθεί πως αντίστοιχες σημαντικές μεταβολές δεν καταγράφηκαν κατά την αντικειμενική αξιολόγηση των δειγμάτων (μετρήσεις με χρήση συσκευής Instron) ενώ αντίθετα πλήρης συμφωνία υπήρξε μεταξύ αντικειμενικής και υποκειμενικής αξιολόγησης του χρώματος όπου καταγράφηκε ότι ο καρπός έγινε πιο σκουρόχρωμος κατά τη διάρκεια τις αποθήκευσής του. Τα παρόντα αποτελέσματα για τη μεταβολή του χρώματος κατά την αποθήκευση των καρπών έρχονται σε συμφωνία με τα προαναφερθέντα αποτελέσματα των Jensen *et al.* (2001) για το καρύδι. Κατά την αποθήκευση σε σχετική υγρασία 55% καταγράφηκε αύξηση της συγκέντρωσης των τοκοφερολών ενώ αντίθετα κατά την αποθήκευση σε σχετική υγρασία 65 % παρατηρήθηκε είτε μείωση είτε η συγκέντρωση των τοκοφερολών παρέμεινε ανεπηρέαστη. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το παρόν αποτέλεσμα έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών όπου παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης των τοκοφερολών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (Fourier *et al.* 1989; Lima *et al.* 1998). Σύμφωνα με τους Erickson *et al.* (1994), αυτή η ασυμφωνία πιθανότατα οφείλεται στις διαφορετικές μεθόδους εκχύλισης οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν. Σύμφωνα με τους ερευνητές εάν οι τοκοφερόλες βρίσκονταν “εγκλωβισμένες” σε περιοχές εκτός της λιπαρής φάσης τότε το ποσοστό των τοκοφερολών που προσδιορίζεται στη λιπαρή φάση είναι λιγότερο από αυτό που πραγματικά υπάρχει στο καρπό. Επιπλέον σημαντικά επιδρά και η μέθοδος επεξεργασίας αφού επηρεάζει το ποσοστό του ελαίου που παραλαμβάνεται από τον καρπό. Σχετικά με τη συγκέντρωση των πρωτογενών (υπεροξειδίων) και των δευτερογενών (μηλονικής διαλδεϋδης και εξανάλης) προϊόντων οξείδωσης παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση ανεξαρτήτως της σχετικής υγρασίας αποθήκευσης. Όπως αναμενόταν υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφηκαν στους ψημένους καρπούς. Αντίθετα η συγκέντρωση των συζυγών διενίων ήταν ίδια τόσο για τους ωμούς όσο και για τους ψημένους ξηρούς καρπούς.

Ο καρπός του αμυγδάλου αποτέλεσε το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα των Garcia-Pascual *et al.* (2003). Οι προαναφερθέντες ερευνητές μελέτησαν την επίδραση των συνθηκών αποθήκευσης στο μη αποφλοιωμένο και αποφλοιωμένο, ωμό και ψημένο αμύγδαλο τεσσάρων ποικιλιών (Marcona, Desmayo, Largueta, Plsneta, Nonpareil). Βρέθηκε ότι η χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας και συγκεκριμένα του αζώτου έναντι του αέρα δεν επέδρασε σημαντικά στην οξείδωση των αμυγδάλων διαφόρων ποικιλιών όπως προέκυψε από τις τιμές του αριθμού υπεροξειδίων (οι οποίες προσδιορίστηκαν). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αμύγδαλα που είχαν υποστεί την επεξεργασία του ψησίματος εμφάνισαν υψηλότερες τιμές αριθμού υπεροξειδίων σε σχέση με τα ωμά αμύγδαλα. Αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα των Mate *et al.* (1996) για τα φιστίκια τύπου αράπικο που είχαν επεξεργαστεί με ζεμάτισμα σε σχέση με τα ψημένα φιστίκια τύπου αράπικο. Στην εργασία αυτή τα αμύγδαλα αποθηκεύτηκαν σε δύο συνθήκες θερμοκρασίας (8° C και 36 °C), ενώ είχαν συσκευαστεί σε πλαστικές σακούλες με χαμηλή διαπερατότητα σε αέρια και νερό. Επίσης χρησιμοποιήθηκε τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου. Οι τιμές του αριθμού υπεροξειδίων που προσδιορίστηκαν κατά την αποθήκευση των δειγμάτων στους 36°C ήταν κατά πολύ υψηλότερες σε σχέση με αυτές που αποθηκεύτηκαν στην θερμοκρασία των 8°C. Αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα της έρευνας των Nepote *et al.* (2006) οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση δύο θερμοκρασιών αποθήκευσης (23° C και 40°C) στο ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ (C_{18:1, n-9}) (ποικιλία προερχόμενη από την Αργεντινή). Τα δείγματα συσκευάστηκαν σε πλαστικές σακούλες και ακολούθως αποθηκεύτηκαν στις προαναφερθείσες θερμοκρασίες για χρονική περίοδο 112 ημερών. Οι χημικές αναλύσεις οι οποίες έγιναν περιελάμβαναν: προσδιορισμό αριθμού υπεροξειδίων, αριθμό π-ανισιδίνης, σύνθεσης λιπαρών οξέων καθώς και προσδιορισμό συζυγών διενίων και τριενίων. Όπως ήδη αναφέρθηκε τα αποτελέσματα της έρευνας των Nepote *et al.* (2006) έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Jensen *et al.* (2003) σχετικά με την επίδραση της θερμοκρασίας στον ρυθμό οξείδωσης του λίπους των ξηρών καρπών (Διάγραμμα 10).



Διάγραμμα 10. Αύξηση της τιμής αριθμού ανισιδίνης υπό την επίδραση του χρόνου

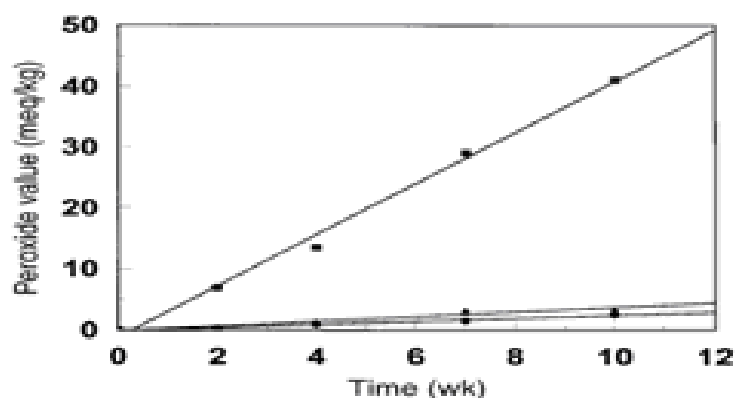
Πηγή: Nepote *et al.* (2006).

- Ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο ποικιλίας "Granoleico" αποθηκευμένο στους 23 °C
- Ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο ποικιλίας "Granoleico" αποθηκευμένο στους 40 °C
- ◇— Ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο ποικιλίας "Tegua" αποθηκευμένο στους 23 °C
- Ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο ποικιλίας "Tegua" αποθηκευμένο στους 40 °C

Εξαίρεση αποτελούν οι μετρήσεις οι οποίες ελήφθησαν από την ομάδα του Nepote *et al.* (2006) την 42^η μέρα για το ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο χαμηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ (458 g ελαϊκού οξέος/kg έναντι των 790g ελαϊκού οξέος /kg) όπου και η τιμή του αριθμού υπεροξειδίων στους 40° C ήταν μικρότερη σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή στους 23°C. Οι Chun *et al.* (2005) μελέτησαν επίσης την επίδραση του ψησίματος στην ποιότητα του φιστικιού τύπου αράπικο. Ωμά και ψημένα φιστίκια τύπου αράπικο συσκευάστηκαν υπό κενό και στον αέρα και αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 21 °C για χρονικό διάστημα 38 εβδομάδων. Οι παράμετροι που αξιολογήθηκαν περιελάμβαναν τον προσδιορισμό του αριθμού υπεροξειδίων, των συζυγών διενίων και των τοκοφερολών. Κατά τη συσκευασία στον αέρα η τιμή του αριθμού υπεροξειδίων ανήλθε στα 47 meq O₂/kg μόλις μετά την πάροδο 12 εβδομάδων αποθήκευσης ενώ στα ωμά φιστίκια τύπου αράπικο ο αριθμός υπεροξειδίων μετά την πάροδο 38 εβδομάδων ανήλθε μόλις στα 2 meq O₂/kg. Αντίθετα κατά τη συσκευασία υπό κενό τόσο τα ωμά όσο και τα ψημένα φιστίκια τύπου αράπικο δεν οξειδώθηκαν σημαντικά ($p>0,05$). Παράλληλα με την αύξηση του αριθμού υπεροξειδίων παρατηρήθηκε και μείωση της συγκέντρωσης των τοκοφερολών. Στην περίπτωση των ψημένων καρπών μετά την πάροδο 12 εβδομάδων αποθήκευσης βρέθηκε μείωση τις α-τοκοφερόλης της τάξης του 50% στα δείγματα που συσκευάστηκα υπό κενό και 90% κατά τη συσκευασίαν στον αέρα. Στην περίπτωση των ωμών φιστικιών

μετά την πάροδο 38 εβδομάδων αποθήκευσης προσδιορίστηκε μείωση των τοκοφερολών της τάξης του 30% τόσο κατά την αποθήκευση στον αέρα όσο και στο κενό.

Οι Braddock *et al.* (1995), όπως προαναφέρθηκε μελέτησαν τον παράγοντα της σύνθεσης των λιπαρών οξέων και συγκεκριμένα της συγκέντρωσης του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1\ n-9}$) του οποίου βρέθηκε ότι η αυξημένη συγκέντρωση στον καρπό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού οξείδωσης του φιστικιού τύπου αράπικο ανεξαρτήτως της θερμοκρασίας αποθήκευσης. Αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα των Maskan & Karatas 1998; Mugendi *et al.* 1998; Reed *et al.* 2002; Talcott *et al.* 2005; Nepote *et al.* 2006; σχετικά με την επίδραση της συγκέντρωσης του ελαϊκού οξέος στον ρυθμό οξείδωσης του λίπους. Επιπλέον στην εργασία τους οι Mugendi *et al.* (1998) αναφέρουν ότι τα φιστίκια με χαμηλή περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$) οξειδώνονται δέκα φορές γρηγορότερα έναντι των φιστικιών με υψηλή περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$) (Διάγραμμα 11).



Διάγραμμα 11. Αύξηση συγκέντρωσης αριθμού υπεροξειδίων **Πηγή:** Mugendi *et al.* (1998)

- Ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο ποικιλίας “Florunner”
- Ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ποικιλίας “BC93Q10”
- ▲ Ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ποικιλίας “F1250”

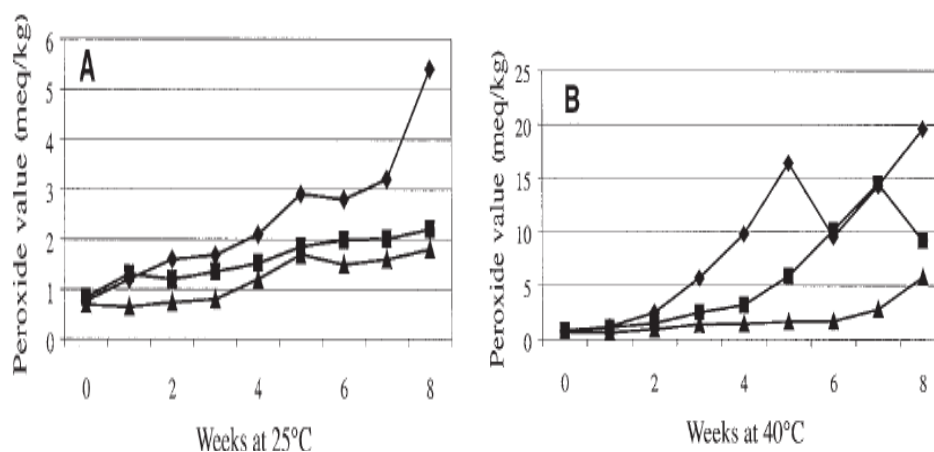
Θα πρέπει να τονιστεί ότι σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας των Kaijser *et al.* (2000) δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και της σταθερότητας του ελαίου των ξηρών καρπών. Επιπλέον σύμφωνα με την έρευνα των Savage *et al.* (1999) οι οποίοι μελέτησαν την οξείδωση του καρυδέλαιου θέτοντας ως κριτήριο αξιολόγησης της οξείδωσης το “χρόνο επώασης” που προσδιόρισαν με την συσκευή Rancimat κατέληξαν σε αρνητική συσχέτιση μεταξύ σταθερότητας του

ελαιόλαδου και συγκέντρωσης στα λιπαρά οξέα λινελαϊκό ($C_{18:2\ n-9,12}$), ερουκικό ($C_{22:1\ n-13}$), και ελαϊκό ($C_{18:1\ n-9}$). Επιπλέον οι Kaijser *et al.* (2000) δεν κατέληξαν σε θετική συσχέτιση μεταξύ συγκέντρωσης πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και οξείδωσης του λίπους του καρπού macadamia.

Μία αντίστοιχη έρευνα έγινε από τους Zacheo *et al.* (2000) σε υπόστρωμα αμυγδαλο με τσόφλι και χωρίς. Οι παραπάνω ερευνητές μελέτησαν την μεταβολή της περιεκτικότητας των πρωτεϊνών, την δραστηριότητα του ενζύμου λιποξυγενάση, την παραγωγή μηλονικής διαλδεϋδης και των υπεροξειδίων, την μεταβολή της περιεκτικότητας της α- τοκοφερόλης και της περιεκτικότητας των λιπαρών υλών όπως επίσης και της σύνθεσης σε λιπαρά οξέα της λιπαρής ύλης του αμυγδάλου, κατά την αποθήκευση στο σκοτάδι σε θερμοκρασία δωματίου για 36 μήνες. Οι παραπάνω μελετητές παρατήρησαν σημαντική μείωση της περιεκτικότητας του λίπους του αμυγδάλου της τάξης του 40 με 60 % μετά την αποθήκευση για 24 μήνες πιθανότατα εξαιτίας προσρόφησης υγρασίας από τον καρπό. Επιπλέον βρέθηκε ότι η συγκέντρωση του ελαϊκού ($C_{18:1\ n-9}$) και το παλμιτικού ($C_{16:0}$) οξέος αυξήθηκε ελαφρώς ($p>0,05$). Παρατηρήθηκε επίσης ότι η συγκέντρωση του λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2\ n-9,12}$) μειώθηκε κατά 10 έως και 35 %. Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι η περιεκτικότητα των πρωτεϊνών δεν μεταβλήθηκε σημαντικά ($p>0,05$) κατά την αποθήκευση των καρπών. Επιπλέον οι παραπάνω ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι εξαιτίας του παράγοντα της ενεργότητας ύδατος του αμυγδάλου (0,72-0,74) πιθανότατα η οξείδωση που εμφανίστηκε μετά την πάροδο 24 μηνών αποθήκευσης να οφείλετο σε ένα βαθμό στην δράση του ενζύμου λιποξυγενάση η οποία έχει την ικανότητα να δρα σε περιβάλλον με ενεργότητα ύδατος $\geq 0,4$. Οι παραπάνω ερευνητές Zacheo *et al.* (1998) μελέτησαν επίσης σε προγενέστερη έρευνα τους την οξείδωση του λίπους του αμυγδάλου κατά την αποθήκευσή του σε θερμοκρασία 20 °C και σε σχετική υγρασία αποθήκευσης 80 % για χρονικό διάστημα 40 ημερών. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έδειξε μείωση της συγκέντρωσης του περιεχομένου λίπους κατά 14% μετά την πάροδο των πρώτων 10 ημερών αποθήκευσης και 31% μετά την πάροδο 40 ημερών αποθήκευσης λόγω της προσρόφησης υγρασίας από τον καρπό. Όσον αφορά τα επιμέρους λιπαρά οξέα δεν παρατηρήθηκε σημαντική ($p>0,05$) διαφορά όσον αφορά τους μεθυλεστέρες του παλμιτικού οξέος ($C_{16:0}$) και παλμιτελαϊκού ($C_{16:1\ n-9}$) οξέος. Αντίθετα τα οξέα στεατικό ($C_{18:0}$), λινελαϊκό ($C_{18:2\ n-9,12}$) και λινολενικό ($C_{18:3\ n-9,12,15}$) παρουσίασαν μείωση στη συγκέντρωσή τους κατά 29, 39 και 41%, αντίστοιχα μετά την πάροδο των 40

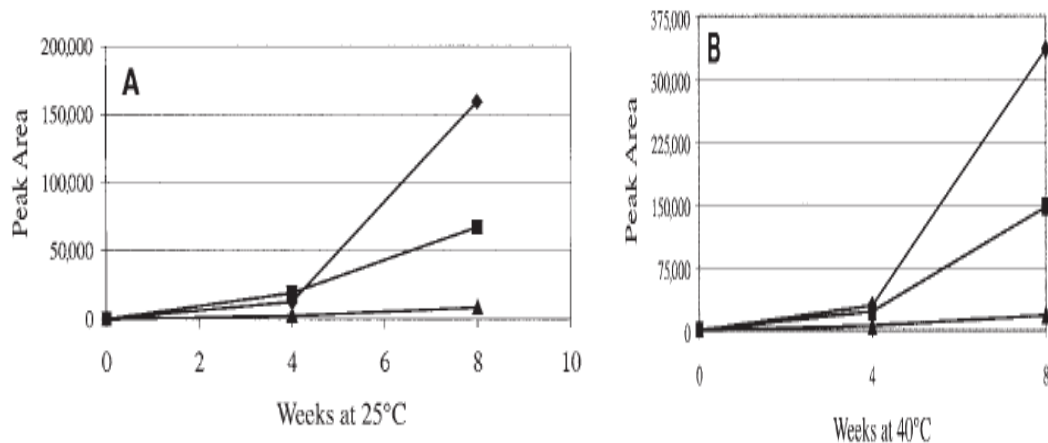
ημερών αποθήκευσης. Το ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$) εν αντιθέσει με τα παραπάνω παρουσίασε αύξηση της συγκέντρωσής του κατά 9%.

Εκτός της σύνθεσης των λιπαρών οξέων και η περιεκτικότητα των καρπών σε λίπος επηρεάζει σημαντικά την οξείδωση. Στην έρευνα των Crowe & White (2003a) μελετήθηκε η επίδραση της μείωσης της περιεκτικότητας του λίπους κατά 25 και 40% στον καρπό του καρυδιού με την μέθοδο του SC- CO_2 (supercritical carbon dioxide). Οι συνθήκες εφαρμογής για την εξαγωγή του ελαίου του καρυδιού που εφαρμόστηκαν κατά την εφαρμογή της μεθόδου SC- CO_2 ήταν οι εξής: 10,000psi, 80 °C με ροή CO_2 0,15Kg/min. Ακολούθως τα δείγματα αποθηκεύτηκαν στους 25 και 40 °C. Οι χημικές αναλύσεις που έγιναν περιελάμβαναν: προσδιορισμό ολικής περιεκτικότητας λίπους, τοκοφερολών, υγρασίας, πρωτεϊνών, καθώς και μέτρηση του βαθμού οξείδωσης μέσω του αριθμού υπεροξειδίων. Επιπλέον έγινε μέτρηση του χρώματος, με χρήση χρωματόμετρου, καθώς και του βαθμού σκλήρυνσης της ψίχας. Στα παρακάτω διαγράμματα 12 α έως δ παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εργασίας των Crowe & White (2003a) σχετικά με τον βαθμό οξείδωσης των καρυδιών διαφορετικής λιποπεριεκτικότητας με βάση τα κριτήρια του αριθμού υπεροξειδίων και της συγκέντρωσης εξανάλης.



Διαγράμματα 12α και β. Αριθμός υπεροξειδίων καρυδιών διαφορετικής λιποπεριεκτικότητας μετά την πάροδο 8 εβδομάδων. **Πηγή:** Crowe & White (2003a)

(◆) Full-fat, (■) 25% reduced-fat, and (▲) 40% reduced-fat English walnuts.



Διαγράμματα 12γ και δ. Μεταβολή της συγκέντρωσης της εξανάλης καρυδιών διαφορετικής λιποπεριεκτικότητας μετά την πάροδο 8 εβδομάδων. **Πηγή:** Crowe & White (2003a)

(◆) Full- fat, (■) 25% reduced-fat, and (▲) 40% reduced-fat English walnuts.

Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των εργασιών των Braddock *et al.* 1995; Jensen *et al.* 2003; Garcia-Pascual *et al.* 2003 που ήδη έχει αναφερθεί. Επιπλέον στα διαγράμματα 12 α, β, γ και δ παρουσιάζεται η σημασία της λιποπεριεκτικότητας στο ρυθμό οξείδωσης του καρυδιού. Το καρύδι το οποίο δεν επεξεργάστηκε με τη μέθοδο του SC-CO₂ παρουσίασε τις μέγιστες τιμές τόσο αριθμού υπεροξειδίων όσο και τις μέγιστες τιμές εξανάλης μετά την πάροδο των οκτώ εβδομάδων και στις δύο θερμοκρασίες αποθήκευσης. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα άλλης έρευνας των Crowe & White (2003b). Στην έρευνα των Crowe & White (2003b) μελετήθηκε ο ρυθμός οξείδωσης τριών καρυδιών διαφορετικής λιποπεριεκτικότητας τα οποία αποθηκεύτηκαν για χρονικό διάστημα 15 ημερών σε θερμοκρασία 60 °C στο σκοτάδι και σε θερμοκρασία 35 °C παρουσία φωτός. Και σε αυτή την εργασία τα δείγματα του καρυδιού τα οποία δεν επεξεργάστηκαν με την μέθοδο του SC-CO₂ παρουσίασαν τις μέγιστες τιμές τόσο αριθμού υπεροξειδίων μετά την πάροδο των δέκα πέντε ημερών και στις δύο θερμοκρασίες αποθήκευσης.

Οι Kazantzis *et al.* (2002) μελέτησαν την επίδραση του χρόνου συγκομιδής (πρώιμοι και υπερώριμοι) καθώς και των συνθηκών αποθήκευσης (θερμοκρασία, σχετική υγρασία) στην ποιότητα των αναποφλοίωντων και αμυγδάλων. Οι παράμετροι που αξιολογήθηκαν περιελάμβαναν μέτρηση του βάρους καρπού, της υγρασίας, των παραμέτρων οξείδωσης K₂₃₂ και K₂₇₀, της σύνθεσης των λιπαρών οξέων, της

περιεκτικότητας σε σάκχαρα και της σύνθεσης των σακχάρων. Τα αμύγδαλα τα οποία συλλέχθηκαν πρώιμα είχαν ίδιο συνολικό βάρος αλλά υψηλότερο ποσοστό υγρασίας εν συγκρίσει με εκείνα που συλλέχθηκαν ώριμα. Επιπλέον τα πρώιμα αμύγδαλα εμφάνισαν ίδιο βαθμό οξείδωσης και ίδια σύνθεση λιπαρών οξέων με τα ώριμα ενώ διέφεραν στη σύνθεση και τη συγκέντρωσή τους σε σάκχαρα. Όσον αφορά την επίδραση των συνθηκών αποθήκευσης βρέθηκε ότι μετά την αποθήκευση των 6 μηνών οι τιμές K_{232} και K_{270} ήταν χαμηλότερες στους πρώιμους σε σύγκριση με τους ώριμους καρπούς. Τα μη αποφλοιωμένοι αμύγδαλα εμφάνισαν επίσης χαμηλότερες τιμές K_{232} και K_{270} εν συγκρίσει με τα αποφλοιωμένα αμύγδαλα. Η προστασία που προσφέρει το κέλυφος στη διατήρηση της ποιότητας της ψίχας των κελυφωτών ξηρών καρπών έχει επιβεβαιωθεί και από τις έρευνες των Jurd (1956); Dull & Kays (1988); Zacheo *et al.* (2000); Martin & Fernandez-Garcia (2001) Jensen *et al.* (2001); Garcia-Pascual *et al.* (2003); Handolin *et al.* (2005).

Οι Senesi *et al.* (1996) μελέτησαν την επίδραση του χρόνου που μεσολαβεί από τη συγκομιδή έως την επεξεργασία και συσκευασία του αμυγδάλου. Παράλληλα μελετήθηκε και η επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης, του υλικού συσκευασίας καθώς και του ξεφλουδίσματος στην ποιότητα του αμυγδάλου. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο του πειράματος αυτού, από το 50% των φρέσκων ώριμων αμυγδαλών που χρησιμοποιήθηκαν αφαιρέθηκε το κέλυφος του καρπού και εν συνεχεία αυτά χωρίστηκαν σε τρία ίσα μέρη εκ των οποίων το ένα μέρος επεξεργάστηκε αμέσως με ατμό για 2 λεπτά (με απώτερο σκοπό την απομάκρυνση του φλοιού του αμυγδάλου) και ακολούθως τα αμύγδαλα ξηράνθηκαν σε ρεύμα αέρα στους 55 °C και συσκευάστηκαν σε σακούλες τύπου γιούτα (κυτταρίνη και λιγνίνη). Εν συνεχεία επανασυσκευάσαν σε κενό και αποθηκεύτηκαν για 12 μήνες σε θερμοκρασίες 2 και 22 °C. Τα εναπομείναντα 2/3 του 50% της αρχικής ποσότητας αποθηκεύτηκαν για 4 και 8 μήνες, αντίστοιχα, και εν συνεχεία επεξεργάστηκαν όπως περιγράφηκε παραπάνω για την πρώτη παρτίδα και αποθηκεύτηκαν για 8 και 4 μήνες, αντίστοιχα. Η όλη διαδικασία επαναλήφθηκε για το υπόλοιπο 50% της παρτίδας για τα αρχικώς μη αμύγδαλα. Οι παράμετροι οι οποίες αξιολογήθηκαν περιελάμβαναν τον προσδιορισμό του αριθμού υπεροξειδίων, της σύνθεσης λιπαρών οξέων, της τιμής K_{232} , των τοκοφερολών, του χρώματος, της υφής ενώ παράλληλα διεξήχθη και οργανοληπτική αξιολόγηση. Εκ των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι τα αμύγδαλα τα οποία επεξεργαστήκαν αμέσως μετά την συγκομιδή καθώς και σε αυτά στα οποία δεν αφαιρέθηκε το τσόφλι και αποθηκεύτηκαν στους 22 °C για 4 μήνες ή αυτά τα οποία ξεφλουδίστηκαν και

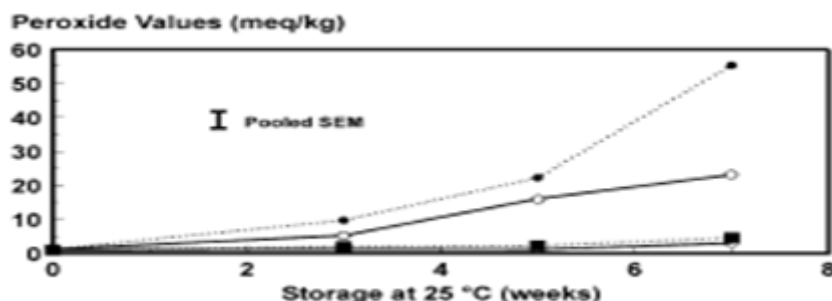
αποθηκεύτηκαν στους 4 °C για 8 μήνες πριν την επεξεργασία τους διατήρησαν εξαιρετικά την αρχική τους ποιότητα.

2.1.3 Επίδραση της ενεργότητας ύδατος και της σχετικής υγρασίας αποθήκευσης στην οξείδωση του λίπους των ξηρών καρπών

Οι παράγοντες τόσο της ενεργότητας ύδατος όσο και της σχετικής υγρασίας αποθήκευσης των ξηρών καρπών έχουν απασχολήσει επίσης, πολλούς ερευνητές που ασχολούνται με τη συντήρηση των ξηρών καρπών. Η αύξηση της ενεργότητας ύδατος του καρπού έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να εμποδίσει την οξείδωσή του λίπους (Nelson & Labuza 1992).

Στην εργασία τους οι Jensen *et al.* (2003), μελέτησαν επίσης την απώλεια υγρασίας του καρυδιού κατά την αποθήκευσή του. Σύμφωνα με αυτούς η απώλεια υγρασίας από τον καρπό του καρυδιού έφτασε στο 50 % κατά τους τρεις πρώτους μήνες αποθήκευσής του. Επιπλέον μεταξύ του έβδομου και του εντέκατου μήνα το φαινόμενο αυτό εντάθηκε και ιδιαίτερα κατά την αποθήκευσή στους 21°C. Αποτέλεσμα της μείωσης της ενεργότητας ύδατος του καρπού ήταν η περαιτέρω οξείδωση του λίπους του καρυδιού (Nelson & Labuza 1992; Lopez *et al.* 1995). Επίσης η περαιτέρω ξήρανση του καρπού επέφερε την μεταβολή της υφής του καρυδιού και τελικώς την υποβάθμιση της ποιότητάς του. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα αποτελέσματα των εργασιών των Reed *et al.* (2002) και των Mugendi *et al.* (1998). Σύμφωνα με τους Mugendi *et al.* (1998) μείωση της ενεργότητας ύδατος του καρπού του φιστικιού τύπου αράπικο από (aw) 0,53 σε (aw) 0,18 έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της σταθερότητας του φιστικιού τύπου αράπικο στην οξείδωση. Αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην εργασία των Reed *et al.* (2002) όπου μελετήθηκε η επίδραση της ενεργότητας ύδατος στο άρωμα του φιστικιού τύπου αράπικο υψηλής (82,8%) και κανονικής (49,8%) περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$). Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν στους 25°C εντός κυπέλλων για χρονικό διάστημα 8 εβδομάδων σε δύο σχετικές υγρασίες 19 και 60 %. Οι χημικές αναλύσεις οι οποίες έγιναν περιλάμβαναν: προσδιορισμό σύνθεσης λιπαρών οξέων και του αριθμού υπεροξειδίων. Μετά την αποθήκευση των δειγμάτων στις προαναφερθείσες συνθήκες οι Reed *et al.* (2002) συμπέραναν ότι το μέγιστο βαθμό οξείδωσης είχαν υποστεί τα φιστίκια χαμηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$) τα οποία είχαν αποθηκευτεί σε σχετική υγρασία 19% (Διάγραμμα 13). Επίσης ο αριθμός υπεροξειδίων αυτής της μεταχείρισης ήταν υπερδιπλάσιος σε σχέση με τον αριθμό υπεροξειδίων του αντίστοιχου

φιστικιού τύπου αράπικο που είχε αποθηκευτεί σε σχετική υγρασία 60%. Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα για φιστίκια τύπου αράπικο υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ χωρίς όμως η τιμή του αριθμού υπεροξειδίων να διαφέρει στατιστικώς σημαντικά για τα δύο δείγματα.

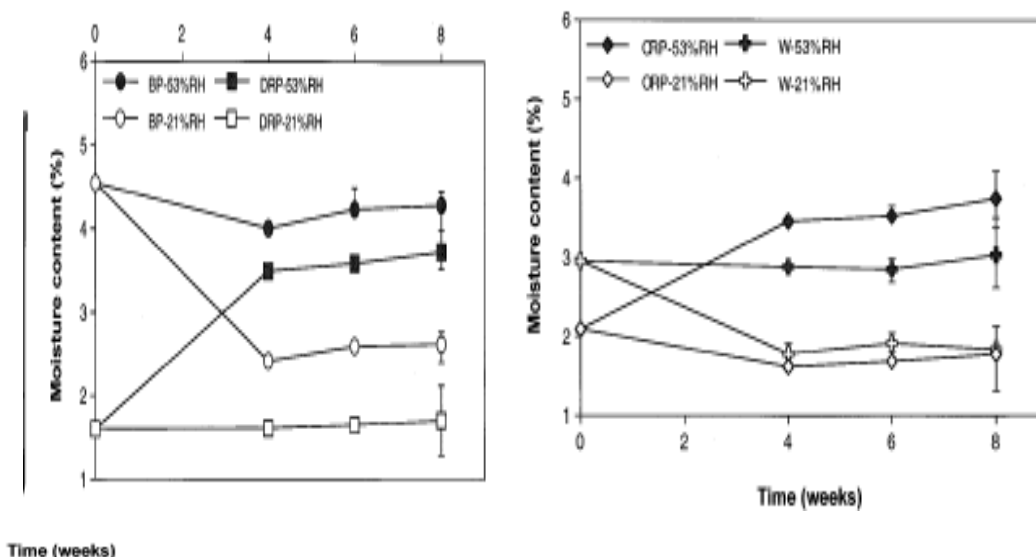


Διάγραμμα 13. Επίδραση της ενεργότητας ύδατος (0,19 και 0,6) στην οξείδωση του φιστικιού τύπου αράπικο υψηλής (82,8%) και κανονικής (49,8%) περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ **Πηγή:** Reed *et al.* (2002)

- Φιστίκι τύπου αράπικο υψηλής (82,8%) περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ αποθηκευμένο σε περιβάλλον με ενεργότητα ύδατος 0,19
- ◇ Φιστίκι τύπου αράπικο υψηλής (82,8%) περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ αποθηκευμένο σε περιβάλλον με ενεργότητα ύδατος 0,60
- Φιστίκι τύπου αράπικο κανονικής (49,8%) περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ αποθηκευμένο σε περιβάλλον με ενεργότητα ύδατος 0,19
- Φιστίκι τύπου αράπικο κανονικής (49,8%) περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ αποθηκευμένο σε περιβάλλον με ενεργότητα ύδατος 0,60

Οι Mate *et al.* (1996) μελέτησαν την επίδραση της σχετικής υγρασίας αποθήκευσης και του οξυγόνου στην οξείδωση των παρακάτω υποστρωμάτων: ζεματισμένο φιστίκι τύπου αράπικο, ζεματισμένο και ακολούθως ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο, ζεματισμένο και ακολούθως ψημένο σε λάδι φιστικιού, φιστίκι τύπου αράπικο και τέλος καρύδι το οποίο είχε τεμαχιστεί σε κομμάτια. Τα υποστρώματα αυτά αποθηκεύτηκαν για χρονικό διάστημα δέκα εβδομάδων σε θερμοκρασία 37°C και σε δύο σχετικές υγρασίες 53% και 21 %. Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε γυάλινα δοχεία τα οποία περιείχαν κορεσμένα διαλύματα αλάτων (άλας οξικού καλίου RH:22% και βρωμιούχο νάτριο RH:7%) ενώ παράλληλα μελετήθηκε και η επίδραση του ατμοσφαιρικού αέρα σε σύγκριση με την τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου.

Μετά την αποθήκευση των τεσσάρων υποστρωμάτων στις προαναφερθείσες σχετικές υγρασίας για χρονικό διάστημα 10 εβδομάδων οι ερευνητές παρατήρησαν την πρόσληψη ή την απώλεια υγρασίας από το εκάστοτε υπόστρωμα ως συνάρτηση της αρχικής του ενεργότητας ύδατος μετά την επεξεργασία που είχαν υποστεί (Διαγράμματα 14α και β)



Διαγράμματα 14α και β. Μεταβολή περιεκτικότητας υγρασίας κατά την αποθήκευση τεσσάρων υποστρωμάτων (DRP= Dry Roasted peanuts; BP=Blanched peanuts; ORP= Oil-roastedpeanuts; W= Walnuts) σε σχετικές υγρασίες 21 και 53%. **Πηγή :** Mate *et al.* (1996)

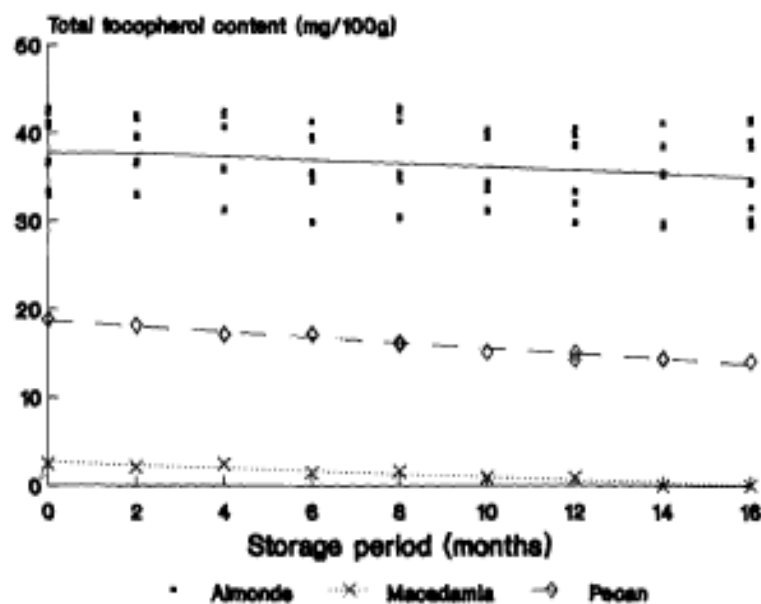
Τα δείγματα ζεματισμένου φιστικιού τύπου αράπικο εμφάνισαν πολύ χαμηλές τιμές αριθμού υπεροξειδίων σε οποιαδήποτε από τις δύο ατμόσφαιρες αποθήκευσης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι Mate *et al.* (1996) προσδιόρισαν αρκετά υψηλές τιμές εξανάλης στα υποστρώματα του ζεματισμένου φιστικιού τύπου αράπικο κατά την έναρξη του πειράματος, η συγκέντρωση της οποίας μειώθηκε με την πάροδο του χρόνου σε όλες τις μεταχειρίσεις. Αντίθετα με το ζεματισμένο φιστίκι τύπου αράπικο τόσο το ζεματισμένο και ακολούθως ψημένο ή και ψημένο σε λάδι φιστικιού φιστίκι τύπου αράπικο εμφάνισαν υψηλότερες τιμές εξανάλης κατά την αποθήκευσή τους υπό την επίδραση υψηλής συγκέντρωσης οξυγόνου. Οι παραπάνω ερευνητές συγκρίνοντας της τιμές του αριθμού υπεροξειδίων καθώς και της εξανάλης των ψημένων και ζεματισμένων φιστικιών, συμπέραναν ότι το ψήσιμο του φιστικιού προκαλεί μείωση της σταθερότητας έναντι της οξείδωσης του λίπους των ψημένων φιστικιών, εξαιτίας των χημικών αλλαγών που συμβαίνουν κατά το ψήσιμο κυρίως λόγω της καταστροφής των φυσικών αντιοξειδωτικών

όπως οι τοκοφερόλες. Επιπλέον αποδείχθηκε ότι τα ζεματισμένα και ακολούθως ψημένα ή και ψημένα σε λάδι φιστικιού φιστίκια τύπου αράπικο που αποθηκεύτηκαν σε σχετική υγρασία 21% ήταν πιο ευπαθή στην οξείδωση σε σχέση με σε αυτά που αποθηκεύτηκαν σε σχετική υγρασία 53%. Τέλος σχετικά με το τελευταίο υπόστρωμα που μελέτησαν οι Mate *et al.* (1996), το καρύδι, αποδείχθηκε ότι κατά την αποθήκευση του υπό την επίδραση υψηλής συγκέντρωσης οξυγόνου προσδιορίστηκαν υψηλότερες τιμές τόσο εξανάλης όσο και αριθμού υπεροξειδίων. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα καρύδια εν αντιθέσει με τα ψημένα φιστίκια εμφάνισαν μεγαλύτερη τάση για οξείδωση κατά την αποθήκευσή τους σε σχετική υγρασία 53% παρά σε σχετική υγρασία 23%. Συμπέρασμα των παραπάνω αποτελεσμάτων αποτελεί η πρόταση των Mate *et al.* (1996) για αποθήκευσή τόσο του καρυδιού όσο και του ψημένου φιστικιού τύπου αράπικο σε σχετική υγρασία 30%, σε ατμόσφαιρα αζώτου.

2.1.4 Επίδραση των φυσικώς ενυπαρχόντων και προστιθέμενων αντιοξειδωτικών στην οξείδωση του λίπους των ξηρών καρπών

Όπως έχει αναφερθεί στην παράγραφο 1.1.4 οι ξηροί καρποί περιέχουν σημαντικές ποσότητες αντιοξειδωτικών τα οποία προσδίδουν σημαντικά οφέλη στην υγεία του ανθρώπου κατά την κατανάλωση των ξηρών καρπών ενώ παράλληλα η παρουσία τους είναι επίσης πολύ σημαντική για την προστασία των ξηρών καρπών έναντι της οξείδωσης. Έτσι λαμβανομένων υπόψη των παραπάνω αρκετοί ερευνητές ασχολούνται με τη σχέση της παρουσίας τόσο των φυσικών όσο και των προστιθέμενων αντιοξειδωτικών στους ξηρούς καρπούς σε σχέση με την οξείδωσή τους.

Οι Fourie & Basson (1989) μελέτησαν την επίδραση της μεταβολής της συγκέντρωσης των τοκοφερολών στη σταθερότητα των αμυγδάλων (4 ποικιλιών), των καρπών pecan και του macadamia nut έναντι της οξείδωσης μετά από αποθήκευση για 16 μήνες. Στην παρούσα εργασία οι καρποί αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 30 °C και σχετική υγρασία 55% στον αέρα. Εκ των καρπών που μελετήθηκαν τα αμύγδαλα περιείχαν την υψηλότερη συγκέντρωση σε τοκοφερόλες ακολουθούμενα από τον καρπό pecan και τέλος το macadamia nut. Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα 15 και για τους 3 ξηρούς καρπούς καταγράφεται μείωση της συγκέντρωσης των τοκοφερολών κατά τη διάρκεια αποθήκευσης.



Διάγραμμα 15. Μεταβολή συγκέντρωσης τοκοφερολών επιλεγμένων ξηρών καρπών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης **Πηγή:** Fourie & Basson. (1989)

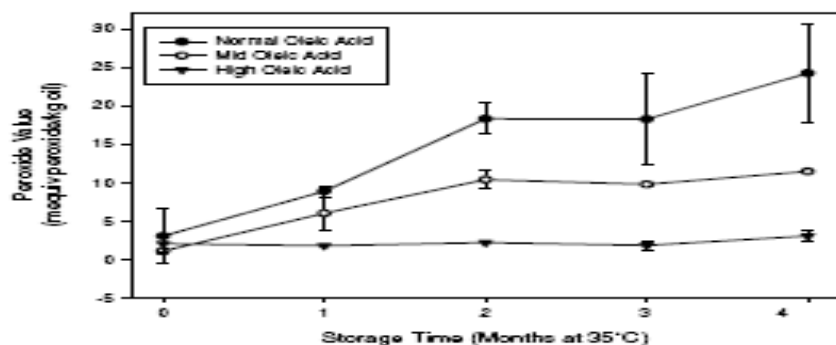
Στην ερευνά τους οι Handolin *et al.* (2005) μελέτησαν την επίδραση της προσθήκης αντιοξειδωτικών στη σταθερότητα του καρυδιού έναντι της οξείδωσης. Οι παραπάνω ερευνητές προσέθεσαν εκχύλισμα αντιοξειδωτικών δεντρολίβανου και εκχύλισμα αντιοξειδωτικών δεντρολίβανου διαλυμένου σε ηλιέλαιο σε καρύδια. Η προσθήκη των αντιοξειδωτικών έγινε με δύο μεθόδους, η πρώτη περιλάμβανε ανάμειξη συγκέντρωσης 0,02% εκχυλίσματος αντιοξειδωτικών δεντρολίβανου με τα καρύδια ενώ η δεύτερη περιλάμβανε προσθήκη 0,2% εκχυλίσματος αντιοξειδωτικών δεντρολίβανου διαλυμένου σε ηλιέλαιο με τη μέθοδο του ψεκασμού. Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 4 °C και σχετική υγρασία 88% και σε θερμοκρασία 20°C σε δύο συνθήκες σχετικής υγρασίας 45 και 76 %. Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν για χρονικό διάστημα 3 μηνών. Ως δείγματα αναφοράς ορίστηκαν καρύδια τα οποία αποθηκεύτηκαν για χρονικό διάστημα 4 μηνών σε θερμοκρασία 20 °C και σχετική υγρασία 45%. Ο έλεγχος της οξείδωσης διεξήχθη με την συσκευή Rancimat.

Οι παραπάνω ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η προσθήκη αντιοξειδωτικών δεντρολίβανου είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου ζωής των δειγμάτων εν συγκρίσει με τα δείγματα αναφοράς. Οι ερευνητές υπολόγισαν πως ο χρόνος ζωής των δειγμάτων που είχαν αποθηκευτεί στους 4°C και σε σχετική υγρασία 88% με την

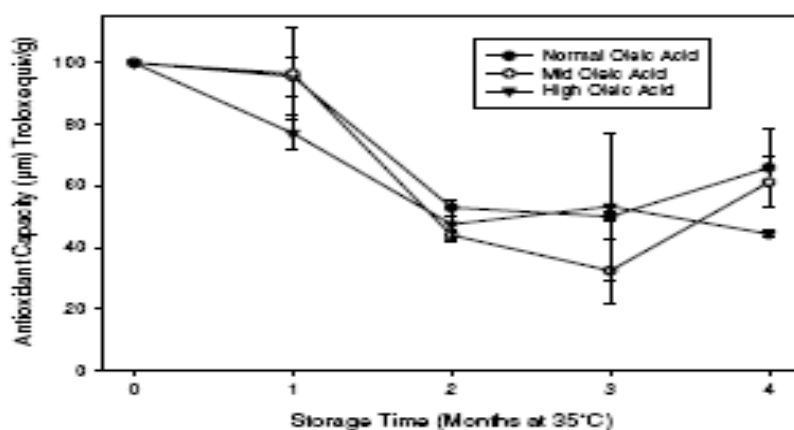
προσθήκη εκχυλίσματος αντιοξειδωτικών δεντρολίβανου αυξήθηκε κατά πέντε φορές ενώ κατά την αποθήκευση στους 20°C σε σχετική υγρασία 76% με την προσθήκη του εκχυλίσματος αντιοξειδωτικών δεντρολίβανου διαλυμένου σε ηλιέλαιο ο χρόνος ζωής αυξήθηκε κατά 3 φορές. Τέλος κατά την αποθήκευση σε σχετική υγρασία 45% αυξήθηκε ο χρόνος ζωής κατά 2 φορές. Από τα παραπάνω αποτελέσματα γίνεται εμφανής η σημαντική αύξηση του χρόνου ζωής του καρυδιού με την προσθήκη του αντιοξειδωτικού. Επίσης και εδώ γίνεται εμφανής η επίδραση της σχετικής υγρασίας αποθήκευσης. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι αύξηση της σχετικής υγρασίας αποθήκευσης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της σταθερότητας έναντι της οξείδωσης.

Οι Savage *et al.* (1999) μελέτησαν τη σταθερότητα του καρυδέλαιου στην οξείδωση. Χρησιμοποίησαν 13 ποικιλίες καρυδιών για τις οποίες βρέθηκε ότι εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά την περιεκτικότητά τους σε λιπαρά οξέα αλλά και σε τοκοφερόλες. Οι παραπάνω ερευνητές μετά την στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων κατέληξαν στο συμπέρασμα της θετικής συσχέτισης μεταξύ της σύνθεσης των λιπαρών οξέων, της συγκέντρωσης των τοκοφερολών και της σταθερότητας στην οξείδωση του καρυδέλαιου. Μετά την αποθήκευση του καρυδέλαιου για 14 μήνες παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της γ-τοκοφερόλης ενώ παράλληλα παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση του αριθμού υπεροξειδίων. Αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα των Kaijser *et al.* (2000) οι οποίοι μελέτησαν τη σταθερότητα στην οξείδωση καρπών macadamia Νέας Ζηλανδίας. Και σε αυτή την εργασία μελετήθηκαν τέσσερις διαφορετικές ποικιλίες καρπών macadamia. Οι παραπάνω ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η παρουσία των φυσικών αντιοξειδωτικών του καρπού macadamia, δηλαδή των α- και δ- τοκοφερολών και καροτενοειδών παρεμποδίζει την οξείδωση του καρπού. Επιπλέον οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα της θετικής συσχέτισης της παρουσίας των ελευθέρων λιπαρών οξέων και της μείωσης της σταθερότητας του λίπους του καρπού macadamia στην οξείδωση. Τα αποτελέσματα της έρευνας των Savage *et al.* (1999) και Kaijser *et al.* (2000) έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Garcia-Pascual *et al.* (2003) και Talcott *et al.* (2005). Οι Talcott *et al.* (2005) εκτός της έρευνάς τους για την επίδραση της συγκέντρωσης του ελαϊκού οξέος (C_{18:1 n-9}) στον ρυθμό οξείδωσης του λίπους, που ήδη αναφέρθηκε παραπάνω, μελέτησαν παράλληλα τη μείωση της ολικής συγκέντρωσης σε αντιοξειδωτικά του καρπού του φιστικιού τύπου αράπικο τριών διαφορετικών συγκεντρώσεων σε ελαϊκό οξύ (C_{18:1 n-9}). Στα παρακάτω διαγράμματα 16α και β παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας των Talcott *et al.* (2005) σχετικά

με την αύξηση του αριθμού υπεροξειδίων και τη μείωση της ολικής συγκέντρωσης σε αντιοξειδωτικά του φιστικιού τύπου αράπικο κατά την αποθήκευση σε θερμοκρασία 35°C για χρονικό διάστημα 4 μηνών.



α



β

Διαγράμματα 16α και β. Αύξηση του αριθμού υπεροξειδίων (α) και μείωση της ολικής συγκέντρωσης σε αντιοξειδωτικά (β) του φιστικιού τύπου αράπικο τριών διαφορετικών συγκεντρώσεων σε ελαϊκό οξύ σε θερμοκρασία 35°C για χρονικό διάστημα 4 μηνών.

Πηγή: Talcott *et al.* (2005)

Εκ των παραπάνω διαγραμμάτων γίνεται εμφανής η μείωση της συγκέντρωσης των αντιοξειδωτικών του φιστικιού τύπου αράπικο με παράλληλη αύξηση του αριθμού υπεροξειδίων του καρπού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.

Οι Zacheo *et al.* (2000) διατύπωσαν 2 θεωρίες σχετικά με τη συμμετοχή των τοκοφερολών στην οξείδωση του καρπού του αμυγδάλου. Σύμφωνα με την πρώτη θεωρία η οξείδωση των λιπαρών οξέων του αμυγδάλου επιταχύνεται κατόπιν μείωσης της συγκέντρωσης των αντιοξειδωτικών εξαιτίας της καταστροφής τους στο πρώτο στάδιο οξείδωσης. Αντίθετα, σύμφωνα με την δεύτερη θεωρία χωρίς να υπάρχει μεταβολή της

συγκέντρωσης των τοκοφερολών του καρπού κατά την αποθήκευση του, εμφανίζεται οξείδωση του καρπού. Έτσι οι Zacheo *et al.* (2000) αξιολογώντας τα αποτελέσματα της έρευνάς τους κατέληξαν στη στήριξη της πρώτης θεωρίας δηλαδή ότι η οξείδωση των λιπαρών οξέων του αμυγδάλου πιθανότατα σχετίζεται με την μείωση της συγκέντρωσης της α-τοκοφερόλης στο καρπό του αμυγδάλου.

Τέλος θα πρέπει να γίνει μία αναφορά στην χλωροφύλλη η οποία δρα ως αντιοξειδωτικό απουσία φωτός ενώ παρουσία φωτός προκαλεί την οξείδωση των ελαίων λόγω φωτοοξείδωσης. Οι Crowe & White (2003b) μελέτησαν την αποθήκευση των καρυδιών μειωμένης λιποπεριεκτικότητας, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο SC-CO₂, απουσία φωτός σε θερμοκρασία 60°C. Οι παραπάνω ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι παρουσία της χλωροφύλλης (η οποία απουσία φωτός λειτουργεί ως αντιοξειδωτικό) σε πολύ μικρή συγκέντρωση της τάξης των 4ppm στον καρπό του καρυδιού μειωμένης λιποπεριεκτικότητας, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της σταθερότητας του καρπού έναντι της οξείδωσης.

2.2 Μικροβιακή υποβάθμιση και επίδραση εντόμων στην ποιότητα και ασφάλεια ξηρών καρπών

Η χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία των ξηρών καρπών αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για τη μείωση της πιθανότητας μικροβιακής ανάπτυξης (Venkatachalam & Sathe, 2006). Όμως πιθανή αύξηση της ενεργότητας ύδατος των ξηρών καρπών έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της πιθανότητας ανάπτυξης βακτηριακών τοξινών και αφλατοξινών (Pereira-Lorenzo *et al.* 2006). Επίσης η δράση εντόμων (Κολεόπτερα και τα Λεπιδόπτερα) μπορεί να καταστήσει τους ξηρούς καρπούς ακατάλληλους προς κατανάλωση (Mojthedi *et al.* 1979; Zare *et al.* 1993; Schatzki & Haddon. 2002; Akbas & Ozdemir. 2006; Khosravi, *et al.* 2007; Tripathi & Kumar. 2007). Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι οι ξηροί καρποί να χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνοι για τη δημόσια υγεία ενώ παράλληλα προκαλούν σημαντικές οικονομικές απώλειες στους παραγωγούς (Tripathi, & Kumar. 2007; Gurses. 2006).

2.2.1 Εξυγίανση ξηρών καρπών με χρήση ιονίζουσας ακτινοβολίας

Η ακτινοβολία μπορεί να θεωρηθεί ως μία εναλλακτική και αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης της ανάπτυξης μυκήτων (Kabak *et al.* 2006) και των εντόμων (Kader 1986) με την εφαρμογή δόσεων ακτινοβολίας σε δόσεις των 5 και 1 kGy,

αντίστοιχα (International Consultative Group on Food Irradiation, 1995). Παράλληλα όμως έχει αποδειχτεί ότι η ακτινοβόληση επιφέρει ανεπιθύμητες μεταβολές στα συστατικά των τροφίμων όπως τα λίπη (Fennema, 1996). Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα αποτελούν το κύριο συστατικό με το οποίο αντιδρούν οι ελεύθερες ρίζες οι οποίες παράγονται κατά την ακτινοβόληση (Sajilata & Singhal, 2006), με αποτέλεσμα τη δημιουργία υπεροξειδίων (Nawar, 1972) τα οποία διασπώνται σε δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης, (καρβονυλικές ενώσεις) υπεύθυνα για τη δυσάρεστη γεύση και οσμή οξείδωσης στο προϊόν (Merritt, 1972).

2.2.1.1 Επίδραση χρήσης ιονίζουσας ακτινοβολίας στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ξηρών καρπών αμέσως μετά την ακτινοβόληση.

Οι Wilson-Kakashita, *et al.* (1995) μελέτησαν την επίδραση τις γ-ακτινοβολίας (5, 10, 15 και 20 kGy) στα ποιοτικά χαρακτηριστικά (ελεύθερα λιπαρά οξέα, αριθμός ιωδίου, αριθμός υπεροξειδίων και συγκέντρωση μηλονικής διαλδεΰδης) των καρυδιών. Εκ των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι, με εξαίρεση την συγκέντρωση των υπεροξειδίων τα οποία αυξήθηκαν σημαντικά, δεν παρατηρήθηκε σημαντική οξείδωση των καρυδιών μετά την ακτινοβόλησή τους.

Οι Mexis & Kontominas (2009b-e) μελέτησαν την επίδραση αυξανόμενων δόσεων γ-ακτινοβολίας (1, 1.5, 3, 5 και 7 kGy) στα φυσικοχημικά (αριθμός υπεροξειδίων, συγκέντρωση εξανάλης, χρώμα, πτητικά συστατικά, σύνθεση λιπαρών οξέων) και οργανοληπτικά (χρώμα, γεύση, οσμή, υφή) χαρακτηριστικά των φουντουκιών, του καρπού Κάσιου, των φιστικιών τύπου αράπικο και Αιγίνης και του καρυδιού. Μετά την ακτινοβόληση με δόση 7 kGy καταγράφηκε μία αύξηση της συγκέντρωσης των υπεροξειδίων κατά:

- 3 φορές για τα καρύδια
- 8 φορές για φιστίκια τύπου αράπικο
- 7 φορές για τα φιστίκια τύπου Αιγίνης
- 5 φορές για τον καρπό cashew και
- 12 φορές για τα φουντούκια.

Αντίστοιχα καταγράφηκε αύξηση της συγκέντρωσης της εξανάλης κατά:

- 9 φορές για τα καρύδια
- 12 φορές για φιστίκια τύπου αράπικο

- 5 φορές για τα φιστίκια τύπου Αιγίνης
- 2 φορές για τον καρπό cashew και
- 28 φορές για τα φουντούκια.

Σχετικά με την επίδραση της γ-ακτινοβολίας στα επιμέρους λιπαρά οξέα:

- για τα καρύδια καταγράφηκε: αύξηση των λιπαρών οξέων στεατικό ($C_{18:0}$) και παλμιτικό ($C_{16:0}$) με παράλληλη μείωση του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1 \text{ n-9}}$). Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα παρέμειναν ανεπηρέαστα
- για φιστίκια τύπου αράπικο, αιγίνης και τα φουντούκια καταγράφηκε αύξηση των κορεσμένων λιπαρών οξέων κατά 7,77, 9,63 και 13%, αντίστοιχα με παράλληλη μείωση των ακορεστών λιπαρών
- για τον καρπό cashew καταγράφηκε: αύξηση του λιπαρού οξέος στεατικό ($C_{18:0}$) με παράλληλη μείωση του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1 \text{ n-9}}$). Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα όπως και στην περίπτωση των καρυδιών παρέμειναν ανεπηρέαστα

Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι όσο μεγαλύτερη ήταν η συγκέντρωση του καρπού σε ακόρεστα λιπαρά οξέα και όσο υψηλότερη ήταν η εφαρμοζόμενη δόση ακτινοβολίας, τόσο εντονότερη ήταν η δημιουργία νέων πτητικών ενώσεων για όλους τους ξηρούς καρπούς. Οι περισσότερες παραχθείσες ενώσεις μετά την ακτινοβόληση είναι προϊόντα δευτερογενούς οξειδωσης του λίπους (Frankel, 1982) και ανήκουν στην κατηγορία των αλδευδών, κετονών, αλκανίων, αλκοολών, οξέων και αρωματικών υδρογονανθράκων.

Σχετικά με την επίδραση της ακτινοβολίας, σε δόση έως και 7 kGy, στο χρώμα των ξηρών καρπών:

- για τα καρύδια και τα φιστίκια τύπου Αιγίνης δεν καταγράφηκε σημαντική ($p>0,05$) μεταβολή σε καμία από τις παραμέτρους L^* , a^* & b^*
 - για τα φιστίκια τύπου αράπικο η παράμετρος a^* του χρώματος παρουσίασε μικρή, αλλά σημαντική ($p<0,05$) αύξηση, ενώ οι παράμετροι L^* και b^* μειώθηκαν με αποτέλεσμα, το προϊόν να καταστεί πιο σκουρόχρωμο
 - για τα φουντούκια η παράμετρος b^* του χρώματος παρουσίασε μικρή, αλλά σημαντική ($p<0,05$) αύξηση, ενώ για τις παραμέτρους L^* και a^* δεν καταγράφηκε σημαντική μεταβολή
- και τέλος

- για τον καρπό cashew η παράμετρος a^* του χρώματος παρουσίασε μικρή, αλλά σημαντική ($p < 0,05$) αύξηση, ενώ για τις παραμέτρους L^* και a^* δεν καταγράφηκε σημαντική μεταβολή

Τέλος με βάση την οργανοληπτική αξιολόγηση:

- τα καρύδια, τα φιστίκια τύπου αράπικο, τα φιστίκια τύπου αιγίνης και ο καρπός cashew κρίθηκαν οργανοληπτικά αποδεκτά κατόπιν ακτινοβόλησης σε δόση έως και 3 kGy, ενώ
- τα φουντούκια κρίθηκαν οργανοληπτικά αποδεκτά κατόπιν ακτινοβόλησης σε δόση έως και 1,5 kGy

2.2.1.2 Επίδραση του χρόνου αποθήκευσης στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ακτινοβολημένων ξηρών καρπών.

Οι Sattar *et al.* (1990) μελέτησαν την επίδραση του φωτός (fluorescent light), της ακτινοβόλησης (1 kGy) και των υλικών συσκευασίας (χρωματισμένα μπουκάλια γυαλιού, διαφανής φιάλη PE, μαύρη χρωματισμένη φιάλη PE, ασημί χρωματισμένη φιάλη PE και αδιαφανές χαρτί) στην οξείδωση αμυγδάλων κατά την αποθήκευση για 200 ημέρες σε θερμοκρασία δωματίου. Σύμφωνα με τους Sattar *et al.* (1990) υψηλότερο βαθμό οξείδωσης κατέγραψαν τα ακτινοβολημένα αμύγδαλα που αποθηκεύτηκαν στο φως ενώ το χαμηλότερο βαθμό οξείδωσης έδειξαν τα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα τα οποία αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι. Μεταξύ των υλικών συσκευασίας που αξιολογήθηκαν τη μεγαλύτερη προστασία παρείχε η φιάλη η οποία ήταν χρωματισμένη με μαύρο χρώμα. Τα αμύγδαλα τα οποία αποθηκεύτηκαν στο διαφανή περιέκτη ήταν αυτά που προστατεύτηκαν λιγότερο έναντι της οξείδωσης.

Σε μεταγενέστερη εργασία τους, οι Sattar, *et al.* (1991) μελέτησαν την επίδραση διαφορετικών υλικών συσκευασίας (amber glass-γυάλινα βάζα, σακούλες PE χρώματος ασημένιου και μαύρου και τέλος χαρτοσακούλες) στα ποιοτικά χαρακτηριστικά [αριθμός υπεροξειδίων, χρώμα (αντικειμενική και υποκειμενική αξιολόγηση) και γεύση και οσμή] των ακτινοβολημένων (0,50 kGy) και μη καρπών: αμύγδαλο, φιστίκι τύπου αράπικο, κουκουναρόσπορος και καρύδι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία που κυμαινόταν από 16 έως 18 °C και σε σχετική υγρασία που κυμαινόταν από 20 έως 75 % υπό φυσικό φωτισμό για 6 μήνες. Εκ των αποτελεσμάτων προέκυψε αύξηση του βαθμού οξείδωσης των καρπών συναρτήσει του χρόνου. Υψηλό ρυθμό οξείδωσης εμφάνισε ο κουκουναρόσπορος ακολουθούμενος από τα καρύδια, αμύγδαλα και τέλος τα φιστίκια

τύπου αράπικο. Εκ των υλικών συσκευασίας που χρησιμοποιήθηκαν βρέθηκε πως τη μέγιστη προστασία έναντι της οξείδωσης προσέφερε η χρήση του γυάλινου βάζου. Σύμφωνα με τους Sattar *et al.* (1991), η προστασία της γυάλινης συσκευασίας οφείλεται στην ικανότητά της για την πλήρη απορρόφηση των ακτινοβολιών μήκους κύματος 200 με 500nm. Τέλος σύμφωνα με τους ερευνητές η ακτινοβολήση των δειγμάτων προκάλεσε μικρή αλλά σημαντική ($p<0,05$) αύξηση της συγκέντρωσης των υπεροξειδίων σε όλα τα δείγματα ενώ τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά το καρπού δεν επηρεάστηκαν τόσο αμέσως μετά την ακτινοβολήση όσο και μετά την αποθήκευση 6 μηνών ($p>0,05$).

Ομοίως οι Jan, *et al.* (1988) μελέτησαν την επίδραση διαφορετικών υλικών συσκευασίας (PE, PVdC//PE και κονσέρβα), τροποποιημένης ατμόσφαιρας (αέρας, άζωτο) και της θερμοκρασίας αποθήκευσης (5, 20 και 40 °C) στα ποιοτικά χαρακτηριστικά (αριθμός υπεροξειδίων, π-ανισιδίνη, ελεύθερα λιπαρά οξέα, συγκέντρωση τοκοφερολών, υγρασία, χρώμα, οσμή, γεύση και υφή) μη-ακτινοβολημένων και ακτινοβολημένων (0,5 και 1,0 kGy) καρυδιών. Οι Jan *et al.* (1988) ανέφεραν πώς η ακτινοβολήση δεν επηρέασε τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αλλά ούτε και τους δείκτες οξείδωσης των καρυδιών τόσο απευθείας μετά την ακτινοβολήση όσο και μετά την αποθήκευση 4 μηνών ($p>0,05$). Επίσης δεν παρατηρήθηκε ελάττωση της συγκέντρωσης των τοκοφερολών αμέσως μετά την ακτινοβολήση. Η συγκέντρωση του αριθμού υπεροξειδίων, της π-ανισιδίνης και των ελευθέρων λιπαρών οξέων αυξήθηκε σημαντικά ($p<0,05$) κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ιδιαίτερα κατά την συντήρηση στους 40 °C εν συγκρίσει με την αποθήκευση στους 20 και 5 °C. Κατά την αποθήκευση στους 40 °C τα καρύδια χαρακτηρίστηκαν, οργανοληπτικώς, ως ακατάλληλα προς κατανάλωση μόλις μετά την πάροδο 2 μηνών αποθήκευσης ενώ κατά την αποθήκευση στους 4 °C ο χρόνος ζωής ξεπέρασε τους τέσσερις μήνες. Επίσης οι καρποί που αποθηκεύτηκαν παρουσία αζώτου διατήρησαν την ποιότητά τους σε καλύτερο βαθμό εν συγκρίσει με τα δείγματα που αποθηκευτήκαν στο αέρα. Ο συνδυασμός ατμόσφαιρας αζώτου και του PVdC//PE ή κονσέρβας κρίθηκαν ως οι καταλληλότερες συνθήκες για τη συσκευασία των καρυδιών ενώ το PE χαρακτηρίστηκε ως ακατάλληλο για τη συντήρηση των δειγμάτων.

Ο Al-Bachir (2004) μελέτησε τη μεταβολή των χημικών (ελεύθερα λιπαρά οξέα, αριθμός υπεροξειδίων, αριθμός ιωδίου και ολικό πτητικό άζωτο) και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (γεύση και οσμή) καρυδιών τα οποία συσκευάστηκαν σε σακούλες πολυαιθυλενίου και επεξεργάστηκαν με γ-ακτινοβολία (0.5, 1.0, 1.5 και 2.0 kGy) και ακολούθως αποθηκεύτηκαν για 12 μήνες σε θερμοκρασία 15-18 °C και σχετική υγρασία

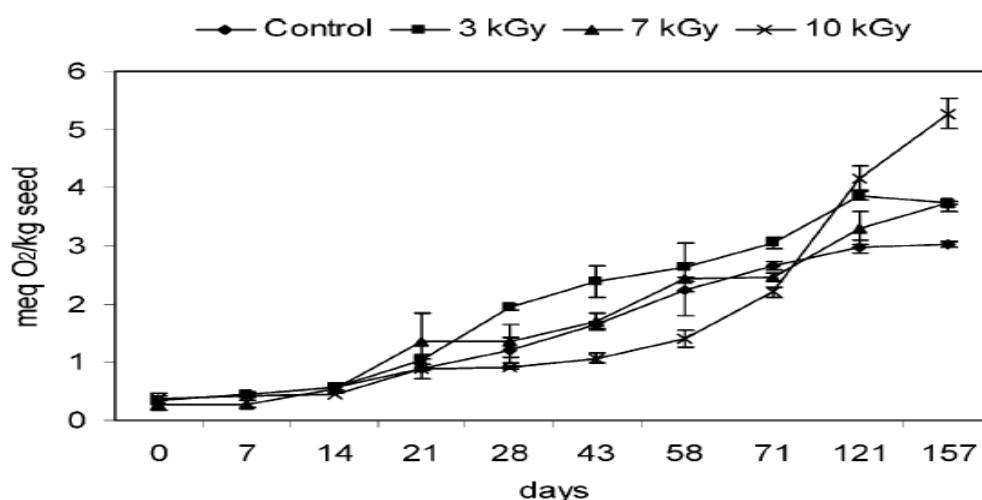
50-70%. Ο Al-Bachir (2004) ανέφερε πως αμέσως μετά την ακτινοβολήση δεν μεταβλήθηκε σημαντικά ($p>0,05$) η περιεκτικότητα σε υγρασία, πρωτεΐνες, λίπος και τέφρα ενώ παρατηρήθηκε αύξηση ($p<0,05$) της ολικής οξύτητας και μείωση του αριθμού ιωδίου και του ολικού πτητικού αζώτου. Επιπλέον δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στη γεύση και την οσμή των καρυδιών ($p<0,05$). Μετά την πάροδο 12 μηνών αποθήκευσης καταγράφηκε σημαντική αύξηση ($p<0,05$) της συγκέντρωσης του αριθμού ιωδίου και του ολικού πτητικού αζώτου με παράλληλη μείωση της ολικής οξύτητας και του αριθμού υπεροξειδίων ($p<0,05$). Μειωμένης οργανοληπτικής αποδοχής έτυχαν τα δείγματα τα οποία είχαν ακτινοβοληθεί σε δόσεις 1,5 και 2,0 kGy.

Οι Gölgel & Ova (2008) μελέτησαν την επίδραση του χρόνου αποθήκευσης (3 μήνες) στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά (αριθμός υπεροξειδίων, σύνθεση λιπαρών οξέων καθώς και αντικειμενική αξιολόγηση της υφής και του χρώματος όπως και υποκειμενική της υφής, του αρώματος και της ολικής αποδοχής) του ακτινοβολημένου (0.5, 1, 3 και 5 kGy) καρπού pine nut. Οι παραπάνω ερευνητές δεν ανέφεραν σημαντική μεταβολή στη σύνθεση των λιπαρών οξέων, του χρώματος, της υφής και της οργανοληπτικής αποδοχής αμέσως μετά την ακτινοβολήση αλλά και μετά την αποθήκευσή τους για 3 μήνες. Αντίθετα σημαντική ήταν η επίδραση τόσο της γ- ακτινοβολίας όσο και του χρόνου συντηρήσης στη συγκέντρωση των υπεροξειδίων.

Οι Uthman *et al.* (1999) ασχολήθηκαν με τη σύγκριση της επίδρασης της χρήσης του οξειδίου του πολυπροπυλενίου και της επεξεργασίας με ακτινοβολήση στη οξείδωση των ακορέστων λιπαρών οξέων αμυγδάλων ωμών και ψημένων. Οι μεταχειρίσεις που αξιολογήθηκαν ήταν 8 και περιελάμβαναν τα δείγματα αναφοράς (αμύγδαλα ωμά και ψημένα), δείγματα (αμύγδαλα ωμά και ψημένα) τα οποία επεξεργάστηκαν με χρήση του οξειδίου του πολυπροπυλενίου και δείγματα (αμύγδαλα ωμά και ψημένα) τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόσεις 6 και 10,5 kGy και αποθηκεύτηκαν στους 20°C για 16 εβδομάδες. Οι παράμετροι οι οποίες αξιολογήθηκαν περιελάμβαναν τον προσδιορισμό του: αριθμού ιωδίου, αριθμού υπεροξειδίων και της συγκέντρωσης της μηλονικής διαλδεΰδης. Αμέσως μετά την ακτινοβολήση παρατηρήθηκε σημαντική ($p<0,05$) αύξηση της συγκέντρωσης τόσο της μηλονικής διαλδεΰδης, του αριθμού υπεροξειδίων και του αριθμού ιωδίου των ωμών όσο και των ψημένων αμυγδάλων. Επίσης σημαντική ($p<0,05$) βρέθηκε πως ήταν και η επίδραση του χρόνου αποθήκευσης στην οξείδωση του λίπους των αμυγδάλων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση των ψημένων αμυγδάλων

τόσο η ακτινοβολία όσο και ο χρόνος αποθήκευσης είχαν ως αποτέλεσμα τον υψηλότερο βαθμό οξείδωσης του καρπού εν συγκρίσει με τα ωμά αμύγδαλα.

Εκτός της γ-ακτινοβολίας έχει μελετηθεί επίσης και η επίδραση της ακτινοβολίας με επιταχυντή ηλεκτρονίων (e-beam), στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ξηρών καρπών. Οι Sanchez-Bel *et al.* (2005) μελέτησαν την επίδραση της ακτινοβολίας (3, 7 και 10 kGy) με επιταχυντή ηλεκτρονίων στην οξείδωση του λίπους (αριθμός υπεροξειδίων, τιμές K_{232} και K_{270} , σύνθεση λιπαρών οξέων) και τα οργανοληπτικά (οσμή και γεύση οξείδωσης, ολική αποδοχή) χαρακτηριστικά αμυγδάλων αμέσως μετά την ακτινοβολή τους και μετά την πάροδο 5 μηνών αποθήκευσης. Οι παραπάνω ερευνητές κατέγραψαν μείωση των τιμών K_{232} και K_{270} αμέσως μετά την ακτινοβολή, ενώ δεν καταγράφηκε σημαντική αύξηση ($p>0,05$) μετά την πάροδο των 5 μηνών αποθήκευσης. Η τιμή του αριθμού υπεροξειδίων δε μεταβλήθηκε σημαντικά ($p>0,05$) αμέσως μετά την ακτινοβολή σε δόσεις 3, 7 & 10kGy όμως αυξήθηκε σημαντικά ($p>0,05$) μετά την αποθήκευση για 5 μήνες (Διάγραμμα 17).



Διάγραμμα 17. Επίδραση της ακτινοβολίας με επιταχυντή ηλεκτρονίων και του χρόνου αποθήκευσης στην συγκέντρωση των υπεροξειδίων αμυγδάλου ποικιλίας *Prunus amygdalus*. **Πηγή:** Sanchez-Bel, *et al.* (2005)

Επιπλέον οι παραπάνω ερευνητές ανέφεραν σημαντική αύξηση ($p<0,05$) της συγκέντρωσης του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1\ n-9}$) αμέσως μετά την ακτινοβολή ενώ μετά την αποθήκευση για 5 μήνες δεν παρατηρήθηκε καμία περαιτέρω μεταβολή ($p>0,05$) στη σύνθεση των λιπαρών οξέων. Σε μία μεταγενέστερη εργασία τους οι παραπάνω ερευνητές

(Sanchez-Bel, *et al.* 2008) μελέτησαν μεταξύ των άλλων την επίδραση της ακτινοβολήσης με επιταχυντή ηλεκτρονίων (3, 7 και 10 kGy) στο χρώμα των αμυγδάλων και κατέγραψαν ότι τα αμύγδαλα καθίστανται πιο σκουρόχρωμα μετά την ακτινοβολήση στις προαναφερθείσες δόσεις ακτινοβολίας. Τέλος οι Sanchez-Bel *et al.* (2005;2008) ανέφεραν ότι μετά την αποθήκευση αμυγδάλων για 5 μήνες, οι καρποί έλαβαν βαθμολογία 3 σε μία πενταβάθμια κλίμακα (όπου το 5 αντιστοιχούσε στο πλήρως αποδεκτό προϊόν και το 0 αντιστοιχούσε στο μη αποδεκτό προϊόν).

2.3 Οργανοληπτική αξιολόγηση ξηρών καρπών

Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων (χρώμα, οσμή, γεύση, υφή) παίζουν πρωταρχικό ρόλο στην αποδοχή τους από τους καταναλωτές. Συνήθως οι καταναλωτές προτιμούν μεταξύ δύο τροφίμων ίδιας θρεπτικής αξίας, εκείνο που έχει καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, ακόμη και αν έχει μεγαλύτερο κόστος (Βουδούρης και Κοντομηνάς, 2004). Οι οργανοληπτικές ιδιότητες των τροφίμων ενδιαφέρουν επίσης τον παρασκευαστή, ώστε να παράγει προϊόντα αποδεκτά από τους καταναλωτές με το μικρότερο δυνατό κόστος (Πολυχρονιάδου-Αληχανίδου, 1996). Έτσι η οργανοληπτική αξιολόγηση αποτελεί μια μέθοδο στην οποία ζητείται από τους δοκιμαστές να αποφανθούν για την αποδοχή ενός προϊόντος με βάση τα αισθητήρια όργανα τους. Αυτή η τεχνική απαιτεί περισσότερες φορές οι δοκιμαστές να έχουν κάποιας μορφής εκπαίδευσης και εμπειρία (Sinesio *et al.*, 2001).

Προκειμένου να διεξαχθεί μία τέτοια είδους αξιολόγηση για τους ξηρούς καρπούς απαιτείται μία συγκεκριμένη προετοιμασία η οποία περιγράφεται παρακάτω.

Στο πρώτο στάδιο γίνεται η επιλογή των ατόμων τα οποία θα συγκροτήσουν την οργανοληπτική ομάδα. Η ομάδα της οργανοληπτικής δοκιμής συνήθως αποτελείται από έναν αριθμό 7 έως και 15 εκπαιδευμένων ή μη ατόμων (Tappel *et al.* 1957; Harris *et al.* 1972; Warner *et al.* 1996; Sinesio & Moneta 1997; Sze-Tao *et al.* 2001; Reed *et al.* 2002; Adebisi *et al.* 2002; Jensen *et al.* 2001; Jensen *et al.* 2003; Crowe & White 2003b; Adegaz, *et al.* 2004;) ή ακόμα και από ομάδες μη εκπαιδευμένων καταναλωτών 50 έως και 100 ατόμων (Grosso & Resurreccion 2002; Young *et al.* 2005; Lee & Resurreccion 2006). Τέλος υπάρχουν και έρευνες στις οποίες γίνεται συνδυασμός και των δύο παραπάνω περιπτώσεων με χρήση και εκπαιδευμένων, με εμπειρία δοκιμαστών αλλά και καταναλωτών (Nepote *et al.* 2006).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι για τη συγκρότηση της οργανοληπτικής ομάδας λαμβάνονται υπόψη μία σειρά από κριτήρια. Τα κριτήρια που συνήθως τίθενται είναι: η ηλικία τους, να μην υπάρχει αλλεργία στους ξηρούς καρπούς, η κατανάλωση ξηρών καρπών ή προϊόντων που περιέχουν ξηρούς καρπούς τουλάχιστον μία φορά το μήνα (Sze-Tao *et al.* 2001; Reed *et al.* 2002; Lee & Resurreccion 2006) επίσης να μην είναι καπνιστές (Nepote *et al.* 2006; Grosso & Resurreccion 2002), και να είναι διαθέσιμοι όλες τις χρονικές περιόδους (Grosso & Resurreccion. 2002).

Το δεύτερο στάδιο της οργανοληπτικής αξιολόγησης των ξηρών καρπών περιλαμβάνει:

- τον καθορισμό των παραμέτρων οι οποίες θα ζητηθεί να αξιολογηθούν από τους δοκιμαστές
- σχεδίαση του ερωτηματολογίου που θα δοθεί κατά τη διάρκεια της οργανοληπτικής δοκιμής και
- τέλος εκπαίδευση των δοκιμαστών στις παραμέτρους αξιολόγησης.

Οι παράμετροι που συνήθως επιλέγονται ως κριτήρια αξιολόγησης των ξηρών καρπών περιγράφονται στον Πίνακα 7

Πίνακας 7. Πίνακας παραμέτρων και περιγραφή αυτών που χρησιμοποιούνται στην βιβλιογραφία για την οργανοληπτική αξιολόγηση του εδώδιμου τμήματος των ξηρών καρπών.

Αρωματικά χαρακτηριστικά			
Παράμετροι που χρησιμοποιούνται	Περιγραφή παραμέτρων	Ξηρός Καρπός	Βιβλιογραφία
Άρωμα ψημένου φιστικιού τύπου αράπικο (Roasted peanut)	Το άρωμα που συνδυάζεται με το άρωμα του ψημένου φιστικιού τύπου αράπικο [The aromatic associated with medium-roast peanuts & having fragrant character such as methyl pyrazine]	peanut peanut peanut ^o c-crpeanut peanut ^r-peanut ^gr-peanut	Young , <i>et al.</i> (2005) Adegaz, <i>et al.</i> (2004) Reed <i>et al.</i> (2002) Grosso <i>et al.</i> (2002) Johnsen <i>et al.</i> (1988) Mugendi <i>et al</i> (1998) Warner <i>et al.</i> (1996)
Άρωμα φρέσκου φασολιού (Raw beany)	Συνδυασμός του αρώματος του ψημένου φιστικιού τύπου αράπικο και των οσπρίων [The aromatic associated with light-roast peanuts (about 1–2 on USDA color chips) & having a legume-like character]	peanut ^o c-crpeanut peanut ^r-peanut	Young <i>et al.</i> (2005) Grosso <i>et al.</i> (2002) Johnsen <i>et al.</i> (1988) Mugendi <i>et al</i> (1998)
Ξένη γεύση και οσμή (Off- flavour)	Η πιο κατάλληλη περιγραφή για τις μεταβολές του αρώματος του καρυδιού κατά την οξείδωση του λίπους The most appropriate description of overall oxidation flavour changes in walnut oil.	walnut	Crowe <i>et al</i> (2003b)
Άρωμα καμένου (Dark roast or burnt)	Το άρωμα που συνδυάζεται με το άρωμα του παρά ψημένου φιστικιού τύπου αράπικο με έντονο καφέ χρώμα The aromatic associated with dark-roasted peanuts (4+ on USDA color chips) & having very browned or toasted character	peanut ^o c-crpeanut peanut ^r-peanut ^gr-peanut	Young <i>et al.</i> (2005) Grosso <i>et al.</i> (2002) Johnsen <i>et al.</i> (1988) Mugendi <i>et al</i> (1998) Warner <i>et al.</i> (1996)

Συνέχεια Πίνακα 7.			
<u>Αρωματικά χαρακτηριστικά</u>			
Παράμετροι που χρησιμοποιούνται	Περιγραφή παραμέτρων	Ξηρός Καρπός	Βιβλιογραφία
Sweet aromatic	Το άρωμα που συνδυάζεται με το άρωμα της καραμέλας, της βανίλιας, της μελάσας και των φρούτων The aromatics associated with sweet material such as caramel, vanilla, molasses, fruit	peanut peanut ^gr-peanut	Young <i>et al.</i> (2005) Johnsen <i>et al.</i> (1988) Warner <i>et al.</i> (1996)
Άρωμα ξύλου/κελύφους/φλούδας (Woody/hulls/skins)	Το άρωμα που συνδυάζεται με το αποξηραμένο ξύλο, καθώς και το κέλυφος και τη φλούδα του φιστικιού τύπου αράπικο [The aromatics associated with base peanut character (absent of fragrant top notes) & related to dry wood, peanut hulls, & skins]	peanut °c-crpeanut walnut peanut	Young <i>et al.</i> (2005) Grosso <i>et al.</i> (2002) Sinesio <i>et al.</i> (2001) Johnsen <i>et al.</i> (1988)
Άρωμα χαρτονιού Cardboard	Το άρωμα που συνδυάζεται με το άρωμα του χαρτονιού (The aromatic associated with wet cardboard)	^r-hopeanut peanut peanut °c-crpeanut peanut ^r-peanut	Nepote <i>et al.</i> (2006) Adegaz <i>et al.</i> (2004) Reed <i>et al.</i> (2002) Grosso <i>et al.</i> (2002) Johnsen <i>et al.</i> (1988) Mugendi <i>et al.</i> (1998)
Άρωμα μπογιάς (Painty)	Το άρωμα που παραπέμπει σε άρωμα λινελαίου και λαδομπογιάς (The aromatic associated with linseed oil & oil based paint)	peanut peanut °c-crpeanut peanut ^r-peanut walnut	Adegaz <i>et al.</i> (2004) Reed <i>et al.</i> (2002) Grosso <i>et al.</i> (2002) Johnsen <i>et al.</i> (1988) Mugendi <i>et al.</i> (1998) Crowe <i>et al.</i> (2003)
Άρωμα πλαστικού/χημικών ουσιών (Phenol/plastic/chemical)	Το άρωμα που συνδυάζεται με την γεύση πλαστικού/καμένου πλαστικού (The aromatic associated with plastic & burnt plastics)	peanut peanut	Young <i>et al.</i> (2005) Johnsen <i>et al.</i> (1988)
Άρωμα λουλουδιών (Floral flavour)	Το άρωμα που παραπέμπει σε άρωμα λουλούδιών (Generic terms for odors of various flavors)	walnut	Sinesio <i>et al.</i> (1997)

Συνέχεια Πίνακα 7.			
<u>Αρωματικά χαρακτηριστικά</u>			
Παράμετροι που χρησιμοποιούνται	Περιγραφή παραμέτρων	Ξηρός Καρπός	Βιβλιογραφία
Άρωμα αλεύρου (Flour flavour)		walnut °c-crpeanut	Sinesio <i>et al.</i> (2001) Grosso <i>et al.</i> (2002)
Άρωμα πράσινου κλαδιού (Green twig)	Το άρωμα που παραπέμπει σε άρωμα άνητων λαχανικών, χλόης και της εξανάλης (The aromatic associated with uncooked vegetables/grass/twigs, cis-3-hexenal)	peanut ^gr-peanut	Young <i>et al.</i> (2005) Warner <i>et al.</i> (1996)
Άρωμα οξείδωσης (Oxidized)	Το άρωμα παραπέμπει σε άρωμα οξειδωμένων λιπών καιέλαιων (The aromatic or taste associated with rancid fats & oils)	peanut pistachio peanut walnut walnut °c-crpeanut walnut ^gr-peanut	Young <i>et al.</i> (2005) Maskan <i>et al.</i> (1999) Adegaz <i>et al.</i> (2004) Jensen <i>et al.</i> (2003) Sinesio <i>et al.</i> (2001) Grosso <i>et al.</i> (2002) Crowe <i>et al.</i> (2003) Warner <i>et al.</i> (1996)
Άρωμα ζυμωμένων φρούτων (Fruit Fermented)	Το άρωμα που συνδυάζεται με τα παραγινωμένα φρούτα (The aromatic associated with over ripe fruit or fermented vegetation)	peanut	Johnsen <i>et al.</i> (1988)
Ολική αποδοχή αρώματος (Overall flavor intensity)		pistachio #d-r. peanut walnut walnut	Maskan <i>et al.</i> (1999) Adebiyi <i>et al.</i> (2002) Sinesio <i>et al.</i> (2001) Sinesio <i>et al.</i> (1997)
<u>Γεύση</u>			
Παράμετροι που χρησιμοποιούνται	Περιγραφή παραμέτρων	Ξηρός Καρπός	Βιβλιογραφία
Γεύση (Taste)		#d-r. peanut walnut pecan	Adebiyi <i>et al.</i> (2002) Sze-Tao <i>et al.</i> (200) Dull <i>et al.</i> (1988)
Γλυκό (Sweet)	Η γεύση που δίνει την αίσθηση του γλυκού (The taste on the tongue associated with sugars)	peanut peanut peanut walnut walnut °c-crpeanut ^r-peanut	Young <i>et al.</i> (2005) Adegaz <i>et al.</i> (2004) Reed <i>et al.</i> (2002) Sinesio <i>et al.</i> (2001) Sinesio <i>et al.</i> (1997) Grosso <i>et al.</i> (2002) Mugendi <i>et al.</i> (1998)
Ξινό (Sour)	Η γεύση που σχετίζεται με την αίσθηση του ξινού (The taste on the tongue associated with acids)	peanut °c-crpeanut	Young <i>et al.</i> (2005) Grosso <i>et al.</i> (2002)

Συνέχεια Πίνακα 7.			
Γεύση			
Παράμετροι που χρησιμοποιούνται	Περιγραφή παραμέτρων	Ξηρός Καρπός	Βιβλιογραφία
Πικρό (Bitter)	Η γεύση που συνδυάζεται με την γεύση του πικρού, π.χ. καφές (The taste on the tongue associated with bitter agents such as caffeine or quinine)	peanut peanut peanut walnut walnut °c-crpeanut	Young <i>et al.</i> (2005) Adegaz <i>et al.</i> (2004) Reed <i>et al.</i> (2002) Sinesio <i>et al.</i> (2001) Sinesio <i>et al.</i> (1997) Grosso <i>et al.</i> (2002)
Γεύση αλμυρού (Salty)	Η γεύση που συνδυάζεται με την γεύση του χλωριούχου νατρίου (Taste on the tongue associated with sodium chloride solution)	^r-hopeanut °c-crpeanut	Nepote <i>et al.</i> (2006) Grosso <i>et al.</i> (2002)
Υφή			
Παράμετροι που χρησιμοποιούνται	Περιγραφή παραμέτρων	Ξηρός Καρπός	Βιβλιογραφία
Μεταλλική υφή (Astringent or Metallic)	Η γεύση που συνδυάζεται με το “άνοστο” The chemical feeling factor on the tongue, described as flat, metallic & associated with iron & copper	peanut walnut walnut °c-crpeanut walnut walnut	Young <i>et al.</i> (2005) Sinesio <i>et al.</i> (2001) Sinesio <i>et al.</i> (1997) Grosso <i>et al.</i> (2002) Sze-Tao <i>et al.</i> (2001) Crowe <i>et al.</i> (2003)
Tongue sting	Γεύση καψίματος της γλώσσας Tingling or burning sensation on the tongue	°c-crpeanut	Grosso <i>et al.</i> (2002)
Τραχανότητα (Crunchiness)	Περιγράφει τη δύναμη που απαιτείται και τον ήχο που παράγεται κατόπιν μάσησης του δείγματος με τους γομφίους Force needed & amount of sound generated from chewing a sample with molar teeth	^r-hopeanut pistachio pistachio #d-r. peanut °c-crpeanut ^r-peanut	Nepote <i>et al.</i> (2006) Maskan <i>et al.</i> (1999) Adebiyi <i>et al.</i> (2002) Sinesio <i>et al.</i> (2001) Grosso <i>et al.</i> (2002) Mugendi <i>et al.</i> (1998)
Υγρό (Moistness)		pistachio peanut	Maskan <i>et al.</i> (1999) Young <i>et al.</i> (2005)
Λιπαρό (Oilness)		pistachio walnut	Maskan <i>et al.</i> (1999) Sinesio <i>et al.</i> (2001)
Σκληρό (Hardness)	Περιγράφει τη δύναμη που απαιτείται για να συμπιεστεί το τρόφιμο μεταξύ γομφίων και δοντιών (Force needed to compress a food between molar and Teeth)	^r-hopeanut walnut °c-crpeanut walnut	Nepote <i>et al.</i> (2006) Sinesio <i>et al.</i> (2001) Grosso <i>et al.</i> (2002) Crowe <i>et al.</i> (2003)
Θρυμμάτισμα (Crumbling)		walnut	Sinesio <i>et al.</i> (2001)
Κολλητικότητα του προϊόντος πάνω στα δόντια (Toothpack / Adhesion to the teeth)	Σχετίζεται με την ποσότητα του προϊόντος που απομένει κολλημένη στα δόντια και ιδιαίτερα στους γομφίους The amount of sample left in or on teeth & molar teeth	^r-hopeanut walnut °c-crpeanut	Nepote <i>et al.</i> (2006) Sinesio <i>et al.</i> (2001) Grosso <i>et al.</i> (2002)

Συνέχεια Πίνακα 7.			
<u>Υφή</u>			
Παράμετροι που χρησιμοποιούνται	Περιγραφή παραμέτρων	Ξηρός Καρπός	Βιβλιογραφία
Θραύση (Fracturability)	Η δύναμη που απαιτείται για την θραύση του δείγματος (Force with which the samples break)	^o c-crpeanut	Grosso <i>et al.</i> (2002)
Υφή (Texture)		[#] d-r. peanut	Adebiyi <i>et al.</i> (2002)
Πάχος φλοιού (Pellicle thickness)		walnut	Sinesio <i>et al.</i> (1997)
Skin adhesion		walnut	Sinesio <i>et al.</i> (2001)
<u>Εμφάνιση</u>			
Παράμετρος που χρησιμοποιείται	Περιγραφή παραμέτρων	Ξηρός Καρπός	Βιβλιογραφία
Καφέ χρώμα (Brown color)	Ένταση του καφέ χρώματος (ανοιχτόχρωμο-σκουρόχρωμο) (The intensity or the strength of brown color from light to dark brown)	[^] r-hopeanut ^o c-crpeanut	Nepote <i>et al.</i> (2006) Grosso <i>et al.</i> (2002)
Τραχύ (Roughness)	Η εμφάνιση που σχετίζεται με την τραχεία επιφάνεια του προϊόντος (The appearance associated with uneven surface. The overall presence of gritty, grainy, or lumpy particles; lack of smoothness)	^o c-crpeanut	Grosso <i>et al.</i> (2002)
Εύθρυπτο (Powdery)	Η εμφάνιση που σχετίζεται με το άψητο αλεύρι στην επιφάνεια του προϊόντος The appearance associated with uncooked flour on the surface	^o c-crpeanut	Grosso <i>et al.</i> (2002)
Χρώμα επιφάνειας καρπού (Even color)	Η εμφάνιση που σχετίζεται με το ομοιόμορφο χρώμα στην επιφάνεια του προϊόντος The appearance associated with even color on the surface	^o c-crpeanut	Grosso <i>et al.</i> (2002)
Ολική αποδοχή χρώματος (Overall color intensity)		pistachio [#] d-r. peanut walnut	Maskan <i>et al.</i> (1999) Adebiyi <i>et al.</i> (2002) Sze-Tao <i>et al.</i> (2001)
Ολική αποδοχή (Overall acceptability)		[#] d-r. peanut	Adebiyi <i>et al.</i> (2002)
Συμμετρία νίχας καρπού (Kernel symmetry)		walnut walnut	Sinesio <i>et al.</i> (2001) Sinesio <i>et al.</i> (1997)
Σκληρότητα κόκκου (Kernel roughness)		walnut	Sinesio <i>et al.</i> (2001)
Λάμψη νίχας (Kernel brightness)		walnut	Sinesio <i>et al.</i> (2001)

Συνέχεια Πίνακα 7.			
Εμφάνιση			
Παράμετρος που χρησιμοποιείται	Περιγραφή παραμέτρων	Ξηρός Καρπός	Βιβλιογραφία
Ομοιομορφία χρώματος φλούδας (Skin colour uniformity)		walnut	Sinesio <i>et al.</i> (2001)
Overlcolor/skin color uniformity		walnut walnut	Sinesio <i>et al.</i> (2001) Sinesio <i>et al.</i> (1997)
Kernel veins		walnut	Sinesio <i>et al.</i> (2001)
Kernel veins appearance		walnut	Sinesio <i>et al.</i> (2001)
Εσωτερικό χρώμα ψίχας (Internal color of kernel)		walnut	Sinesio <i>et al.</i> (2001)

[#]d-r. peanut:αφυδατωμένο-ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο, ^r-horpeanut: ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ, ^r-peanut: ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο, ^gr-peanut: ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο, °c-crpeanut :παναρισμένα και ψημένα φιστίκια τύπου αράπικο

Μετά τον καθορισμό των παραμέτρων ακολουθεί ο σχεδιασμός του ερωτηματολογίου. Ιδιαίτερης σημασίας είναι ο καθορισμός της κλίμακας που θα χρησιμοποιηθεί. Στο μεγαλύτερο μέρος των δημοσιευμένων εργασιών επιλέγεται η χρήση αδιαβάθμιστης κλίμακας από 1 έως 9 cm όπου το 1 ανταποκρίνεται στην αξιολόγηση "μικρότερης αποδοχής" ενώ το 9 ανταποκρίνεται στην αξιολόγηση "μέγιστης αποδοχής" (Harris *et al.* 1972; Dull & Kays. 1988; Sinesio & Moneta 1997; Sinesio *et al.* 2001; Reed *et al.* 2002; Adebisi *et al.* 2002; Grosso & Resurreccion 2002; Jensen *et al.* 2003; Adegaz *et al.* 2004; Young *et al.* 2005; Nepote *et al.* 2006;). Στην ερευνά τους οι Grosso & Resurreccion (2002) κατέληξαν ότι σε μία κλίμακα 1 έως 9 η βαθμολογία 5 ή και λιγότερο του 5 μπορεί να θεωρηθεί ικανή για να κατατάξουν τον καρπό στην κατηγορία του ακατάλληλου για κατανάλωση. Η διαβαθμισμένη κλίμακα έχει χρησιμοποιηθεί επίσης όπως επί παραδείγματι στην εργασία των Jensen *et al.* (2003). Στην εργασία αυτή για την αξιολόγηση του βαθμού οξείδωσης του καρυδιού χρησιμοποιήθηκε διαβαθμισμένη κλίμακα τεσσάρων διαβαθμίσεων. Επίσης στην εργασία των Tappel *et al.* (1957) χρησιμοποιήθηκε διαβαθμισμένη κλίμακα ως εξής: 0 ελαφρώς έως καθόλου οσμή οξείδωσης, 1-3: ελαφριά οσμή οξείδωσης, 4-6: μέτριας έντασης οσμή οξείδωσης και 7-10 έντονη οσμή οξείδωσης. Ακολούθως διενεργείται η εκπαίδευση των δοκιμαστών στις

παραμέτρους που έχουν επιλεγεί να αξιολογηθούν. Κατά την εκπαίδευση των δοκιμαστών χρησιμοποιούνται διάφορα πρότυπα τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8. Πίνακας προτύπων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση των δοκιμαστών

<u>Αρωματικά χαρακτηριστικά</u>						
Χαρακτηριστικό	Πρότυπα αναφοράς	Κλίμακα Έντασης ^a				
		1	2	3	4	5
Ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο (Roasted peanut) ¹	Ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο (Dry roasted peanuts ^{1,4,5})	75	10-12	9-10	69	75
	Φιστίκια τύπου αράπικο με 3 διαφορετικούς βαθμούς ψησίματος (Peanuts with 3 degrees of roast (light, medium, dark) ²)					
Άρωμα φρέσκου φασολιού (Raw beany) ¹	Raw medium Florunner Peanuts ¹	50	0-1	0-1	69	
	Ωμά φιστίκια τύπου αράπικο (Raw peanuts ²)					
Άρωμα καμένου (Burnt) ¹	Καλοψημένα φιστίκια τύπου αράπικο (Dark roasted peanuts (lightness value, L = 36 ± 1.0) ¹)	70	2-3	0-1		
Άρωμα ξύλου/κελύφους/ φλούδας (Woody/hulls/skins) ¹	Φλούδα φιστικιού τύπου αράπικο (Peanut skins ¹)	35				
Χωματίλα (Earthy) ¹	Υγρό χώμα (Wet soil ¹)	55				
Άρωμα οξείδωσης (Oxidized) ¹	Οξειδωμένα φιστίκια (Rancid peanut ^{1,4})	83			83	
	Φιστίκια τριών βαθμών οξείδωσης peanuts with 3 stages of oxidation (slight, moderate, extreme) ²					
	Λάδι φιστικιού τύπου αράπικο το οποίο υπέστη θέρμανση για 5 ώρες (Fresh peanut oil heated to 110 °C for 5 h)					
Γεύση μπογιάς (Painty) ¹	Άρωμα μπογιάς Painty Boiled Linseed Oil ¹	97	0-1	0-1		64
	0,04g paint/100 ml solution ⁵					
Γεύση χαρτονιού (Cardboard) ¹	Moist cardboard ^{1,4,5}	50	0-1	0-1	52	85
Άρωμα αλεύρου (Flour) ¹	Αλεύρι Τορτίλιας (Flour Tortillas ¹)	50				
Γλυκό (Sweet ^{2,3})			6-7	4-5		

Συνέχεια Πίνακα 8.					
Γεύση					
Χαρακτηριστικό	Πρότυπα αναφοράς	Κλίμακα Ένταση ^a			
		1	4	5	
Γλυκό (Sweet ¹)	Διάλυμα σακχαρόζης 2.0% ^{1, 4, 5}	20	20	20	
	Διάλυμα σακχαρόζης 5.0% ^{1, 4, 5}	50	50	50	
	Διάλυμα σακχαρόζης 10.0 ^{4, 5}	100	100	100	
	Διάλυμα σακχαρόζης 15% ^{4, 5}		150	150	
Ξινό (Sour ¹)	Διάλυμα κιτρικού οξέος 0.05% ^{1, 4}	20	20		
	Διάλυμα κιτρικού οξέος 0.08% ^{1, 4}	50	50		
	Διάλυμα κιτρικού οξέος 0.15% ¹	100	100		
Στυφό (Astringent)	Χυμός σταφυλιού (Grape Juice ¹)	65			
Tongue sting	Big Red-Cinnamon Gum ¹	5			
Υφή					
Χαρακτηριστικό	Πρότυπα αναφοράς	Κλίμακα Ένταση ^a			
		1	2	3	4
Σκληρό (Hardness)	Ψημένο φιστίκι τύπου αράπικο (Dry roasted peanuts ¹)	95			56
	Αμύγδαλο (Almonds ⁴)				
Εύθρυπτο (Crispness)	Πατατάκια τσιπς (Lay’s Potato Chips ¹)	75	10-12	10-11	
Tooth Pack	Κρακεράκια (Graham Crackers ¹)	75			66
	Ωμά φιστίκια τύπου αράπικο (Raw peanuts ⁴)				
Τραγανότητα (Crunchiness)	Original Corn Chips ¹	75			10
	Corn flakes ⁴				2

α= Intensity ratings are based on 150 mm unstructured line scales **Πηγή:** ¹Grosso & Resurreccion (2002). ²Mugendi *et al.* (1998). ³Braddock *et al.* (1995). ⁴Nepote (2006) ⁵ Adegaz *et al.* (2004).

Τέλος διεξάγεται η οργανοληπτική δοκιμή σε χώρους σχεδιασμένους και οργανομένους σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα και εν συνεχεία διεξάγεται στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων συνήθως με χρήση κάποιου στατιστικού υπολογιστικού πακέτου.

Οι Dull & Kays (1988) μελέτησαν την επίδραση υλικών συσκευασίας (Πίνακας 9) στην ποιότητα και τη μηχανική σταθερότητα της ψίχας του ελαιοκάρου κατά την αποθήκευσή του για χρονικό διάστημα 24 εβδομάδων στους 24°C, σε σχετική υγρασία 60% και υπό την συνεχή επίδραση του φωτός. Τα δείγματα που συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας σελλοφάν-νιτροκυτταρίνη συσκευάστηκαν σε ατμόσφαιρα αέρα, τα δείγματα που συσκευάστηκαν στο σελλοφάν-πολυβινυλιδενοχλωρίδιο (PVdC) συσκευάστηκαν σε

ατμόσφαιρα αζώτου ενώ άλλη μία άλλη σειρά δειγμάτων σελοφάν-PVdC συσκευάστηκε σε κενό. Τέλος τα ALL-VAK και μεταλλοποιημένο ιονομερές κλείστηκαν σε ατμόσφαιρα αζώτου.

Πίνακας 9. Υλικά συσκευασίας που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία των Dull & Kays (1988)

Κωδικός	Υλικό συσκευασίας	Επίστρωση	Διαπερατότητα στην υγρασία (g H ₂ O 100cm ⁻² 24 hr ⁻¹ στους 38 °C και 90% RH)	Διαπερατότητα στο οξυγόνο (cc O ₂ 100cm ⁻² 24 hr ⁻¹ /atm σε ατμοσφαιρική πίεση, στους 23°C και 0% RH)
CP-NC	Σελλοφάν	Νιτροκυταρίνη	0,08	0,39
CP-PVdC	Σελλοφάν	Πολυβινυλιδενοχλωρίδιο	0,07	0,08
All-Vak	All-Vak	Άγνωστο	0,05	0,16
Αλουμινό φύλλο	Ιονομερές φιλμ	Μεταλλοποιημένο	0,02	0,02

Εκτός της οργανοληπτικής δοκιμής, διεξήχθησαν αναλύσεις που περιλάμβαναν: προσδιορισμό υγρασίας και χρώματος. Μετά την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων αποδείχθηκε ότι τα δείγματα ελαιοκάρου που αποθηκεύτηκαν στο σελλοφάν-PVdC έγιναν αποδεκτά από την ομάδα οργανοληπτικής δοκιμής όσον αφορά το άρωμα ενώ τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν σε σελλοφάν-νιτροκυταρίνη, ALL-VAK, και μεταλλοποιημένο ιονομερές δεν έγιναν αποδεκτά από την οργανοληπτική ομάδα αξιολόγησης όσον αφορά το αρώμα τους μετά την πάροδο 24 εβδομάδων. Γενικά τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν σε υλικά συσκευασίας με διαπερατότητα στο οξυγόνο μεγαλύτερη του 0,08ml O₂ /cm² day atm έλαβαν συστηματικά χαμηλές τιμές κατά την οργανοληπτική αξιολόγησή τους. Έντονο όξινο άρωμα εμφάνισαν τα ελαιοκάρυα κατά την αποθήκευσή τους στο μεταλλοποιημένο ιονομερές. Σε αυτό το άρωμα πιθανότατα οφείλεται και η χαμηλή βαθμολογία που έλαβαν τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν σε αυτό. Τα δείγματα που συσκευάστηκαν σε υλικό συσκευασίας σελλοφάν-PVdC με ατμόσφαιρα

αζώτου έλαβαν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερη βαθμολογία σε σχέση με το σελλοφάν-PVdC σε κενό. Τέλος τα δείγματα ελαιοκάρυου που αποθηκεύτηκαν σε υλικά συσκευασίας με υψηλή διαπερατότητα στους υδρατμούς τελικώς χαρακτηρίστηκαν ως πολύ σκληρά λόγω της απώλειας υγρασίας από τον καρπό.

Οι Jensen *et al.* (2003) χρησιμοποίησαν την οργανοληπτική δοκιμή ως μέσο αξιολόγησης της ποιότητας του καρυδιού. Ο παράγοντας της γεύσης οξείδωσης ήταν αυτός που ζητήθηκε από τα μέλη της οργανοληπτικής ομάδας να αξιολογήσουν. Τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων που έχουμε αναφέρει στην παράγραφο 2.1.1. Οι ερευνητές μετά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων συμπέραναν ότι τα καρύδια που είχαν αποθηκευτεί παρουσία απορροφητών οξυγόνου διατήρησαν εξίσου καλά την ποιότητά τους με τα δείγματα αναφοράς τα οποία είχαν αποθηκευτεί σε θερμοκρασία -18°C. Επίσης τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν σε υλικό συσκευασίας LDPE/EVOH/LDPE παρουσία αζώτου διατήρησαν και αυτά εξίσου καλά την ποιότητα για τους πρώτους 7 μήνες αποθήκευσης ενώ στη συνέχεια η γεύση οξείδωσης έγινε πολύ έντονα αντιληπτή από τα μέλη της οργανοληπτικής ομάδας. Επίσης τα καρύδια τα οποία είχαν αποθηκευτεί στους 21°C εμφάνισαν εντονότερα τη γεύση οξείδωσης σε σχέση με τα καρύδια που αποθηκεύτηκαν στους 11°C. Εξαίρεση αποτέλεσαν τα καρύδια που αποθηκεύτηκαν παρουσία απορροφητών οξυγόνου για τα οποία η επίδραση της θερμοκρασίας δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Οι παραπάνω ερευνητές σε προγενέστερη εργασία τους Jensen *et al.* (2001) όπως προαναφέραμε μελέτησαν την πιθανή χρήση της συσκευής Vis/NIR για την αξιολόγηση της ποιότητας του καρπού του καρυδιού. Όσον αφορά τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης οι παραπάνω ερευνητές συσχέτισαν την αύξηση της συγκέντρωσης της εξανάλης με τη γεύση οξείδωσης καθώς και την γεύση ξηρών καρπών (nutty). Επιπλέον οι παραπάνω ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων γεύσης ξηρών καρπών (nutty)/γλυκό και γεύση οξείδωσης /πικρό.

Επίσης οι Mexis *et al.* (2011) και Mexis & Kontominas (2009a) οι οποίοι όπως προαναφέρθηκε μελέτησαν την επίδραση του υλικού συσκευασίας (LDPE, PET//LDPE και PET-SiOx//LDPE), της θερμοκρασίας (4 και 20 °C), των συνθηκών φωτισμού (της παρουσίας και απουσίας φωτός), στην ποιότητα του ολόκληρου και του θρυμματισμένου καρυδιού για χρονικό διάστημα 12 μηνών αξιολόγησαν τα δείγματα και οργανοληπτικώς.

Εκ των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι ο χρόνος ζωής για το ολόκληρο και θρυμματισμένο καρύδι που αποθηκεύτηκε στους 20 °C ήταν:

- 2 μήνες κατά την αποθήκευση στο υλικό συσκευασίας LDPE,
- 5 και 6 μήνες κατά την αποθήκευση στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE ενώ

κατά την αποθήκευση στους 4 °C ο χρόνος ζωής για το ολόκληρο και θρυμματισμένο καρύδι ήταν:

- 1 με 2 μήνες στην περίπτωση χρήσης του LDPE,
- 2 μήνες στην περίπτωση χρήσης του PET//LDPE.

Τέλος στην περίπτωση χρήσης του υλικού συσκευασίας υψηλού φραγμού PET-SiOX//LDPE η θερμοκρασία αποθήκευσης δεν επέδρασε σημαντικά στο χρόνο ζωής των καρυδιών και ο χρόνος ζωής ήταν τουλάχιστον 12 μήνες.

Στην έρευνά τους οι Lopez *et al.* (1995) χρησιμοποίησαν επίσης την οργανοληπτική δοκιμή για την αξιολόγηση καρυδιών με τσόφλι τα οποία όπως έχουμε ήδη αναφέρει αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασίες ψύξης και υπό την επίδραση ατμόσφαιρας αέρα και δύο συνθηκών σχετικής υγρασίας. Μετά τη στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων τους οι Lopez *et al.* (1995) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι δεν υπήρχε σημαντική ($p>0,05$) διαφορά όσον αφορά την αποδοχή μεταξύ των καρυδιών που αποθηκεύτηκαν στους 3 και τους 10 °C. Επιπλέον βρέθηκε ότι οι καρποί που διατηρήθηκαν στους 10 °C και σε σχετική υγρασία 40% έλαβαν χαμηλότερη βαθμολογία σε σχέση με αυτά που αποθηκεύτηκαν σε σχετική υγρασία 60%. Αυτό πιθανά οφείλεται στην περαιτέρω αφυδάτωση που υφίστανται οι καρποί κατά την αποθήκευσή τους σε αυτή τη σχετική υγρασία.

Οι Young *et al.* (2005) μελέτησαν την αποδοχή από τους καταναλωτές διαφόρων φιστικιών τύπου αράπικο τα οποία είχαν παραχθεί στις ακόλουθες χώρες: Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, Αργεντινή και Κίνα. Τα φιστίκια υπέστησαν την επεξεργασία του ψησίματος και ακολούθως χρησιμοποιήθηκαν για την οργανοληπτική αξιολόγηση από μία οργανοληπτική ομάδα εκατό καταναλωτών. Οι Young *et al.* (2005) μετά την στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων κατέληξαν στο συμπέρασμα πως μέγιστη αποδοχή από τους καταναλωτές είχαν τα φιστίκια τύπου αράπικο τα οποία είχαν παραχθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής ενώ ακολουθούν τα φιστίκια που παρήχθησαν στην Κίνα και τέλος αυτά των οποίων η παραγωγή έγινε στην Αργεντινή. Παράλληλα τα φιστίκια που είχαν παραχθεί στην Αμερική χαρακτηρίστηκαν ως αρωματικά γλυκά και

ψημένα ενώ τα φιστίκια που είχαν παραχθεί στην Κίνα χαρακτηρίστηκαν ως ξυλλώδη/με άρωμα τσοφλιού/άρωμα φλούδας, πικρά και άγουρα. Τέλος φιστίκια που είχαν παραχθεί στην Αργεντινή χαρακτηρίστηκαν ως μπαγιάτικα και γλυκά. Αντίστοιχα οι Sinesio *et al.* (2001) συμπέραναν πως τα καρύδια ποικιλίας “Χάρτλεη” που είχαν παραχθεί στην Γαλλία ήταν πιο γλυκά και αρωματικά σε σχέση με τα καρύδια Ελληνικής και Ισπανικής παραγωγής.

Οι Nepote *et al.* (2006) χρησιμοποίησαν επίσης την οργανοληπτική αξιολόγηση προκειμένου να συγκρίνουν την αποδοχή του ψημένου φιστικιού τύπου αράπικο υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$) και του φιστικιού τύπου αράπικο κανονικής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$). Συμπέρασμα της παραπάνω έρευνας ήταν πως παρά τη διαφορά στη χημική σύσταση μεταξύ των δειγμάτων φιστικιού τύπου αράπικο δεν υπήρχε στατιστικώς σημαντική διαφορά όσον αφορά την αποδοχή τους από τους καταναλωτές. Αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα των Braddock *et al.* (1995) οι οποίοι αξιολογώντας τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής δοκιμής που διεξήγαγαν, συμπέραναν ότι τα φρέσκα ψημένα φιστίκια τύπου αράπικο κανονικής και υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$) έλαβαν σχεδόν την ίδια βαθμολογία κατά την πρώτη εκ των 80 ημερών που διήρκεσε το όλο πείραμα. Το παραπάνω συμπέρασμα των Nepote *et al.* (2006) και Braddock *et al.* (1995) έρχεται σε διαφωνία με το συμπέρασμα των Mugendi *et al.* (1998) ότι δηλαδή ψημένα φιστίκια τύπου αράπικο υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$) εμφάνισαν εντονότερο άρωμα ψημένου φιστικιού εν συγκρίσει με τα ψημένα φιστίκια κανονικής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$). Κοινά αποδεκτό συμπέρασμα μεταξύ των δημοσιευμένων εργασιών που αφορούν το άρωμα του ψημένου φιστικιού τύπου αράπικο είναι η αρνητική επίδραση του χρόνου αποθήκευσης στην ένταση του χαρακτηριστικού αρώματος του προϊόντος. Αύξηση του χρόνου αποθήκευσης έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της έντασης του χαρακτηριστικού αρώματος του ψημένου φιστικιού (Braddock *et al.* 1995; Warner *et al.* 1996; Mugendi *et al.* 1998; Nepote *et al.* 2006).

Θα πρέπει να σημειωθεί πως παρά το μειονέκτημα της υποκειμενικότητας των δοκιμαστών, σε πολλές εργασίες παρατηρείται ταύτιση του συμπεράσματος που προκύπτει από τη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων με εκείνα που προκύπτουν από την οργανοληπτική αξιολόγηση. Οι Grosso & Resurreccion (2002) μελέτησαν την πιθανή πρόβλεψη της αποδοχής από τους καταναλωτές των παναρισμένων και ψημένων φιστικιών τύπου αράπικο σε σχέση με την περιεκτικότητα εξανάλης στον

καρπό. Οι παραπάνω ερευνητές βρήκαν άμεση σχέση μεταξύ περιεκτικότητας εξανάλης και της βαθμολογίας των μελών της οργανοληπτικής ομάδας. Έτσι συμπέραναν πως όταν η περιεκτικότητα εξανάλης στα παναρισμένα και ψημένα φιστίκια τύπου αράπικο ήταν μεταξύ του 5,39 και 5,54 μg εξανάλης/ g καρπού τότε η οργανοληπτική βαθμολογία της ολικής αποδοχής του προϊόντος ανερχόταν στο πέντε σε μία κλίμακα εννέα διαβαθμίσεων, όπου σύμφωνα με τους ερευνητές μπορεί να θεωρηθεί ότι πλέον το προϊόν δεν είναι αποδεκτό από του καταναλωτές.

Οι Maskan & Karatas (1999) εκτός των συμπερασμάτων βάσει χημικών αναλύσεων που διεξήγαγαν (παράγραφος 2.1.1), χρησιμοποίησαν επίσης και την οργανοληπτική αξιολόγηση ως μέσο για την καλύτερη κατανόηση των παραγόντων που επιδρούν στην ποιότητα του ολόκληρου φιστικιού τύπου Αιγίνης. Οι παραπάνω ερευνητές χρησιμοποίησαν μία ομάδα οργανοληπτικής αξιολόγησης 8 ατόμων προερχόμενη από τη βιομηχανία επεξεργασίας ξηρών καρπών. Αξιολογώντας τα αποτελέσματα οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι δεν βρέθηκε σημαντική ($p>0,05$) διαφορά στην επίδραση των παραγόντων της θερμοκρασίας αποθήκευσης όπως και της χρήσης τροποποιημένης ατμόσφαιρας όσον αφορά τους παράγοντες της τραγανότητας, του χυμώδους (moistness) και τέλος της αίσθησης του λιπαρού (oiliness). Αντίθετα βρέθηκε σημαντική ($p>0,05$) επίδραση των παραπάνω παραγόντων όσον αφορά τα χαρακτηριστικά του ολικού αρώματος, του χρώματος και της ταγγής γεύσης. Και σε αυτή την περίπτωση οι ερευνητές κατέληξαν στα ίδια συμπεράσματα με εκείνα των χημικών αναλύσεων που έχουμε αναφέρει στην παράγραφο 2.1.1, σχετικά με την επίδραση των παραπάνω παραγόντων στην ποιότητα του ολόκληρου φιστικιού τύπου Αιγίνης.

Οι Fourie & Basson (1989) μετά την οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων κατέληξαν ότι, ως αποτέλεσμα της υψηλής συγκέντρωσης σε τοκοφερόλες τα αμύγδαλα δεν εμφάνισαν γεύση και οσμή οξείδωσης ακόμα και μετά από την αποθήκευση για 16 μήνες. Αντίθετα οι καρποί pecan και macadamia nuts χαρακτηρίστηκαν ως οξειδωμένοι μόλις μετά την αποθήκευση για 4 και 2 μήνες, αντίστοιχα.

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην παράγραφο 2.1.3 στην εργασία των Reed *et al.* (2002) μελετήθηκαν οι μεταβολές στο άρωμα του φιστικιού τύπου αράπικο σε υψηλής (82,8%) και κανονικής (49,8%) περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ($\text{C}_{18:1 \text{ n-9}}$) κατά την αποθήκευση σε περιβάλλον με διαφορετική σχετική υγρασία. Στην έρευνα αυτή η ομάδα οργανοληπτικής δοκιμής αποτελείτο από 15 έμπειρα άτομα. Παρά το γεγονός της εμπειρίας των δοκιμαστών, έγινε περαιτέρω εκπαίδευση για την εξοικείωσή τους με τα ακόλουθα

οργανοληπτικά χαρακτηριστικά: άρωμα και γεύση ψημένου φιστικιού, γεύση γλυκού, πικρού καθώς και γεύση μπογιάς και βρεγμένου χαρτονιού. Οι παραπάνω ερευνητές συμπέραναν ότι τα φιστίκια τύπου αράπικο υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$) εμφανίζουν εντονότερα το αρώματα του ψημένου φιστικιού σε σχέση με τα φιστίκια τύπου αράπικο κανονικής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$). Επιπλέον οι ερευνητές συμπέραναν ότι κατά την αποθήκευση των καρπών στο περιβάλλον με υψηλή σχετική υγρασία 60%, η απώλεια του αρώματος του ψημένου φιστικιού ήταν εντονότερη σε σχέση με την αποθήκευση των καρπών σε σχετική υγρασία 19%. Λαμβάνοντας υπόψη τα συμπεράσματα που προκύπτουν μέσω των χημικών αναλύσεων που διεξήχθησαν μπορούν να εξηγηθούν οι υψηλότερες βαθμολογίες που έλαβαν τα φιστίκια τύπου αράπικο κανονικής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$) σχετικά με τις παραμέτρους (γεύση μπογιάς, γεύση βρεγμένου χαρτονιού και πικρό) που αφορούσαν τη γεύση του καρπού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η δυσάρεστη γεύση που αποκτούν οι ξηροί καρποί και γενικά τα τρόφιμα κατά την οξείδωσή τους δεν οφείλεται στην παρουσία των ίδιων των υπεροξειδίων που σχηματίζονται αλλά στα προϊόντα διάσπασης αυτών (Βουδούρης, και Κοντομηνάς, 2004).

Εν αντιθέσει με τους Reed *et al.* (2002), οι Lee & Resurrecion (2006) χρησιμοποίησαν αποκλειστικά την οργανοληπτική αξιολόγηση για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επίδραση των παραγόντων της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας αποθήκευσης, στην αποδοχή του ψημένου φιστικιού τύπου αράπικο από τους καταναλωτές. Η οργανοληπτική ομάδα αποτελείτο από πενήντα άτομα τα οποία δεν είχαν συμμετάσχει σε καμία εκπαίδευση στο παρελθόν σχετικά με την οργανοληπτική αξιολόγηση των φιστικιών. Η σχεδίαση του πειράματος περιελάμβανε την αποθήκευση των δειγμάτων έως και για χρονικό διάστημα ενενήντα μίας ημερών, στις ακόλουθες συνθήκες: θερμοκρασίες αποθήκευσης 25, 30, 35 και 40°C και ενεργότητες ύδατος 0,33 , 0, 44 , 0,54 0,67 και 0,75. Από τα μέλη της οργανοληπτικής αξιολόγησης ζητήθηκε να βαθμολογήσουν τα δείγματα στις παρακάτω παραμέτρους: ολική αποδοχή αρώματος και υφής, (1=μη αποδεκτό, 5=μόλις αποδεκτό, 9=πολύ αποδεκτό) τραγανότητα, (1=καθόλου τραγανό, 9=πολύ τραγανό) ένταση αρώματος ψημένου φιστικιού και τέλος άρωμα οξείδωσης (1=ανύπαρκο, 9=έντονο).

Η στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι η ολική αποδοχή του προϊόντος δεν επηρεάζεται από τη θερμοκρασία αποθήκευσης αλλά μόνο από το χρόνο αποθήκευσης και την ενεργότητα ύδατος. Αποδείχθηκε ότι η αποδοχή των δειγμάτων από

την οργανοληπτική ομάδα μειωνόταν με την παράλληλη αύξηση του χρόνου αποθήκευσης όπως επίσης και μετά την αποθήκευση των δειγμάτων σε περιβάλλον με υψηλές τιμές σχετικής υγρασίας. Χαρακτηριστικά οι ερευνητές αναφέρουν πως κατά την αποθήκευση ψημένου φιστικιού τύπου αράπικο σε θερμοκρασία δωματίου και a_w 0.33 , 0.44 , 0.54 ο αναμενόμενος χρόνος ζωής (σύμφωνα με τη χρήση κατάλληλων υπολογιστικών πακέτων) του προϊόντος θα ήταν αντίστοιχα 151, 55, 32 ημέρες. Επίσης κατά την αποθήκευση του δείγματος σε θερμοκρασία 40 °C και a_w 0,33 – 0,39 ο χρόνος ζωής ανερχόταν σε 80 ημέρες. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται επίσης σε συμφωνία με την έρευνα των Grosso & Resurreccio (2002) οι οποίοι κατά την αποθήκευση του ψημένου φιστικιού τύπου αράπικο σε θερμοκρασία 40 °C βρήκαν ότι ο χρόνος ζωής του θα ήταν μεταξύ 66 και 110 ημερών. Επίσης κατά την αξιολόγηση των παραμέτρων της τραγανότητας και του αρώματος της οξείδωσης και του αρώματος του ψημένου φιστικιού αποδείχθηκε ότι η μεν παράμετρος της τραγανότητας δεν επηρεάζεται από τη θερμοκρασία αποθήκευσης αλλά από το χρόνο και την ενεργότητα ύδατος, ενώ η παράμετρος του αρώματος της οξείδωσης και του αρώματος του ψημένου φιστικιού επηρεάζεται τόσο από τη θερμοκρασία αποθήκευσης όσο και από την ενεργότητα ύδατος αποθήκευσης. Συγκεκριμένα αύξηση της ενεργότητας ύδατος έχει ως αποτέλεσμα μείωση της τραγανότητας, αύξηση του αρώματος της οξείδωσης και μείωση της αποδοχής του προϊόντος όσον αφορά το άρωμα του ψημένου φιστικιού τύπου αράπικο. Επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της έντασης του αρώματος της οξείδωσης και τη μείωση της αποδοχής του προϊόντος όσον αφορά το άρωμα του ψημένου φιστικιού τύπου αράπικο.

2.4 Αντικείμενο έρευνας

Το αντικείμενο της παρούσας έρευνας ήταν:

- η βελτιστοποίηση των συνθηκών συντήρησης ολόκληρων και θρυμματισμένων αμυγδάλων χρησιμοποιώντας ενεργή συσκευασία και συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας
- η μελέτη της επίδρασης της γ-ακτινοβολίας στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ολόκληρων αμυγδάλων

με σκοπό τη διατήρηση της αρχικής τους ποιότητας για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο διάστημα.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3. Υλικά

3.1 Υπόστρωμα

Ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε ωμό αμύγδαλο (ποικιλία Φυράνια) με φλούδα ολόκληρο και θρυμματισμένο. Τα αμύγδαλα ήταν προσφορά της εταιρίας Σδούκος Γεώργιος Α.Ε. Ιωάννινα. Σύμφωνα με τον προμηθευτή η αφαίρεση του κελύφους έγινε με χρήση κατάλληλης συσκευής.

3.2 Πείραμα Α: Μελέτη οξείδωσης ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, θερμοκρασίας και του χρόνου αποθήκευσης

Έγινε:

- χρήση υλικών συσκευασίας υψηλού φραγμού [LDPE/EVOH/LDPE, πάχους 75 μm , με διαπερατότητα στο οξυγόνο 2 $\text{mL}/(\text{m}^2 \text{ d atm})$ σε σχετική υγρασία 75% (RH), στους 20 °C] εν συγκρίσει με υλικά συσκευασίας φραγμού [PET//LDPE, πάχους 75 μm , με διαπερατότητα στο οξυγόνο 103 $\text{mL}/(\text{m}^2 \text{ d atm})$ σε σχετική υγρασία 75% (RH), στους 20 °C] στο οξυγόνο
- χρήση απορροφητών οξυγόνου (Ageless SS Type) εν συγκρίσει με τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου
- συντήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες (4 °C) εν συγκρίσει με την αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (20 °C) και τέλος
- συντήρηση στο σκοτάδι σε σχέση με συντήρηση στο φως (825±50 lux)

Θα πρέπει να σημειωθεί πως οι συνθήκες αποθήκευσης οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα μελέτη κρίνονται ρεαλιστικές σε σχέση με αυτές που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των ξηρών καρπών στη βιομηχανία τροφίμων σήμερα. Είναι χαρακτηριστικό πως το 85% των συσκευασμένων ξηρών καρπών σήμερα στην Ελλάδα αλλά και διεθνώς, συσκευάζεται σε σακουλάκια ή σκαφίδια κατασκευασμένα από το υλικό PET//LDPE, σε ατμόσφαιρα αζώτου και αποθηκεύονται προς πώληση στα ράφια των καταστημάτων σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τέλος, η χρήση του απορροφητή οξυγόνου ελαχιστοποιεί την αλλοίωση των τροφίμων που οφείλεται στο οξυγόνο. Η αποτελεσματικότητα των απορροφητών που κυκλοφορούν στο εμπόριο στηρίζεται στην οξείδωση του σιδήρου (1 g σιδήρου αντιδρά με 300 ml O_2) $4 \text{ Fe}^{2+} + 3 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{ Fe(OH)}_3$ (Day, 2008). Ο απορροφητής οξυγόνου Ageless (Mitsubishi Gas Chemical Co., Japan) είναι το πιο γνωστό

εμπορικό προϊόν που βασίζεται στην οξείδωση του σιδήρου. Το προϊόν είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε να προκαλεί ελάττωση του ποσοστού οξυγόνου στο εσωτερικό της συσκευασίας σε επίπεδα μικρότερα από 0.01%.

3.2.1 Σχεδιασμός πειράματος Α

Για τις ανάγκες του πειράματος το ήμισυ της ποσότητας των ολοκλήρων αμυγδάλων συσκευάστηκε στα προαναφερθέντα υλικά συσκευασίας σε ατμόσφαιρα αζώτου και τα υπόλοιπα υπό την παρουσία απορροφητών οξυγόνου όπου αυτό απαιτείτο σύμφωνα με το πλάνο του πειράματος (Πίνακας 10) με την χρήση συσκευαστικής μηχανής BOSS μοντέλο N48, Γερμανίας. Το υπόλοιπο 50% των αμυγδάλων τεμαχίστηκε για τη λήψη του δευτέρου υποστρώματος. Ο θρυμματισμός έγινε 3 λεπτά πριν τη συσκευασία του υποστρώματος με χρήση οικιακού μπλέντερ. Τα αμύγδαλα επεξεργάστηκαν στο μπλέντερ ανά πατρίδες των 200g για χρονικό διάστημα 8 δευτερολέπτων. Ακολούθως το θρυμματισμένο υπόστρωμα συσκευάστηκε στα προαναφερθέντα υλικά συσκευασίας σε ατμόσφαιρα αζώτου και τα υπόλοιπα παρουσία απορροφητών οξυγόνου (Πίνακας 10).

Πίνακας 10. Πλάνο Πειράματος Α

Ολόκληρο αμύγδαλο σε ατμόσφαιρα αζώτου					
Φως			Σκοτάδι		
4°C	20°C		4°C	20°C	
PET//LDPE	PET//LDPE		PET//LDPE	PET//LDPE	
LDPE/EVOH/LDPE	LDPE/EVOH/LDPE		LDPE/EVOH/LDPE	LDPE/EVOH/LDPE	
Τεμαχισμένο αμύγδαλο σε ατμόσφαιρα αζώτου					
Φως			Σκοτάδι		
4°C	20°C		4°C	20°C	
PET//LDPE	PET//LDPE		PET//LDPE	PET//LDPE	
LDPE/EVOH/LDPE	LDPE/EVOH/LDPE		LDPE/EVOH/LDPE	LDPE/EVOH/LDPE	
Ολόκληρο αμύγδαλο σε ατμόσφαιρα αέρα σε συνδυασμό με χρήση απορροφητή οξυγόνου					
Φως			Σκοτάδι		
4°C	20°C		4°C	20°C	
PET//LDPE	PET//LDPE		PET//LDPE	PET//LDPE	
LDPE/EVOH/LDPE	LDPE/EVOH/LDPE		LDPE/EVOH/LDPE	LDPE/EVOH/LDPE	
Τεμαχισμένο αμύγδαλο σε ατμόσφαιρα αέρα σε συνδυασμό με χρήση απορροφητή οξυγόνου					
Φως			Σκοτάδι		
4°C	20°C		4°C	20°C	
PET//LDPE	PET//LDPE		PET//LDPE	PET//LDPE	
LDPE/EVOH/LDPE	LDPE/EVOH/LDPE		LDPE/EVOH/LDPE	LDPE/EVOH/LDPE	

Θα πρέπει να σημειωθεί πως μετά από κάθε δειγματοληψία τα δείγματα αποθηκεύονταν σε καταψύκτη (-18 °C) έως τη διεκπεραίωση των καθορισμένων αναλύσεων.

3.3 Πείραμα B: Μελέτη επίδρασης γ-ακτινοβολίας στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ολόκληρων αμυγδάλων κατόπιν ακτινοβόλησης (Πείραμα B1) και μακροχρόνιας αποθήκευσής τους ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού και δόσης ακτινοβολίας (Πείραμα B2)

Έγινε μελέτη:

- της επίδρασης αυξανόμενων δόσεων γ-ακτινοβολίας με απώτερο σκοπό την εύρεση της δόσης εκείνης που προκαλεί τις λιγότερες δυνατές μεταβολές στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ολόκληρων αμυγδάλων
- χρήσης υλικών συσκευασίας υψηλού φραγμού [PET-SiOx//LDPE, πάχους 62 μm , με διαπερατότητα στο οξυγόνο 1,4 $\text{mL}/(\text{m}^2 \text{ d atm})$ σε σχετική υγρασία 75% (RH), στους 20 °C] εν συγκρίσει με υλικά συσκευασίας φραγμού [PET//LDPE, πάχους 75 μm , με διαπερατότητα στο οξυγόνο 103 $\text{mL}/(\text{m}^2 \text{ d atm})$ σε σχετική υγρασία 75% (RH), στους 20 °C] στο οξυγόνο
- χρήσης απορροφητών οξυγόνου (Ageless SS Type) εν συγκρίσει με τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου και τέλος
- συντήρησης στο σκοτάδι σε σχέση με συντήρηση στο φως (825 $\pm$ 50 lux)

Το πείραμα β χωρίστηκε σε δύο επιμέρους πειράματα.

3.3.1 Σχεδιασμός πειράματος B1

Στο πρώτο μέρος του πειράματος ολόκληρα αμύγδαλα συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου και ακολούθως (έκτος των δειγμάτων αναφοράς) ακτινοβολήθηκαν με πηγή 150kCi ^{60}Co σε δόσεις 1, 1,5, 3, 5, και 7 kGy, με μία μέση απόκλιση της τάξης του $\pm 10\%$ από την επιθυμητή δόση ακτινοβολίας. Οι δόσεις ακτινοβολίας που επιλέχθηκαν σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα κρίνονται ως κατάλληλες για την εξυγίανση των ξηρών καρπών έναντι εντόμων, ζυμών, μυκήτων καθώς και εξυγίανση στην περίπτωση παρουσίας μυκοτοξινών (ICGFI, 1995; Hilmy *et al.*, 1995 Aziz & Mousa, 2004; Navaiz *et al.*, 1992). Κατά τη διάρκεια της ακτινοβόλησης πραγματοποιήθηκε η τακτική περιστροφή της κάθε σακούλας κατά 180° με σκοπό την ομοιόμορφη ακτινοβόληση των δειγμάτων.

Μετά την ακτινοβόληση τα αμύγδαλα αξιολογήθηκαν όσον αφορά τη μεταβολή του αριθμού υπεροξειδίων, των πτητικών συστατικών, της σύνθεσης λιπαρών οξέων, του χρώματος (αντικειμενικά και υποκειμενικά) καθώς της γεύσης και οσμής.

3.3.2 Σχεδιασμός πειράματος B2

Στο δεύτερο μέρος του πειράματος B ολόκληρα αμύγδαλα συσκευάστηκαν στο πειραματικό υλικό συσκευασίας υψηλού φραγμού (PET-SiOx//LDPE) εν συγκρίσει με το υλικό συσκευασίας PET//LDPE παρουσία απορροφητών οξυγόνου εν συγκρίσει με τη χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου και ακολούθως (έκτος των δειγμάτων αναφοράς) ακτινοβολήθηκαν με πηγή 150kCi ^{60}Co σε δόσεις 1 και 3 kGy (όπως πρόκυψε από το πείραμα B1), με μία μέση απόκλιση της τάξης του $\pm 10\%$ από την επιθυμητή δόση ακτινοβολίας. Κατά τη διάρκεια της ακτινοβόλησης πραγματοποιήθηκε η τακτική περιστροφής της κάθε σακούλας κατά 180° με σκοπό ομοιόμορφη ακτινοβόληση των δειγμάτων.

Ακολούθως επιλέχθηκε η συντήρηση των αμυγδάλων σε θερμοκρασία 20°C και τέλος συντήρηση στο σκοτάδι σε σχέση με συντήρηση στο φώς για χρονικό διάστημα 12 μηνών (Πίνακας 11).

Πίνακας 11. Πλάνο Πειράματος B2

Αποθήκευση υπό φωτισμό	
Ολόκληρο αμύγδαλο σε ατμόσφαιρα αζώτου	
1 KGy	3 KGy
PET//LDPE	PET//LDPE
PET-SiOx//LDPE	PET-SiOx//LDPE
Ολόκληρο αμύγδαλο σε ατμόσφαιρα αέρα σε συνδυασμό με χρήση απορροφητή οξυγόνου	
1 KGy	3 KGy
PET//LDPE	PET//LDPE
PET-SiOx//LDPE	PET-SiOx//LDPE
Αποθήκευση στο σκοτάδι	
Ολόκληρο αμύγδαλο σε ατμόσφαιρα αζώτου	
1 KGy	3 KGy
PET//LDPE	PET//LDPE
PET-SiOx//LDPE	PET-SiOx//LDPE
Ολόκληρο αμύγδαλο σε ατμόσφαιρα αέρα σε συνδυασμό με χρήση απορροφητή οξυγόνου	
1 KGy	3 KGy
PET//LDPE	PET//LDPE
PET-SiOx//LDPE	PET-SiOx//LDPE

3.3 Αντιδραστήρια

- Πρότυπο διάλυμα εξανάλης (Fluca, Αγγλία)
- Δείκτης Άμυλου (Merck, Γερμανία)
- Χλωροφόρμιο (Merck, Γερμανία)
- Εξάνιο (Merck, Γερμανία)
- Ιωδιούχο κάλιο (Merck, Γερμανία)
- Διαιθυλαιθέρας (Merck, Γερμανία)
- Άζωτο καθαρότητας 99,999% (Messer Hellas)
- Απιονισμένο νερό
- Μεθανολικό διάλυμα υδροξειδίου του καλίου 2N (Merck, Αγγλία)

3.4 Όργανα

- Αέριο Χρωματογράφος με Ανιχνευτή Ιονισμού Φλόγας (Hewlett Packard 5890 Series II)
- Αέριος χρωματογράφος/φασμαματογράφος μαζών (Agilent GC 7890A σε συνδυασμό με Agilent 5975C Mass Spectrometer, Wilmington, DE, USA)
- Χρωματόμετρο Hunter Lab model DP-9000 (Hunter Associates Laboratory, Reston, VA, USA)
- Συσκευή θερμοσυγκόλλησης και δημιουργίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας (Boss, Model type: Ne 48)
- Συσκευή έλεγχου σύστασης αερίων τροποποιημένης ατμόσφαιρας (PBI CheckMate 9900)
- Μείκτης αερίων (PBI Dansensor MAP Mix 9000 Gas mixer)
- Η ακτινοβολία των αμυγδάλων έγινε στο εργοστάσιο ΕΛ. ΒΙΟ. ΝΥ Α.Ε. στη Μάνδρα Αττικής με πηγή 150kCi ⁶⁰Co σε δόση 1 kGy/ ώρα, με μία μέση απόκλιση της τάξης του $\pm 10\%$ από την επιθυμητή δόση ακτινοβολίας.
- Η δόση ακτινοβολίας μετρήθηκε με τη χρήση δοσημέτρων Harwell Perspex Polymethylmethacrylate Amber 3042
- Η απορρόφηση μετρήθηκε με τη χρήση φασματοφωτομέτρου CamSpec (CamSpec Ltd, Cambridge, UK) M 201 UV στα 640 nm.

3.5 Μέθοδοι

3.5.1 Μέθοδος παραλαβής/απομόνωσης λίπους κατα Welmann

Για τον προσδιορισμό του αριθμού υπεροξειδίων λήφθηκαν 2 γραμμάρια λίπους αμυγδάλου. Η παραλαβή του λίπους έγινε με τη μέθοδο Welmann (Κώδικας Τροφίμων και Ποτών του Γενικού Χημείου του Κράτους 1976). Η μέθοδος έχει ως εξής: 5 γραμμάρια κονιοποιημένου δείγματος μεταφέρονται σε διαχωριστική φιάλη των 250 ml με εσφυρισμένο στόμιο και πώμα. Σε αυτή προστίθενται 100ml διαιθυλαιθέρα και 10 ml απιονισμένου νερού. Το όλο διάλυμα αναταράσσεται ζωηρά και εν συνεχεία αφήνεται σε ηρεμία για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 24 ωρών. Ακολούθως λαμβάνονται 50ml από την αιθερική στιβάδα και μεταφέρονται σε κρυσταλλωτήριο το οποίο τοποθετείται σε υδατόλουτρο με σκοπό την απομάκρυνση του διαιθυλαιθέρα. Η παραλαβή του λίπους γίνεται μετά από ξήρανση του κρυσταλλωτηρίου στους 105°C για 4 λεπτά. Τέλος ζυγίζεται το κρυσταλλωτήριο με το περιεχόμενο λίπος.

Το ποσοστό του περιεχομένου λίπους υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\gamma = \frac{200\beta}{\alpha}$$

α

όπου α= Βάρος δείγματος (g)

β= Βάρος ζυγισθέντος λίπους (g) [Αρχικό-τελικό βάρος κρυσταλλωτηρίου]

γ= Ποσοστό περιεχομένου λίπους (%)

Παρατηρήσεις-Κρίσιμα σημεία μεθόδου κατα Welmann

- Πλήρης κονιοποίηση του δείγματος. Σε αντίθετη περίπτωση όπου η κονιορτοποίηση του δείγματος είναι ατελής αποτέλεσμα είναι η μείωση της απόδοσης της μεθόδου λόγω της μειωμένης επιφάνειας επαφής μεταξύ διαιθυλαιθέρα και αμυγδάλου.
- Η εξάτμιση του διαιθυλαιθέρα είναι απαραίτητο να γίνεται σε υδατόλουτρο του οποίου η θερμοκρασία δεν ξεπερνά τους 40 °C γιατί σε αντίθετη περίπτωση εξαιτίας της βίαιης εξάτμισης του διαλύτη συμπαρασύρεται και το ενυπάρχον λίπος με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης της μεθόδου.

3.5.2 Αριθμός υπεροξειδίων

Ο Αριθμός υπεροξειδίων (AY) αποτελεί μέτρο του βαθμού πρωτογενούς οξείδωσης μίας λιπαρής ύλης. Ο προσδιορισμός του αριθμού υπεροξειδίων γίνεται με βάση τη μέθοδο του COI (1984) και της Ευρωπαϊκής ένωσης (2568/91) ως εξής: Σε κωνική φιάλη με εσφυρισμένο πώμα χωρητικότητας 250 ml ζυγίζεται με ακρίβεια 0,0001g, ποσότητα 0,3 έως 2 g λίπους αμυγδάλου, αναλόγως του χρόνου δειγματοληψίας και του αναμενόμενου αριθμού υπεροξειδίων. Ακολούθως προστίθενται 10ml CHCl_3 , 15ml CH_3COOH και 1ml κορεσμένου διαλύματος KI. Η φιάλη πωματίζεται αμέσως, αναταράσσεται ζωηρά επί ένα λεπτό και αφήνεται σε χώρο σκοτεινό επί 5 λεπτά. Στη συνέχεια στο μίγμα προστίθενται 75ml νερού και το απελευθερούμενο ιώδιο ογκομετρείται με διάλυμα 0,002 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (για τιμές AY<100) ή με διάλυμα 0,01N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (για τιμές AY >100). Συγχρόνως εκτελείται και λευκός προσδιορισμός.

Ο αριθμός υπεροξειδίων υπολογίζεται από τη ακόλουθη σχέση:

$$AY = \frac{1000 \alpha N}{\beta} \quad (\text{O}_2 \text{ meq/Kg})$$

β

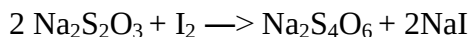
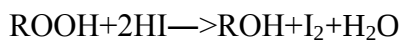
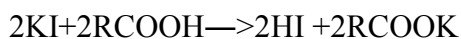
όπου: α= κατανάλωση σε ml διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ μείον την κατανάλωση του

τυφλού προσδιορισμού σε ml διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

N= κανονικότητα διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

β= βάρος του δείγματος σε g

Οι αντιδράσεις που λαβαίνουν χώρα κατά τον προσδιορισμό είναι οι εξής:



3.5.3 Ημι-ποσοτικός προσδιορισμός πτητικών συστατικών

Με σκοπό τη βελτιστοποίηση των συνθηκών προσδιορισμού των πτητικών συστατικών για τη μικροεκχύλιση στερεάς φάσης σε συνδυασμό με την αέρια χρωματογραφία/φασματοσκοπία μαζών (SPME-GC/MS) αξιολογήθηκαν οι εξής παράμετροι: τύπος ίνας, χρόνος προσρόφησης πτητικών συστατικών, βάρος δείγματος και θερμοκρασία θέρμανσης του δείγματος. Αξιολογήθηκαν επίσης οι ακόλουθες έξι ίνες με διαφορετική επίστρωση:

polyacrylate πάχους 85 mms, PDMS πάχους 100 mm, CAR/PDMS πάχους 75 mm, PDMS/DVB πάχους 65 mm, CAR/DVB πάχους 65 mm και DVB/PDMS/CAR 50–30 mm. Εκ των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η ίνα 75-mm CAR/PDMS εμφάνισε την υψηλότερη ικανότητα προσρόφησης. Επίσης όσον αφορά τον χρόνο και τη θερμοκρασία θέρμανσης δοκιμάστηκε η θέρμανση από 5 έως και 45 λεπτά σε θερμοκρασίες 30 έως 70 °C. Ο ιδανικός χρόνος βρέθηκε ότι ήταν αυτός της θέρμανσης για 15 λεπτά στους 60 °C με ακόλουθη έκθεση της ίνας για άλλα 15 λεπτά στον υπερκείμενο χώρο του φιαλιδίου. Η ποσότητα του δείγματος επιλέχθηκε να είναι τα 0,1 g διαλυμένα σε 1 ml διαλύματος NaCl 0,1M. Η προσθήκη του νερού έγινε με σκοπό τη δημιουργία ενός ομογενούς μίγματος θρυμματισμένου αμυγδάλου. Το NaCl προστέθηκε με σκοπό την αύξηση της ιοντικής ισχύος του διαλύματος και την ευκολότερη απελευθέρωση των πτητικών στον υπερκείμενο χώρο του δοχείου για τη λήψη αναπαραγωγίσιμων αποτελεσμάτων. Η ένωση 4-μεθυλ-2-πεντανόνη επιλέχθηκε ως εσωτερικό πρότυπο γιατί δεν απαντά φυσικώς στα αμύγδαλα και δεν συμπίπτει με καμιά από τις πτητικές ενώσεις του προϊόντος.

Λαμβανομένων υπόψη των παραπάνω δεδομένων τόσο για την επιλογή της ίνας, όσο και της στήλης και του θερμοκρασιακού προγράμματος καταλήξαμε στην επιλογή της ίνας 75mm Carboxen-PDMS της εταιρίας Supelco, της στήλης DB-5ms (60m x 0,320 mm i.d & 1 μm, film thickness, J&W Scientific, Agilent Technologies, USA) και του ακόλουθου θερμοκρασιακού προγράμματος:

Θερμοκρασία φούρνου: 40°C

Παραμονή φούρνου σε αρχική θερμοκρασία: 5 λεπτά

Πρόγραμμα θερμοκρασίας: 15°C ανά λεπτό

Τελική θερμοκρασία: 230°C

Θερμοκρασία εισαγωγέα: 250°C

Θερμοκρασία transfer line: 230°C

Φέρον αέριο ήλιο με ροή 0,8 ml/λεπτό

1:2 split ratio

Η συλλογή και η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με χρήση του προγράμματος MSD ChemStation E.01.00.237 κατάλληλο για το πρόγραμμα Windows. Η ταυτοποίηση των ενώσεων έγινε:

- με σύγκριση των θραυσμάτων που λαμβάνονταν από την ανάλυση των θραυσμάτων μαζών και των προτύπων τις βιβλιοθήκης Wiley7, Nist 05, J.Wiley & Sons Ltd., West Sussex, England.

- επίσης, για την ταυτοποίηση των πτητικών ενώσεων έγινε βαθμονόμηση του αεριοχρωματογράφου με σειρά αλκανίων, προσδιορίζοντας το δείκτη κατακράτησης κατά Kovats, για κάθε ένωση, σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο 1 (Kovats, 1958).

$$I^T = 100 \left[\frac{t_{Ri}^T - t_{Rz}^T}{t_{R(z+1)}^T - t_{Rz}^T} + z \right] \quad (1)$$

Όπου

I = Δείκτης Kovats ένωσης A,

t_{Ri} =ο χρόνος κατακράτησης της ένωσης A

t_{Rz} = ο χρόνος έκλουσης του αλκανίου που εξέρχεται από την χρωματογραφική στήλη αμέσως πριν από ένωση A

$t_{R(z+1)}$ = ο χρόνος έκλουσης του αλκανίου που εξέρχεται από την χρωματογραφική στήλη αμέσως μετά την ένωση A

z = αριθμός ατόμων άνθρακα του αλκανίου που εξέρχεται από την χρωματογραφική στήλη αμέσως πριν από ένωση A

Παράδειγμα εφαρμογής τύπου 1

Αλκάνιο	Χρόνος έκλουσης (λεπτά)
C ₉ H ₂₀	15,034
C ₁₀ C ₂₂	17,615

Χρόνος κατακράτησης επτανάλης: 15,168 λεπτά

$$I=100 \left[\frac{15.168 - 15.034}{17.615 - 15.034} + 9 \right] = 905.19$$

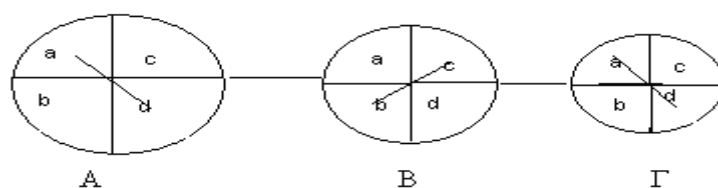
Εν συνεχεία συγκρίναμε τους δείκτες Kovats που υπολογίστηκαν με αυτούς της βιβλιοθήκης NIST 05 (Wiley7, Nist 05, (J.Wiley & Sons Ltd., West Sussex, England). Για συγκεκριμένη στατική φάση, ο δείκτης Kovats κάθε ουσίας είναι χαρακτηριστική σταθερά, ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες συνθήκες ανάλυσης (Βουδούρης & Κοντομηνάς, 2004).

Επίσης βρέθηκε ότι το όριο ανίχνευσης της μεθόδου ήταν 0,27 mg/kg καρπού.

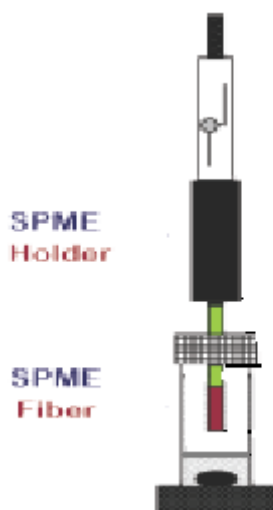
Η διαδικασία προσδιορισμού των πτητικών συστατικών που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

- Σγραμμάρια κατεψυγμένου αμυγδάλου αλέθονται με χρήση μπλέντερ. (Επιλέχθηκε η κατάψυξη των δειγμάτων αμέσως μετά από κάθε δειγματοληψία προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες πτητικών συστατικών.)
- λαμβάνονται 0,1 γραμμαρίων αμυγδάλου μετά από ελάττωση του μεγέθους του δείγματος σε κονιοποιημένη μορφή σε τρία στάδια. (Εικόνα 3). Αρχικά στο στάδιο 1 το δείγμα κατανέμεται έτσι ώστε να σχηματιστεί ένας κύκλος που χωρίζεται σε τέσσερα μέρη. Από αυτό τον κύκλο λαμβάνονται με χρήση σπάτουλας τα τμήματα a και d. Επανασχηματίζεται ένας κύκλος και με την ίδια διαδικασία λαμβάνονται τα τμήματα c και b. Ακολούθως επαναλαμβάνεται η μέθοδος και από τα τμήματα a και d του τρίτου σταδίου λαμβάνονται 0,1 γραμμάρια αμυγδάλου.

Εικόνα 3. Ελάττωση του μεγέθους του δείγματος σε θρυμματισμένη μορφή σε τρία στάδια



- Τα 0,1 γραμμάρια αμυγδάλου τοποθετούνται σε φιαλίδιο χωρητικότητας 10 ml και προστίθεται 1 ml διαλύματος NaCl 0,1 M, 20 μl εσωτερικού προτύπου $1,6 \cdot 10^{-4}$ M και μαγνητικός αναδευτήρας για να μπορέσει να επιτευχθεί πιο σύντομα η ισορροπία. Ακολούθως το φιαλίδιο σφραγίζεται με χρήση καπακιού του οποίου το τμήμα που έρχεται σε επαφή με το δείγμα είναι κατασκευασμένο από τεφλόν.
- Το όλο δείγμα τοποθετείται σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 60,0 °C για 10 λεπτά με σκοπό την εκχύλιση των πτητικών συστατικών στον υπερκείμενο χώρο.
- Ακολούθως έχουμε τοποθέτηση της ίνας εντός του φιαλιδίου μετά από τρύπημα του πλαστικού καπακιού. Η ίνα τοποθετείται στον υπερκείμενο χώρο πάνω από το εξισορροπημένο δείγμα.
- Η ίνα παραμένει εκτεθειμένη στο υπερκείμενο χώρο για 10 λεπτά και ακολούθως εισάγεται στον εισαγωγέα για απελευθέρωση των πτητικών συστατικών του αμυγδάλου που είχε απορροφήσει από τον υπερκείμενο χώρο του φιαλιδίου.

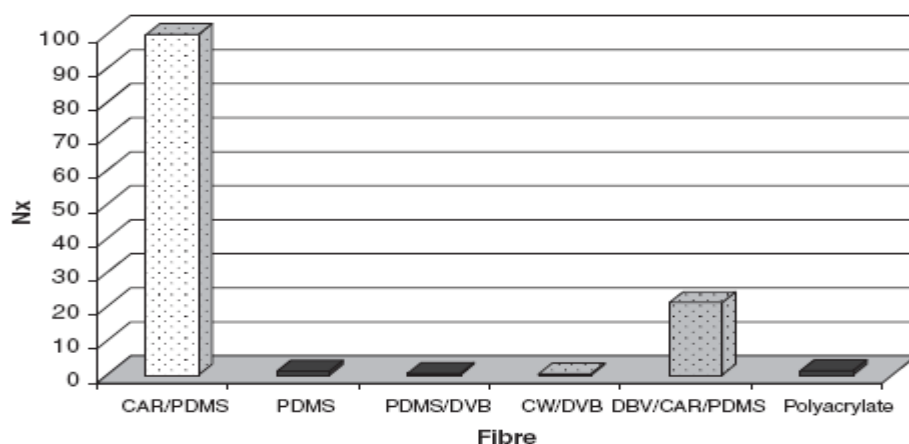


Εικόνα 4. Συσκευή τεχνικής εκχύλισης στερεάς φάσης (SPME)

3.5.4 Ποσοτικός προσδιορισμός εξανάλης

Όπως έχει αναφερθεί η εξανάλη είναι το κύριο προϊόν οξείδωσης του λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2\ n-9,12}$). Για τον προσδιορισμό της εξανάλης χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της μικροεκχύλισης στερεάς φάσης σε συνδυασμό με την αέρια χρωματογραφία με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας.

Για την επιλογή της ίνας που χρησιμοποιήθηκε στη μικροεκχύλιση στερεάς φάσης λήφθηκαν υπόψη τα δεδομένα των Pastorelli *et al.* (2006) οι οποίοι δοκίμασαν τις παρακάτω ίνες: PDMS πάχους 100 mm, CAR/PDMS πάχους 75 mm, PDMS/DVB πάχους 65 mm, CAR/DVB πάχους 65 mm και τέλος DVB/PDMS/CAR πάχους 50–30 mm. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης των ινών εμφανίζονται στο διάγραμμα 18.



Διάγραμμα 18. Σύγκριση ινών εμπορίου όσον αφορά την ικανότητα απορρόφησης εξανάλης. **Πηγή:** Pastorelli *et al.*, 2006

Λαμβανομένων υπόψη των παραπάνω δεδομένων όπως επίσης και εκείνων των Jensen *et al.* (2003); Braddock *et al.* (1995); Mate *et al.* (1996); Grosso & Resurreccion (2002); Crowe & White (2003a,b) τόσο για την επιλογή της ίνας, όσο και της στήλης και του θερμοκρασιακού προγράμματος καταλήξαμε στην επιλογή της ίνας Carboxen-PDMS πάχους 75 mm της εταιρίας Supelco, της στήλης HP-5 (Cross linked 5% PH ME Silixane 30m X 0,32 mm X 0,25 µm Film Thickness) και του ακόλουθου θερμοκρασιακού προγράμματος:

Θερμοκρασία φούρνου: 40°C

Παραμονή φούρνου σε αρχική θερμοκρασία: 5 λεπτά

Πρόγραμμα θερμοκρασίας: 15°C ανά λεπτό

Τελική θερμοκρασία: 230°C

Θερμοκρασία εισαγωγέα: 270°C

Θερμοκρασία ανιχνευτή: 330°C

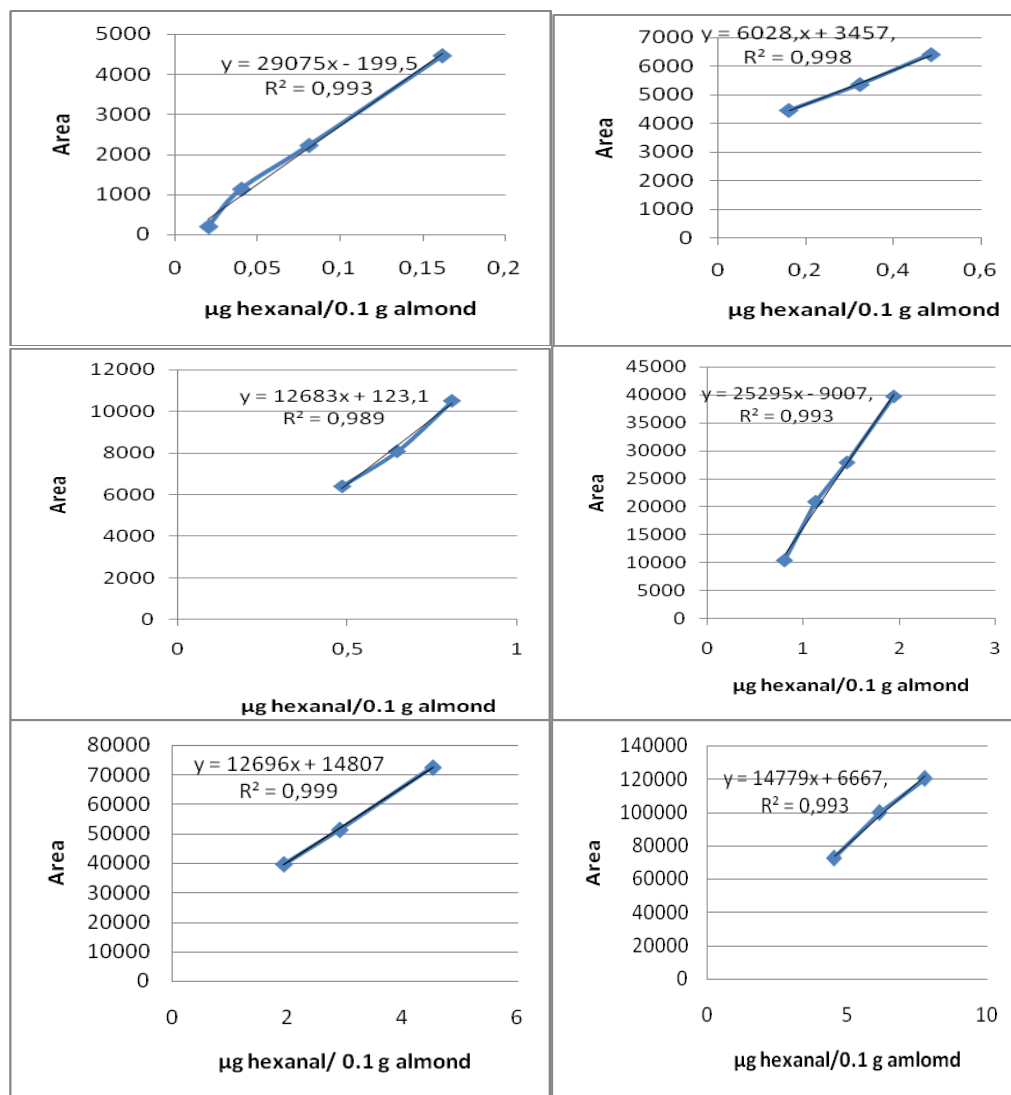
Φέρον αέριο ήλιο με ροή 0,8 ml/λεπτό

1:2 split ratio

Η διαδικασία προσδιορισμού της εξανάλης που ακολουθήθηκε είναι σχεδόν ίδια με εκείνη που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό των πτητικών συστατικών με τις εξής διαφορές:

- κατά τον προσδιορισμό της εξανάλης δεν προστίθεται εσωτερικό πρότυπο όπως γίνεται στο τρίτο στάδιο κατά τον προσδιορισμό των συνολικών πτητικών συστατικών.
- Ο χρόνος εκρόφησης της εξανάλης στον υπερκείμενο χώρο του φιαλιδίου (θέρμανσης του φυαλιδίου) καθορίστηκε στα 10 λεπτά όπως και ο χρόνος έκθεσης της ίνας στον υπερκείμενο χώρο καθορίστηκε στα 10 λεπτά.

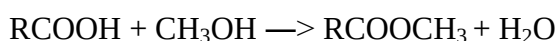
Ακολούθως κατασκευάστηκαν πρότυπες καμπύλες εξανάλης (Διάγραμμα 19).



Διάγραμμα 19. Διαγράμματα πρότυπων καμπυλών εξανάλης.

3.5.5 Προσδιορισμός λιπαρών οξέων

Ζυγίζεται ποσότητα ελαίου αμυγδάλου ίση με 0,2g (τα οποία παραλήφθηκαν με εκχύλιση κατά Wellman) και διαλύεται σε 3ml εξανίου. Αναταράσσεται ζωηρά και έπειτα προστίθενται 0,4 ml μεθανολικού διαλύματος καυστικού καλίου 2N. Οι παραγόμενοι μεθυλεστέρες παραλαμβάνονται από την υπερκείμενη στοιβάδα, μετά από φυγοκέντρωση (Συνθήκες φυγοκέντρωσης: 1400στροφές/min για 5 λεπτά) (EEC 2568/91). Ακολούθως ενίεται 1 μl από την υπερκείμενη στοιβάδα στο χρωματογράφο.



Αεριοχρωματογραφικές συνθήκες:

Θερμοκρασία φούρνου: 180°C

Παραμονή φούρνου σε αρχική θερμοκρασία: 5 λεπτά

Πρόγραμμα θερμοκρασίας: 3°C ανά λεπτό

Τελική θερμοκρασία: 240°C για 10 min

Θερμοκρασία εισαγωγέα: 250°C

Θερμοκρασία liner: 230°C

Φέρον αέριο ήλιο με ροή 1,2 ml/λεπτό

Στήλη: Inowax, (30m X 0,32 mm X 0,5 μm Film Thickness J&W Scientific, Agilent Technologies, USA)

3.5.6 Μέτρηση χρώματος

20 αμύγδαλα (≈35 g) ανά δείγμα τοποθετηθήκαν σε γυάλινο τρυβλίο (διαμέτρου 11.3 cm και ύψους 2 cm) το οποίο εν συνεχεία τοποθετήθηκε στην οπή του χρωματόμετρου Hunter Lab. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σύμφωνα με το σύστημα Hunter (L*, a* και b*). Για κάθε μία μέτρηση έγιναν 10 επαναλήψεις.

3.5.7 Οργανοληπτική αξιολόγηση

Στην ομάδα οργανοληπτικής αξιολόγησης συμμετείχαν 7 έμπειρα μέλη του Εργαστηρίου Χημείας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Κατά τον σχεδιασμό του ερωτηματολογίου επιλέχθηκε η χρήση διαβαθμισμένης κλίμακας 9-1 η οποία όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 2,3 είναι η πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενη κλίμακα στη βιβλιογραφία. Οι παράμετροι που αξιολογήθηκαν περιελάμβαναν την αξιολόγηση του

χρώματος, γεύσης, οσμής, και της υφής {Κλίμακα αξιολόγησης χρώματος, γεύσης, οσμής : 9-1 (9=πολύ αποδεκτό, 1=μη αποδεκτό). Κλίμακα αξιολόγησης υφής: 9-1 (1=πολύ τραγανό, 9=πολύ μαλακό)}. Ως κατώτατο όριο αποδοχής του προϊόντος ορίστηκε η βαθμολογία 5.

3.6 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Η στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έγινε με χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS 16 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Προκειμένου να βρεθεί σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Ανάλυσης Διακύμανσης. Ως όριο εμπιστοσύνης ορίστηκε το 95% ($p < 0,05$).

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΠΕΙΡΑΜΑ Α: Μελέτη οξείδωσης ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου ως συνάρτηση του είδους της συσκευασίας, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, χρήσης απορροφητή οξυγόνου, φωτός, θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης

4.0 Έλεγχος τροποποιημένης ατμόσφαιρας υπερκείμενου χώρου συσκευασίας ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου

Εκ των αποτελεσμάτων των Πινάκων 12 και 13, που ακολουθούν, προκύπτει ότι η συγκέντρωση του αζώτου εντός της συσκευασίας, για τα αμύγδαλα (ολόκληρα και τεμαχισμένα) τα οποία συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE, μειώθηκε κάτω του 98,0 και 97,5 %, αντίστοιχα, μόλις μετά την πάροδο 2 μηνών αποθήκευσης με αποτέλεσμα την έκθεση των καρπών στο οξυγόνο. Αντίθετα στην περίπτωση χρήσης των απορροφητών οξυγόνου η συγκέντρωση του αζώτου διατηρήθηκε σε ποσοστό 99,4 και 99,1 %, αντίστοιχα, ακόμα και μετά από 12 μήνες αποθήκευσης. Στην περίπτωση χρήσης του υλικού συσκευασίας υψηλού φραγμού LDPE/EVOH/LDPE ακόμα και μετά την πάροδο 12 μηνών αποθήκευσης η συγκέντρωση του αζώτου ήταν 98,2 και 98,0 %, αντίστοιχα, ενώ με τη χρήση του απορροφητή οξυγόνου το ποσοστό του αζώτου διατηρήθηκε στο 100% καθ όλη την διάρκεια της αποθήκευσης. Τα παρόντα αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με εκείνα του Jensen *et al.* (2003) οι οποίοι μελέτησαν την επιμήκυνση του χρόνου ζωής των καρυδιών με χρήση απορροφητών οξυγόνου καθώς επίσης και με τα αποτελέσματα προηγούμενων εργασιών μας Mexis *et al.* (2011) και Mexis & Kontominas (2009) όπου μελετήθηκε η επιμήκυνση του χρόνου ζωής ολόκληρων και θρυμματισμένων καρυδιών με χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου.

Πίνακας 12. Μεταβολή του % περιεχομένου αζώτου στον υπερκείμενο χώρο συσκευασίας ολόκληρων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 και 4 °C.

ΔΕΙΓΜΑ	Ημέρα 0	2 μήνες	4 Μήνας	6 μήνας	8 μήνας	10 μήνας	12 μήνας
1. Φως 20 °C PET//LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.0	98.0 ^ε ±0.2	95.4 ^ε ±0.3	94.1 ^δ ±0.3	90.3 ^ε ±0.1	86.8 ^β ±0.2	80.0 ^α ±0.3
2. Φως 4°C PET//LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.0	97.8 ^ε ±0.1	96.2 ^ε ±0.2	94.2 ^δ ±0.1	89.1 ^ε ±0.2	84.9 ^β ±0.3	84.1 ^α ±0.2
3. Σκοτάδι 20 °C PET//LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.0	97.1 ^ε ±0.1	96.0 ^ε ±0.1	92.0 ^δ ±0.1	88.9 ^ε ±0.3	85.3 ^β ±0.1	83.7 ^α ±0.1
4. Σκοτάδι 4°C PET//LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.0	98.9 ^ε ±0.0	96.1 ^ε ±0.1	93.7 ^δ ±0.3	90.2 ^ε ±0.1	87.6 ^β ±0.2	84.2 ^α ±0.2
5. Φως 20 °C LDPE/EVOH/LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.0	99.8 ^δ ±0.0	99.9 ^ε ±0.0	99.7 ^δ ±0.1	99.5 ^ε ±0.0	99.3 ^β ±0.1	98.9 ^α ±0.2
6. Φως 4°C LDPE/EVOH/LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.0	99.9 ^ε ±0.0	99.9 ^ε ±0.0	99.9 ^ε ±0.0	99.5 ^{αβ} ±0.0	99.4 ^α ±0.3	99.0 ^α ±0.1
7. Σκοτάδι 20 °C LDPE/EVOH/LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.0	99.9 ^ε ±0.0	99.8 ^δ ±0.0	99.9 ^ε ±0.0	99.5 ^ε ±0.0	99.1 ^β ±0.0	98.4 ^α ±0.0
8. Σκοτάδι 4°C LDPE/EVOH/LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.0	99.9 ^ε ±0.0	99.9 ^ε ±0.0	99.9 ^ε ±0.0	99.7 ^β ±0.0	99.8 ^β ±0.1	98.2 ^α ±0.0
13. Φως 20 °C PET//LDPE ox.abs	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	99.9 ^δ ±0.0	99.8 ^ε ±0.0	99.2 ^β ±0.0	98.9 ^α ±0.2	98.7 ^α ±0.1
14. Φως 4°C PET//LDPE ox.abs	100 ^δ ±0.0	100 ^δ ±0.0	100 ^δ ±0.0	99.8 ^δ ±0.0	99.0 ^{βε} ±0.0	98.9 ^β ±0.1	98.6 ^α ±0.0
15. Σκοτάδι 20 °C PET//LDPE ox.abs	100 ^δ ±0.0	100 ^δ ±0.0	100 ^δ ±0.0	99.9 ^δ ±0.0	99.0 ^β ±0.0	99.9 ^ε ±0.0	98.4 ^α ±0.1
16. Σκοτάδι 4°C PET//LDPE ox.abs	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	99.9 ^δ ±0.0	100 ^ε ±0.0	99.3 ^ε ±0.0	98.9 ^β ±0.0	98.5 ^α ±0.0
17. Φως 20 °C LDPE/EVOH/LDPE ox.abs	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	99.9 ^β ±0.0	99.5 ^α ±0.0
18. Φως 4°C LDPE/EVOH/LDPE ox.abs	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	99.8 ^β ±0.0	99.7 ^α ±0.0
19. Σκοτάδι 20 °C LDPE/EVOH/LDPE ox.abs	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	99.9 ^β ±0.0	99.7 ^α ±0.0
20. Σκοτάδι 4°C LDPE/EVOH/LDPE ox.abs	100 ^β ±0.0	100 ^β ±0.0	100 ^β ±0.0	100 ^δ ±0.0	100 ^β ±0.0	99.6 ^α ±0.0	99.6 ^α ±0.0

n=3,±S.D ^{a-e}Τιμές στην ίδια γραμμή με διαφορετικούς εκθέτες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους

Πίνακας 13. Μεταβολή του % περιεχομένου αζώτου στον υπερκείμενο χώρο συσκευασίας θρυμματισμένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 και 4 °C.

ΔΕΙΓΜΑ	Ημέρα 0	2 μήνας	4 Μήνας	6 μήνας	8 μήνας	10 μήνας	12 μήνας
1. Φως 20 °C PET//LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.1	97.9 ^ε ±0.2	96.8 ^ε ±0.2	93.2 ^α ±0.1	89.8 ^ε ±0.3	85.1 ^β ±0.1	80.2 ^α ±0.2
2. Φως 4°C PET//LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.1	98.1 ^ε ±0.1	96.3 ^ε ±0.1	92.0 ^α ±0.3	90.3 ^ε ±0.2	82.0 ^β ±0.3	81.0 ^α ±0.3
3. Σκοτάδι 20 °C PET//LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.1	96.1 ^ε ±0.2	95.2 ^ε ±0.2	90.9 ^α ±0.4	87.6 ^ε ±0.3	83.1 ^β ±0.1	82.2 ^α ±0.4
4. Σκοτάδι 4°C PET//LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.1	97.4 ^ε ±0.1	95.3 ^α ±0.1	93.2 ^ε ±0.2	91.7 ^α ±0.2	84.6 ^α ±0.2	84.6 ^α ±0.4
5. Φως 20 °C LDPE/EVOH/LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.1	99.8 ^ε ±0.0	99.9 ^ε ±0.0	99.7 ^α ±0.0	99.0 ^ε ±0.1	98.2 ^α ±0.0	98.4 ^α ±0.1
6. Φως 4°C LDPE/EVOH/LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.1	99.7 ^ε ±0.0	99.8 ^ε ±0.0	99.6 ^α ±0.0	99.3 ^ε ±0.0	98.9 ^β ±0.1	98.7 ^α ±0.0
7. Σκοτάδι 20 °C LDPE/EVOH/LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.1	99.8 ^ε ±0.0	99.6 ^α ±0.0	99.8 ^ε ±0.0	99.0 ^ε ±0.0	98.9 ^β ±0.1	98.2 ^α ±0.0
8. Σκοτάδι 4°C LDPE/EVOH/LDPE N ₂	99.9 ^ε ±0.1	99.9 ^ε ±0.1	99.7 ^ε ±0.0	99.5 ^ε ±0.0	99.6 ^α ±0.0	99.3 ^β ±0.0	98.4 ^α ±0.01
13. Φως 20 °C PET//LDPE ox.abs	100 ^ε ±0.0	99.9 ^ε ±0.1	99.9 ^ε ±0.1	99.7 ^α ±0.0	99.1 ^ε ±0.0	98.5 ^β ±0.1	98.2 ^α ±0.01
14. Φως 4°C PET//LDPE ox.abs	100 ^α ±0.0	100 ^α ±0.0	100 ^α ±0.0	99.8 ^ε ±0.0	99.4 ^β ±0.0	98.5 ^α ±0.1	98.4 ^α ±0.0
15. Σκοτάδι 20 °C PET//LDPE ox.abs	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	99.9 ^α ±0.0	99.5 ^ε ±0.0	99.3 ^β ±0.0	98.8 ^α ±0.1
16. Σκοτάδι 4°C PET//LDPE ox.abs	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	99.9 ^α ±0.0	99.3 ^β ±0.0	99.6 ^ε ±0.0	98.3 ^α ±0.1
17. Φως 20 °C LDPE/EVOH/LDPE ox.abs	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	99.9 ^β ±0.0	99.3 ^α ±0.0
18. Φως 4°C LDPE/EVOH/LDPE ox.abs	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	99.7 ^β ±0.0	99.5 ^α ±0.0
19. Σκοτάδι 20 °C LDPE/EVOH/LDPE ox.abs	100 ^ε ±0.0	99.9 ^β ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	99.9 ^β ±0.0	99.4 ^α ±0.0
20. Σκοτάδι 4°C LDPE/EVOH/LDPE ox.abs	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	100 ^ε ±0.0	99.7 ^β ±0.0	99.3 ^α ±0.0

n=3,±S.D ^{a-e}Τιμές στην ίδια γραμμή με διαφορετικούς εκθέτες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους

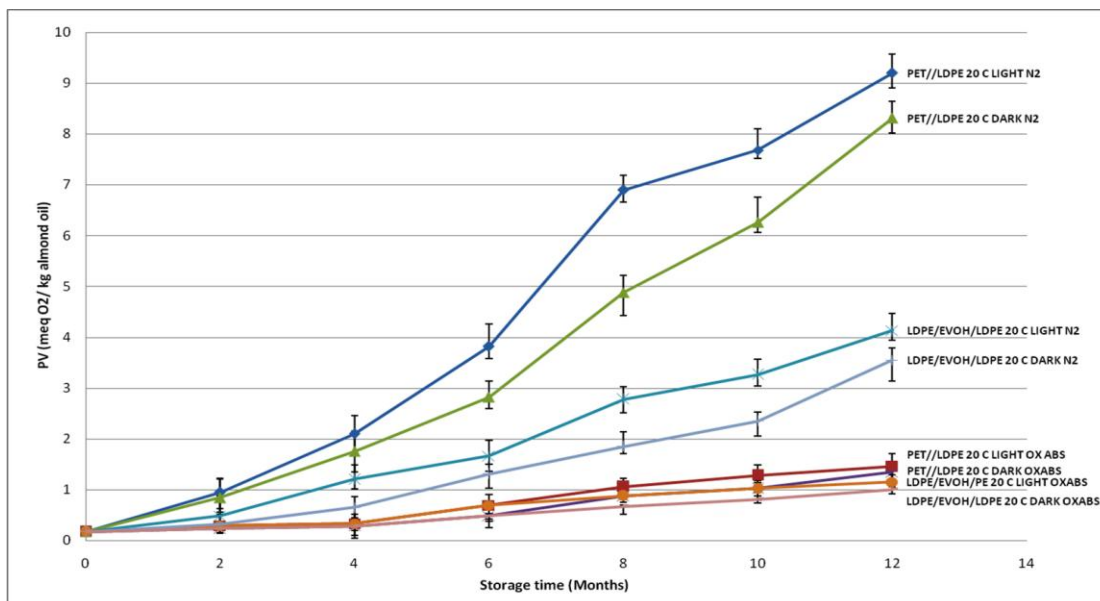
4.1 Χημικές αναλύσεις ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων του ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου. Παρουσιάζονται συγκριτικά τα αποτελέσματα τόσο του ολόκληρου όσο και του θρυμματισμένου αμυγδάλου για την ευκολότερη εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά την επίδραση του θρυμματισμού στην οξείδωση του καρπού. Σημειωτέον ότι στη βιβλιογραφία δεν υπάρχει αντίστοιχη μελέτη χρήσης απορροφητών οξυγόνου στη συντήρηση των αμυγδάλων ολόκληρων είτε θρυμματισμένων, ενώ παράλληλα επίσης δεν υπάρχει αντίστοιχη για θρυμματισμένα αμύγδαλα συσκευασμένα σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου.

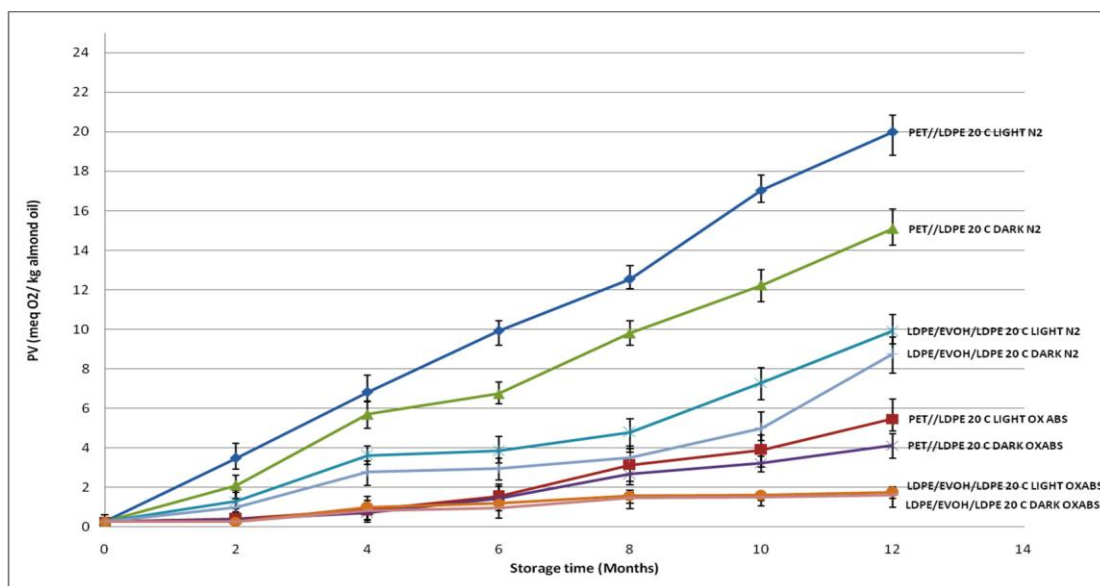
4.1.1 Αριθμός υπεροξειδίων ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου

Τα διαγράμματα 19 έως 22 απεικονίζουν την επίδραση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου και τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, της διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, των συνθηκών φωτισμού, της θερμοκρασίας αποθήκευσης και του χρόνου αποθήκευσης στη συγκέντρωση των πρωτογενών προϊόντων οξείδωσης (AY) του ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου.

Στα διαγράμματα 19 και 20 παρουσιάζεται η επίδραση χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού και του χρόνου αποθήκευσης στη συγκέντρωση υπεροξειδίων του ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου, αντίστοιχα, κατά την αποθήκευση στους 20 °C. Η αρχική πολύ χαμηλή συγκέντρωση σε υπεροξείδια (0,17 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου) που καταγράφηκε για τα αμύγδαλα αποτελεί απόδειξη της φρεσκότητας και του χαμηλού βαθμού οξείδωσης των αμυγδάλων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.



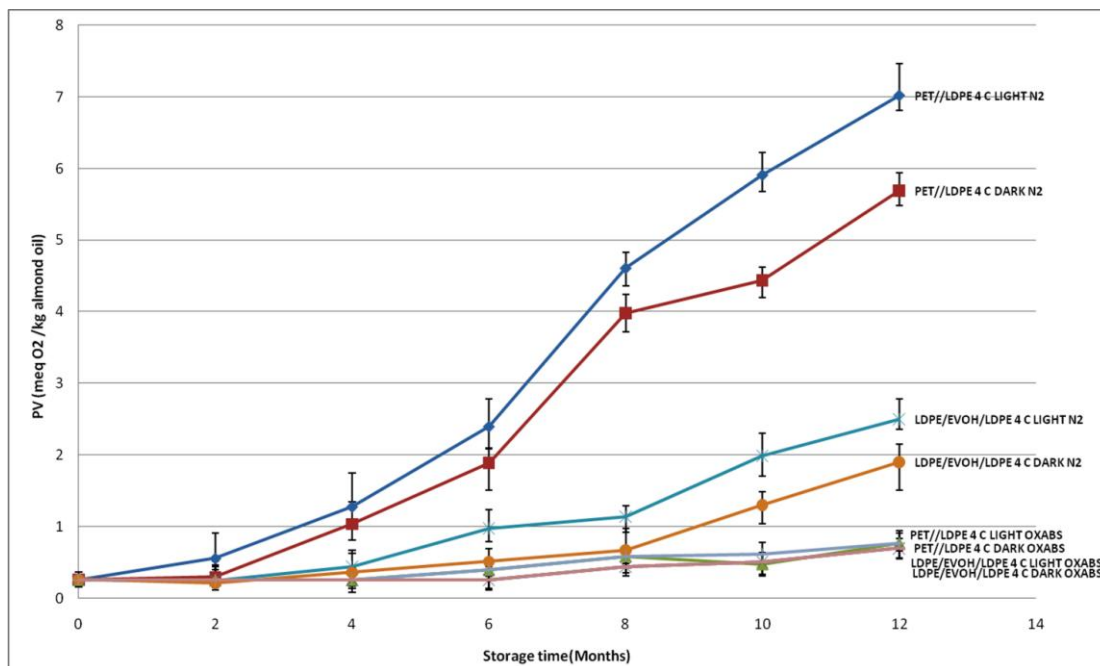
Διάγραμμα 19. Μεταβολή του αριθμού υπεροξειδίων ολόκληρων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.



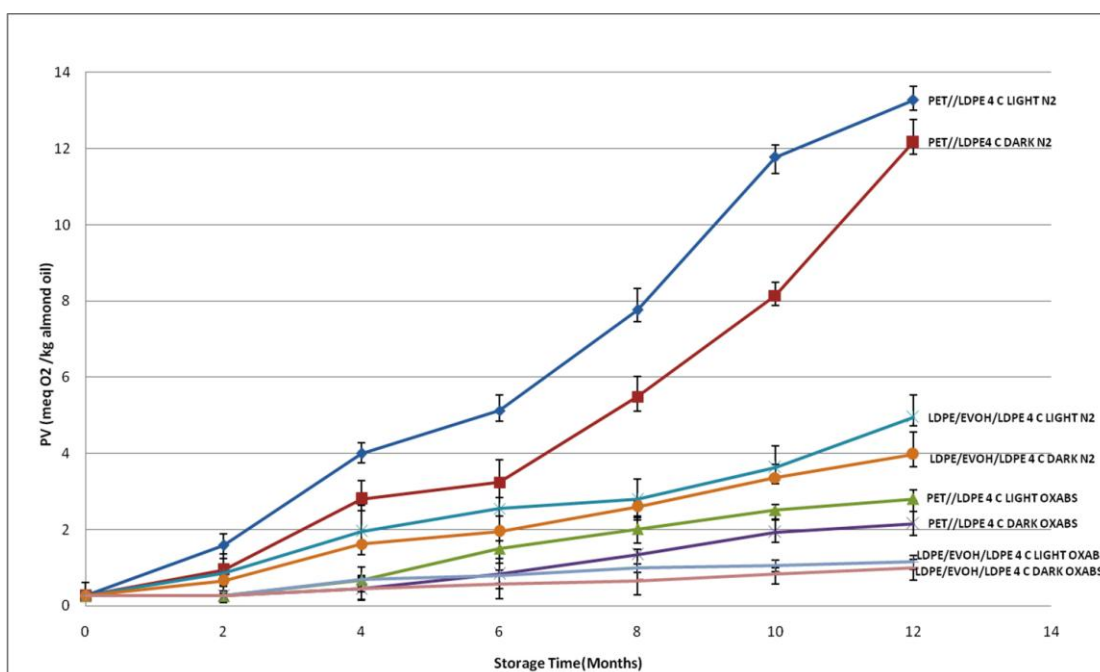
Διάγραμμα 20. Μεταβολή του αριθμού υπεροξειδίων θρυμματισμένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.

Ο χρόνος αποθήκευσης, η διαπερατότητα του υλικού συσκευασίας καθώς και η χρήση απορροφητή οξυγόνου ή ατμόσφαιρας αζώτου βρέθηκε ότι επιδρά σημαντικά ($p < 0,05$) στη συγκέντρωση των υπεροξειδίων τόσο για τα ολόκληρα όσο και για τα θρυμματισμένα αμύγδαλα. Μετά την αποθήκευση 12 μηνών τα ολόκληρα και τα θρυμματισμένα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν στο υλικό LDPE/EVOH/LDPE σε συνδυασμό με τη χρήση απορροφητή οξυγόνου κατέγραψαν τιμές AY 1,15 και 1,62 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου, αντίστοιχα, ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού κατά την αποθήκευσή τους ($p > 0,05$). Παρόμοια αύξηση στην συγκέντρωση των υπεροξειδίων καταγράφηκε στην περίπτωση συσκευασίας των ολόκληρων αμυγδάλων στο υλικό PET//LDPE (1,45 και 5,45 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου), αντίστοιχα, ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού κατά την αποθήκευσή τους. Αντίθετα στην περίπτωση των θρυμματισμένων αμυγδάλων που συσκευάστηκαν στο υλικό PET//LDPE, η επίδραση των συνθηκών φωτισμού ήταν σημαντική ($p < 0,05$) στη συγκέντρωση των υπεροξειδίων αφού στην περίπτωση αποθήκευσης υπό φωτισμό καταγράφηκαν τιμές AY 5,47 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου ενώ στην περίπτωση αποθήκευσης απουσία φωτός καταγράφηκαν τιμές AY 4,12 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου. Σχετικά με τα ολόκληρα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν στο υλικό LDPE/EVOH/LDPE, απουσία φωτός, σε ατμόσφαιρα αζώτου, καταγράφηκαν τιμές AY 3,55 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου, ενώ στην περίπτωση που η αποθήκευση έγινε απουσία φωτός καταγράφηκαν τιμές AY 4,13 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου. Στις αντίστοιχες συνθήκες αποθήκευσης, για τα θρυμματισμένα αμύγδαλα η απουσία φωτός ή αποθήκευση υπό φωτισμό δεν επέδρασαν σημαντικά στη συγκέντρωση των υπεροξειδίων, καταγράφοντας τιμές AY 8,76-9,90 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου. Τέλος τα ολόκληρα και θρυμματισμένα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν στο υλικό PET//LDPE απουσία φωτός και σε ατμόσφαιρα αζώτου κατέγραψαν τιμές AY 8,30 και 15,09 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου, αντίστοιχα, ενώ στην περίπτωση αποθήκευσης υπό φωτισμό καταγράφηκαν τιμές AY 9,22 και 19,98 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου ($p < 0,05$), αντίστοιχα.

Στα διαγράμματα 21 και 22 παρουσιάζεται η επίδραση χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού και του χρόνου αποθήκευσης στην συγκέντρωση σε υπεροξείδια ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου, αντίστοιχα, κατά την αποθήκευση στους 4 °C.



Διάγραμμα 21. Μεταβολή του αριθμού υπεροξειδίων ολόκληρων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 4 °C.



Διάγραμμα 22. Μεταβολή του αριθμού υπεροξειδίων θρυμματισμένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 4 °C.

Μετά την αποθήκευση των ολόκληρων αμυγδάλων για 12 μήνες σε θερμοκρασία 4 °C (Διάγραμμα 21) ανεξαρτήτως του υλικού συσκευασίας (LDPE/EVOH/LDPE και PET//LDPE) και των συνθηκών φωτισμού ($p>0,05$) σε συνδυασμό με τη χρήση απορροφητή οξυγόνου καταγράφηκαν πολύ χαμηλές τιμές AY 0,70-0,77 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου. Αντίθετα στην περίπτωση των θρυμματισμένων αμυγδάλων (Διαγράμματα 22), κατά την χρήση απορροφητή οξυγόνου, η επιλογή συνδυασμού του με το υλικό συσκευασίας LDPE/EVOH/LDPE ή το PET//LDPE επέδρασε σημαντικά ($p>0,05$) στο σχηματισμό των πρωτογενών προϊόντων οξείδωσης αφού στην περίπτωση συσκευασίας στο υλικό υψηλού φραγμού καταγράφηκαν τιμές AY 0,99-1,15 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου ενώ στην περίπτωση συσκευασίας στο υλικό φραγμού καταγράφηκαν τιμές AY 2,80-3,18 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού ($p>0,05$). Τα αμύγδαλα ολόκληρα και θρυμματισμένα, τα οποία συσκευάστηκαν στο υλικό LDPE/EVOH/LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου και αποθηκεύτηκαν υπό φωτισμό κατέγραψαν τιμές AY 1,90 και 3,98 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου, αντίστοιχα, ενώ στην περίπτωση αποθήκευσης απουσία φωτός καταγράφηκαν τιμές AY 2,80 και 4,95 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου, αντίστοιχα. Παρομοίως στην περίπτωση των ολόκληρων και θρυμματισμένων αμυγδάλων που συσκευάστηκαν στο υλικό PET//LDPE, σε ατμόσφαιρα αζώτου, και αποθηκεύτηκαν υπό φωτισμό καταγράφηκαν τιμές AY 6,69 και 12,16 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου, αντίστοιχα, ενώ στην περίπτωση αποθήκευσης απουσία φωτός καταγράφηκαν τιμές AY 8,02 και 13,27 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου, αντίστοιχα. Μία πρώτη παρατήρηση που προκύπτει από τα παραπάνω αποτελέσματα είναι πως σε δεδομένη θερμοκρασία, η συσκευασία σε ατμόσφαιρα αζώτου και αποθήκευση υπό φωτισμό ο βαθμός οξείδωσης είναι υψηλότερος σε σχέση με την αποθήκευση απουσία φωτός ($p<0,05$) ενώ στην περίπτωση χρήσης των απορροφητών οξυγόνου οι συνθήκες φωτισμού δεν επηρεάζουν σημαντικά ($p>0,05$) των βαθμό οξείδωσης των καρπών.

Συγκρίνοντας το διάγραμμα 19 με το 20 και το 21 με το 22, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η χρήση υλικού υψηλού φραγμού μειώνει το βαθμό της επίδρασης της θερμοκρασίας αποθήκευσης στην οξείδωση των αμυγδάλων. Επιπλέον ανεξαρτήτως της χρήσης απορροφητή οξυγόνου ή ατμόσφαιρας αζώτου, η επίδραση της θερμοκρασίας ήταν σημαντικότερη απ' αυτή του φωτός.

Μια πολύ σημαντική παρατήρηση είναι πως τα αμύγδαλα που συσκευάστηκαν στο υλικό υψηλού φραγμού σε συνδυασμό με χρήση απορροφητή οξυγόνου εμφάνισαν σχεδόν τον ίδιο βαθμό οξείδωσης ανεξαρτήτως του αν ήταν θρυμματισμένα ή όχι, επίτευγμα

σημαντικό λαμβανομένης υπόψη της επίδρασης του θρυμματισμού στα αμύγδαλα που αποθηκεύτηκαν στο υλικό συσκευασίας φραγμού εν συγκρίσει με τα αντίστοιχα ολόκληρα αμύγδαλα.

Η συγκέντρωση σε υπεροξειδία που καταγράφηκε στην παρούσα εργασία για τα φρέσκα αμύγδαλα έρχεται σε πολύ καλή συμφωνία με εκείνες που αναφέρουν οι Buransompob, *et al.* (2003); Sánchez-Bel, *et al.* (2005); Mexis, *et al.* (2009). Σύμφωνα με τους Burasnomprob, *et al.* (2003) ως φρέσκα μπορούν να χαρακτηριστούν αμύγδαλα των οποίων η τιμή ΑΥ είναι μικρότερη 2.0 meq O₂/kg ελαίου αμυγδάλου ενώ στην περίπτωση που η τιμή ΑΥ είναι μικρότερη από 25 meq O₂/kg ελαίου αμυγδάλου μπορούν να θεωρηθούν ως αποδεκτά προς κατανάλωση. Σύμφωνα με τα παραπάνω και τις καταγραφείσες τιμές ΑΥ για τα αμύγδαλα, ολόκληρα και θρυμματισμένα, που συσκευάστηκαν παρουσία απορροφητή οξυγόνου μπορούν να χαρακτηριστούν ως φρέσκα ακόμα και μετά την πάροδο 12 μηνών αποθήκευσης ενώ αντίστοιχα αυτά που αποθηκεύτηκαν σε ατμόσφαιρα αζώτου μπορούν να χαρακτηριστούν ως απλώς αποδεκτά προς κατανάλωση.

Οι Senesi, *et al.* (1991) οι οποίοι, όπως προαναφέρθηκε στην εισαγωγή, μελέτησαν την επίδραση:

- της χρήσης πολυστρωματικού υλικού συσκευασίας (βασισμένου σε PVdC ή επιμεταλλωμένο PET),
- της θερμοκρασίας (4 και 20 °C)
- και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (αζώτου εν συγκρίσει με την συσκευασία υπό κενό)

στην ποιότητα των ξεφλουδισμένων αμυγδάλων για μια περίοδο 18 μηνών. Βρήκαν ότι μετά την πάροδο 224 ημερών αποθήκευσης οι υψηλότερες τιμές ΑΥ καταγράφηκαν στην περίπτωση συσκευασίας στο μεταλλοποιημένου PET σε ατμόσφαιρα αζώτου (5,43 meq O₂/kg ελαίου αμυγδάλου), ενώ η μέγιστη προστασία επιτεύχθηκε κατά την αποθήκευση στους 4 °C με μεταλλοποιημένο PET (1,09 meq O₂/kg ελαίου αμυγδάλου).

Οι Kazantzis *et al.* (2003) συσκεύασαν επίσης πρώιμα, υπερώριμα, αναποφλοιώτα και αποφλοιωμένα αμύγδαλα σε σακούλες πολυαιθυλενίου και τα αποθήκευσαν σε θερμοκρασία 5 και 20 °C για 6 μήνες. Οι παραπάνω ερευνητές κατέγραψαν χαμηλότερες τιμές K₂₃₂ για τα μη αποφλοιωμένα αμύγδαλα εν συγκρίσει με τα αντίστοιχα αποφλοιωμένα. Αντίθετα, οι García-Pascual, *et al.* (2003) οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης (8 και 36 °C), της ατμόσφαιρας αζώτου εν

συγκρίσει με τη συσκευασία στον αέρα για το αναποφλοιώτο, αποφλοιωμένο, ωμό και ψημένο αμύγδαλο τεσσάρων ποικιλιών, όπως προέκυψε από τις τιμές του αριθμού υπεροξειδίων, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου έναντι του αέρα δεν επέδρασε σημαντικά ($p > 0,05$) στην οξείδωση των αμυγδάλων διαφορετικών ποικιλιών μετά από αποθήκευσης για 9 μήνες.

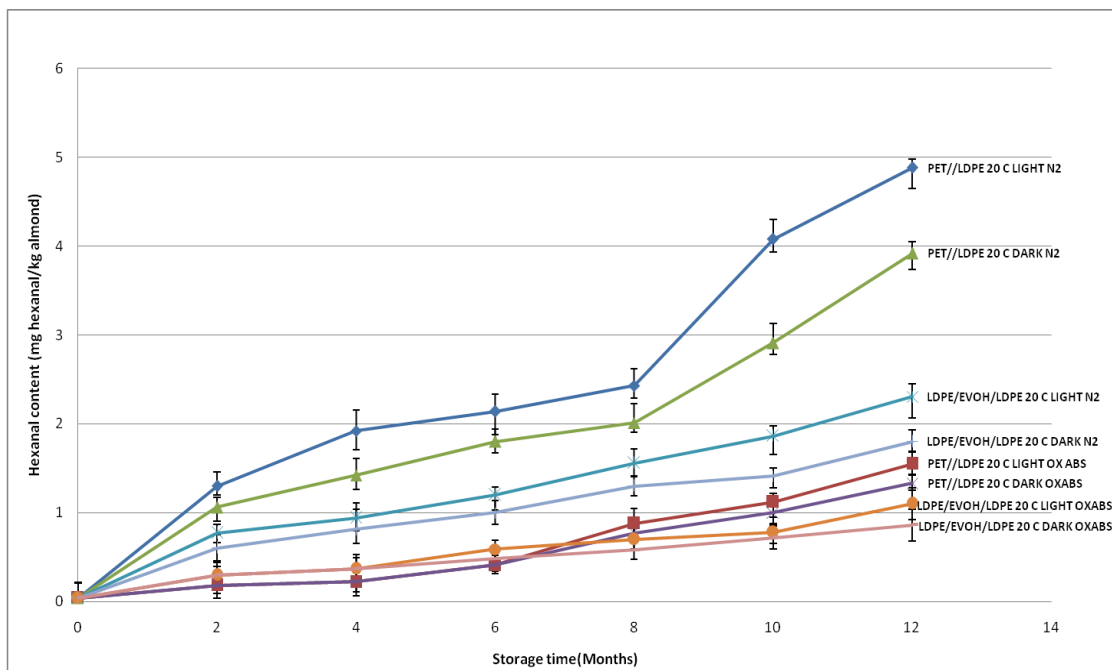
Τέλος όσον αφορά τις μελέτες με υπόστρωμα τα αμύγδαλα, οι Severini, *et al.* (2003) συσκεύασαν ψημένα αναποφλοιώτα και αποφλοιωμένα αμύγδαλα δύο ποικιλιών σε υλικά συσκευασίας υψηλού φραγμού (EVOH) και φραγμού (OPA) στο οξυγόνο και τα αποθήκευσαν σε θερμοκρασία δωματίου για 8 μήνες. Οι παραπάνω ερευνητές κατέγραψαν τιμές ΑΥ οι οποίες κυμαίνονταν μεταξύ των 2,3 και 3,8 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου, για τα αποφλοιωμένα και τα αναποφλοιώτα αμύγδαλα, αντίστοιχα, τα οποία συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας υψηλού φραγμού. Στην περίπτωση συσκευασίας των και αναποφλοιώτων αμυγδάλων στο υλικό φραγμού καταγράφηκαν τιμές ΑΥ οι οποίες κυμαίνονταν μεταξύ των 17,8 και 12 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου, αντίστοιχα. Οι διαφορές που καταγράφονται μεταξύ των αποτελεσμάτων μας και αυτών των Severini, *et al.* (2003) πιθανότατα οφείλονται στο γεγονός ότι οι παραπάνω ερευνητές χρησιμοποίησαν ψημένα αμύγδαλα. Παρόλα αυτά η γενική τάση που παρατηρείται για την προστασία που παρέχουν τα υλικά συσκευασίας με φραγμό στο οξυγόνο έναντι της οξείδωσης, βρίσκεται σε καλή συμφωνία με αυτή που περιγράφεται στην παρούσα εργασία. Επίσης, παρόμοια είναι τα αποτελέσματα ερευνητών που ασχολήθηκαν με άλλους ξηρούς καρπούς εκτός του αμυγδάλου. Οι Braddock *et al.* (1995) μελέτησαν το ολόκληρο φιστίκι τύπου αράπικο και βρήκαν ότι κατά την αποθήκευσή του σε θερμοκρασία 40 °C η οξείδωση έφτασε τα 33 meq O₂/kg ελαίου φιστικιού τύπου αράπικο εν συγκρίσει με τα 2 meq O₂/kg ελαίου φιστικιού τύπου αράπικο κατά την αποθήκευση στους 25 °C μετά από διάστημα αποθήκευσης 2 μηνών. Οι Maskan & Karatas (1998) οι οποίοι μελέτησαν το ολόκληρο φιστίκι τύπου Αιγίνης για το οποίο βρήκαν ότι κατά την αποθήκευσή του σε θερμοκρασία 40 °C η οξείδωση έφτασε τα 3 meq O₂/kg ελαίου φιστικιού τύπου Αιγίνης εν συγκρίσει με τα 2 και 1 meq O₂/kg ελαίου φιστικιού τύπου Αιγίνης κατά την αποθήκευση στους 20 και 10 °C, αντίστοιχα, μετά από διάστημα αποθήκευσης 12 μηνών. Οι ίδιοι ερευνητές σε μεταγενέστερη εργασία τους, Maskan & Karatas (1999) μελέτησαν το ολόκληρο φιστίκι τύπου Αιγίνης και βρήκαν ότι κατά την αποθήκευσή του σε θερμοκρασία 40 °C η οξείδωση έφτασε τα 5 meq O₂/kg ελαίου φιστικιού τύπου Αιγίνης εν συγκρίσει με τα 3 και 1 meq O₂/kg ελαίου φιστικιού τύπου Αιγίνης κατά την αποθήκευση στους 20 και 10 °C

αντίστοιχα, μετά από διάστημα αποθήκευσης 16 μηνών. Ομοίως οι Jensen *et al.* (2001) οι οποίοι μελέτησαν τα ολόκληρα καρύδια για τα οποία βρήκαν ότι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 21 °C η οξείδωση έφτασε τα 8 meq O₂/kg ελαίου καρυδιού εν συγκρίσει με τα 4 meq O₂/kg ελαίου καρυδιού κατά την αποθήκευση στους 5 °C μετά από διάστημα αποθήκευσης 6 μηνών. Επίσης οι Crowe & White (2003a) οι οποίοι μελέτησαν τα καρύδια για τα οποία βρήκαν ότι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C η οξείδωση έφτασε τα 20 meq O₂/kg ελαίου καρυδιού εν συγκρίσει με τα 5,5 meq O₂/kg ελαίου καρυδιού κατά την αποθήκευση στους 25 °C μετά από διάστημα 2 μηνών. Οι ίδιοι ερευνητές σε μεταγενέστερη εργασία τους, Crowe & White (2003b) μελέτησαν επίσης καρύδια για τα οποία βρήκαν ότι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 60 °C η οξείδωση έφτασε τα 85 meq O₂/kg ελαίου καρυδιού εν συγκρίσει με τα 50 meq O₂/kg ελαίου καρυδιού κατά την αποθήκευσή τους στους 35 °C μετά από διάστημα 15 ημερών. Οι Talcott *et al.* (2005) μελέτησαν το φιστίκι τύπου αράπικο και βρήκαν ότι κατά την αποθήκευση του σε θερμοκρασία 35 °C η οξείδωση έφτασε τα 26 meq O₂/kg ελαίου φιστικιού τύπου αράπικο εν συγκρίσει με τα 12,5 meq O₂/kg ελαίου φιστικιού τύπου αράπικο κατά την αποθήκευση στους 20 °C μετά από διάστημα 4 μηνών. Οι Nepote *et al.* (2006) μελέτησαν το φιστίκι τύπου αράπικο για το οποίο βρήκαν ότι κατά την αποθήκευσή του σε θερμοκρασία 40 °C η οξείδωση έφτασε τα 88 meq O₂/kg ελαίου φιστικιού τύπου αράπικο εν συγκρίσει με τα 55 meq O₂/kg ελαίου φιστικιού τύπου αράπικο κατά την αποθήκευση στους 23 °C μετά από διάστημα 112 ημερών. Οι Vanhanen & Savage (2006) μελέτησαν το αλεύρι καρυδιού και βρήκαν ότι κατά την αποθήκευση του σε θερμοκρασία 23 °C η οξείδωση έφτασε τα 0,98 meq O₂/kg ελαίου αλεύρου καρυδιού εν συγκρίσει με τα 0,39 meq O₂/kg ελαίου αλεύρου καρυδιού κατά την αποθήκευση στους 10,4 °C μετά από διάστημα 26 εβδομάδων. Οι Mate *et al.* (1996) οι οποίοι μελέτησαν το φιστίκι τύπου αράπικο και το καρύδι συμπέραναν ότι η χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου είχε ως αποτέλεσμα τη μειωμένη οξείδωση των φιστικιών 0,25 meq O₂/kg ελαίου φιστικιού τύπου αράπικο κατά την αποθήκευση σε γυάλινο δοχείο με ατμόσφαιρα αζώτου εν συγκρίσει με το 1 meq O₂/kg ελαίου φιστικιού τύπου αράπικο κατά την αποθήκευση σε γυάλινο δοχείο με 21 % O₂. Αντίστοιχα και για τα καρύδια κατά την αποθήκευση σε γυάλινο δοχείο με ατμόσφαιρα αζώτου η οξείδωση ήταν 2 meq O₂/kg ελαίου καρυδιού έναντι των 14 meq O₂/kg ελαίου καρυδιού κατά την αποθήκευση σε γυάλινο δοχείο με 21 % O₂. Οι Ribeiro *et al.* (1993) μελέτησαν επίσης τη χρήση απορροφητών οξυγόνου για την επιμήκυνση του χρόνου ζωής του καρπού Brazil nut, κατά την αποθήκευσή του σε

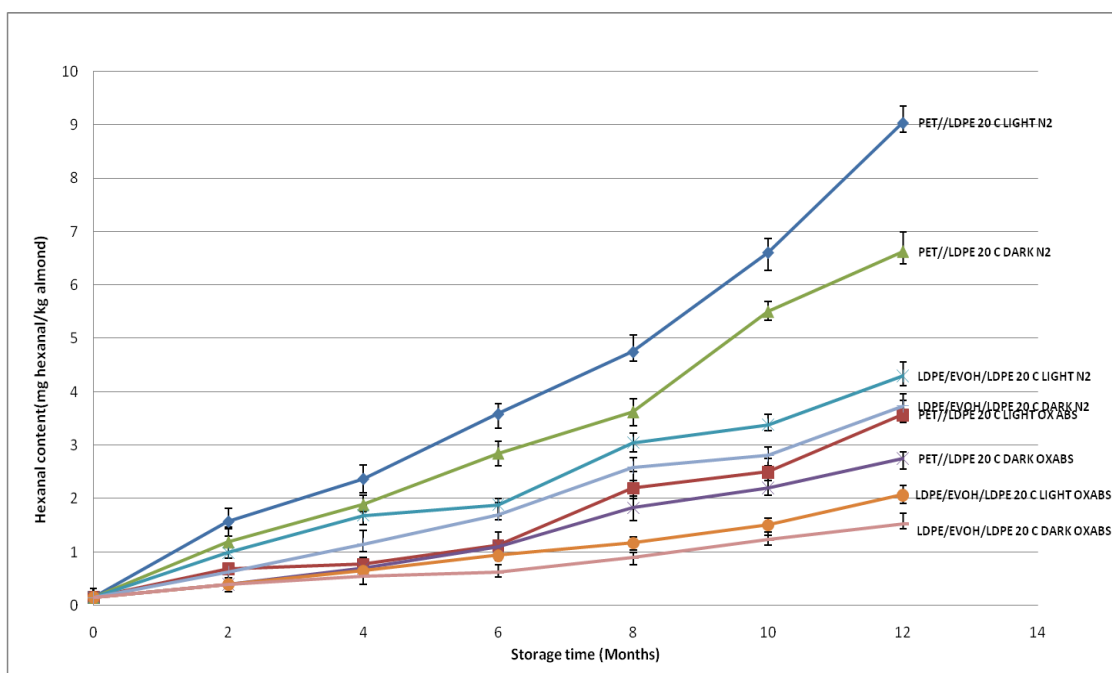
θερμοκρασία δωματίου (17 έως 31 °C) και σχετική υγρασία από 65 έως 78.5% για χρονικό διάστημα 12 μηνών. Οι παραπάνω ερευνητές ανέφεραν ότι μετά την πάροδο 12 μηνών αποθήκευσης η τιμή ΑΥ ήταν 9,98 έναντι 12,19 και 17,09 meq O₂/kg για τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν παρουσία απορροφητών οξυγόνου, σε ατμόσφαιρα αζώτου και στο αέρα, αντίστοιχα.

4.1.2 Περιεκτικότητα σε εξανάλη ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου

Τα διαγράμματα 23 έως 26 απεικονίζουν την επίδραση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, της διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, των συνθηκών φωτισμού, της θερμοκρασίας αποθήκευσης και του χρόνου αποθήκευσης στη συγκέντρωση των δευτερογενών προϊόντων οξείδωσης (συγκέντρωση εξανάλης) του ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου. Η συγκέντρωση των φρέσκων αμυγδάλων σε εξανάλη βρέθηκε ότι ήταν λιγότερη από το όριο ανίχνευσης της μεθόδου (28,5 μg / kg). Το έντονο αρώμα οξείδωσης που προσδίδει η εξανάλη ακόμα και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις 5ng/g (Buttery, *et al.* 1988) την έχει καταστήσει ως τον πιο κοινό δείκτη οξείδωσης των λιπών. Στα διαγράμματα 23 και 24 παρουσιάζεται η επίδραση χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού και του χρόνου αποθήκευσης στη συγκέντρωση σε εξανάλη του ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου, αντίστοιχα, κατά την αποθήκευση στους 20 °C.



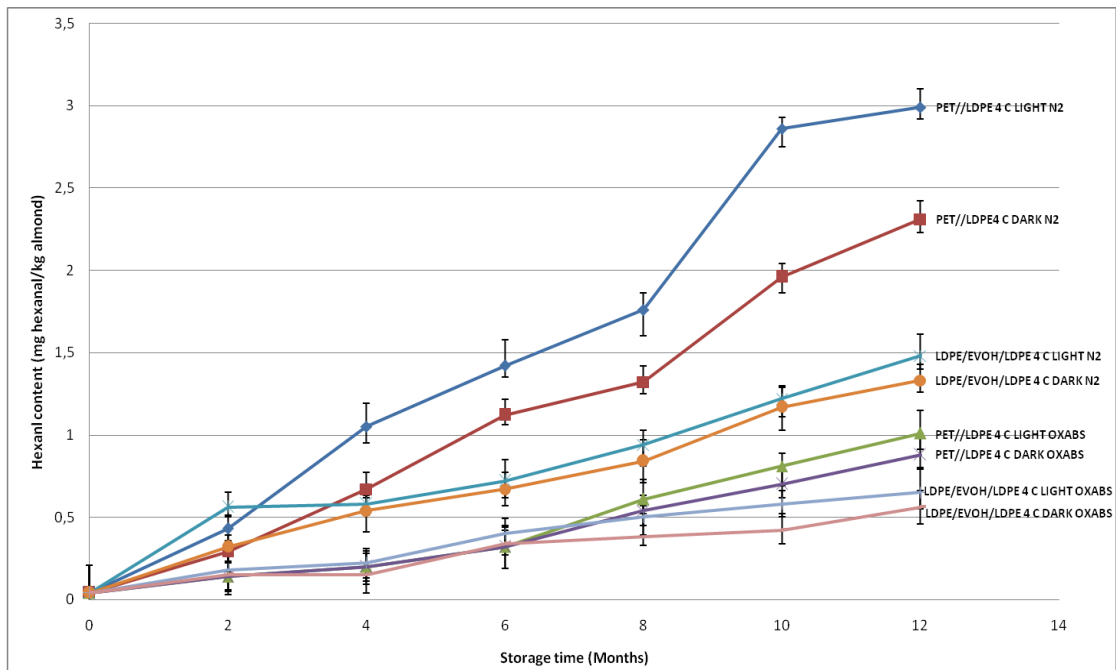
Διάγραμμα 23. Μεταβολή περιεκτικότητας σε εξανάλη ολόκληρων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.



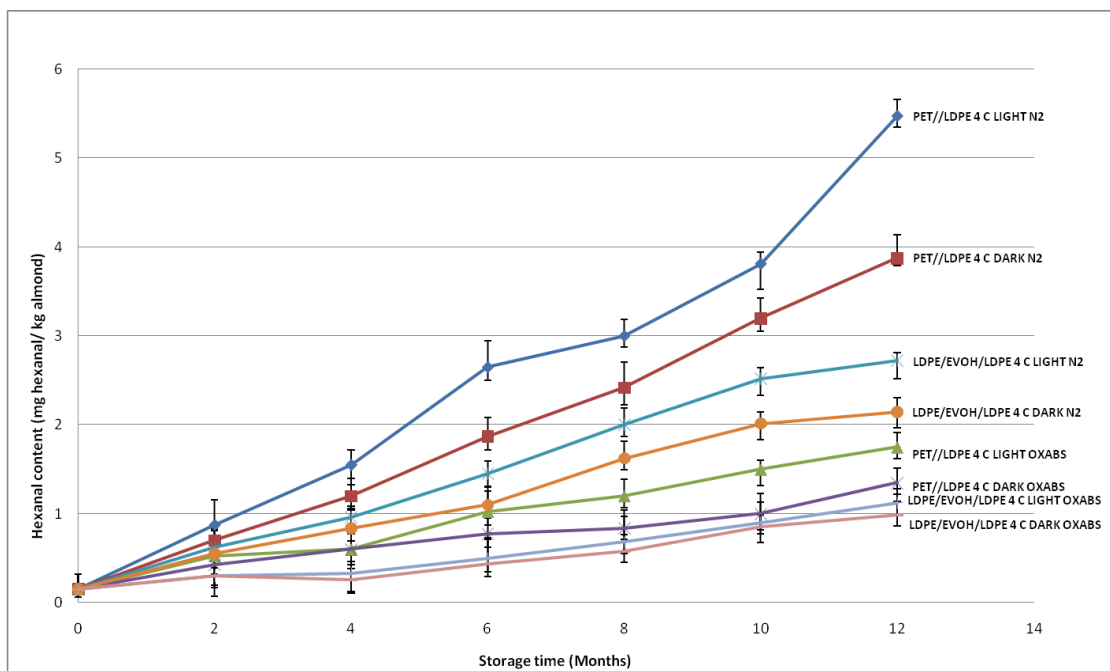
Διάγραμμα 24. Μεταβολή περιεκτικότητας σε εξανάλη θρυμματισμένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.

Μετά την αποθήκευση των ολόκληρων αμυγδάλων για 12 μήνες (Διάγραμμα 23) στο υλικό συσκευασίας LDPE/EVOH/LDPE σε συνδυασμό με τη χρήση απορροφητή οξυγόνου καταγράφηκαν πολύ χαμηλές συγκέντρωσης εξανάλης (1,33-1,55 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου), ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού ($p < 0,05$). Αντίθετα στην περίπτωση των θρυμματισμένων αμυγδάλων (Διάγραμμα 24), στις ίδιες συνθήκες συσκευασίας καταγράφηκε συγκέντρωση εξανάλης 1,53 και 2,00 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου κατά την αποθήκευση υπό φωτισμό και στο σκοτάδι, αντίστοιχα ($p < 0,05$). Ομοίως, στην περίπτωση συσκευασίας των ολόκληρων και θρυμματισμένων αμυγδάλων, στο υλικό PET//LDPE σε συνδυασμό με χρήση απορροφητή οξυγόνου, καταγράφηκαν συγκεντρώσεις εξανάλης 1,33-1,55 και 2,75-3,50 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου, αντίστοιχα, ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού ($p < 0,05$). Κατά τη συσκευασία των ολόκληρων και θρυμματισμένων αμυγδάλων, στο υλικό υψηλού φραγμού LDPE/EVOH/LDPE και σε ατμόσφαιρα αζώτου καταγράφηκαν συγκεντρώσεις εξανάλης 1,80 και 3,70 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου, αντίστοιχα, κατά την αποθήκευση απουσία φωτός, ενώ στην περίπτωση αποθήκευσης υπό φωτισμό η συγκέντρωση σε εξανάλη ανήλθε σε 2,30 και 4,30 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου, αντίστοιχα. Τέλος στην περίπτωση των ολόκληρων και θρυμματισμένων αμυγδάλων που συσκευάστηκαν στο PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου, απουσία φωτός καταγράφηκαν συγκεντρώσεις εξανάλης 3,92 και 6,62 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου, αντίστοιχα, ενώ στην περίπτωση αποθήκευσης υπό φωτισμό καταγράφηκαν συγκεντρώσεις εξανάλης 4,88 και 9,00 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου, αντίστοιχα ($p < 0,05$).

Στα παρακάτω διαγράμματα 25 και 26 παρουσιάζεται η επίδραση χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού και του χρόνου αποθήκευσης στη συγκέντρωση σε εξανάλη του ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου, αντίστοιχα, κατά την αποθήκευση στους 4 °C.



Διάγραμμα 25. Μεταβολή περιεκτικότητας σε εξανάλη ολόκληρων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 4 °C.



Διάγραμμα 26. Μεταβολή περιεκτικότητας σε εξανάλη θρυμματισμένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 4 °C.

Στην περίπτωση των ολόκληρων και θρυμματισμένων αμυγδάλων, τα οποία συσκευάστηκαν παρουσία απορροφητή οξυγόνου, στο υλικό LDPE/EVOH/LDPE, και σε θερμοκρασία 4 °C (Διαγράμματα 25 και 26) ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού καταγράφηκαν συγκεντρώσεις εξανάλης 0,56-0,65 και 0,99-1,12 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου, αντίστοιχα μετά την αποθήκευση για 12 μήνες ($p < 0,05$). Αντίστοιχα, στην περίπτωση χρήσης του υλικού PET//LDPE στις ανάλογες συνθήκες συσκευασίας και αποθήκευσης, καταγράφηκαν συγκεντρώσεις εξανάλης 0,88-1,01 και 1,35-1,75 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου, αντίστοιχα ($p < 0,05$). Κατά την συσκευασία των ολόκληρων αμυγδάλων, στο υλικό LDPE/EVOH/LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου, ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού ($p > 0,05$) καταγράφηκαν συγκεντρώσεις 1,33-1,48 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου. Αντίθετα στην περίπτωση των θρυμματισμένων αμυγδάλων στις αντίστοιχες συνθήκες συσκευασίας, η αποθήκευση υπό φωτισμό (2,14 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου) ή απουσία φωτός (2,72 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου) επέδρασε σημαντικά ($p < 0,05$) στην οξείδωσή τους. Εδώ γίνεται εμφανές ότι η επίδραση του θρυμματισμού είναι σημαντικότερη από την επίδραση του φωτισμού κατά την αποθήκευση των καρπών. Τέλος στην περίπτωση των ολόκληρων και θρυμματισμένων αμυγδάλων που συσκευάστηκαν στο PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου και στο σκοτάδι καταγράφηκαν συγκεντρώσεις εξανάλης 2,31 και 3,87 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου, αντίστοιχα, ενώ κατά την αποθήκευση υπό φωτισμό καταγράφηκαν συγκεντρώσεις 2,99 και 5,40 mg εξανάλης/kg αμυγδάλου, αντίστοιχα ($p < 0,05$). Μία πρώτη παρατήρηση που προκύπτει από τα παραπάνω αποτελέσματα είναι πως:

- σε δεδομένη θερμοκρασία αποθήκευσης,
- συσκευασία σε ατμόσφαιρα αζώτου και
- αποθήκευση υπό φωτισμό

ο ρυθμός σχηματισμού της εξανάλης είναι υψηλότερος σε σχέση με την με την αποθήκευση απουσία φωτός ($p < 0,05$) ενώ στην περίπτωση χρήσης των απορροφητών οξυγόνου οι συνθήκες φωτισμού δεν επηρέασαν τον βαθμό οξείδωσης των καρπών ($p > 0,05$).

Συγκρίνοντας το διάγραμμα 23 με το 24 και το 25 με το 26, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η χρήση υλικού συσκευασίας με υψηλό φραγμό στο οξυγόνο μειώνει το μέγεθος της επίδρασης της θερμοκρασίας αποθήκευσης, στην οξείδωση των αμυγδάλων. Τα συμπεράσματά μας αυτά έρχονται σε συμφωνία με εκείνα των Jensen *et al.* (2003) και των Pastorelli *et al.* (2006). Επιπλέον ανεξαρτήτως της χρήσης απορροφητή οξυγόνου ή

ατμόσφαιρας αζώτου, η επίδραση της θερμοκρασίας ήταν σημαντικότερη με αυτή του φωτός. Το συμπέρασμά μας αυτό συμφωνεί με εκείνο των Jensen *et al.* (2001) οι οποίοι μελέτησαν το καρύδι όπου βρέθηκε ότι κατά την αποθήκευση απουσία φωτός στους 4 °C η οξείδωση έφτασε τα 10 mg εξανάλης/kg καρυδιού εν συγκρίσει με τα 200 mg εξανάλης/kg καρυδιού κατά την αποθήκευση παρουσία φωτός στους 21°C. Επίσης οι Crowe & White (2003b) βρήκαν ότι τα καρύδια κατά την αποθήκευσή τους στους 60 °C οξειδώθηκαν κατά 1,8 φορές περισσότερο εν συγκρίσει με εκείνα που αποθηκεύτηκαν στους 35°C απουσία φωτός.

Μια πολύ σημαντική παρατήρηση είναι πως τα αμύγδαλα που συσκευάστηκαν στο υλικό υψηλού φραγμού σε συνδυασμό με χρήση απορροφητή οξυγόνου εμφάνισαν σχεδόν τον ίδιο βαθμό οξείδωσης ανεξαρτήτως του αν ήταν θρυμματισμένα ή όχι, έπιτευγμα σημαντικό λαμβανομένης υπόψη της επίδρασης του θρυμματισμού στα αμύγδαλα που αποθηκεύτηκαν στο υλικό συσκευασίας φραγμού εν συγκρίσει με τα αντίστοιχα ολόκληρα αμύγδαλα.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έρχονται σε αντίθεση με αυτά των Kazantzis *et al.* (2003) οι οποίοι ανέφεραν πως μετά την εξάμηνη αποθήκευση αμυγδάλων, δεν μεταβλήθηκε σημαντικά ($p>0,05$) η τιμή K_{270} ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού. Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με εκείνα των Zacheo *et al.* (2000) οι οποίοι ανέφεραν ότι αποτέλεσμα της παραγωγής και διάσπασης των πρωτογενών προϊόντων οξείδωσης (υπεροξειδίων) ήταν η αύξηση της συγκέντρωσης της μηλονικής διαλδεΐδης κατά 200% μετά την αποθήκευση για 2 χρόνια στους 20 °C και σε σχετική υγρασία 40 %. Επίσης οι Senesi *et al.* (1991) κατέγραψαν αύξηση της συγκέντρωσης των δευτερογενών προϊόντων οξείδωσης των αμυγδάλων μετά την αποθήκευση για 542 ημέρες. Επιπλέον οι χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν σε περίπτωση των προϊόντων που συσκευάστηκαν σε ατμόσφαιρα αζώτου, απουσία φωτός (K_{274} : 0,152) ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Αντίθετα στην περίπτωση αποθήκευσης υπό φωτισμό στους 20 °C καταγράφηκε η υψηλότερη συγκέντρωση σε δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης (K_{274} : 0,225). Οι Jensen *et al.* (2003) οι οποίοι μελέτησαν το καρύδι ανέφεραν ότι η χρήση υλικού συσκευασίας υψηλού φραγμού (LDPE/EVOH/LDPE) σε συνδυασμό με τη χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου ή απορροφητών οξυγόνου είχε ως αποτέλεσμα τη μικρή παραγωγή εξανάλης (Διάγραμμα 2, σελ. 20). Ομοίως οι Pastorelli *et al.* (2006) οι οποίοι μελέτησαν το φουντούκι βρήκαν ότι η αποθήκευση αυτών σε ερμητικά κλειστά δοχεία παρουσία απορροφητών οξυγόνου είχε ως αποτέλεσμα την πολύ μικρή παραγωγή

εξανάλης εν συγκρίσει με την αποθήκευση απουσία απορροφητών οξυγόνου (Διάγραμμα 3, σελ.23). Επίσης οι Ribeiro *et al.* (1993) οι οποίοι μελέτησαν τη χρήση απορροφητών οξυγόνου για την επιμήκυνση του χρόνου ζωής του καρπού Brazil nut κατέγραψαν μικρή αύξηση ($p<0,05$) τις τιμές K_{232} μετά την αποθήκευση για χρονικό διάστημα 12 μηνών.

Τέλος εν αντιθέσει με τα αποτελέσματα του αριθμού υπεροξειδίων τα οποία δεν σχετίζονται με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων, τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας της εξανάλης έχουν χρησιμοποιηθεί ως μέτρο για την κατάταξη των ξηρών καρπών στην κατηγορία των αποδεκτών ή απορριπτέων προϊόντων. Έτσι, σύμφωνα με τους Grosso & Resurreccion (2002) οι οποίοι μελέτησαν τα παναρισμένα και ψημένα φιστίκια τύπου αράπικο, βρέθηκε ότι όταν η περιεκτικότητα της εξανάλης ανέρχεται σε 5,39 mg/g και 5,54 mg/g αντίστοιχα σε συνδυασμό με βαθμολογία ολικής αποδοχής κάτω του 5, σε μία 9 βάθμια κλίμακα, τα προϊόντα κρίνονται ως ακατάλληλα προς κατανάλωση. Αντίστοιχα οι Mexis *et al.* (2011) οι οποίοι μελέτησαν τα ολόκληρα καρύδια ανέφεραν ότι όταν η συγκέντρωση εξανάλης ανέλθει σε 1 με 2 mg εξανάλης/kg καρυδιού το προϊόν καθίσταται οργανοληπτικώς ακατάλληλο προς κατανάλωση. Στις εργασίες τους οι Jensen *et al.* (2001) και Jensen *et al.* (2003) συγκρίνουν τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας σε εξανάλη με τα οργανοληπτικά αποτελέσματα και συγκεκριμένα με τη γεύση οξείδωσης χωρίς όμως να θέτουν κάποιο όριο περιεκτικότητας εξανάλης στα καρύδια το οποίο να τα καθιστά απορριπτέα.

4.1.3 Μεταβολή σύνθεσης λιπαρών οξέων ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου

Η σύνθεση των λιπαρών οξέων των ωμών ολόκληρων και αμυγδάλων ως συνάρτηση της επίδρασης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, θερμοκρασίας αποθήκευσης και του χρόνου αποθήκευσης παρουσιάζονται στους παρακάτω Πίνακες 14 και 15. Αρχικά το συνολικό ποσοστό των SFA, MUFA και PUFA αμυγδάλου ήταν 8,15, 72,81 και 19,04 %, αντίστοιχα.

Πίνακας 14. Μεταβολή λιπαρών οξέων ολόκληρων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 και 4°C.

t _f (min)	Λιπαρά οξέα	%	PET//LDPE 20 °C Φώς/ N ₂		LDPE/EVOH/LDPE 20 °C Φώς/ N ₂		PET//LDPE 4 °C Σκοτάδι/Oxygen Absorber		LDPE/EVOH/LDPE 4 °C Σκοτάδι/ Oxygen Absorber	
			6 Μήνες	12 Μήνες	6 Μήνες	12 Μήνες	6 Μήνες	12 Μήνες	6 Μήνες	12 Μήνες
			%	%	%	%	%	%	%	%
5.64	Μυριστικό οξύ (C _{14:0})	0.04 ^a ±0.01	0.08 ^c ±0.02	0.19 ^e ±0.05	0.09 ^c ±0.03	0.14 ^{cd} ±0.04	0.04 ^a ±0.01	0.04 ^a ±0.01	0.04 ^a ±0.00	0.05 ^b ±0.00
7.33	Δεκαπενταδεκανοϊκό οξύ (C _{15:0})	K.O.A	K.O.A	0.02 ^a ±0.00	0.02 ^a ±0.01	0.02 ^a ±0.00	K.O.A	0.02 ^a ±0.01	K.O.A	0.02 ^a ±0.00
9.43	Παλμιτικό οξύ (C _{16:0})	5.31 ^a ±0.31	10.95 ^a ±0.58	12.72 ^c ±0.87	8.56 ^d ±0.73	9.32 ^d ±0.24	5.28 ^a ±0.20	6.67 ^c ±0.36	5.88 ^{ab} ±0.18	5.47 ^a ±0.33
9.51	Παλμιτελαϊκό οξύ (C _{16:1 n-7})	U.D.L	0.04 ^a ±0.01	0.04 ^a ±0.02	U.D.L	K.O.A	U.D.L	K.O.A	U.D.L	0.07 ^a ±0.03
9.97	Παλμιτελαϊκό οξύ (C _{16:1 n-9})	0.77 ^{ab} ±0.16	0.65 ^a ±0.16	K.O.A	0.71 ^{ab} ±0.08	0.45 ^a ±0.11	0.69 ^{ab} ±0.09	0.66 ^a ±0.13	0.65 ^a ±0.17	0.71 ^{ab} ±0.11
11.68	Παλμιτελαϊκό οξύ (C _{16:1 n-15})	0.15 ^{ab} ±0.02	0.09 ^a ±0.04	K.O.A	0.09 ^a ±0.03	K.O.A	0.09 ^a ±0.02	K.O.A	0.15 ^{ab} ±0.02	0.14 ^{ab} ±0.01
11.86	Δεκαεπταενοϊκό οξύ (C _{17:0})	0.04 ^a ±0.00	0.28 ^d ±0.08	0.45 ^a ±0.06	0.18 ^c ±0.06	0.09 ^b ±0.01	0.09 ^b ±0.01	0.10 ^b ±0.01	0.08 ^b ±0.02	K.O.A
14.04	Στεατικό οξύ (C _{18:0})	2.69 ^a ±0.28	4.62 ^c ±0.36	6.02 ^d ±0.43	4.08 ^{ab} ±0.27	5.25 ^d ±0.18	3.33 ^a ±0.71	4.41 ^c ±0.33	3.33 ^{ab} ±0.27	3.31 ^{ab} ±0.15
14.70	Ελαϊκό οξύ (C _{18:1 n-9})	71.89 ^c ±1.13	64.52 ^b ±1.13	60.07 ^a ±2.13	65.81 ^b ±0.99	62.18 ^a ±1.10	70.48 ^c ±0.87	65.00 ^b ±1.22	69.04 ^c ±0.76	66.31 ^b ±1.14
15.81	Λινοελαϊκό οξύ (C _{18:2 n-9,12})	19.04 ^a ±0.49	18.61 ^a ±0.18	20.23 ^b ±0.23	20.20 ^b ±0.35	22.25 ^c ±0.46	19.88 ^b ±0.30	22.94 ^c ±0.39	20.70 ^b ±0.76	23.65 ^d ±0.21
19.08	Αραχιδικό οξύ (C _{20:0})	0.07 ^a ±0.02	0.16 ^b ±0.04	0.26 ^c ±0.03	0.26 ^c ±0.02	0.16 ^b ±0.06	0.12 ^b ±0.02	0.16 ^b ±0.04	0.13 ^b ±0.01	0.14 ^b ±0.02
19.46	Αραχιδονικό οξύ (C _{20:1 n-11})	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	0.14 ^a ±0.02	K.O.A	K.O.A	K.O.A	0.13 ^a ±0.04
Συνολικό ποσοστό κορεσμένων λιπαρών οξέων		8.15 ^a ±1.18	16.09 ^d ±0.24	19.66 ^a ±1.13	13.19 ^c ±0.47	14.98 ^a ±0.99	8.86 ^a ±1.36	11.40 ^b ±0.73	9.46 ^a ±1.21	8.99 ^a ±0.76
Συνολικό Ποσοστό μονοακόρεστων λιπαρών οξέων		72.81 ^e ±1.82	65.30 ^c ±1.47	60.11 ^a ±1.09	66.61 ^c ±0.91	62.77 ^b ±0.95	71.26 ^e ±1.34	65.66 ^c ±0.66	69.84 ^e ±0.57	67.36 ^{cd} ±0.42
Συνολικό Ποσοστό πολυακόρεστων λιπαρών οξέων		19.04 ^a ±0.54	18.61 ^a ±0.40	20.23 ^b ±0.53	20.20 ^b ±0.36	22.25 ^{bc} ±0.23	19.88 ^b ±0.11	22.94 ^a ±0.17	20.70 ^b ±0.18	23.65 ^e ±0.36

K.O.A=Κάτω του ορίου ανίχνευσης, n=3x2=6,±S.D ^{a-e}Τιμές στην ίδια γραμμή με διαφορετικούς εκθέτες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους

Πίνακα 15. Μεταβολή λιπαρών οξέων θρυμματισμένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 και 4 °C.

			PET//LDPE 20 °C Φως/ N ₂		LDPE/EVOH/LDPE 20 °C Φως/ N ₂		PET//LDPE 4 °C Σκοτάδι/Oxygen Absorber		LDPE/EVOH/LDPE 4 °C Σκοτάδι/Oxygen Absorber	
			6 Μήνας	12 Μήνας	6 Μήνας	12 Μήνας	6 Μήνας	12 Μήνας	6 Μήνας	12 Μήνας
t _T (min)	Λιπαρά οξέα	Ημέρα 0 %	%	%	%	%	%	%	%	%
5.64	Μυριστικό οξύ (C _{14:0})	0.04 ^a ±0.01	0.31 ^c ±0.09	0.63 ^c ±0.16	0.09 ^b ±0.02	0.56 ^c ±0.13	0.04 ^a ±0.01	0.05 ^a ±0.01	0.04 ^a ±0.01	0.05 ^a ±0.00
7.33	Δεκαπενταδεκανοϊκό οξύ (C _{15:0})	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	0.02 ^a ±0.00	K.O.A	0.02 ^a ±0.01	K.O.A	K.O.A
9.43	Παλμιτικό οξύ (C _{16:0})	5.31 ^a ±0.31	11.07 ^a ±1.24	16.00 ^d ±1.67	8.63 ^b ±0.97	10.39 ^c ±0.52	5.91 ^a ±0.52	7.76 ^b ±0.48	5.64 ^a ±0.36	5.59 ^a ±0.28
9.51	Παλμιτελαϊκό οξύ (C _{16:1 n-7})	U.D.L	0.08 ^b ±0.03	K.O.A	0.09 ^b ±0.02	K.O.A	K.O.A	0.04 ^a ±0.00	U.D.L	K.O.A
9.97	Παλμιτελαϊκό οξύ (C _{16:1 n-9})	0.77 ^b ±0.16	0.60 ^b ±0.14	0.27 ^a ±0.08	0.63 ^b ±0.11	0.99 ^c ±0.13	0.68 ^b ±0.09	0.70 ^b ±0.07	0.71 ^b ±0.12	0.66 ^b ±0.08
11.68	Παλμιτελαϊκό οξύ (C _{16:1 n-13})	0.15 ^c ±0.02	0.06 ^a ±0.01	0.09 ^a ±0.02	0.08 ^a ±0.03	K.O.A	0.15 ^c ±0.02	0.10 ^b ±0.01	0.10 ^b ±0.02	0.08 ^a ±0.02
11.86	Δεκαεπταενικό οξύ (C _{17:0})	0.04 ^a ±0.04	0.24 ^b ±0.04	0.50 ^d ±0.08	0.32 ^c ±0.02	0.59 ^c ±0.34	0.26 ^b ±0.05	0.09 ^a ±0.01	0.09 ^a ±0.02	0.16 ^b ±0.04
14.04	Στεατικό οξύ (C _{18:0})	2.69 ^b ±0.28	4.60 ^b ±0.56	7.20 ^c ±1.04	4.09 ^b ±0.84	5.51 ^b ±0.16	3.81 ^b ±0.44	4.37 ^b ±0.25	3.72 ^b ±0.20	4.34 ^b ±0.16
14.70	Ελαϊκό οξύ (C _{18:1 n-9})	71.89 ^a ±1.13	63.26 ^b ±1.38	57.05 ^a ±1.14	65.50 ^a ±0.58	59.31 ^a ±1.47	68.25 ^a ±0.53	62.59 ^b ±0.91	68.33 ^a ±0.30	64.99 ^b ±0.98
15.81	Λινελαϊκό οξύ (C _{18:2 n-9,12})	19.04 ^b ±0.49	19.05 ^b ±0.83	17.00 ^a ±0.37	20.36 ^c ±0.21	22.37 ^d ±0.16	20.70 ^c ±0.41	23.63 ^e ±0.66	21.13 ^{cd} ±0.43	23.87 ^e ±0.62
19.08	Αραχιδϊκό οξύ (C _{20:0})	0.07 ^a ±0.02	0.73 ^d ±0.09	1.14 ^e ±0.17	0.12 ^b ±0.01	0.14 ^b ±0.03	0.14 ^b ±0.04	0.16 ^b ±0.02	0.13 ^b ±0.02	0.14 ^b ±0.01
19.46	Αραχιδονϊκό οξύ (C _{20:1 n-11})	K.O.A	K.O.A	0.12 ^{ab} ±0.03	0.09 ^a ±0.02	0.12 ^{ab} ±0.02	0.06 ^{ab} ±0.01	0.13 ^{ab} ±0.00	0.11 ^{ab} ±0.02	0.12 ^{ab} ±0.02
Συνολικό ποσοστό κορεσμένων λιπαρών οξέων		8.15 ^a ±1.18	16.95 ^a ±1.31	25.47 ^a ±2.37	13.25 ^a ±0.88	18.21 ^a ±1.20	10.16 ^a ±0.34	12.45 ^a ±0.35	9.62 ^a ±0.24	10.28 ^a ±0.91
Συνολικό Ποσοστό μονοακόρεστων λιπαρών οξέων		72.81 ^a ±1.82	64.00 ^a ±2.23	57.53 ^a ±0.93	66.39 ^a ±1.94	60.42 ^b ±1.13	69.14 ^{cd} ±0.50	63.56 ^b ±1.23	69.25 ^d ±0.18	65.85 ^b ±1.14
Συνολικό Ποσοστό πολυακόρεστων λιπαρών οξέων		19.04 ^b ±0.49	19.05 ^b ±0.83	17.00 ^a ±0.37	20.36 ^c ±0.21	22.37 ^{cd} ±0.76	20.70 ^c ±0.41	23.63 ^e ±0.66	21.13 ^{cd} ±0.43	23.87 ^e ±0.62

K.O.A=Κάτω του ορίου ανίχνευσης, n=3x2=6, ^{a-c}S.D ^{a-c}Τιμές στην ίδια γραμμή με διαφορετικούς εκθέτες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους

Η σύνθεση λιπαρών οξέων των φρέσκων αμυγδάλων της παρούσας διατριβής έρχεται σε καλή συμφωνία με εκείνη των Miraliakbari & Shahidi (2008); Kodad & Company (2008). Μετά την πάροδο 12 μηνών αποθήκευσης, στην περίπτωση των ολόκληρων αμυγδάλων τα οποία αποθηκεύτηκαν, στις πιο ευνοϊκές συνθήκες οξείδωσης [από αυτές που επιλέχθηκαν να μελετηθούν στην παρούσα εργασία] (συσκευασία στο υλικό PET//LDPE, σε ατμόσφαιρα αζώτου, υπό φωτισμό στους 20 °C) η συγκέντρωση των SFA, MUFA και PUFA ήταν 19,66, 60,11 και 20,23% αντίστοιχα, ενώ στην περίπτωση των ολόκληρων αμυγδάλων τα οποία αποθηκεύτηκαν στις πιο ευνοϊκές συνθήκες προστασίας έναντι της οξείδωσης [από αυτές που επιλέχθηκαν να μελετηθούν στην παρούσα εργασία] (συσκευασία στο υλικό LDPE/EVOH/LDPE σε συνδυασμό με χρήση απορροφητή οξυγόνου, απουσία φωτός στους 4 °C) η συγκέντρωση των SFA, MUFA και PUFA ήταν 8,99, 67,36 και 23,65 αντίστοιχα. Στην περίπτωση των θρυμματισμένων αμυγδάλων στις αντίστοιχες συνθήκες αποθήκευσης (ευνοϊκές συνθήκες οξείδωσης και τις πιο ευνοϊκές συνθήκες προστασίας έναντι της οξείδωσης) η συγκέντρωση των SFA, MUFA και PUFA ήταν 25,47, 57,53, 17,00% και 10,28, 65,58, 23,87%, αντίστοιχα. Όπως παρατηρούμε από τους Πίνακες 14 και 15 η επίδραση της επεξεργασίας του θρυμματισμού επηρέασε σημαντικά τη μεταβολή των επιμέρους λιπαρών οξέων. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των διαγραμμάτων 23-26 και στηριζόμενοι στο γεγονός ότι η εξανάλη αποτελεί δευτερογενές προϊόν οξείδωσης του λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2\ n-9,12}$) του οποίου ο ρυθμός οξείδωσης εν συγκρίσει με το στεατικό ($C_{18:0}$), ελαϊκό ($C_{18:1\ n-9}$), λινελαϊκό ($C_{18:2\ n-12,15}$) και λινολενικό οξύ ($C_{18:3\ n-9,12,15}$) είναι 1:10:100:200, αντίστοιχα (O'Keefe, *et al.*, 1993) αναμενόταν η καταγραφή μείωσης του ποσοστού του ελαϊκού ($C_{18:1\ n-9}$) και λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2\ n-9,12}$) τα οποία είναι τα κυρίαρχα ακόρεστα λιπαρά οξέα του λίπους των αμυγδάλων (Πίνακες 14 και 15). Τέτοια τάση όμως παρατηρήθηκε μόνο στη μεταχείριση του θρυμματισμένου αμυγδαλού το οποίο αποθηκεύτηκε στις πιο ευνοϊκές συνθήκες οξείδωσης όπου καταγράφηκε μείωση του λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2\ n-9,12}$) κατά 4,83 %, και του ελαϊκού ($C_{18:1\ n-9}$) κατά 14,84%. Επιπλέον η % μείωση των παραπάνω ακόρεστων λιπαρών είχε ως αποτέλεσμα την % αύξηση των παλμιτικού ($C_{16:0}$) και στεατικού ($C_{18:0}$) οξέος κατά 7,41 και 3,33 %, αντίστοιχα. Επίσης στην περίπτωση των θρυμματισμένων αμυγδάλων που αποθηκεύτηκαν στις ιδανικές συνθήκες προστασίας έναντι της οξείδωσης παρατηρήθηκε μείωση του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1\ n-9}$) κατά 6,90 % με παράλληλη αύξηση των λιπαρών οξέων παλμιτικού ($C_{16:0}$) και στεατικού ($C_{18:0}$) κατά 0,16 και 0,62 %, αντίστοιχα. Αντίθετα στην

περίπτωση των ολόκληρων αμυγδάλων καταγράφηκε αύξηση του λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2\ n-9,12}$) κατά 1,19 και 4,61 % για τα αμύγδαλα τα οποία αποθηκεύτηκαν στις πιο ευνοϊκές και στις ιδανικές συνθήκες προστασίας έναντι της οξειδωσης, αντίστοιχα. Αντίστοιχα, για το ελαϊκό οξύ ($C_{18:1\ n-9}$) καταγράφηκε μείωση κατά 12,69 και 5,45 % με παράλληλη αύξηση της συγκέντρωσης των οξέων παλμιτικό ($C_{16:0}$) [7,41 και 0,16 %] και στεατικό ($C_{16:0}$) [3,33 και 0,62 %] για τα αμύγδαλα τα οποία αποθηκεύτηκαν στις πιο ευνοϊκές για οξειδωση και στις πιο ευνοϊκές συνθήκες προστασίας έναντι της οξειδωσης, αντίστοιχα.

Τα παρόντα αποτελέσματα βρίσκονται σε καλή συμφωνία με εκείνα των Senesi *et al.* (1991) οι οποίοι ανέφεραν αύξηση στη συγκέντρωση του λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2\ n-9,12}$) κατά 4,63 και 3,19% με παράλληλη μείωση του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1\ n-9}$) κατά 18,67 και 12,54% για τα αποφλοιωμένα αμύγδαλα που αποθηκεύτηκαν για 18 μήνες στο σκοτάδι σε ατμόσφαιρα αζώτου στους 20 και 4 °C, αντίστοιχα. Ομοίως οι Kazantzis *et al.* (2003) ανέφεραν αύξηση του λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2\ n-9,12}$) κατά 1,40 και 0,70% στην περίπτωση των πρώιμων αμυγδάλων τα οποία αποθηκεύτηκαν στους 20 και 4 °C, αντίστοιχα, με παράλληλη μείωση του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1\ n-9}$) κατά 1,40 και 0,60%, αντίστοιχα, μετά την αποθήκευση για 6 μήνες στο αέρα. Εν αντιθέσει με τα παραπάνω αποτελέσματα οι Zacheo *et al.* (1998), ανέφεραν αύξηση της συγκέντρωσης του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1\ n-9}$) κατά 9,07% με παράλληλη μείωση της συγκέντρωσης λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2\ n-9,12}$) κατά 7,90% μετά την αποθήκευση αμυγδάλων στους 20 °C και σε σχετική υγρασία 80% για 40 ημέρες. Η αύξηση της συγκέντρωσης των κορεσμένων λιπαρών οξέων μπορεί να θεωρηθεί πολύ σημαντική από διατροφική άποψη αφού διάφορες έρευνες έχουν δείξει θετική συσχέτιση μεταξύ κατανάλωσης κορεσμένων λιπαρών οξέων και καρδιαγγειακών νοσημάτων (Kato *et al.*, 1973) ενώ το διατροφικό πρόβλημα εντείνεται εξαιτίας της μείωσης της συγκέντρωσης των ωφέλιμων για την υγεία ακόρεστων λιπαρών οξέων ελαϊκό ($C_{18:1\ n-9}$), λινελαϊκό ($C_{18:2\ n-9,12}$) και λινολενικό οξύ ($C_{18:3\ n-9,12,15}$) (Vega *et al.*, 1982).

4.1.4 Μεταβολή πτητικών συστατικών ολόκληρου και θρυμματισμένου αμύγδαλου

Συνολικά ταυτοποιήθηκαν 10 ενώσεις οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία των αλδεϋδών, κετονών, αλκανίων, αλκοολών και κυκλικών υδρογονανθράκων στο φρέσκο αμύγδαλο (Πίνακες 16 και 17). Σημαντική ($p<0,05$) βρέθηκε ότι ήταν η επίδραση του χρόνου αποθήκευσης τόσο στο σχηματισμό όσο και στην αύξηση της συγκέντρωσης των προϋπαρχουσών ενώσεων. Σύμφωνα με τον Frankel (1982) η αύξηση της συγκέντρωσης ενώσεων που αποτελούν δευτερογενή προϊόντα οξειδωσης του λίπους επιδρά σημαντικά

στην υποβάθμιση της ποιότητας του τροφίμου, αφού αυτές προσδίδουν το δυσάρεστο άρωμα και τη γεύση οξείδωσης. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, αυτή είναι η πρώτη φορά που παρουσιάζεται η επίδραση του χρόνου αποθήκευσης στο αρωματικό προφίλ των αμυγδάλων (ολόκληρου και θρυμματισμένου).

Πίνακας 16. Μεταβολή πτητικών συστατικών ολόκληρων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 και 4°C.

					PET//LDPE 20 °C Φώς /N ₂		LDPE/EVOH/LDPE 20 °C Φώς/ N ₂		PET//LDPE 4 °C Σκοτάδι/Oxygen Absorber		LDPE/EVOH/LDPE 4 °C Σκοτάδι/Oxygen Absorber	
0 Ημερα					6 Μήνας	12 Μήνας	6 Μήνας	12 Μήνας	6 Μήνας	12 Μήνας	6 Μήνας	12 Μήνας
Μέθοδος ταυτοποίησης												
Πτητικές ενώσεις	Q _f	KI _{E+}	KI _{E-}	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<u>Αλδεΐδες</u>												
Επτανάλη	90	905	904	K.O.A	2.14 ^a ±0.23	3.98 ^{ac} ±0.49	K.O.A	2.92 ^a ±0.15	K.O.A	3.45 ^a ±0.51	K.O.A	1.86 ^b ±0.39
Βενζαλδεΐδη	96	982	982	1911.8 ^c ±73.18	1519.86 ^a ±96.22	1349.57 ^a ±110.49	1689.35 ^a ±50.13	1481.07 ^a ±70.49	1845.54 ^c ±36.03	1608.87 ^{ac} ±69.78	1804.22 ^c ±33.09	1833.20 ^c ±48.26
Εξανάλη	90	898	901	0.27 ^a ±0.09	1.87 ^{ca} ±0.18	5.13 ^e ±0.89	1.08 ^b ±0.24	2.47 ^{ca} ±1.03	0.33 ^a ±0.11	1.47 ^c ±0.40	0.66 ^b ±0.07	0.98 ^c ±0.13
Οκτανάλη	88	1005	1007	K.O.A	2.39 ^b ±0.53	7.43 ^a ±1.75	3.82 ^c ±0.60	6.37 ^d ±0.44	K.O.A	K.O.A	K.O.A	0.35 ^a ±0.08
Νονανάλη	72	1108	1109	K.O.A	14.34 ^a ±3.80	39.03 ^a ±2.37	4.59 ^b ±0.96	8.76 ^a ±1.20	K.O.A	1.42 ^a ±0.47	K.O.A	1.01 ^a ±0.25
<u>Κετόνες</u>												
2-Προπανόνη	80	>500	455	6.1 ^a ±1.16	75.41 ^a ±6.76	94.5 ^a ±6.07	40.62 ^a ±1.10	78.06 ^a ±7.20	18.72 ^a ±2.31	59.30 ^a ±3.63	15.67 ^a ±1.12	34.52 ^a ±2.26
2-Βουτανόνη	90	555	565	K.O.A	K.O.A	16.73 ^b ±2.69	K.O.A	10.32 ^a ±1.08	K.O.A	13.95 ^a ±0.99	K.O.A	11.34 ^a ±1.01
4-Μεθυλ-2-Πεντανόνη ¹²	91	690	678	64	64	64	64	64	64	64	64	64
<u>Αλκοόλες</u>												
3-Μέθυλ-1-Βουτανόλη	90	697	688	K.O.A	K.O.A	36.91 ^a ±2.18	K.O.A	18.76 ^c ±1.61	K.O.A	32.04 ^a ±2.09	1.33 ^a ±0.22	7.88 ^b ±0.71
3-Μέθυλ-2-Βουτενόλη	90	686	689	8.35 ^a ±2.13	12.30 ^{ab} ±1.20	27.13 ^a ±2.87	10.80 ^a ±1.21	14.90 ^c ±0.98	9.56 ^a ±0.72	15.30 ^c ±1.01	9.11 ^a ±0.50	10.14 ^a ±0.82
1-Οκτανόλη	72	1071	1070	K.O.A	1.33 ^a ±0.25	7.20 ^c ±1.18	1.86 ^a ±0.73	2.92 ^{ab} ±0.36	K.O.A	2.12 ^{ab} ±0.53	K.O.A	K.O.A
3-Μέθυλ-3-Βουτενόλη	86	668	670	5.89 ^a ±1.20	8.24 ^c ±0.59	9.50 ^a ±0.60	4.96 ^a ±0.99	7.99 ^c ±0.17	4.43 ^a ±0.44	5.11 ^a ±0.66	5.13 ^a ±0.74	5.47 ^{ab} ±0.57
1-Πεντανόλη	86	771	672	5.11 ^a ±0.88	35.9 ^a ±3.99	55.31 ^a ±4.18	22.39 ^c ±1.18	23.45 ^c ±0.85	7.18 ^a ±0.48	18.31 ^c ±2.36	5.73 ^a ±0.54	6.28 ^a ±0.32
1-Εξανόλη	80	860	869	K.O.A	3.45 ^c ±0.22	16.46 ^a ±2.14	2.12 ^b ±0.42	7.97 ^a ±0.97	K.O.A	3.74 ^c ±0.79	K.O.A	1.30 ^a ±0.24
2-Φαινυλ-αιθανόλη	81	1048	1049.4	3.23 ^a ±0.76	6.39 ^c ±0.68	26.11 ^a ±2.12	4.78 ^{ab} ±0.76	15.58 ^a ±1.84	4.11 ^a ±0.98	10.11 ^a ±1.65	3.97 ^a ±0.42	7.92 ^a ±0.83
Βενζυλική αλκοόλη	64	1136	1135.7	6.17 ^b ±0.12	4.78 ^a ±0.99	16.90 ^a ±3.08	3.72 ^a ±1.14	9.84 ^a ±0.50	7.70 ^a ±0.53	11.12 ^a ±0.99	6.04 ^a ±0.28	7.72 ^c ±0.34
<u>Αλκάνια</u>												
Επτάνιο	91	999	1000	K.O.A	K.O.A	28.90 ^a ±2.81	K.O.A	9.56 ^a ±1.05	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A
Χλωροφόρμιο	78	620	613.7	8.69 ^{ab} ±0.99	7.80 ^a ±1.10	7.43 ^a ±1.12	8.74 ^{ab} ±0.53	6.15 ^a ±1.31	9.05 ^{ab} ±0.46	7.43 ^a ±0.87	8.55 ^{ab} ±0.61	6.90 ^a ±1.17
<u>Αρωματικοί υδρογονάνθρακες</u>												
Τολουόλιο	91	691	689.2	5.16 ^a ±0.44	13.28 ^{ac} ±1.02	14.60 ^{ac} ±0.66	6.64 ^a ±0.38	10.89 ^c ±1.10	7.31 ^a ±0.88	10.07 ^c ±0.91	6.90 ^a ±0.36	11.95 ^{ac} ±0.95

K.O.A=Κάτω του ορίου ανίχνευσης, n=3x2=6,±S.D ^{a-c}Τιμές στην ίδια γραμμή με διαφορετικούς εκθέτες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, is=εσωτερικό πρότυπο

Πίνακας 17. Μεταβολή πτητικών συστατικών θρυμματισμένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 και 4 °C.

					PET//LDPE 20 °C Φώς N ₂		LDPE/EVOH/LDPE 20 °C Φώς N ₂		PET//LDPE 4°C Σκοτάδι Oxygen Absorber		LDPE/EVOH/LDPE 4 °C Σκοτάδι Oxygen Absorber	
Μέθοδος ταυτοποίησης				Ημέρα 0	6 Μήνας	12 Μήνας	6 Μήνας	12 Μήνας	6 Μήνας	12 Μήνας	6 Μήνας	12 Μήνας
Πτητικές ενώσεις	Q _f	KI _E	KI _L	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Αλδεΐδες												
Επτανάλη	83	905	904	K.O.A	19.91 ^c ±3.20	25.04 ^a ±4.13	5.84 ^a ±1.01	12.66 ^b ±1.58	U.D.L	5.58 ^a ±1.24	K.O.A	6.90 ^a ±0.98
Βενζαλδεΐδη	95	982	982	1911.8 ^a ±73.18	1302.87 ^b ±57.20	1185.77 ^b ±91.36	1441.15 ^b ±100.01	1494.10 ^b ±53.56	1809.43 ^a ±66.20	1662.7 ^a ±94.53	1732.7 ^a ±62.34	1817.6 ^{de} ±97.91
Εξανάλη	90	898	901	0.27 ^a ±0.09	4.13 ^f ±0.64	10.13 ^e ±2.41	1.91 ^d ±0.09	5.28 ^f ±1.10	0.98 ^c ±0.12	3.10 ^e ±0.30	0.48 ^b ±0.09	1.40 [±] 0.30
Οκτανάλη	86	1005	1007	K.O.A	6.90 ^b ±0.81	14.34 ^d ±2.83	4.14 ^a ±0.97	8.23 ^b ±0.62	K.O.A	9.29 ^c ±0.15	K.O.A	14.60 ^d ±0.71
3-Μεθυλ-Βουτάλη	78	632.2	650	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	2.66±0.44
Κετόνες												
2-Προπανόνη	80	>500	455	6.10 ^a ±1.16	86.11 ^d ±5.70	108.24 ^e ±5.34	54.78 ^c ±6.11	91.86 ^d ±7.95	12.04 ^b ±1.44	75.40 ^c ±4.37	13.90 ^b ±0.84	15.87 ^b ±2.13
2-Βουτανόνη	90	555	565	K.O.A	K.O.A	19.65 ^c ±0.29	K.O.A	13.28 ^a ±0.38	K.O.A	18.59 ^b ±0.47	K.O.A	18.59 ^b ±0.58
4-Μεθυλ-2-Πεντανόνη ^{1,2}	91	690	678	64	64	64	64	64	64	64	64	64
Αλκοόλες												
3-Μεθυλ-1-Βουτανόλη	83	697	688	U.D.L	36.11 ^e ±3.33	150.55 ^e ±8.95	38.77 ^e ±2.09	44.33 ^f ±3.47	14.52 ^b ±1.16	20.45 ^d ±0.88	10.01 ^a ±1.13	18.12 ^c ±0.91
3-Μεθυλ-2-Βουτενόλη	90	686	689	8.35 ^a ±2.13	17.36 ^b ±1.21	38.50 ^c ±5.88	8.69 ^a ±1.12	20.19 ^b ±3.28	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A
1-Οκτανόλη	73	1071	1070	U.D.L	2.18 ^a ±0.20	17.26 ^d ±4.13	3.16 ^b ±0.44	4.99 ^c ±0.62	K.O.A	1.99 ^a ±0.49	K.O.A	K.O.A
3-Μεθυλ-3-Βουτενόλη	86	668	670	5.89 ^a ±1.20	11.09 ^b ±1.68	15.55 ^d ±0.84	17.40 ^e ±0.43	K.O.A	6.17 ^a ±1.27	12.30 ^b ±0.84	13.20 ^b ±0.26	K.O.A
1-Πεντανόλη	72	771	672	5.11 ^a ±0.88	25.49 ^c ±4.22	67.04 ^e ±7.12	5.04 ^a ±0.76	12.10 ^b ±2.01	8.76 ^c ±1.30	11.00 ^b ±1.99	12.80 ^b ±1.47	U.D.L
1-Εξανόλη	72	860	869	U.D.L	12.23 ^c ±1.16	16.99 ^d ±1.89	26.81 ^e ±3.14	30.89 ^e ±3.18	K.O.A	6.15 ^b ±0.15	K.O.A	2.51 ^a ±0.82
2-Φαινυλ-αιθανόλη	87	1048	1049.4	3.23 ^a ±0.76	6.54 ^b ±0.59	23.72 ^e ±3.14	6.42 ^b ±0.97	8.25 ^c ±0.52	8.76 ^c ±0.38	16.30 ^a ±1.52	5.84 ^b ±0.92	6.98 ^b ±0.71
Βενζυλική αλκοόλη	64	1136	1135.7	6.17 ^b ±0.12	4.25 ^a ±0.19	30.27 ^e ±0.88	9.03 ^c ±0.67	13.98 ^d ±1.03	8.99 ^c ±0.76	12.70 ^d ±0.99	8.29 ^c ±0.46	9.17 ^c ±0.90
Οξέα												
2-Μεθυλ-2-Προπανοϊκό οξύ	80	699	711	U.D.L	K.O.A	5.31 ^b ±1.18	K.O.A	2.39 ^a ±0.50	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A
Αλκάνια												
Πεντάνιο	78	526	518	U.D.L	K.O.A	9.74 ^c ±0.53	K.O.A	6.18 ^b ±0.61	1.02 ^a ±0.08	5.28 ^b ±0.46	K.O.A	1.18 ^a ±0.10
Επτάνιο	80	999	1000	U.D.L	27.35 ^b ±1.13	89.90 ^c ±8.18	K.O.A	17.79 ^a ±3.49	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A
Χλωροφόρμιο	96	620	613.7	8.69 ^b ±0.99	52.57 ^a ±7.48	82.04 ^d ±5.92	12.31 ^a ±1.13	24.16 ^b ±2.17	6.73 ^a ±0.51	8.76 ^b ±0.70	6.30 ^a ±0.38	6.45 ^a ±0.68
2,2-Μεθυλ-Βουτάνιο	80	450	454	K.O.A	19.65 ^b ±1.50	K.O.A	K.O.A	2.28 ^a ±0.19	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A
2,2,3,3-ΤετραμέθυλΒουτάνιο	78	648	647	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	3.19±0.39	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A
Διμεθοξυ-Μεθάνιο	90	>500	471	U.D.L	K.O.A	63.72 ^b ±4.17	K.O.A	K.O.A	K.O.A	18.05	K.O.A	10.68 ^a ±1.18
Αρωματικοί υδρογονάνθρακες												
Τολουόλιο	91	691	689.2	5.16 ^a ±0.44	18.06 ^c ±3.17	23.36 ^c ±2.24	10.16 ^b ±1.66	21.51 ^c ±2.92	K.O.A	K.O.A	K.O.A	5.97 ^a ±0.47

K.O.A=Κάτω του ορίου ανίχνευσης, n=3x2=6,±S.D ^{a-e}Τιμές στην ίδια γραμμή με διαφορετικούς εκθέτες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, is= εσωτερικό πρότυπο

Ενώσεις οι οποίες ανήκουν στις κατηγορίες των αλδευδών (εξανάλη), όπως επίσης των κετονών (2-προπανόνη) και των αλκοολών (3-μέθυλ-3-βουτανόλη, 3-μέθυλ-2-βουτανόλη, 1-πεντανόλη και βενζυλική αλκοόλη) και οι οποίες ταυτοποιήθηκαν στο φρέσκο αμύγδαλο (ημέρα 0) κατέγραψαν αύξηση της συγκέντρωσής τους ($p < 0,05$) ιδιαίτερα στην περίπτωση των αμυγδάλων που αποθηκεύτηκαν στις ευνοϊκές συνθήκες για την οξείδωση του λίπους τους. Επίσης, ενώσεις όπως η 2-βουτανόνη, 1-εξανόλη, επτάνιο, οκτανάλη, 1-οκτανόλη και νονανάλη οι οποίες ταυτοποιήθηκαν τόσο στο ολόκληρο όσο και θρυμματισμένο αμύγδαλο, καθώς ενώσεις όπως η επτανάλη, το 2-προπανικό οξύ και το πεντάνιο που ταυτοποιήθηκαν μόνο στο θρυμματισμένο αμύγδαλο μετά την αποθήκευση για 6 και 12 μήνες αποτελούν επίσης δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης του λίπους (Frankel, 1982). Σύμφωνα με των Frankel, (1982) ενώσεις όπως το επτάνιο, η οκτανάλη και η 1-οκτανόλη αποτελούν δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1, n-9}$). Σύγκριση των Πινάκων 16 και 17 με τα αποτελέσματα των Πινάκων 12 και 13 για το ποσοστό του οξυγόνου εντός της συσκευασίας καταδεικνύει ότι στην περίπτωση των αμυγδάλων που αποθηκεύτηκαν στις ευνοϊκές συνθήκες για την οξείδωση του λίπους η αύξηση της συγκέντρωσης των παραπάνω ενώσεων συνδυάζεται με την παράλληλη μείωση του % ποσοστού του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1 n-9}$) ενώ στην περίπτωση των αμυγδάλων που αποθηκεύτηκαν στις πιο ευνοϊκές συνθήκες προστασίας έναντι της οξείδωσης μικρές μεταβολές καταγράφηκαν στο % ποσοστό του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1 n-9}$). Ομοίως η 1-πεντανόλη, η εξανάλη, η επτανάλη, η 2-πεντανόνη, 2-βουτανόνη, η 1-εξανόλη, το πεντάνιο, η 2-προπανόνη και η νονανάλη αποτελούν δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης του λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2 n-9,12}$).

Αρωματικοί υδρογονάνθρακες όπως το τουλουόλιο και άλλες ενώσεις όπως η βενζαλδεϋδη έχουν ταυτοποιηθεί επίσης από τους Vázquez-Araújo *et al.* (2008), στο άρωμα του ψημένου αμυγδάλου. Η βενζαλδεϋδη, η οποία είναι η ένωση που υπάρχει σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στο αμύγδαλο και η οποία του προσδίδει το χαρακτηριστικό άρωμα και τη γεύση του, εμφάνισε σημαντική ($p < 0,05$) μείωση στην συγκέντρωσή της στην περίπτωση των αμυγδάλων τα οποία αποθηκεύτηκαν στις πιο ευνοϊκές συνθήκες οξείδωσης. Αντίθετα στην περίπτωση των αμυγδάλων που αποθηκεύτηκαν στις πιο ευνοϊκές συνθήκες προστασίας έναντι της οξείδωσης η μεταβολή της συγκέντρωσής της, δεν ήταν σημαντική ($p > 0,05$) με αποτέλεσμα τη διατήρηση του χαρακτηριστικού πικρού αρώματος και γεύσης αμυγδάλου (Vázquez-Araújo, *et al.*, 2008) ακόμα και μετά την αποθήκευση για 12 μήνες.

4.1.5 Μεταβολή παραμέτρων χρώματος L^* , a^* και b^* ολόκληρου και θρυμματισμένου αμύγδαλου

Στην περίπτωση των ολόκληρων αμυγδάλων που αποθηκεύτηκαν απουσία φωτός και των θρυμματισμένων αμυγδάλων ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού, που συσκευάστηκαν στο υλικό PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου, στους 20 °C καταγράφηκαν σημαντικές ($p < 0,05$) μεταβολές και στις τρεις χρωματικές παραμέτρους (L^* , a^* και b^*) [Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται]. Αντίθετα, κατά τη συσκευασία των αμυγδάλων (ολόκληρων και θρυμματισμένων) στο υλικό LDPE/EVOH/LDPE δεν καταγράφηκαν σημαντικές μεταβολές ($p > 0,05$) στις χρωματικές παραμέτρους (L^* , a^* και b^*). Αντίστοιχη τάση καταγράφηκε και στην περίπτωση αποθήκευσης στους 4 °C αλλά οι μεταβολές που καταγράφηκαν στις χρωματικές παραμέτρους (L^* , a^* και b^*) ήταν μικρότερες.

Στην περίπτωση του ολόκληρου αμύγδαλου, μετά την αποθήκευση για 12 μήνες, η τάση η οποία παρατηρήθηκε ήταν η μείωση των παραμέτρων L^* και b^* ($p < 0,05$) με παράλληλη αύξηση της παραμέτρου a^* ($p < 0,05$). Αντίστοιχα, για το θρυμματισμένο αμύγδαλο καταγράφηκε μείωση της παραμέτρου L^* ($p < 0,05$) με παράλληλη αύξηση των παραμέτρων a^* και b^* ($p < 0,05$). Η μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων είχε ως αποτέλεσμα τα αμύγδαλα (ολόκληρα και θρυμματισμένα) να γίνουν σκουρόχρωμα μετά την αποθήκευση για 12 μήνες πιθανότατα λόγω των αντιδράσεων οξείδωσης που οδηγούν σε αμαύρωση των φαινολών (Ryan & Robards, 1998), οι οποίες εμφανίζονται σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις σε αυτό τον καρπό (26mg ισοδυνάμων γαλλικού οξέος/100 φρέσκου καρπού) (Milbury, *et al.* 2006). Αυτές οι αντιδράσεις αμαύρωσης βρέθηκε ότι γίνονται εντονότερα κυρίως κατά την έκθεση των καρπών:

- σε υψηλές θερμοκρασίες,
- κατά την αποθήκευση υπό φωτισμό και
- υπό την επίδραση του οξυγόνου.

Μία πιθανή εξήγηση για την περίπτωση της εντονότερης αμαύρωσης στην περίπτωση αποθήκευσης υπό φωτισμό είναι η δημιουργία του οξυγόνου απλής διεγερμένης κατάστασης (singlet oxygen) το οποίο προέρχεται από την επίδραση του φωτός στην φωτοευαισθητοποιητή βιταμίνη ριφοβλαβίνη, η οποία βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στο αμύγδαλο (Chen *et al.*, 2006), με αποτέλεσμα την εντονότερη οξείδωση των

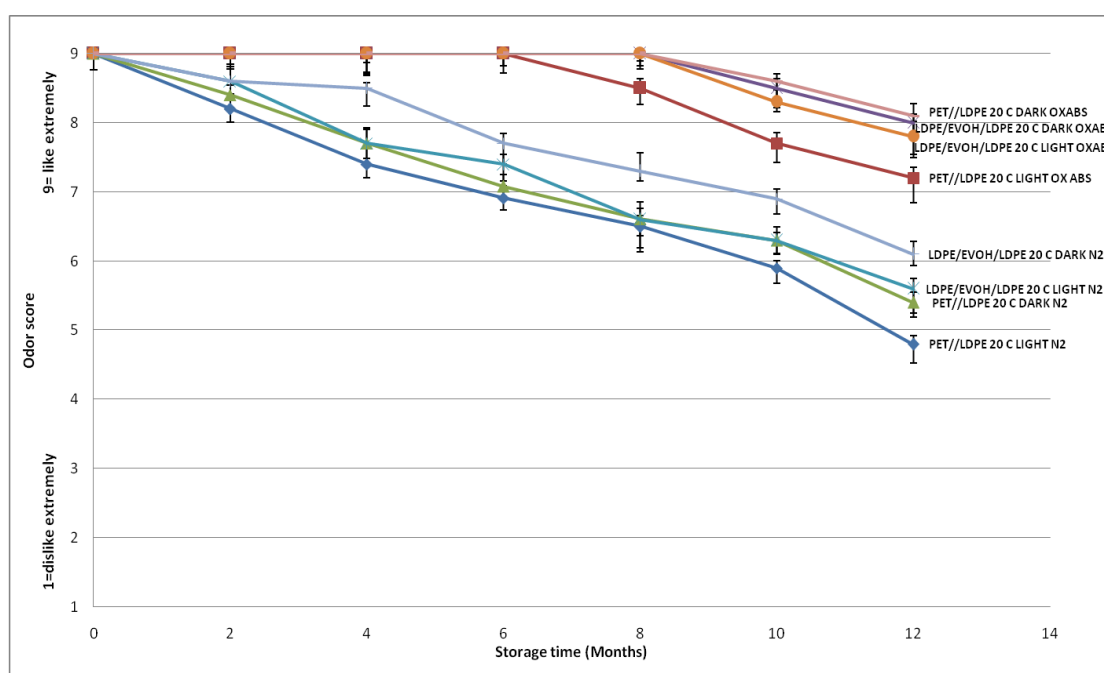
φαινολών. Η μεταβολή του χρώματος των αμυγδάλων (απέκτησαν πιο σκούρο χρώμα) κατά την αποθήκευσή τους έχει αναφερθεί επίσης και από άλλους ερευνητές (Ledbetter & Palmquist, 2006; Sánchez-Bel, *et al.*, 2008). Οι Ledbetter & Palmquist (2006) μελέτησαν την επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης (2, 22 και 32 °C) στο χρώμα πέντε διαφορετικών ποικιλιών αμυγδάλων τα οποία συσκέυασαν σε πλαστικές σακούλες και τα αποθήκευσαν για 11 μήνες απουσία φωτός. Ομοίως, οι Ledbetter & Palmquist (2006) κατέγραψαν αμαύρωση των αμυγδαλών ιδιαίτερα κατά την αποθήκευση στους 22 και 32 °C ανεξαρτήτως της ποικιλίας του αμυγδαλού. Οι Jensen *et al.* (2001) μελέτησαν επίσης την επίδραση του φωτός στο χρώμα των καρυδιών. Αποδείχθηκε ότι τα καρύδια τα οποία είχαν αποθηκευτεί υπό την επίδραση του φωτός απέκτησαν πιο σκούρο χρώμα σε σχέση με αυτά που αποθηκεύτηκαν απουσία φωτός. Τέλος αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα των Erickson *et al.* (1994) για τον καρπό pecan.

4.1.6 Οργανοληπτική αξιολόγηση ολόκληρου και θρυμματισμένου αμύγδαλου

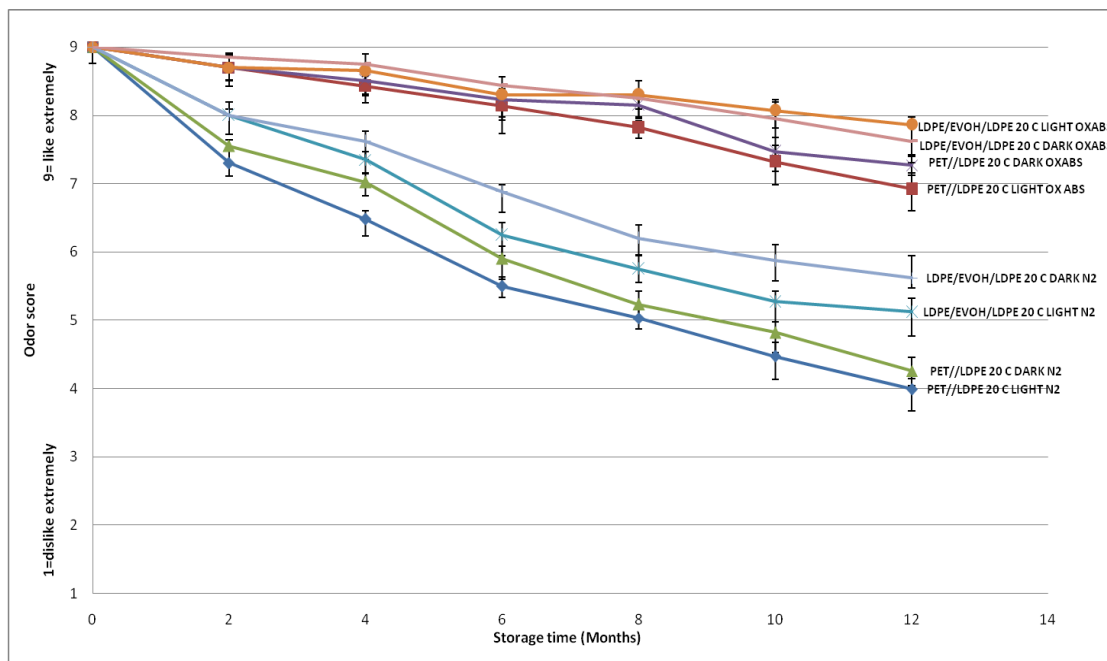
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής εξέτασης ο χρόνος αποθήκευσης δεν επέδρασε σημαντικά ($p>0,05$) στην υφή τόσο του ολόκληρου όσο και του θρυμματισμένο αμυγδαλού (Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται). Τα δείγματα διατήρησαν την τραγανότητα τους πιθανότατα εξαιτίας της προστασίας που προσέφερε η πολυστρωματική συσκευασία που χρησιμοποιήθηκε και συγκεκριμένα το στρώμα του πολυαιθυλενίου που αποτελεί εξαιρετικό φραγμό έναντι τις υγρασίας. Εν αντιθέσει με τα αποτελέσματα για την υφή, σημαντικές ($p<0,05$) μεταβολές καταγράφηκαν όσον αφορά το χρώμα τόσο του ολόκληρου όσο και του θρυμματισμένου αμυγδαλού μετά την αποθήκευση για 12 μήνες. Και στις δύο περιπτώσεις τα δείγματα έγιναν πιο σκουρόχρωμα (Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται). Τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης του χρώματος έρχονται σε πολύ καλή συμφωνία με εκείνα της αντικειμενικής αξιολόγησης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με την οργανοληπτική αξιολόγηση η αλλαγή του χρώματος του καρπών σχετίζεται άμεσα με τη γεύση και την οσμή οξείδωσης των καρπών. Τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με εκείνα των Lee & Resurreccion (2006) για το φιστίκι τύπου αράπικο. Όπως είδη έχει αναφερθεί στο θεωρητικό μέρος η επίδραση του φωτός αναμενόταν να προσδώσει στα αμύγδαλα πιο σκούρο καφέ χρώμα (Adebisi *et al.* 2002). Επιπλέον οι Dull & Kays (1988) ανέφεραν ότι η χρήση υλικού συσκευασίας υψηλού φραγμού (μεταλλοποιημένο ιονομερές φιλμ) συντέλεσε στη διατήρηση του αρχικού χρώματος του ελαιοκάρυου μετά την αποθήκευση

6 μηνών. Τέλος οι Adebisi *et al.* (2002) κατέγραψαν αλλοίωση του αρχικού χρώματος μετά την πάροδο 3 μηνών αποθήκευσης του φυστικού τύπου αράπικο στο υλικό συσκευασίας υψηλού φραγμού PP/EVOH/PE.

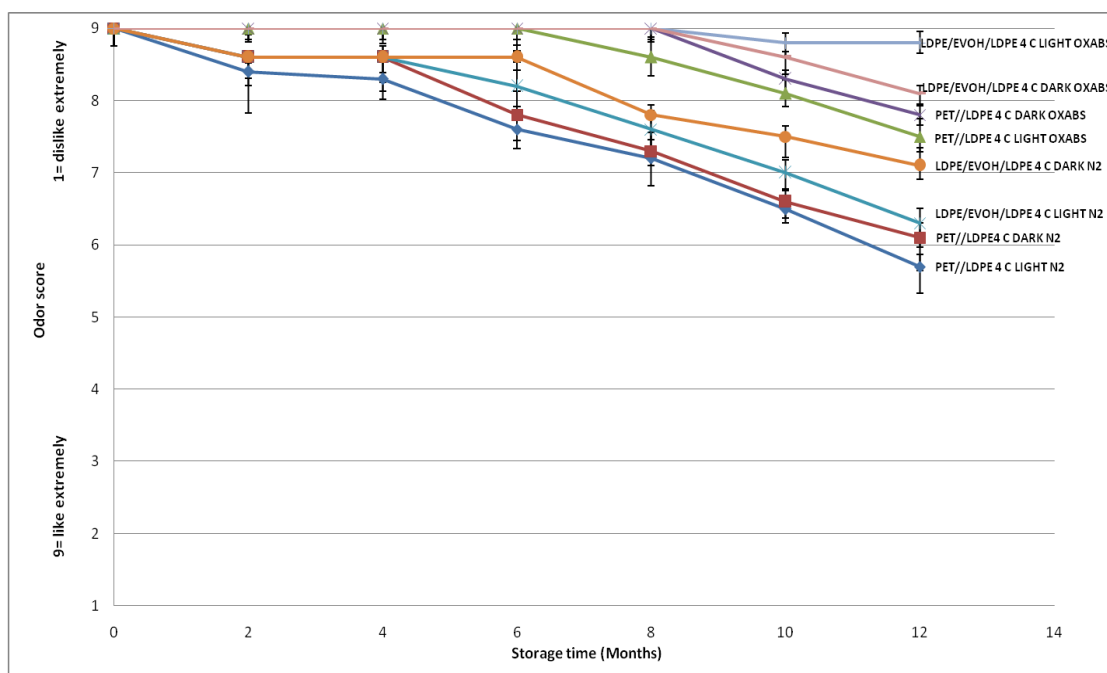
Τα παρακάτω διαγράμματα 27 έως 30 απεικονίζουν την επίδραση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου και τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, της διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, των συνθηκών φωτισμού, της θερμοκρασίας αποθήκευσης και του χρόνου αποθήκευσης στην οσμή οξείδωσης του ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου.



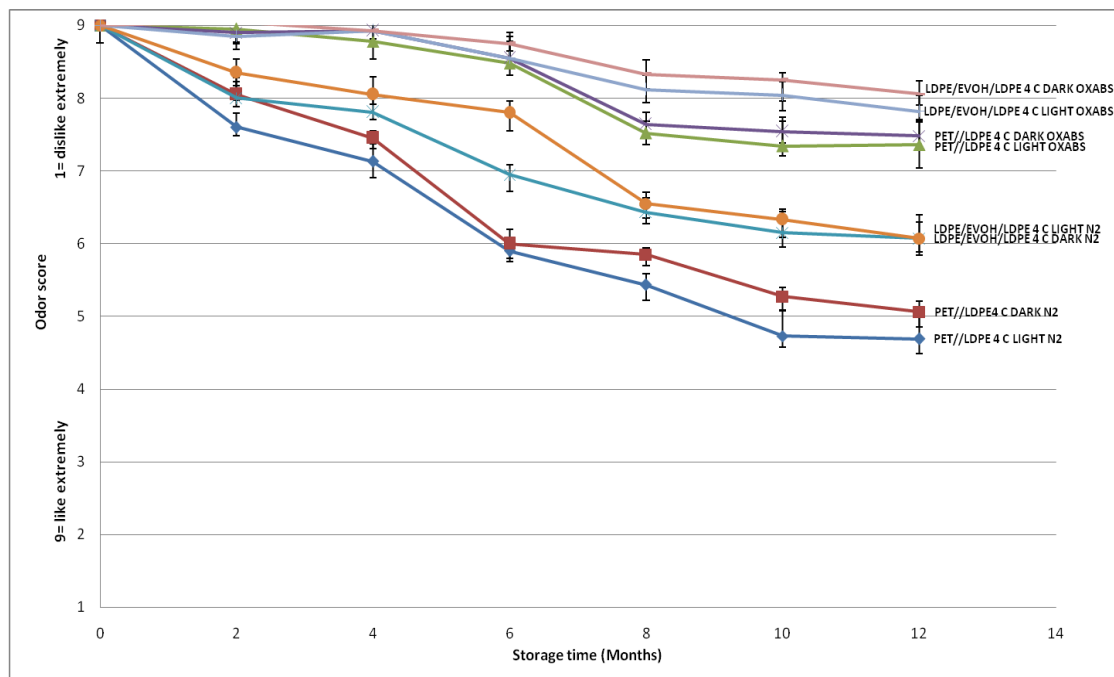
Διάγραμμα 27. Μεταβολή οσμή οξείδωσης ολόκληρων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.



Διάγραμμα 28. Μεταβολή οσμής οξείδωσης θρυμματισμένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.



Διάγραμμα 29. Μεταβολή οσμής οξείδωσης ολόκληρων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 4°C.

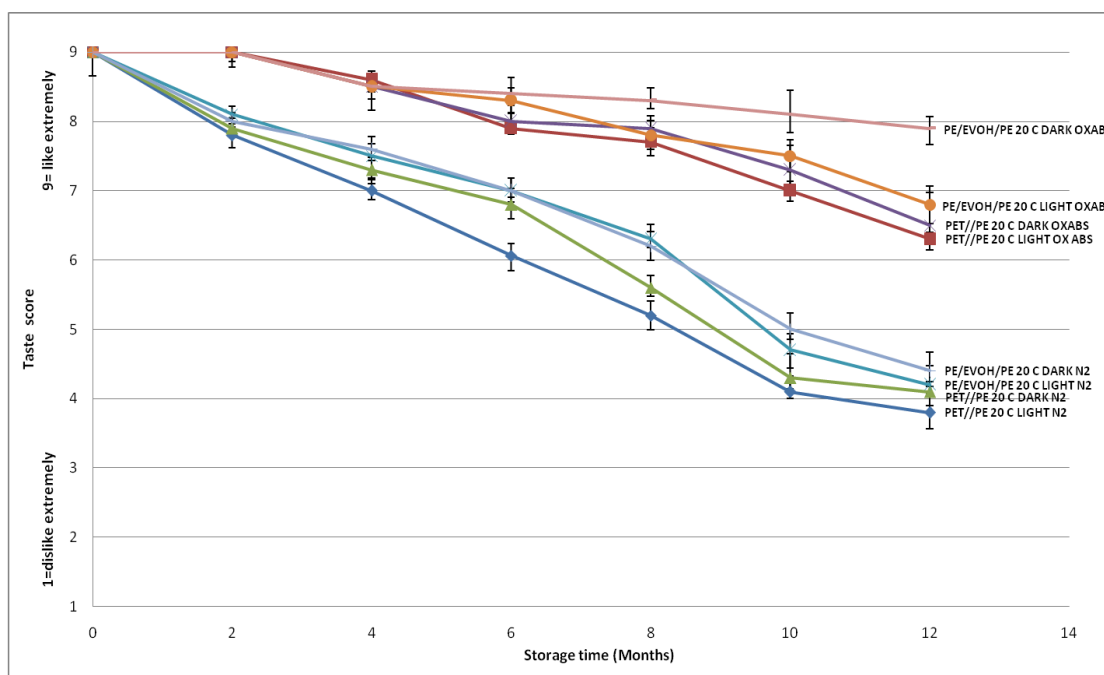


Διάγραμμα 30. Μεταβολή οσμή οξείδωσης θρυμματισμένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 4 °C

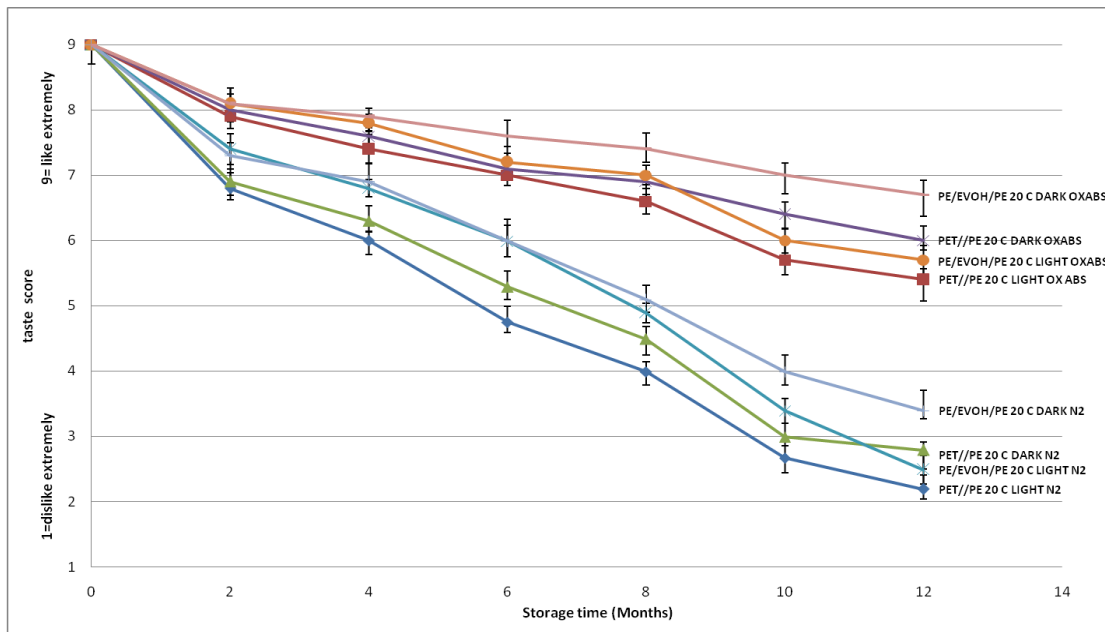
Όπως παρατηρούμε στα παραπάνω διαγράμματα 27 έως και 30, μετά την αποθήκευση ολόκληρων και θρυμματισμένων αμυγδάλων για 12 μήνες σε συνδυασμό με τη χρήση απορροφητή οξυγόνου, ανεξαρτήτως της θερμοκρασίας αποθήκευσης, διαπιστώθηκε η διατήρηση του αρώματος του φρέσκου αμυγδάλου (οργανοληπτικό σκορ 7,5 και 7,36, αντίστοιχα), ενώ αντίθετα στην περίπτωση αποθήκευσης σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου καταγράφηκε έντονη οσμή οξείδωσης των καρπών (οργανοληπτικό σκορ 4,8 και 3,99 αντίστοιχα). Τόσο για την περίπτωση των ολόκληρων όσο και στην περίπτωση των θρυμματισμένων αμυγδάλων τα οποία συσκευάστηκαν σε συνδυασμό με απορροφητή οξυγόνου σημαντικές ($p < 0,05$) μεταβολές στην οσμή οξείδωσης καταγράφηκαν μόνο μετά την πάροδο 8 και 4 μηνών αποθήκευσης, αντίστοιχα, κατά την αποθήκευση στους 20 °C. Αντίθετα στην περίπτωση αποθήκευσης σε θερμοκρασία 4 °C, σημαντικές μεταβολές καταγράφηκαν μετά την πάροδο 10 και 6 μηνών, αντίστοιχα. Στην περίπτωση συσκευασίας σε ατμόσφαιρα αζώτου, ανεξάρτητα της θερμοκρασίας αποθήκευσης, σημαντικές ($p < 0,05$) μεταβολές στην οσμή οξείδωσης για το ολόκληρο και

το θρυμματισμένο αμύγδαλο καταγράφηκαν μόλις μετά την πάροδο 2 και 1 μηνός, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης της οσμής έρχονται σε καλή συμφωνία με αυτά της αντικειμενικής αξιολόγησης αφού όπως καταγράφηκε η συγκέντρωση της βενζαλδεϋδης, μειώθηκε σημαντικά ($p < 0,05$) ιδιαίτερα στα δείγματα που συσκευάστηκαν σε ατμόσφαιρα αζώτου με αποτέλεσμα την απώλεια του χαρακτηριστικού αρώματος του αμυγδάλου.

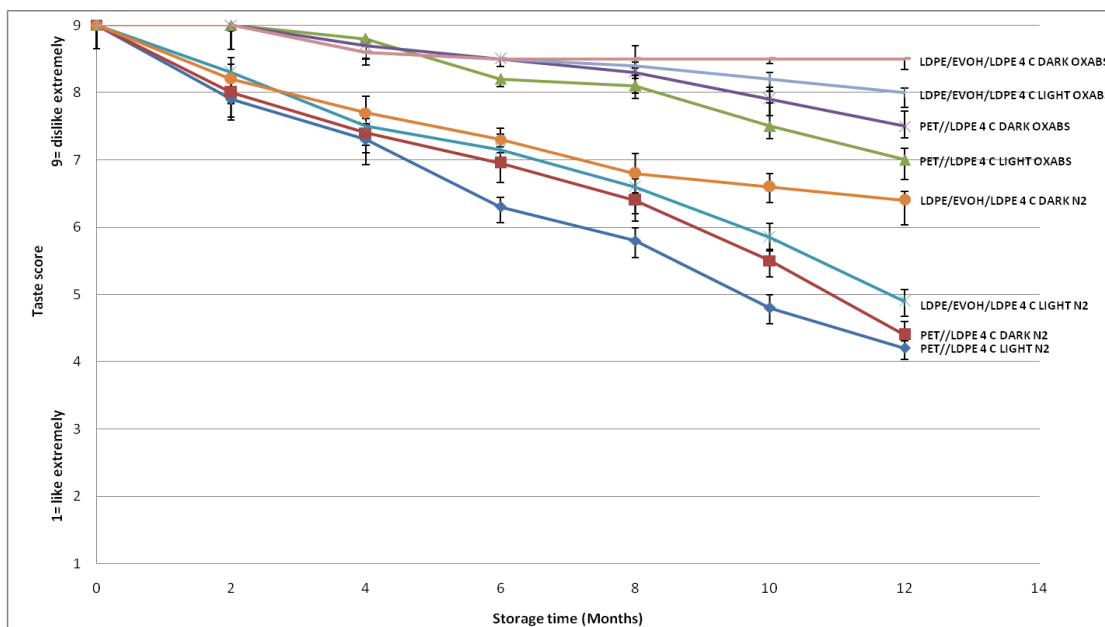
Τα παρακάτω διαγράμματα 31 έως 34 απεικονίζουν την επίδραση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου και τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, της διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, των συνθηκών φωτισμού, της θερμοκρασίας αποθήκευσης και του χρόνου αποθήκευσης στην γεύση οξείδωσης του ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου.



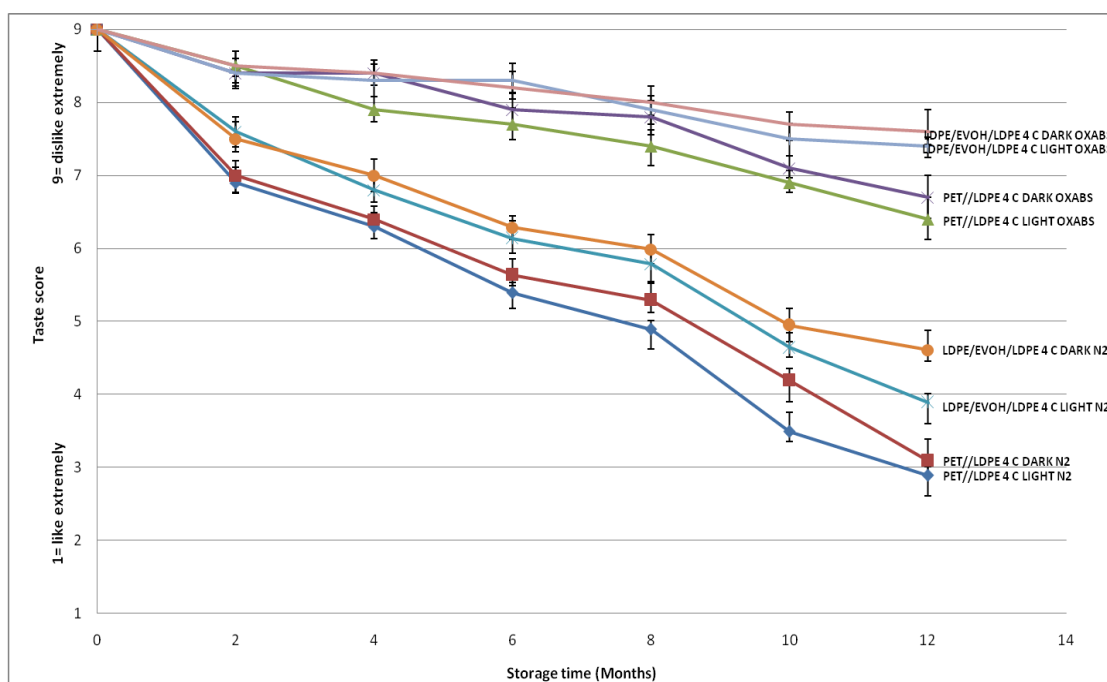
Διάγραμμα 31. Μεταβολή γεύσης οξείδωσης ολόκληρων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20°C.



Διάγραμμα 32. Μεταβολή γεύσης οξείδωσης θρυμματισμένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.



Διάγραμμα 33. Μεταβολή γεύσης οξείδωσης ολόκληρων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 4°C.



Διάγραμμα 34. Μεταβολή γεύσης οξείδωσης θρυμματισμένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή LDPE/EVOH/LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 4 °C.

Όπως παρατηρούμε στα παραπάνω διαγράμματα 31 έως και 34, μετά την αποθήκευση των ολόκληρων και θρυμματισμένων αμυγδάλων για 12 μήνες καταγράφηκαν ελάχιστες μεταβολές στη γεύση στην περίπτωση συσκευασίας σε συνδυασμό με τη χρήση απορροφητή οξυγόνου και αποθήκευσης στους 4 °C (οργανοληπτικό σκορ 8,5 και 6,4 αντίστοιχα) ενώ έντονη γεύση οξείδωσης καταγράφηκε στην περίπτωση αποθήκευσης σε ατμόσφαιρα αζώτου και αποθήκευση σε θερμοκρασία 20 °C (οργανοληπτικό σκορ 3,8 και 2,19 αντίστοιχα). Τόσο στην περίπτωση των ολόκληρων όσο και στην περίπτωση των θρυμματισμένων αμυγδάλων τα οποία συσκευάστηκαν σε συνδυασμό με απορροφητή οξυγόνου καταγράφηκαν σημαντικές ($p < 0,05$) μεταβολές στη γεύση μόνο μετά την πάροδο 4 και 1 μηνών αποθήκευσης, αντίστοιχα, κατά την αποθήκευση στους 20 °C. Στην περίπτωση αποθήκευσης σε θερμοκρασία 4 °C, σημαντικές ($p < 0,05$) μεταβολές καταγράφηκαν μόνο μετά την πάροδο 6 και 2 μηνών αντίστοιχα. Αντίθετα κατά την συσκευασία σε ατμόσφαιρα αζώτου, ανεξαρτήτως της

θερμοκρασίας αποθήκευσης, σημαντικές ($p < 0,05$) μεταβολές στη γεύση οξείδωσης για το ολόκληρο και το θρυμματισμένο αμύγδαλο καταγράφηκαν μόλις μετά την πάροδο 2 μηνών αποθήκευσης. Τόσο για το ολόκληρο όσο και για το θρυμματισμένο αμύγδαλο η γεύση βρέθηκε πως ήταν πιο ευαίσθητο οργανοληπτικό κριτήριο αξιολόγησης εν συγκρίσει με την οσμή.

Βασιζόμενοι στα αποτελέσματα της γεύσης και το σκορ οργανοληπτικής απόρριψης (5) ο χρόνος ζωής των:

- Ολόκληρων αμυγδάλων που αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 20 °C και συσκευάστηκαν στο υλικό PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου ήταν τουλάχιστον 8 μήνες στην περίπτωση αποθήκευσης υπό φωτισμό και 9 μήνες κατά την αποθήκευση απουσία φωτός ενώ στην περίπτωση αποθήκευσης στους 4 °C ο χρόνος ζωής ήταν 9 και 11 μήνες, αντίστοιχα.
- Θρυμματισμένων αμυγδάλων που αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 20 °C και συσκευάστηκαν στο υλικό PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου ήταν τουλάχιστον 6 μήνες στην περίπτωση αποθήκευσης υπό φωτισμό και 7 μήνες κατά την αποθήκευση απουσία φωτός ενώ στην περίπτωση αποθήκευσης στους 4 °C ο χρόνος ζωής ήταν 8 και 8-9 μήνες αντίστοιχα.
- Ολόκληρων αμυγδάλων που αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 20 °C και συσκευάστηκαν στο υλικό LDPE/EVOH/LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου ο χρόνος ζωής ήταν τουλάχιστον 9-10 μήνες ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού ενώ στην περίπτωση αποθήκευσης στους 4 °C ο χρόνος ζωής τουλάχιστον 12 μήνες ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού.
- Θρυμματισμένων αμυγδάλων που αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 20 °C και συσκευάστηκαν στο υλικό LDPE/EVOH/LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου ήταν τουλάχιστον 8 μήνες ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού ενώ στην περίπτωση αποθήκευσης στους 4 °C ο χρόνος ζωής ήταν 9 και 10 μήνες αντίστοιχα.
- Τέλος στην περίπτωση συσκευασίας τόσο των ολόκληρων όσο και των θρυμματισμένων αμυγδάλων σε συνδυασμό με απορροφητή οξυγόνου ο χρόνος ζωής ήταν 12 μήνες ανεξαρτήτως της θερμοκρασίας αποθήκευσης και των συνθηκών φωτισμού.

Οι Sanchez-Bel *et al.* (2005) και (2008) ανέφεραν ότι ο οργανοληπτικός χρόνος ζωής των αμυγδάλων ανήλθε στους 6 μήνες στους 20 °C σε σχετική υγρασία 75%. Αντίθετα οι Zacheo *et al.* (2000) δεν ανέφεραν σημαντικές μεταβολές όσον αφορά τη γεύση οξείδωσης μετά την αποθήκευση για 18 μήνες στο σκοτάδι στους 20 °C, ενώ μετά από 36 μήνες αποθήκευσης καταγράφηκε “ελαφριά” γεύση οξείδωσης.

4.1.6 Γενικά συμπεράσματα

Εκ των παραπάνω αποτελεσμάτων προκύπτει ότι οι πιο ευνοϊκές συνθήκες για τη συσκευασία και αποθήκευση των ολόκληρων και θρυμματισμών αμυγδάλων περιλαμβάνουν τη χρήση απορροφητή οξυγόνου ανεξαρτήτως της θερμοκρασίας αποθήκευσης και των συνθηκών φωτισμού. Κατά την αποθήκευση υπό αυτές τις συνθήκες ο χρόνος ζωής των ολόκληρων και θρυμματισμένων αμυγδάλων βρέθηκε ότι είναι τουλάχιστον 12 μήνες.

ΠΕΙΡΑΜΑ Β1: Μελέτη επίδρασης γ-ακτινοβολίας στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ολόκληρων αμυγδάλων αμέσως μετά την ακτινοβολήση

4.2 Επίδραση αυξανόμενων δόσεων γ-ακτινοβολίας στη συγκέντρωση των πρωτογενών προϊόντων οξείδωσης (AY) μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου

Η επίδραση αυξανόμενων δόσεων γ-ακτινοβολίας στη συγκέντρωση των πρωτογενών προϊόντων οξείδωσης (AY) του μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου παρουσιάζονται στο Πίνακα 18.

Πίνακας 18. Επίδραση αυξανόμενων δόσεων γ-ακτινοβολίας στη συγκέντρωση των πρωτογενών προϊόντων οξείδωσης (AY) μη-ακτινοβολημένου και του ακτινοβολημένου αμυγδάλου

Δόση ακτινοβολίας (kGy)	Αριθμός υπεροξειδίων (meq O ₂ /kg ελαίου αμυγδάλου)
Μη-ακτινοβολημένο	0.26 ^a ±0.11
1	0.62 ^b ±0.08
1.5	1.16 ^c ±0.16
3	1.80 ^d ±0.25
5	2.46 ^e ±0.05
7	2.74 ^f ±0.22

n=3x2=6, ±S.D ^{a-e} Τιμές με διαφορετικούς εκθέτες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (p<0,05)

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι αυξανόμενης της δόσης ακτινοβολήσης αυξάνεται σημαντικά (p<0,05) του αριθμού υπεροξειδίων. Μετά από ακτινοβολήση σε δόση των 7kGy παρατηρήθηκε αύξηση του αριθμού υπεροξειδίων κατά 11 φορές. Αυτή η αύξηση του AY μπορεί να αποδοθεί στο υψηλό ποσό ενέργειας το οποίο απελευθερώθηκε

κατά την ακτινοβόληση με αποτέλεσμα τον σχηματισμό υπεροξειδίων μέσω του μηχανισμού των ελευθέρων ριζών. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Inayatullah, *et al.* (1987) για τον καρπό σόγιας, Chiou (1994) για το έλαιο φιστικιού τύπου αράπικο, Buyn *et al.* (1995) για το έλαιο σόγιας, Wilson-Kakashita *et al.* (1995) για τα καρύδια, Uthman *et al.* (1999) για τα αμύγδαλα, Gölge & Ova (2008) για των κουκουναρόσπορο. Εν αντιθέσει με τα παρόντα αποτελέσματα ο Al-Bachir (2004) ανέφερε μη σημαντική ($p>0,05$) αύξηση του ΑΥ μετά από ακτινοβόληση καρυδιών σε δόσεις έως και 2,0 kGy. Επιπλέον, οι Sánchez-Bel *et al.* (2005) δεν παρατήρησαν σημαντική μεταβολή στην τιμή του ΑΥ μετά την ακτινοβόληση αμυγδάλων σε δόσεις 3, 7 και 10 kGy.

4.2.1 Επίδραση αυξανόμενων δόσεων γ-ακτινοβολίας στην σύνθεση λιπαρών οξέων μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου

Η σύνθεση λιπαρών οξέων του μη-ακτινοβολημένου και του ακτινοβολημένου αμυγδάλου παρουσιάζονται στον πίνακα 19. Αρχικά το συνολικό ποσοστό των SFA, MUFA και PUFA του μη-ακτινοβολημένου αμυγδάλου ήταν 11,85, 69,69 και 18,46 % αντίστοιχα. Μετά την ακτινοβόληση σε δόση 7 kGy οι αντίστοιχες τιμές ήταν 15,47, 66,16 και 18,37%. Όπως λοιπόν παρατηρείται η συγκέντρωση των PUFA παρέμεινε ανεπηρέαστη ενώ η συγκέντρωση των MUFA μειώθηκε ($p<0,05$) με αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού των SFA ($p<0,05$) μετά την ακτινοβόληση. Το αναμενόμενο θα ήταν καταρχήν η μείωση των PUFA και στη συνέχεια των MUFA. Το γεγονός ότι τα PUFA δεν παρουσίασαν μεταβολή κατά την ακτινοβόληση χρειάζεται περαιτέρω μελέτη. Λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική μείωση του ποσοστού των MUFA και του γεγονότος ότι τα PUFA δεν επηρεάστηκαν από την ακτινοβολία, καταγράφηκε αύξηση του ποσοστού των SFA. Επίσης μετά την ακτινοβόληση, παρατηρήθηκε η δημιουργία των οξέων μυριστικού ($C_{14:0}$), παλμιτελαϊκού ($C_{16:1\ n-9}$) και ενός ισομερούς του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1\ n-9}$). Το δεκαεπταενικό οξύ ($C_{17:0}$) αυξήθηκε σημαντικά ($p<0,05$) επίσης σε δόσεις ακτινοβόλησης ≥ 1.5 kGy. Στην εργασία τους για τον κουκουναρόσπορο οι Golge & Ova (2008) ανέφεραν ότι δεν υπήρξε σημαντική ($p>0,05$) επίδραση της γ-ακτινοβολίας στα λιπαρά οξέα παλμιτικό ($C_{16:0}$), στεατικό ($C_{18:0}$), ελαϊκό ($C_{18:1\ n-9}$) και λινελαϊκό οξύ ($C_{18:2\ n-12,15}$). Επίσης οι Buyn, *et al.* (1995) δεν παρατήρησαν σημαντική μεταβολή στη σύνθεση των λιπαρών οξέων του ελαίου σόγιας μετά την ακτινοβόλησή του με γ-ακτινοβολία.

Πίνακας 19. Σύνθεση λιπαρών οξέων μη-ακτινοβολημένων και ακτινοβολημένων αμυγδάλων ως συνάρτηση αυξανόμενων δόσεων γ-ακτινοβολίας

Λιπαρά οξέα	Δόση Ακτινοβολίας (kGy)					
	0	1	1.5	3	5	7
Μυριστικό οξύ (C _{14:0})	K.O.A	K.O.A	0.05 ^a ±0.01	0.05 ^a ±0.00	0.05 ^a ±0.01	0.04 ^a ±0.00
Παλμιτικό οξύ C _{16:0})	8.42 ^a ±0.01	10.18 ^c ±0.26	10.17 ^c ±0.17	9.94 ^c ±0.13	9.50 ^b ±0.12	10.82 ^d ±0.15
Δεκαεπτανοϊκό οξύ(C _{17:0})	0.09 ^a ±0.01	0.11 ^a ±0.01	0.17 ^b ±0.02	0.15 ^b ±0.02	0.14 ^b ±0.01	0.15 ^b ±0.01
Στεατικό οξύ (C _{18:0})	3.22 ^a ±0.08	3.24 ^a ±0.26	3.57 ^b ±0.00	4.37 ^b ±0.63	3.61 ^{ab} ±0.25	4.01 ^b ±0.50
Αραχιδονικό οξύ (C _{20:0})	0.12 ^a ±0.02	0.28 ^b ±0.03	1.50 ^d ±0.08	1.49 ^d ±0.00	1.64 ^d ±0.10	0.45 ^c ±0.03
Συνολικό ποσοστό κορεσμένων λιπαρών οξέων	11.85 ^a ±1.23	13.81 ^b ±0.53	15.46 ^c ±0.98	16.00 ^c ±0.44	14.90 ^c ±0.62	15.47 ^c ±0.86
Παλμιτελαϊκό οξύ (C _{16:1 n-7})	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	0.04±0.02
Παλμιτελαϊκό οξύ (C _{16:1 n-9})	0.59 ^a ±0.11	0.57 ^a ±0.05	0.74 ^a ±0.12	0.61 ^a ±0.05	0.54 ^a ±0.05	0.70 ^a ±0.06
Ελαϊδικό οξύ (C _{18:1 n9})	K.O.A	1.23 ^b ±0.13	1.32 ^b ±0.30	1.30 ^b ±0.26	0.44 ^a ±0.10	0.48 ^a ±0.07
Ελαϊκό οξύ (C _{18:1 n-9})	69.10 ^b ±2.21	66.00 ^a ±1.20	63.80 ^a ±1.36	64.02 ^a ±1.00	65.76 ^a ±1.26	64.94 ^a ±1.80
Συνολικό ποσοστό μονοακόρεστων λιπαρών οξέων	69.69 ^d ±0.26	67.80 ^c ±0.24	65.86 ^a ±0.18	65.93 ^a ±0.17	66.70 ^b ±0.11	66.16 ^a ±0.15
Λινελαϊκό οξύ (C _{18:2 n-9,12})	18.46 ^a ±0.34	18.39 ^a ±1.02	18.68 ^a ±0.56	18.07 ^a ±0.14	18.40 ^a ±1.18	18.37 ^a ±0.98
Συνολικό ποσοστό πολυακόρεστων λιπαρών οξέων	18.46 ^a ±0.34	18.39 ^a ±1.02	18.68 ^a ±0.56	18.07 ^a ±0.14	18.40 ^a ±1.18	18.37 ^a ±0.98

K.O.A= Κάτω του ορίου ανίχνευσης, n=3x2=6,±S.D ^{a-e}Τιμές στην ίδια γραμμή με διαφορετικούς εκθέτες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους

4.2.2 Ταυτοποίηση και ημιποσοτικός προσδιορισμός πτητικών συστατικών μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου

Ταυτοποιήθηκαν συνολικά 13 ενώσεις οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία των αλδεϋδών, κετονών, αλκανίων, αλκοολών και κυκλικών υδρογονανθράκων στον μη-ακτινοβολημένο αμύγδαλο (Πίνακας 20). Αλδεϋδες όπως η ακεταλδεϋδη, η εξανάλη, η νονανάλη και η δεκανάλη και κετόνες όπως η 2-βουτανόνη και η 2-προπανόνη δημιουργήθηκαν κυρίως κατά την ακτινοβόληση με υψηλές δόσεις ακτινοβολίας ως αποτέλεσμα της οξείδωσης των λιπών. Η βενζαλδεϋδη, η κύρια πτητική ένωση των αμυγδάλων, δεν επηρεάστηκε σημαντικά κατά την ακτινοβόληση των αμυγδάλων σε δόσεις έως και 7 kGy ($p > 0,05$). Αλκάνια όπως το πεντάνιο, το εξάνιο και το 2,2-διμεθυλ-βουτάνιο καταστράφηκαν κατά την ακτινοβόληση. Το γεγονός της καταστροφής των παραπάνω ενώσεων κατά την ακτινοβόληση χρειάζεται περαιτέρω μελέτη. Αλκοόλες όπως η εξανόλη, η βενζυλική αιθανόλη και 2-φαινυλ-αιθανόλη παρουσίασαν αύξηση ($p < 0,05$) στη συγκέντρωσή τους ως αποτέλεσμα της οξείδωσης των λιπών. Σύμφωνα με τον Frankel (1982) το οξικό οξύ, η νονανάλη και η δεκανάλη οι οποίες ταυτοποιήθηκαν στα ακτινοβολημένα αμύγδαλα αποτελούν δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1\ n-9}$). Οι Gyawali *et al.* (2006) κατέγραψαν ομοίως με την παρούσα έρευνα, την εμφάνιση της νονάνλης μετά από ακτινοβόληση σε δόση μεγαλύτερη των 3 kGy. Οι Jo & Ahn (2000), ανέφεραν επίσης πως διάφορες αλδεϋδες παρήχθησαν σε ακτινοβολημένο μίγμα ελαίου με αμινοξέα, σε συγκεντρώσεις οι οποίες αυξήθηκαν παράλληλα με την αύξηση της δόσης ακτινοβολίας έως 10 kGy. Οι κετόνες όπως η 2-προπανόνη, 2-βουτανόνη καθώς και η εξανάλη, η ακεταλδεϋδη, η 1-πεντανόλη, αποτελούν δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης του λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2\ n-9,12}$).

Πίνακας 20. Πτητικά συστατικά (mg/kg αμυγδάλου) μη-ακτινοβολημένων και ακτινοβολημένων αμυγδάλων ως συνάρτηση της δόσης γ-ακτινοβολήσης.

t _r (min)	Πτητικές ενώσεις	Δόση ακτινοβολίας (kGy)					
		0	1	1.5	3	5	7
3.25	Ακεταλδεϋδη	K.O.A.	K.O.A.	12.4 ^c ±0.1	8.4 ^a ±0.1	10.8 ^b ±0.12	8.8 ^a ±0.7
4.29	Ακετόνη	52.8 ^a ±0.9	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	60.6 ^b ±1.0
5.15	2,2-Διμεθυλο-βουτάνιο	26.0±3.6	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.
5.19	Πεντάνιο	535.4±7.5	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.
6.61	2-Βουτανόνη	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	3.4 ^a ±0.4	3.4 ^a ±0.2
6.67	2-Προπανόνη	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	12.6±0.6
6.70	Εξάνιο	57.4±0.8	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.
7.40	Χλωροφόρμιο	11.0±3.1	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.
9.87	3-Μέθυ-3-Βουτανόλη	7.2 ^b ±0.8	8.0 ^b ±0.2	8.8 ^c ±0.5	8.4 ^c ±0.1	3.4 ^a ±0.9	4.4 ^a ±0.1
9.93	1-Πεντανόλη	11.6 ^a ±0.5	15.4 ^b ±1.5	15.8 ^b ±0.2	15.8 ^b ±0.5	16.8 ^b ±0.2	19.0 ^c ±0.3
10.06	4-Μεθυλ-2-Πεντανόνη ^{is}	64	64	64	64	64	64
10.72	3-Μεθυλ-2-Βουτανόλη	11.2 ^d ±0.2	11.4 ^{cd} ±1.0	10.2 ^c ±0.5	5.5 ^b ±0.5	4.4 ^a ±0.4	6.6 ^b ±0.8
10.75	Τολουόλιο	8.4±0.2	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.
11.26	Εξανάλη	9.6 ^a ±1.2	11.0 ^a ±1.0	12.8 ^b ±0.5	13.8 ^c ±0.3	14.4 ^c ±0.3	13.2 ^{bc} ±1.4
12.35	1-Εξανόλη	K.O.A.	K.O.A.	7.0 ^a ±0.7	8.4 ^{ab} ±0.8	8.2 ^b ±0.2	23.4 ^c ±1.83
14.01	Βενζαλδεϋδη	1839.2 ^a ±84.1	1866.4 ^a ±101.4	1792.0 ^a ±87.0	1948.0 ^a ±152.0	2101.8 ^a ±108.4	1998.2 ^a ±203.4
14.16	Κυκλοδεκάνιο	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	6.8 ^a ±0.8	11.6 ^b ±0.56
14.86	2-Φαινυλ-αιθανόλη	12.4 ^a ±0.5	14.2 ^b ±0.7	16.6 ^c ±0.9	21.2 ^e ±0.9	20.0 ^e ±0.4	18.6 ^d ±0.6
15.13	Οξικό οξύ	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	3.8±0.2
15.60	Νοναναλή	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	23.0 ^a ±1.7	22.0 ^a ±1.9
15.88	Βενζυλική αλκοόλη	10.6 ^a ±0.2	10.8 ^{ab} ±1.9	11.4 ^{ab} ±1.0	12.4 ^b ±0.1	12.0 ^b ±0.7	30.4 ^c ±0.8
16.74	Δεκανάλη	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	K.O.A.	2.4 ^a ±0.8	3.4 ^a ±0.3

K.O.A=Κάτω του ορίου ανίχνευσης, n=3x2=6, ±S.D ^{a-e}Τιμές στην ίδια γραμμή με διαφορετικούς εκθέτες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, is= εσωτερικό πρότυπο

4.2.3 Χρώμα

Η παράμετρος L^* του χρώματος του αμυγδάλου μειώθηκε σημαντικά ($p < 0,05$) σε δόσεις ακτινοβολίας μεγαλύτερες των 3 kGy ενώ οι παράμετροι a^* και b^* παρέμειναν ανεπηρέαστες ($p > 0,05$) κατόπιν ακτινοβολίας έως τα 7 kGy (τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται). Ομοίως οι Sánchez-Bel *et al.* (2008) ανέφεραν ότι οι τιμές L^* χρώματος, των ακτινοβολημένων αμυγδάλων σε δόσεις 0, 3, 7 και 10 kGy ήταν 96,85, 94,34, 93,81 και 91,03, αντίστοιχα, με αποτέλεσμα τα αμύγδαλα να καταστούν πιο σκουρόχρωμα μετά την ακτινοβολία. Οι Gölgel & Ova (2008) επίσης ανέφεραν σημαντικές ($p < 0,05$) διαφορές στις παραμέτρους L^* και b^* στο καρπό κουκουναρόσπορου κατά την ακτινοβολία σε δόσεις 0,5-5 kGy. Οι Bhattacharjee *et al.* (2003) ανέφεραν επίσης ότι ο καρπός cashew πήρε ένα πιο έντονο κίτρινο χρώμα μετά την ακτινοβολία του. Αυτές οι μεταβολές μπορούν να αποδοθούν σε πιθανή διάσπαση των γλυκοζιτικών και πεπτιδικών δεσμών κατά τη διάρκεια της ακτινοβολίας ή σε αντιδράσεις αμαύρωσης μέσω των οποίων δημιουργούνται έγχρωμες ενώσεις (Sirisoontaralak & Noomhorm 2006). Στην παρούσα εργασία αυτή η τάση δεν ήταν ξεκάθαρη, με εξαίρεση την παράμετρο L^* . Μία πιθανή εξήγηση η οποία θα μπορούσε να δοθεί είναι η παρουσία των φαινολών οι οποίες βρίσκονται σε υψηλή συγκέντρωση στο φλοιό των αμυγδάλων (26 mg ισοδυνάμων γαλλικού οξέως/100 φρέσκου καρπού) και οι οποίες ως γνωστόν δρουν ως αντιοξειδωτικά (Milbury *et al.* 2006; Prasetyo *et al.* 2008) και έτσι μπορούν να εμποδίσουν τις αντιδράσεις αμαύρωσης κατά Maillard. Επιπλέον, έχει βρεθεί ότι υπό την επίδραση της γ-ακτινοβολίας μπορεί να αυξηθεί η συνολική περιεκτικότητα των φαινολών οι οποίες μπορούν να δράσουν ως αντιοξειδωτικά, μέσω της απελευθέρωσής τους από τους υδατάνθρακες στους οποίους είναι συνήθως δεσμευμένοι με γλυκοζιτικούς δεσμούς (Harrison & Were, 2007).

4.2.4 Οργανοληπτική αξιολόγηση αμυγδάλων

Τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 21. Το χρώμα και η υφή του αμυγδάλου δεν επηρεάστηκε ($p > 0,05$) από την ακτινοβολία σε δόσεις έως 7 kGy. Αντίθετα οι παράμετροι της οσμής και της γεύσης επηρεάστηκαν σημαντικά ($p < 0,05$) αυξανόμενης της δόσης ακτινοβολίας. Η γεύση βρέθηκε ότι είναι πιο ευαίσθητη παράμετρος αξιολόγησης εν συγκρίσει με την οσμή. Βασίζόμενοι στα αποτελέσματα της γεύσης βρέθηκε ότι κατά την ακτινοβολία σε δόσεις μεγαλύτερες των 3 kGy τα αμύγδαλα χαρακτηρίζονται ως ακατάλληλα. Οι Kashani & Valadon (1984) δεν παρατήρησαν καμία δυσάρεστη οσμή ή γεύση μετά από ακτινοβολία

του φιστικιού τύπου Αιγίνης σε δόση ακτινοβολίας έως και 1 kGy. Ο Thomas (1988) ανέφερε επίσης ότι αμύγδαλα τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόση 0,1 kGy και αποθηκεύτηκαν για χρονικό διάστημα 6 μηνών δεν εμφάνισαν καμία δυσάρεστη οσμή ή γεύση. Ομοίως οι Navaiz *et al.* (1992) δεν παρατήρησαν σημαντικές οργανοληπτικές διαφορές μεταξύ των μη-ακτινοβολημένων και ακτινοβολημένων αμυγδάλων και cashew nut σε δόσεις 1, 1.5 και 2 kGy και 1, 2, 3 και 4 kGy αντίστοιχα. Επίσης, οι Golge και Ova (2008) δεν ανέφεραν σημαντικές οργανοληπτικές μεταβολές στον κουκουναρόσπορο κατόπιν ακτινοβολήσης σε δόσεις ≤ 5 kGy. Τέλος ο Al-Bachir (2004) ανέφερε πως δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στην οσμή μεταξύ μη-ακτινοβολημένων και ακτινοβολημένων καρυδιών σε δόσεις 0.5, 1 και 1.5kGy.

Πίνακας 21. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μη-ακτινοβολημένων και ακτινοβολημένων αμυγδάλων ως συνάρτηση της δόσης γ-ακτινοβολήσης

	Δόση ακτινοβολίας (kGy)					
	0	1	1.5	3	5	7
Χρώμα	9.0 ^a ±0.0	9.0 ^a ±0.0	9.0 ^a ±0.0	9.0 ^a ±0.0	9.0 ^a ±0.0	9.0 ^a ±0.0
Υφή	8.7 ^a ±0.3	8.6 ^a ±0.2	8.6 ^a ±0.1	8.1 ^a ±0.5	8.4 ^a ±0.2	8.8 ^a ±0.2
Γεύση	8.5 ^f ±0.1	8.0 ^e ±0.1	7.4 ^d ±0.1	6.9 ^c ±0.0	1.7 ^b ±0.2	1.2 ^a ±0.1
Οσμή	8.7 ^e ±0.1	8.1 ^d ±0.1	7.8 ^{cd} ±0.2	7.4 ^c ±0.2	5.4 ^b ±0.4	4.0 ^a ±0.1

n=3x2=6, ±S.D ^{a-f} Τιμές με διαφορετικούς εκθέτες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Κλίμακα αξιολογήσεις χρώματος, γεύσης, οσμής : 9-1 (9=πολύ αποδεκτό, 1= απορριπτέο). Κλίμακα αξιολογήσης υφής: 9-1 (9=πολύ τραγανό, 1=πολύ μαλακό)

4.2.5 Συμπεράσματα

Με βάση την οργανοληπτική αξιολόγηση τα αμύγδαλα κρίθηκαν ως αποδεκτά κατόπιν ακτινοβολήσης σε δόσεις έως και 3 kGy.

ΠΕΙΡΑΜΑ Β2: Μελέτη επίδρασης γ-ακτινοβολίας (1 και 3kGy) στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ολόκληρων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή PET-SiOx//LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C

5.0 Έλεγχος σύστασης τροποποιημένης ατμόσφαιρας υπερκείμενου χώρου συσκευασίας μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμύγδαλου

Εκ των αποτελεσμάτων του Πινάκα 22, προκύπτει ότι η συγκέντρωση του αζώτου, για τα μη-ακτινοβολημένα και τα ακτινοβολημένα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE, μειώθηκε κάτω του 97,8 %, μόλις μετά την πάροδο 2 μηνών αποθήκευσης με αποτέλεσμα την έκθεση των καρπών στο οξυγόνο. Αντίθετα στην περίπτωση χρήσης των απορροφητών οξυγόνου η συγκέντρωση του αζώτου διατηρήθηκε σε ποσοστό 99,3 % ακόμα και μετά την αποθήκευση για 12 μήνες. Στην περίπτωση χρήσης του υλικού συσκευασίας υψηλού φραγμού PET-SiOx//LDPE ακόμα και μετά την πάροδο 12 μηνών αποθήκευσης η συγκέντρωση του αζώτου ήταν 99,7 %, ενώ κατά την χρήση του απορροφητή οξυγόνου καθ' όλη την διάρκεια αποθήκευσης το ποσοστό του αζώτου διατηρήθηκε στο 100 %. Τα παρόντα αποτελέσματα συμφωνούν με εκείνα του Jensen *et al.* (2003) οι οποίοι μελέτησαν την επιμήκυνση του χρόνου ζωής των καρυδιών με χρήση απορροφητών οξυγόνου και εκείνα των Mexis *et al.* (2011) και Mexis & Kontominas (2009a) οι οποίοι μελέτησαν την επιμήκυνση του χρόνου ζωής ολόκληρων και θρυμματισμένων καρυδιών με χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου.

Πίνακας 22. Μεταβολή του % περιεχομένου αζώτου στον υπερκείμενο χώρο συσκευασίας ακτινοβολημένων και μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή PET-SiOx//LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.

ΔΕΙΓΜΑ	Ημέρα 0	2 Μήνας	4 Μήνας	6 Μήνας	8 Μήνας	10 Μήνας	12 Μήνας
1. Φως 20 °C PET//LDPE N₂	99.9 [±] 0.0	98.0 [±] 0.2	95.4 [±] 0.3	94.1 [±] 0.3	90.3 [±] 0.1	86.8 [±] 0.2	80.0 [±] 0.3
2. Φως 20 °C PET//LDPE 1.0 kGy N₂	99.9 [±] 0.0	98.2 [±] 0.3	96.1 [±] 0.2	93.9 [±] 0.5	89.9 [±] 0.2	85.7 [±] 0.3	79.5 [±] 0.1
3. Φως 20 °C PET//LDPE 3.0 kGy N₂	99.9 [±] 0.0	98.1 [±] 0.1	95.9 [±] 0.4	94.5 [±] 0.2	91.1 [±] 0.0	84.3 [±] 0.3	81.2 [±] 0.3
4. Σκοτάδι 20 °C PET//LDPE N₂	99.9 [±] 0.0	97.1 [±] 0.1	96.0 [±] 0.1	92.0 [±] 0.1	88.9 [±] 0.3	85.3 [±] 0.1	83.7 [±] 0.1
5. Σκοτάδι 20 °C PET//LDPE 1.0kGy N₂	99.9 [±] 0.0	97.5 [±] 0.1	95.4 [±] 0.2	91.9 [±] 0.2	88.2 [±] 0.1	86.1 [±] 0.5	82.5 [±] 0.3
6. Σκοτάδι 20 °C PET//LDPE 3.0 kGy N₂	99.9 [±] 0.0	98.1 [±] 0.3	95.3 [±] 0.4	90.8 [±] 0.3	90.1 [±] 0.1	84.7 [±] 0.2	84.1 [±] 0.2
7. Φως 20 °C PET-SiOx//LDPE N₂	99.9 [±] 0.0	99.8 [±] 0.0	99.9 [±] 0.0	99.7 [±] 0.1	99.5 [±] 0.2	99.3 [±] 0.0	99.7 [±] 0.1
8. Φως 20 °C PET-SiOx//LDPE 1.0 kGy N₂	99.9 [±] 0.0	99.9 [±] 0.0	99.8 [±] 0.1	99.8 [±] 0.1	99.6 [±] 0.1	99.8 [±] 0.2	99.7 [±] 0.0
9. Φως 20 °C PET-SiOx//LDPE 3.0 kGy N₂	99.9 [±] 0.0	99.9 [±] 0.0	99.7 [±] 0.2	99.8 [±] 0.0	99.7 [±] 0.2	99.7 [±] 0.2	99.8 [±] 0.1
10. Σκοτάδι 20 °C PET-SiOx//LDPE N₂	99.9 [±] 0.0	99.9 [±] 0.0	99.8 [±] 0.0	99.9 [±] 0.0	99.5 [±] 0.1	99.1 [±] 0.2	99.4 [±] 0.0
11. Σκοτάδι 20 °C PET-SiOx//LDPE 1.0 kGy N₂	99.9 [±] 0.0	99.9 [±] 0.0	99.9 [±] 0.0	99.8 [±] 0.0	99.7 [±] 0.0	99.6 [±] 0.0	99.5 [±] 0.0
12. Σκοτάδι 20 °C PET-SiOx//LDPE 3.0 kGy N₂	99.9 [±] 0.0	99.9 [±] 0.0	99.9 [±] 0.0	99.9 [±] 0.0	99.8 [±] 0.0	99.8 [±] 0.0	99.4 [±] 0.0
13. Φως 20 °C PET//LDPE ox.abs	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	99.9 [±] 0.0	99.8 [±] 0.0	99.2 [±] 0.0	98.9 [±] 0.2	98.7 [±] 0.1
14. Φως 20 °C PET//LDPE 1.0 kGy ox.abs	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	99.9 [±] 0.1	99.7 [±] 0.2	99.0 [±] 0.0	98.9 [±] 0.2
15. Φως 20 °C PET//LDPE 3.0 kGy ox.abs	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	99.7 [±] 0.2	99.5 [±] 0.0	99.1 [±] 0.0	99.0 [±] 0.0
16. Σκοτάδι 20 °C PET//LDPE ox.abs	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	99.9 [±] 0.0	99.0 [±] 0.0	99.9 [±] 0.0	98.4 [±] 0.1
17. Σκοτάδι 20 °C PET//LDPE 1.0 kGy ox.abs	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	99.8 [±] 0.0	99.4 [±] 0.0	99.8 [±] 0.0	98.9 [±] 0.1
18. Σκοτάδι 20 °C PET//LDPE 3.0 kGy ox.abs	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	99.7 [±] 0.0	99.6 [±] 0.0	99.7 [±] 0.0	99.0 [±] 0.1
19. Φως 20 °C PET-SiOx//LDPE ox.abs	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0
20. Φως 20 °C PET-SiOx//LDPE 1.0 kGy ox.abs	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0
21. Φως 20 °C PET-SiOx//LDPE 3.0 kGy ox.abs	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0
22. Σκοτάδι 20 °C PET-SiOx//LDPE ox.abs	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0
23. Σκοτάδι 20 °C PET-SiOx//LDPE 1.0 kGy ox.abs	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0
24. Σκοτάδι 20 °C PET-SiOx//LDPE 3.0 kGy ox.abs	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0	100 [±] 0.0

n=3,±S.D ^{a-e}Τιμές στην ίδια γραμμή με διαφορετικούς εκθέτες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους

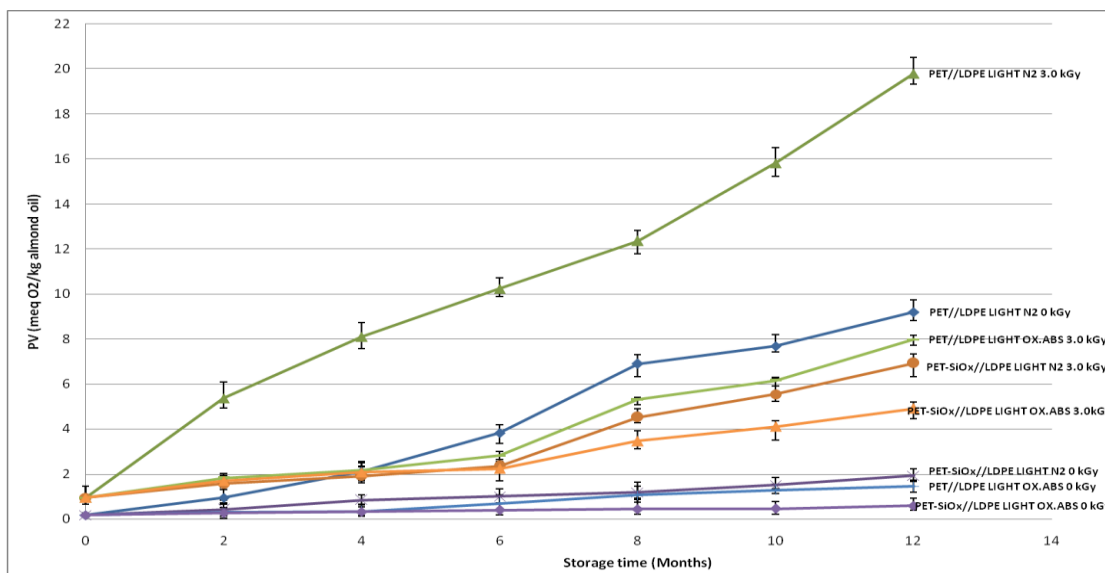
5.1 Χημικές αναλύσεις ολόκληρου μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμύγδαλου

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων του μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου. Σημειωτέον ότι στη βιβλιογραφία δεν υπάρχει αντίστοιχη:

- μελέτη για τη χρήση απορροφητών οξυγόνου στην συντήρηση των ακτινοβολημένων ολόκληρων αμυγδάλων
- μελετάται για πρώτη φορά η χρήση του πειραματικού υλικού συσκευασίας PET-SiO_x//LDPE στην συντήρηση των αμυγδάλων.

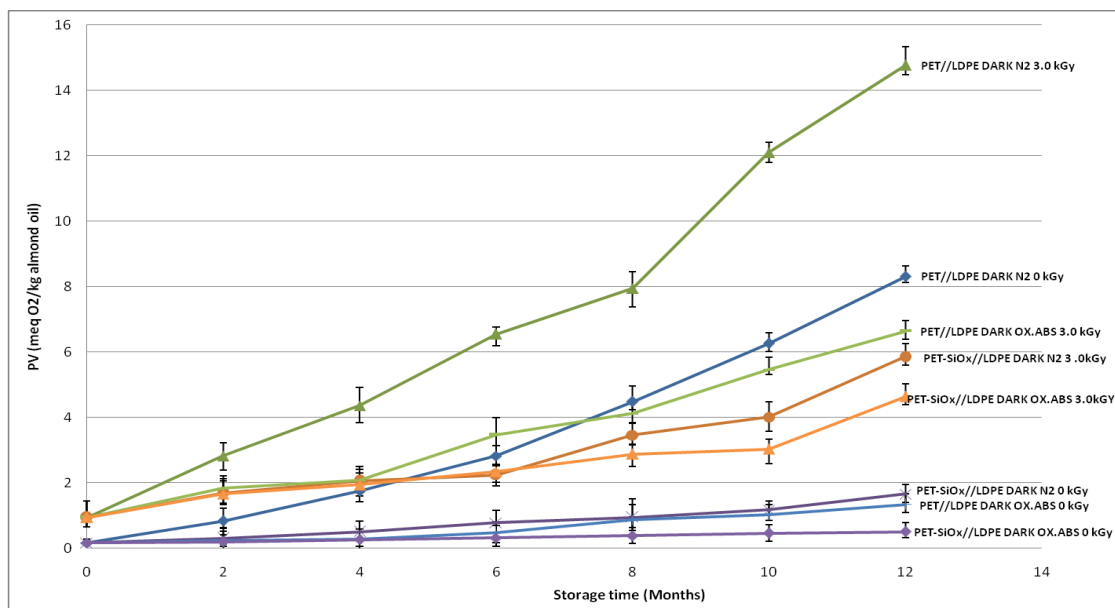
5.1.1 Αριθμός υπεροξειδίων ολόκληρου μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμύγδαλου

Στα διαγράμματα 35 και 36 παρουσιάζεται η επίδραση χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο και του χρόνου αποθήκευσης στην συγκέντρωση των πρωτογενών προϊόντων οξείδωσης (AY) των μη ακτινοβολημένων και ακτινοβολημένων (3 kGy) αμυγδάλων κατά την αποθήκευση παρουσία και απουσία φωτός, αντίστοιχα, στους 20 °C. (Τα αποτελέσματα για τα ακτινοβολημένα αμύγδαλα σε δόση 1 kGy δεν παρουσιάζονται).



Διάγραμμα 35. Μεταβολή του αριθμού υπεροξειδίων ακτινοβολημένων (3 kGy) και μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων συναρτήσεως του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή PET-SiO_x//LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου

ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως σε θερμοκρασία 20 °C.



Διάγραμμα 36. Μεταβολή του αριθμού υπεροξειδίων ακτινοβολημένων (3 kGy) και μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή PET-SiOx//LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.

Η χαμηλότερη τιμή αριθμού υπεροξειδίων (0,17 meq O₂ / kg έλαιο αμυγδαλάου) αποτελεί ένα καλό δείκτη ποιότητας-φρεσκότητας των αμυγδάλων που χρησιμοποιήθηκαν όσον αφορά το βαθμό οξείδωσής τους. Αμέσως μετά την ακτινοβολήση η συγκέντρωση των πρωτογενών προϊόντων οξείδωσης (AY) αυξήθηκε σημαντικά ($p < 0,05$) αυξανόμενης της δόσης ακτινοβολίας. Ο χρόνος αποθήκευσης, η δόση ακτινοβολίας, η διαπερατότητα του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο όπως επίσης και η χρήση απορροφητών οξυγόνου και ατμόσφαιρας αζώτου επέδρασαν σημαντικά ($p < 0,05$) στη συγκέντρωση των υπεροξειδίων.

Μετά από 12 μήνες αποθήκευσης των μη-ακτινοβολημένων και των ακτινοβολημένων αμυγδάλων που συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET-SiOx//LDPE και αποθηκεύτηκαν υπό φωτισμό (διάγραμμα 35) ανεξάρτητα της χρήσης απορροφητών οξυγόνου ή ατμόσφαιρας αζώτου και στην περίπτωση χρήσης του υλικού συσκευασίας PET//LDPE σε συνδυασμό με τη χρήση απορροφητή οξυγόνου

καταγράφηκαν πολύ χαμηλές τιμές AY (0,59-1,92 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου). Ενδιάμεσες τιμές AY (4,91-9,20 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου) καταγράφηκαν για τα αμύγδαλα τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόση 3 kGy και συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET-SiOx//LDPE (με χρήση απορροφητών οξυγόνου ή σε ατμόσφαιρα αζώτου), ακολουθούμενα από τα αμύγδαλα τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόση των 3 kGy και συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE με χρήση απορροφητών οξυγόνου όπως επίσης και τα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν στο PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις AY (19,79 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου) καταγράφηκαν στην περίπτωση των αμυγδάλων που ακτινοβολήθηκαν σε δόση 3 kGy και συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου.

Μετά από 12 μήνες αποθήκευσης τα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα τα οποία αποθηκεύτηκαν απουσία φωτός (Διάγραμμα 36) και συσκευάστηκαν στο υλικό PET-SiOx//LDPE ανεξαρτήτως της χρήσης απορροφητή οξυγόνου ή ατμόσφαιρας αζώτου καθώς και αυτά που συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE παρουσία απορροφητή οξυγόνου εμφάνισαν πολύ χαμηλή συγκέντρωση σε υπεροξειδία (0,50-1,66 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου). Ενδιάμεσες τιμές υπεροξειδίων (4,64-8,31 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου) καταγράφηκαν για τα αμύγδαλα τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόση 3 kGy και συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET-SiOx//LDPE (με χρήση απορροφητών οξυγόνου ή σε ατμόσφαιρα αζώτου), ακολουθούμενα από τα αμύγδαλα τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόση των 3 kGy και συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE με χρήση απορροφητών οξυγόνου όπως επίσης και τα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν στο PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις υπεροξειδίων (14,76 meq O₂ / kg ελαίου αμυγδάλου) καταγράφηκαν στην περίπτωση των αμυγδάλων που ακτινοβολήθηκαν σε δόση 3 kGy και συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου. Ένα πρώτο συμπέρασμα που προκύπτει από την αξιολόγηση των παραπάνω αποτελεσμάτων είναι ότι η ακτινοβολήση ευνοεί την οξείδωση κατά τη μακροχρόνια αποθήκευση ακόμα και αν τα αμύγδαλα αποθηκευτούν σε εξαιρετικά προστατευμένες συνθήκες όπως πχ. είναι ο συνδυασμός χρήσης υλικού συσκευασίας υψηλού φραγμού, απορροφητή οξυγόνου και η αποθήκευση απουσία φωτός. Αυτό ίσως να μπορεί να αποδοθεί στην καταστροφή που προκαλεί η ακτινοβολία στα φυσικά αντιοξειδωτικά των αμυγδάλων όπως η α-τοκοφερόλη η οποία, μαζί με τη βιταμίνη Α ανήκει στις πιο ευαίσθητες στην οξείδωση υδροδιαλυτές

βιταμίνες (Kilcast, 1994). Επιπλέον από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι σε δεδομένη δόση ακτινοβολίας: α) η έκθεση του καρπού στο φως έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή υψηλότερων συγκεντρώσεων πρωτογενών προϊόντων οξείδωσης (υπεροξειδίων) με εξαίρεση τα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν στο υλικό υψηλού φραγμού PET-SiOX//LDPE και β) επιπλέον καθώς μειώνεται η ικανότητα φραγμού στο οξυγόνο του υλικού συσκευασίας η επίδραση του φωτός γίνεται εντονότερη στην οξείδωση του αμυγδάλου.

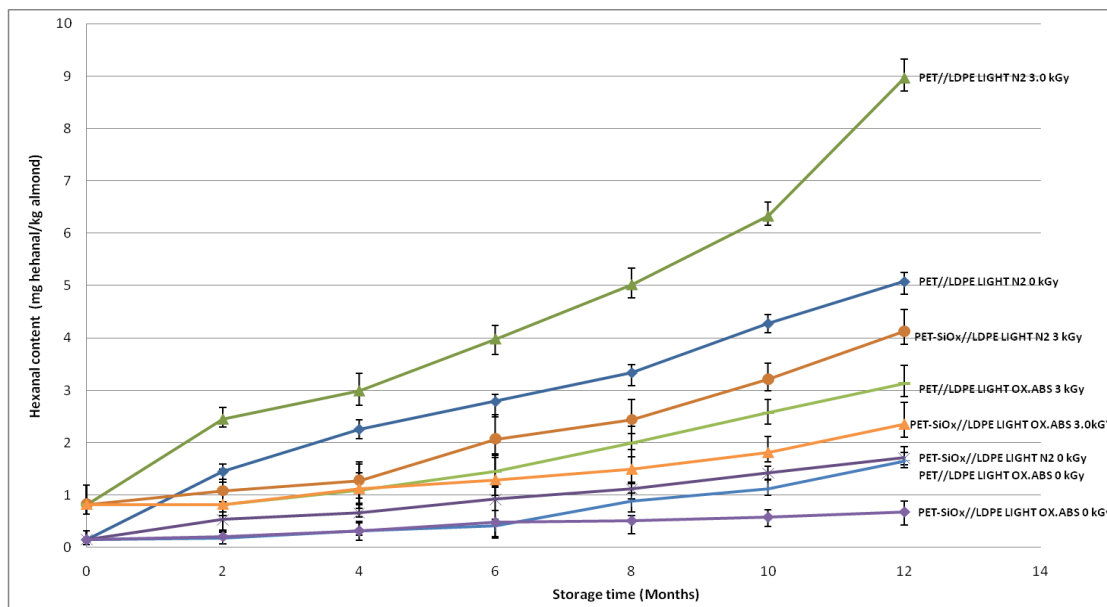
Η συγκέντρωση των υπεροξειδίων που καταγράφηκαν στην παρούσα εργασία βρίσκεται σε καλή συμφωνία με αυτή που έχει αναφερθεί από τους Buransompob *et al.* (2003); Sánchez-Belet *et al.* (2005); Mexis *et al.* (2011). Σύμφωνα με τους Buransompob *et al.* (2003) ως φρέσκα χαρακτηρίζονται τα αμύγδαλα των οποίων η τιμή του ΑΥ είναι μικρότερη από 2,0 meq O₂/kg ελαίου ενώ ως αποδεκτά χαρακτηρίζονται τα αμύγδαλα των οποίων η συγκέντρωση είναι μικρότερη από 25 meq O₂/kg ελαίου. Έτσι, σύμφωνα με τα παραπάνω, τα μη-ακτινοβολημένα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν παρουσία απορροφητών οξυγόνου (ανεξαρτήτως του υλικού συσκευασίας) και εκείνα τα οποία συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας υψηλού φραγμού παρουσία αζώτου μπορούν να καταταγούν στην κατηγορία των φρέσκων ακόμα και μετά από 12 μήνες αποθήκευσης. Αντίστοιχα στην περίπτωση των αμυγδάλων τα οποία επεξεργάστηκαν με χρήση γ-ακτινοβολίας, ανεξαρτήτως της χρήσης απορροφητή οξυγόνου ή ατμόσφαιρας αζώτου ή της παρουσίας ή απουσίας φωτός κατατάσσονται στην κατηγορία των αποδεκτών προς κατανάλωση.

Τα παρόντα αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Sattar *et al.* (1990). Οι παραπάνω ερευνητές κατέγραψαν ως αρχική τιμή ΑΥ την τιμή 2.15 meq O₂/kg η οποία ανήλθε σε 21,3-37,3 meq O₂/kg συναρτήση του υλικού συσκευασίας, μετά την αποθήκευση για 200 ημέρες σε θερμοκρασίες 25- 45 °C. Οι υψηλότερες τιμές υπεροξειδίων που καταγράφηκαν από τους Sattar *et al.* (1990) εν συγκρίσει με αυτές της παρούσας εργασίας πιθανότατα οφείλονται στην υψηλότερη θερμοκρασία αποθήκευσης, στο διαφορετικό υλικό συσκευασίας και στην διαφορετική ποικιλία του υποστρώματος. Οι Uthman *et al.* (1999) ακτινοβόλησαν (6 και 10.5 kGy) συσκευασμένα σε PE αμύγδαλα και ακολούθως τα αποθήκευσαν για χρονικό διάστημα 4 μηνών. Όμοιως με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, στο τέλος το χρόνου αποθήκευσης, κατέγραψαν τις υψηλότερες τιμές ΑΥ (22,2 meq O₂/kg ελαίου αμυγδάλου) στα δείγματα τα οποία ακτινοβολήθηκαν στην υψηλότερη δόση ακτινοβολίας (10,5 kGy). Εν αντιθέσει με τα αποτελέσματα της

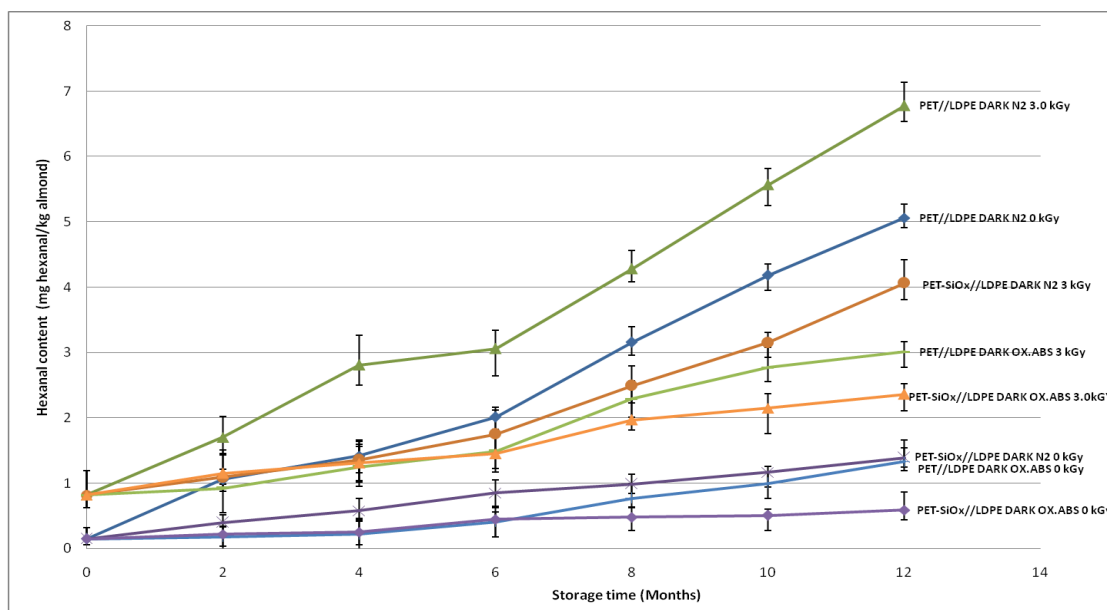
παρούσας έρευνας σύμφωνα με τα οποία οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφηκαν στα μη-ακτινοβολημένα αμύγδαλα, οι Uthman, *et al.* (1999) ανέφεραν ότι η χαμηλότερη συγκέντρωση υπεροξειδίων καταγράφηκε στα δείγματα που ακτινοβολήθηκαν στα 6,5 kGy (18,5 meq O₂/ kg ελαίου αμυγδάλου) εν συγκρίσει με τα μη-ακτινοβολημένα αμύγδαλα. Αυτές οι διαφορές θα μπορούσαν να αποδοθούν στη διαφορετική ποικιλία των αμυγδάλων που χρησιμοποιήθηκε ή στη διαφορετική ατμόσφαιρα εντός της συσκευασίας (αέρας έναντι αζώτου). Τέλος, οι Sanchez-Bel *et al.* (2005) μελέτησαν τη μεταβολή της συγκέντρωσης των υπεροξειδίων των αμυγδάλων (*Prunus amygdalus*) αμέσως μετά από ακτινοβόλησή τους σε δόσεις 3.0, 7.0 και 10.0 kGy και μετά την αποθήκευσή τους για χρονικό διάστημα 5 μηνών. Εν αντιθέσει με τα παρόντα αποτελέσματα οι παραπάνω ερευνητές δεν κατέγραψαν σημαντικές μεταβολές στη συγκέντρωση των υπεροξειδίων αμέσως μετά την ακτινοβόληση, ενώ, όπως και στην παρούσα εργασία, ανέφεραν πως η επίδραση της δόσης ακτινοβολίας και του χρόνου αποθήκευσης επέδρασε σημαντικά στο σχηματισμό των πρωτογενών προϊόντων οξείδωσης. Μετά την αποθήκευση 5 μηνών η συγκέντρωση των υπεροξειδίων ανήλθε από 0.34 σε 3.0, 3.7 και 5 meq O₂/ kg ελαίου αμυγδάλου για τα αμύγδαλα τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόσεις 3, 7 και 10 kGy, αντίστοιχα.

5.1.2 Περιεκτικότητα εξανάλης ολόκληρου μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμύγδαλου

Στα διαγράμματα 37 και 38 παρουσιάζεται η επίδραση χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο και του χρόνου αποθήκευσης στην συγκέντρωση της εξανάλης μη ακτινοβολημένων και ακτινοβολημένων (3 kGy) αμυγδάλων που αποθηκεύτηκαν παρουσία και απουσία φωτός, αντίστοιχα, στους 20 °C. (Τα αποτελέσματα για τα ακτινοβολημένα αμύγδαλα σε δόση 1 kGy δεν παρουσιάζονται).



Διάγραμμα 37. Μεταβολή περιεκτικότητας σε εξανάλη ακτινοβολημένων (3 kGy) και μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή PET-SiOx//LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως σε θερμοκρασία 20 °C.



Διάγραμμα 38. Μεταβολή περιεκτικότητας σε εξανάλη ακτινοβολημένων (3 kGy) και μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή PET-SiOx//LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.

Η αρχική συγκέντρωση εξανάλης των φρέσκων αμυγδάλων ήταν κάτω από το όριο ανίχνευσης της μεθόδου προσδιορισμού της εξανάλης (28.5 $\mu\text{g} / \text{kg}$). Αμέσως μετά την ακτινοβολήση η συγκέντρωση της εξανάλης αυξήθηκε σημαντικά ($p < 0,05$) παράλληλα με την αύξηση της δόσης ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα κατά την ακτινοβολήση σε δόση των 3kGy καταγράφηκε αύξηση της συγκέντρωσης της εξανάλης κατά πέντε φορές.

Μετά από 12 μήνες αποθήκευσης των μη-ακτινοβολημένων και των ακτινοβολημένων αμυγδάλων υπό φωτισμό (διάγραμμα 37) στο υλικό συσκευασίας PET-SiOx//LDPE ανεξάρτητα της χρήσης απορροφητών οξυγόνου ή ατμόσφαιρας αζώτου και στην περίπτωση χρήσης του υλικού συσκευασίας PET//LDPE σε συνδυασμό με την χρήση απορροφητή οξυγόνου καταγράφηκαν πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις εξανάλης (0,68-1,65 mg εξανάλης / kg αμυγδάλου). Ενδιάμεση συγκέντρωση εξανάλης (2,35 – 5,08 mg εξανάλης / kg αμυγδάλου) καταγράφηκε για τα αμύγδαλα τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόση 3 kGy και συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET-SiOx//LDPE (με χρήση απορροφητών οξυγόνου ή σε ατμόσφαιρα αζώτου), ακολουθούμενα από τα αμύγδαλα τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόση των 3 kGy και συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE με χρήση απορροφητών οξυγόνου όπως επίσης και τα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν στο PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις εξανάλης (8,97 mg εξανάλης / kg αμυγδάλου) καταγράφηκαν στην περίπτωση των ακτινοβολημένων αμυγδάλων σε δόση 3 kGy που συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου.

Μετά από 12 μήνες αποθήκευσης τα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα τα οποία αποθηκεύτηκαν απουσία φωτός (Διάγραμμα 38) και συσκευάστηκαν στο υλικό PET-SiOx//LDPE ανεξαρτήτως της χρήσης απορροφητή οξυγόνου ή ατμόσφαιρας αζώτου καθώς και αυτά που συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE παρουσία απορροφητή οξυγόνου εμφάνισαν πολύ χαμηλή συγκέντρωση σε εξανάλη (0,59-1,33 mg εξανάλης / kg αμυγδάλου). Ενδιάμεσες συγκεντρώσεις εξανάλης (2,36 – 5,06 mg εξανάλης / kg αμυγδάλου) καταγράφηκαν για τα αμύγδαλα τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόση 3 kGy και συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET-SiOx//LDPE (με χρήση απορροφητών οξυγόνου ή σε ατμόσφαιρα αζώτου), ακολουθούμενα από τα αμύγδαλα τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόση των 3 kGy και συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE με χρήση απορροφητών οξυγόνου όπως επίσης και τα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν στο PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις εξανάλης (6.78 mg εξανάλης / kg αμυγδάλου) καταγράφηκαν

στην περίπτωση των ακτινοβολημένων αμυγδάλων σε δόση 3 kGy που συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου. Όπως και στην περίπτωση των υπεροξειδίων, ένα πρώτο συμπέρασμα που προκύπτει από την αξιολόγηση των παραπάνω αποτελεσμάτων είναι ότι η ακτινοβολήση ευνοεί την αύξηση της συγκέντρωσης εξανάλης κατά τη μακροχρόνια αποθήκευση ακόμα και αν τα αμύγδαλα αποθηκευτούν σε ιδιαίτερα προστατευμένες συνθήκες όπως πχ. είναι ο συνδυασμός χρήσης υλικού συσκευασίας υψηλού φραγμού, η χρήση απορροφητή οξυγόνου και η αποθήκευση απουσία φωτός. Επιπλέον από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι σε δεδομένη δόση ακτινοβολίας α) η έκθεση του αμυγδάλου στο φως έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή υψηλότερων συγκεντρώσεων εξανάλης με εξαίρεση τα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν στο υλικό υψηλού φραγμού PET-SiOX//LDPE β) επιπλέον καθώς μειώνεται η ικανότητα φραγμού στο οξυγόνο του υλικού συσκευασίας η επίδραση του φωτός γίνεται εντονότερη στην οξείδωση του αμυγδάλου.

Ομοίως με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, οι Uthman *et al.* (1999) ανέφεραν σημαντική αύξηση ($p < 0,05$) της μηλονικής διαλδεΐδης αμέσως μετά την ακτινοβολήση αμυγδάλων σε δόσεις 6 και 10,5 kGy. Εν αντιθέσει με τα παρόντα αποτελέσματα οι Sanchez-Bel *et al.* (2005) δεν κατέγραψαν σημαντική μεταβολή στην τιμή K_{270} μεταξύ μη-ακτινοβολημένων και ακτινοβολημένων (10 kGy) αμυγδάλων μετά από αποθήκευση για 5 μήνες. Αυτές οι διαφορές ίσως να οφείλονται στη διαφορετική πηγή ακτινοβολίας που χρησιμοποιήθηκε (γ-ακτινοβολία εν συγκρίσει με ακτινοβολήση με επιταχυντή ηλεκτρονίων).

5.1.3 Μεταβολή σύνθεσης λιπαρών οξέων μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδάλου ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, δόσης ακτινοβολίας και χρόνου συντήρησης

Η σύνθεση των λιπαρών οξέων του μη-ακτινοβολημένου και του ακτινοβολημένου αμυγδάλου κατόπιν χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού και χρόνου αποθήκευσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 23. Αρχικά το συνολικό ποσοστό των SFA, MUFA και PUFA του μη-ακτινοβολημένου αμυγδάλου ήταν 8.15, 72.81 και 19.04 %, αντίστοιχα.

Μετά από 12 μήνες αποθήκευσης στην περίπτωση των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στις πιο ευνοϊκές συνθήκες οξείδωσης (αμύγδαλα ακτινοβολημένα σε δόση 3 kGy, συσκευασμένα στο υλικό συσκευασίας PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου και υπό την επίδραση του φωτός) το ποσοστό των SFA, MUFA και PUFA ήταν 26.86, 55.28 και 17.86% αντίστοιχα. Για τα δείγματα τα οποία αποθηκεύτηκαν στις πλέον ευνοϊκές συνθήκες προστασίας έναντι της οξείδωσης (μη-ακτινοβολημένα αμύγδαλα συσκευασμένα στο υλικό συσκευασίας PET-SiOx//LDPE σε συνδυασμό με απορροφητή οξυγόνου απουσία φωτός) το ποσοστό των SFA, MUFA και PUFA ήταν 8.52, 67.22 και 24.26, αντίστοιχα.

Στην περίπτωση των αμυγδάλων που ακτινοβολήθηκαν σε δόση 1 kGy και συσκευάστηκαν στο PET-SiOx//LDPE παρουσία απορροφητή οξυγόνου το ποσοστό των SFA, MUFA & PUFA ήταν 15.96, 64.65 & 19.39%, αντίστοιχα. Η σύνθεση των λιπαρών οξέων που προσδιορίστηκε στην παρούσα εργασία βρίσκεται σε καλή συμφωνία με τα βιβλιογραφικά δεδομένα (Miraliakbari & Shahidi, 2008). Όπως προαναφέρθηκε, η εξανάλη αποτελεί δευτερογενές προϊόν οξείδωσης του λινελαϊκού οξέος του οποίου ο ρυθμός οξείδωσης εν συγκρίσει με το στεατικό ($C_{18:0}$), ελαϊκό ($C_{18:1\ n-9}$), λινελαϊκό ($C_{18:2\ n-12,15}$) και λινολενικό οξύ ($C_{18:3\ n-9,12,15}$) είναι 1:10:100:200, αντίστοιχα (O'Keefe, *et al.* 1993). Ως αποτέλεσμα των παραπάνω αναμενόταν η μείωση του ποσοστού του ελαϊκού ($C_{18:1\ n-9}$) και λινελαϊκού ($C_{18:2\ n-12,15}$) οξέος τα οποία είναι τα κυρίαρχα ακόρεστα λιπαρά οξέα του λίπους των αμυγδάλων. Παρόλα αυτά τέτοια μείωση του ποσοστού του λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2\ n-12,15}$) παρατηρήθηκε μόνο στην περίπτωση του ακτινοβολημένου, σε δόση 3 kGy αμυγδάλου. Εν αντιθέσει, τα αμύγδαλα τα οποία αποθηκεύτηκαν κάτω από τις πιο ευνοϊκές συνθήκες προστασίας έναντι της οξείδωσης, καταγράφηκε μία αύξηση στην συγκέντρωση του λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2\ n-12,15}$) κατά 0,35 και 5,22 % για τα ακτινοβολημένα και τα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα, αντίστοιχα. Η μείωση του ποσοστού των ακόρεστων λιπαρών οξέων είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού των κορεσμένων λιπαρών οξέων και συγκεκριμένα των λιπαρών οξέων παλμιτικό ($C_{16:0}$) [9.98 και 6.34%] και στεατικό ($C_{18:0}$) [8.03 και 0.95%] στην περίπτωση των λιγότερο και πιο προστατευμένων έναντι της οξείδωσης ακτινοβολημένων αμυγδάλων, αντίστοιχα. Εν αντιθέσει με τα αμύγδαλα τα οποία επεξεργάστηκαν με ακτινοβολήση, τα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα τα οποία αποθηκεύτηκαν κάτω από τις πιο ευνοϊκές συνθήκες προστασίας έναντι της οξείδωσης εμφάνισαν αύξηση του ποσοστού των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων ενώ το ποσοστό των κορεσμένων λιπαρών οξέων παρέμεινε αμετάβλητο.

Οι Sánchez-Bel *et al.* (2005) ανέφεραν σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης του ελαϊκού οξέος (C_{18:1 n-9}) αμέσως μετά την ακτινοβολήση ενώ μετά την αποθήκευση για 5 μήνες δεν παρατηρήθηκε καμία περαιτέρω σημαντική μεταβολή στη σύνθεση των λιπαρών οξέων.

Πίνακας 23. Μεταβολή λιπαρών οξέων ακτινοβολημένων (3 kGy) και μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή PET-SiOx//LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.

Ημέρα 0			PET//LDPE, Φώς 3.0 kGy, N ₂		PET-SiOx//LDPE, Φώς 1.0 kGy, N ₂		PET-SiOx//LDPE, Σκοτάδι 1.0 kGy, Oxygen Absorber		PET-SiOx//LDPE, Σκοτάδι 0 kGy, Oxygen Absorber	
			6 Μήνας %	12 Μήνας %	6 Μήνας %	12 Μήνας %	6 Μήνας %	12 Μήνας %	6 Μήνας %	12 Μήνας %
Χρόνος (min)	Λιπαρά οξέα	%								
5.64	Μυριστικό οξύ (C _{14:0})	0.04 ^a ±0.01	0.18 ^b ±0.04	K.O.A	0.36 ^c ±0.08	0.65 ^d ±0.12	0.29 ^c ±0.06	0.04 ^a ±0.01	0.04 ^a ±0.01	0.05 ^a ±0.00
9.43	Παλμιτικό οξύ (C _{16:0})	5.31 ^a ±0.31	12.48 ^c ±0.19	15.29 ^d ±1.12	11.16 ^b ±0.99	12.46 ^c ±0.14	10.90 ^b ±0.75	11.65 ^b ±0.55	5.84 ^a ±0.83	5.08 ^a ±0.86
9.97	Παλμιτελαϊκό οξύ (C _{16:1 n-9})	0.77 ^c ±0.16	0.32 ^b ±0.10	0.12 ^a ±0.02	0.85 ^{cd} ±0.01	0.76 ^c ±0.14	0.90 ^{cd} ±0.09	0.90 ^d ±0.08	0.69 ^c ±0.07	0.64 ^c ±0.09
11.68	Δεκαεξαιενικό οξύ (C _{16:1 n-13})	0.15 ^a ±0.02	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	0.11 ^a ±0.02
11.86	Δεκαεπταενικό οξύ (C _{17:0})	0.04 ^a ±0.01	0.32 ^c ±0.05	K.O.A	0.13 ^b ±0.03	K.O.A	0.11 ^b ±0.02	K.O.A	0.12 ^b ±0.01	K.O.A
14.04	Στεατικό οξύ (C _{18:0})	2.69 ^a ±0.28	5.01 ^b ±0.35	10.72 ^c ±1.33	3.59 ^{ab} ±0.18	3.33 ^a ±0.76	3.70 ^{ab} ±0.35	3.64 ^b ±0.07	3.52 ^{ab} ±0.19	3.21 ^a ±0.28
14.70	Ελαϊκό οξύ (C _{18:1 n-9})	71.89 ^c ±1.13	60.89 ^b ±0.88	55.16 ^a ±1.56	65.58 ^d ±0.64	63.66 ^c ±0.83	65.83 ^d ±0.66	63.75 ^c ±0.50	68.35 ^c ±0.37	66.47 ^d ±0.61
15.81	Λινελαϊκό οξύ (C _{18:2 n-9,12})	19.04 ^{ab} ±0.49	20.37 ^c ±0.41	17.86 ^a ±0.77	17.92 ^a ±0.54	18.50 ^a ±0.60	17.95 ^a ±0.47	19.39 ^b ±0.38	21.31 ^d ±0.66	24.26 ^a ±0.70
19.08	Αραχιδονικό οξύ (C _{20:0})	0.07 ^a ±0.02	0.43 ^c ±0.09	0.81 ^a ±0.11	0.41 ^c ±0.10	0.64 ^d ±0.03	0.32 ^c ±0.07	0.63 ^d ±0.05	0.13 ^b ±0.03	0.18 ^b ±0.02
Συνολικό ποσοστό κορεσμένων λιπαρών οξέων		8.15 ^a ±1.18	18.42 ^c ±0.93	26.86 ^d ±1.16	15.65 ^b ±0.30	17.08 ^c ±0.81	15.32 ^b ±0.99	15.96 ^b ±1.23	9.65 ^a ±1.57	8.52 ^a ±1.36
Συνολικό ποσοστό μονοακόρεστων λιπαρών οξέων		72.81 ^d ±1.82	61.21 ^b ±1.85	55.28 ^a ±1.72	66.43 ^{cd} ±0.83	64.42 ^c ±0.69	66.73 ^d ±0.88	64.65 ^c ±1.12	69.04 ^c ±0.36	67.22 ^d ±1.02
Συνολικό ποσοστό πολυακόρεστων λιπαρών οξέων		19.04 ^{ab} ±0.49	20.37 ^c ±0.41	17.86 ^a ±0.77	17.92 ^a ±0.54	18.50 ^a ±0.60	17.95 ^a ±0.47	19.39 ^b ±0.38	21.31 ^d ±0.66	24.26 ^a ±0.70

K.O.A=Κάτω του ορίου ανίχνευσης, n=3x2=6,±S.D ^{a-e}Τιμές στην ίδια γραμμή με διαφορετικούς εκθέτες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους

5.1.4 Ταυτοποίηση και ημιποσοτικός προσδιορισμός πτητικών συστατικών μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμύγδαλου ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, δόσης ακτινοβολίας και χρόνου συντήρησης

Συνολικά 10 ενώσεις οι οποίες ανήκουν στις κατηγορίες των αλδεϋδών, κετονών, αλκανίων, αλκοολών και αρωματικών υδρογονανθράκων ταυτοποιήθηκαν στον φρέσκο αμύγδαλο (Πίνακας 24). Τα παρόντα αποτελέσματα έρχονται σε πολύ καλή συμφωνία με τα αποτελέσματα του πειράματος B1. Στατιστικά σημαντική ($p < 0,05$) βρέθηκε ότι ήταν η επίδραση του χρόνου αποθήκευσης στη συγκέντρωση των πτητικών συστατικών του αμυγδάλου. Αλδεϋδες όπως η οκτανάλη, η νονανάλη και η δεκανάλη, αλκοόλες όπως η 3-μέθυλ-1-βουτανόλη και η εξανόλη και αλκάνια όπως το εξάνιο και το επτάνιο επέδρασαν σημαντικά στην εμφάνιση δυσάρεστης οσμής οξείδωσης με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας και την πιθανή μείωση της αποδοχής του αμυγδάλου από τους καταναλωτές (Frankel, 1982). Όπως προέκυψε από την αξιολόγηση των παρόντων αποτελεσμάτων η ακτινοβολήση δεν επέδρασε σημαντικά ($p > 0,05$) στη δημιουργία νέων ενώσεων αφού σχεδόν ίδιος αριθμός ενώσεων ταυτοποιήθηκε τόσο στα ακτινοβολημένα όσο και στα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα τα οποία αποθηκεύτηκαν στις πιο ευνοϊκές συνθήκες προστασίας έναντι της οξείδωσης. Θα πρέπει επιπλέον να σημειωθεί ότι ενώσεις όπως το τολουόλιο ταυτοποιήθηκαν μόνο στα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα μετά την μακροχρόνια αποθήκευσή τους. Η καταστροφή του τολουολίου σε δόσεις ακτινοβολίας της τάξης του 1 kGy έχει επιβεβαιωθεί επίσης και από τα αποτελέσματα του πειράματος B1. Αρωματικοί υδρογονάνθρακες όπως το τολουόλιο έχουν αναφερθεί επίσης στα ψημένα αμύγδαλα από τους Vázquez-Araújo *et al.* (2008). Σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα αυτή είναι η πρώτη εργασία που μελετάται η μεταβολή των πτητικών ενώσεων των ακτινοβολημένων αμυγδάλων κατά τη διάρκεια της μακροχρόνιας αποθήκευσής τους. Η βενζαλδεϋδη, η κύρια πτητική ένωση των αμυγδάλων, παρουσίασε μείωση στη συγκέντρωσή της ($p < 0,05$) κατά την αποθήκευση των αμυγδάλων ανεξαρτήτως της αρχικής δόσης ακτινοβολίας που εφαρμόστηκε (1 και 3 kGy). Στην περίπτωση των λιγότερο προφυλαγμένων έναντι της οξείδωσης, αμυγδάλων καταγράφηκε η μεγαλύτερη μείωση στην συγκέντρωση της βενζαλδεϋδης. Αντίθετα στην περίπτωση των αμυγδάλων τα οποία αποθηκεύτηκαν κάτω από τις πιο ευνοϊκές συνθήκες προστασίας έναντι της οξείδωσης η μεταβολή της

συγκέντρωσης της παραπάνω ένωσης ήταν στατιστικά μη σημαντική με αποτέλεσμα την διατήρηση τη χαρακτηριστικής γεύσης και γλυκού αρώματος αμυγδάλου (Vazquez-Araujo *et al.*, 2008) ακόμα και μετά την πάροδο 12 μηνών αποθήκευσης. Ενώσεις οι οποίες ανήκουν στις κατηγορίες των αλδεϋδών (εξανάλη) και των κετονών (2-προπανόνη), αλκοολών 3-μεθυλ-3-βουτανόλη, 3-μεθυλ-2-βουτανόλη, 1-πεντανόλη, βενζυλική αιθανόλη και 2-φαινυλ-αιθανόλη) οι οποίες ταυτοποιήθηκαν στο αρωματικό προφίλ των φρέσκων αμυγδάλων αυξήθηκαν σε συγκέντρωση ($p < 0,05$) ιδιαίτερα στην περίπτωση των λιγότερο προστατευμένων έναντι της οξείδωσης αμυγδάλων μετά την αποθήκευση για 6 και 12 μήνες. Επίσης ενώσεις όπως η οκτανάλη, νονανάλη, 1-εξανόλη, εξάνιο και επτάνιο είναι δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης του λίπους των αμυγδάλων (Frankel, 1982). Ενώσεις όπως το επτάνιο, η οκτανάλη και η δεκανάλη αποτελούν δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1\ n-9}$). Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του Πινάκα 25 με εκείνα του Πινάκα 23 σχετικά με το ποσοστό του εναπομείναντος αζώτου εντός της συσκευασίας γίνεται προφανές ότι στην περίπτωση των λιγότερο προστατευμένων έναντι της οξείδωσης αμυγδάλων καταγράφηκε η υψηλότερη αύξηση στη συγκέντρωση των πτητικών ενώσεων που αποτελούν δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης του λίπους, ενώ παράλληλα σημαντική μείωση καταγράφηκε στο ποσοστό του ελαϊκού οξέος ($C_{18:1\ n-9}$). Ομοίως ενώσεις όπως η 1-πεντανόλη, το εξάνιο, η εξανάλη, η νονανάλη, η 1-πεντανόλη και οι κετόνες των οποίων η συγκέντρωση αυξήθηκε ιδιαίτερα ($p < 0,05$) στην περίπτωση των λιγότερο προστατευμένων έναντι της οξείδωσης αμυγδάλων (ακτινοβολημένων και μη) τα οποία αποθηκεύτηκαν για 12 μήνες αποτελούν δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης του λινελαϊκού οξέος ($C_{18:2\ n-9,12}$).

Πίνακας 24. Μεταβολή πτητικών συστατικών ακτινοβολημένων (3 kGy) και μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή PET-SiOx//LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως ή το σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.

					PET//LDPE, Φώς 3.0 kGy, N ₂		PET-SiOx//LDPE, Φώς 1.0 kGy, N ₂		PET-SiOx//LDPE, Σκοτάδι 1.0 kGy, Oxygen Absorber		PET-SiOx//LDPE, Σκοτάδι 0 kGy, Oxygen Absorber	
0					6	12	6	12	6	12	6	12
Μέθοδος ταυτοποίησης Ημέρα					Μήνας	Μήνας	Μήνας	Μήνας	Μήνας	Μήνας	Μήνας	Μήνας
Πτητικές ενώσεις	Q _F	KI _{E+}	KI _{E-}	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<u>Αλδεΐδες</u>												
Βενζαλδεΐδη	95	982	982	1911.8 ^a ±73.18	1781.73 ^a ±56.13	1631.46 ^b ±38.02	1839.20 ^a ±80.12	1493.67 ^a ±51.30	2027.14 ^a ±28.35	1928 ^a ±27.25	1894.36 ^a ±34.36	1827.77 ^a ±69.06
Εξανόλη	90	898	901	0.27 ^a ±0.09	4.01 ^a ±0.16	8.54 ^a ±0.54	2.31 ^a ±0.28	3.50 ^a ±0.19	0.70 ^a ±0.09	1.88 ^a ±0.10	0.34 ^a ±0.06	0.50 ^b ±0.07
Οκτανόλη	86	1005	1007	K.O.A	K.O.A	10.09 ^b ±0.91	K.O.A	7.17 ^a ±0.52	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A
Νονανόλη	91	1100	1104	K.O.A	15.08 ^b ±0.38	48.85 ^a ±1.12	K.O.A	30.17 ^a ±1.33	K.O.A	39.14 ^a ±1.41	K.O.A	8.43 ^a ±0.96
Δεκανόλη	83	1210	1204	K.O.A	K.O.A	22.36 ^b ±1.25	K.O.A	13.51 ^a ±1.15	K.O.A	14.88 ^a ±0.99	K.O.A	K.O.A
<u>Κετόνες</u>												
2-Προπανόνη	80	>500	455	6.1 ^a ±1.16	16.99 ^a ±1.20	42.63 ^a ±1.18	13.51 ^a ±1.11	50.97 ^a ±0.99	9.66 ^b ±0.48	35.65 ^a ±1.08	9.96 ^b ±0.77	10.37 ^b ±0.66
4-Μεθυλ-2-Πεντανόνη ^{is}	91	690	678	6 ^a	6 ^a	6 ^a	6 ^a	6 ^a	6 ^a	6 ^a	6 ^a	6 ^a
<u>Αλκοόλες</u>												
3-Μεθυλ-1-Βουτανόλη	83	697	688	K.O.A	8.91 ^a ±0.54	64.69 ^a ±1.38	7.18 ^b ±0.52	55.16 ^a ±1.63	14.31 ^d ±1.25	42.96 ^a ±0.91	5.30 ^a ±0.69	28.96 ^a ±1.33
3-Μεθυλ-2-Βουτανόλη	90	686	689	8.35 ^a ±2.13	13.02 ^b ±0.85	33.81 ^a ±1.44	15.70 ^b ±1.21	28.10 ^a ±0.89	10.44 ^a ±0.52	16.21 ^a ±1.05	10.59 ^a ±0.72	27.71 ^a ±0.64
3-Μεθυλ-3-Βουτανόλη	86	668	670	5.89 ^a ±1.20	36.79 ^a ±1.24	96.85 ^a ±2.35	9.62 ^c ±0.49	18.05 ^a ±1.14	7.89 ^b ±0.34	10.12 ^a ±0.94	5.24 ^a ±0.31	5.58 ^a ±0.28
1-Πεντανόλη	72	771	672	5.11 ^a ±0.88	27.18 ^a ±0.72	40.09 ^a ±0.90	9.17 ^a ±0.56	18.15 ^d ±0.75	7.74 ^a ±0.90	18.35 ^d ±1.13	5.36 ^a ±0.50	7.05 ^b ±0.59
1-Εξανόλη	72	860	869	K.O.A	25.28 ^a ±1.26	20.97 ^d ±0.57	19.25 ^a ±0.39	36.90 ^a ±1.36	14.94 ^b ±0.67	K.O.A	K.O.A	8.16 ^a ±0.44
2-Φαινυλ-αιθανόλη	87	1048	1049.4	3.23 ^a ±0.76	15.31 ^a ±0.81	9.82 ^a ±1.03	19.37 ^a ±0.97	9.03 ^a ±1.14	18.51 ^a ±0.81	9.25 ^a ±0.59	5.71 ^a ±0.56	12.06 ^a ±1.08
Βενζυλική αλκοόλη	64	1136	1135.7	6.17 ^a ±0.12	9.03 ^a ±0.46	14.58 ^a ±0.52	4.78 ^a ±1.31	10.92 ^a ±0.73	8.06 ^b ±0.38	14.08 ^a ±1.18	7.76 ^b ±0.42	10.40 ^a ±0.70
<u>Υδρογονάνθρακες</u>												
Εξάνιο	83	604	618	K.O.A	90.12 ^a ±2.36	153.96 ^a ±2.18	66.90 ^a ±1.23	128.83 ^a ±2.96	33.90 ^a ±1.47	56.12 ^a ±1.73	8.20 ^a ±0.91	12.85 ^a ±1.05
Επτάνιο	80	999	1000	K.O.A	12.16 ^a ±1.78	47.09 ^a ±2.05	15.40 ^a ±1.39	35.92 ^a ±0.91	K.O.A	26.03 ^a ±0.99	K.O.A	9.18 ^a ±0.58
Χλωροφόρμιο	96	620	613.7	8.69 ^a ±0.99	29.14 ^a ±0.77	40.09 ^a ±1.23	19.25 ^a ±1.18	33.98 ^a ±2.62	14.94 ^a ±0.96	21.02 ^a ±1.42	12.67 ^a ±0.85	19.75 ^a ±1.13
<u>Αρωματικές υδρογονάνθρακες</u>												
Τουλουόλιο	91	691	689.2	5.16 ^a ±0.44	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	K.O.A	7.18 ^a ±0.34	10.95 ^a ±0.58

K.O.A=Κάτω του ορίου ανίχνευσης, n=3x2=6,±S.D ^{a-e}Τιμές στην ίδια γραμμή με διαφορετικούς εκθέτες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, is= εσωτερικό πρότυπο

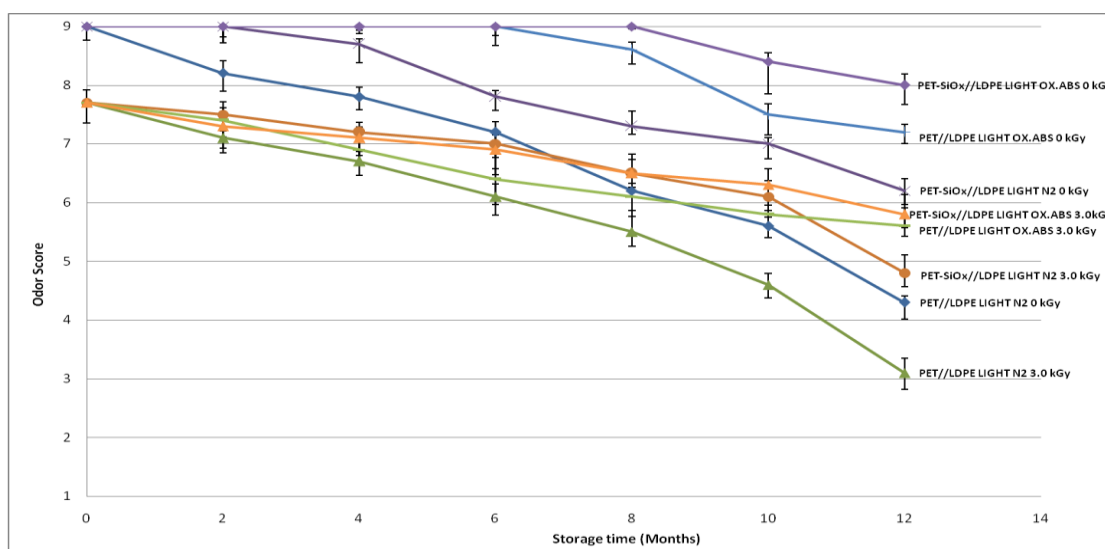
5.1.5 Μεταβολή παραμέτρων χρώματος L^* , a^* και b^* μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμύγδαλου ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, δόσης ακτινοβολίας και του χρόνου συντήρησης

Αμέσως μετά την ακτινοβολήση, σε δόσεις έως και 3 kGy, δεν παρατηρήθηκε σημαντική ($p>0,05$) μεταβολή στις παραμέτρους L^* , a^* και b^* (Τα αποτελέσματα του χρώματος δεν παρουσιάζονται). Τα παρόντα αποτελέσματα έρχονται σε καλή συμφωνία με τα αποτελέσματα του πειράματος B1. Μετά την αποθήκευση για 12 μήνες στην περίπτωση χρήσης του απορροφητή οξυγόνου η παράμετρος L^* δεν μεταβλήθηκε σημαντικά ($p>0,05$) τόσο για τα μη ακτινοβολημένα όσο και για τα ακτινοβολημένα, σε δόση 1 kGy, αμύγδαλα. Αντίθετα στην περίπτωση όπου εφαρμόστηκε δόση ακτινοβολίας 3 kGy σημαντική μείωση καταγράφηκε στην παράμετρο L^* ($p<0,05$). Για τις παραμέτρους a^* και b^* δεν καταγράφηκε σημαντικά μεταβολή ($p>0,05$). Στην περίπτωση των δειγμάτων τα οποία συσκευάστηκαν σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου οι παράμετροι L^* και b^* μειώθηκαν ($p<0,05$) με παράλληλη αύξηση της παραμέτρου a^* ($p<0,05$) με αποτέλεσμα τα αμύγδαλα να λαμβάνουν περιοδικά ένα πιο σκούρο/καστανό χρώμα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους. Το φαινόμενο ήταν εντονότερο στην περίπτωση των ακτινοβολημένων αμυγδάλων. Ένα πρώτο συμπέρασμα το οποίο εξάγεται από τα παραπάνω είναι ότι κατά την αποθήκευση παρουσία φωτός και οξυγόνου επιταχύνεται η μείωση των τιμών παραμέτρων L^* και b^* με παράλληλη αύξηση της παραμέτρου a^* , ιδιαίτερα στην περίπτωση των ακτινοβολημένων αμυγδάλων. Η σταδιακή μεταβολή του χρώματος των αμυγδάλων κατά τη μακροχρόνια αποθήκευσή τους θα μπορούσε να αποδοθεί στην οξειδωση των φαινολών (Ryan, & Robards, 1998) οι οποίες βρίσκονται σε ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις στον φλοιό των αμυγδάλων (Milbury, *et al.* 2006). Η σταδιακή αμαύρωση τόσο μη ακτινοβολημένων όσο και ακτινοβολημένων αμυγδάλων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους έχει επίσης αναφερθεί και από άλλους ερευνητές (Ledbetter & Palmquist, 2006; Sanchez-Bel *et al.* 2008). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση αποθήκευσης υπό φωτισμό η μεταβολή του χρώματος των αμυγδάλων ήταν εντονότερη εν συγκρίσει με την αποθήκευση στο σκοτάδι. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στο σχηματισμό οξυγόνου απλής διεγερμένης κατάστασης (1O_2), μέσω της φωτοοξειδωσης, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την εντονότερη οξειδωση των φαινολών. Οι Sánchez-Bel *et al.* (2008) ανέφεραν ότι οι τιμές L^* χρώματος, των αμυγδάλων (ακτινοβολημένων και μη) σε

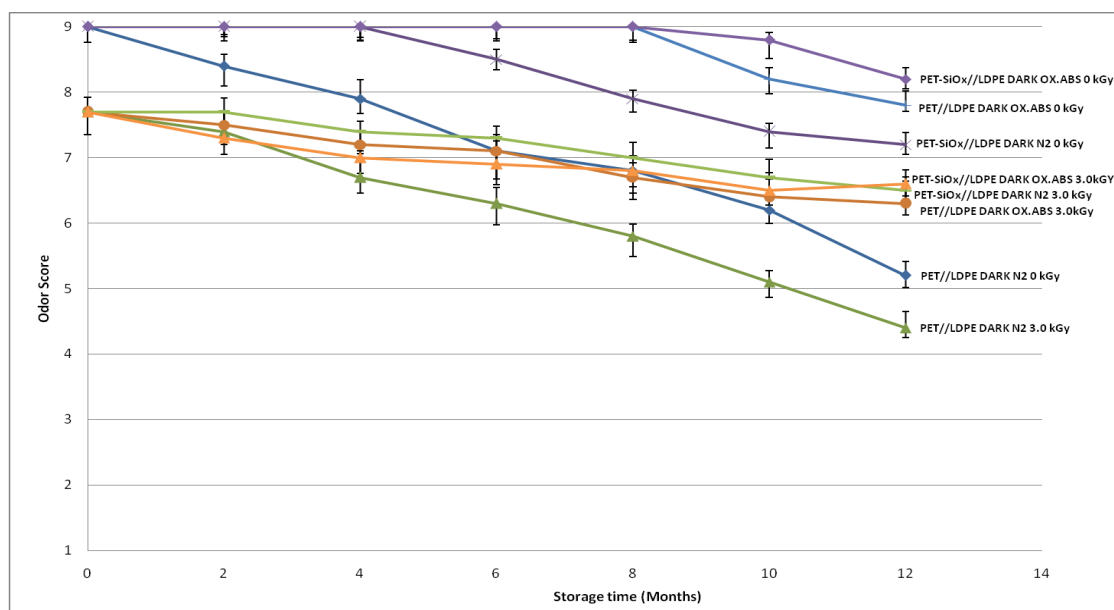
δόσεις 3.0, 7.0 και 10.0 kGy ήταν 96.85, 94.34, 93.81 και 91.03, αντίστοιχα, με αποτέλεσμα τα αμύγδαλα να καταστούν πιο σκουρόχρωμα μετά την ακτινοβολήση. Επιπλέον οι παραπάνω ερευνητές ανέφεραν ότι αυτές οι τιμές παρέμειναν ουσιαστικά σταθερές μέχρι την 8^η εβδομάδα της αποθήκευσης ενώ στη συνέχεια μειώθηκαν σε 86.81, 85.64, 89.83 και 87.24, αντίστοιχα, έως το τέλος των 5 μηνών αποθήκευσης.

5.1.6 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μη-ακτινοβολημένου και ακτινοβολημένου αμυγδαλού ως συνάρτηση της χρήσης απορροφητών οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, συνθηκών φωτισμού, δόσης ακτινοβολίας και του χρόνου συντήρησης

Τόσο η υφή όσο και το χρώμα του αμυγδαλού δεν παρουσίασαν σημαντική ($p>0,05$) μεταβολή αμέσως μετά την ακτινοβολήση (Ημέρα 0) (Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται). Αντίθετα, η γεύση και η υφή του προϊόντος μεταβλήθηκε σημαντικά ($p<0,05$) αυξανόμενων των δόσεων γ-ακτινοβολίας (Διαγράμματα 39 έως 42). Τα παρόντα αποτελέσματα βρίσκονται σε καλή συμφωνία με αυτά του πειράματος B1 (Mexis, *et al.*, 2009).



Διάγραμμα 39. Μεταβολή οσμής οξείδωσης ακτινοβολημένων (3 kGy) και μη ακτινοβολημένων αμυγδαλών συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή PET-SiOx//LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως σε θερμοκρασία 20 °C.

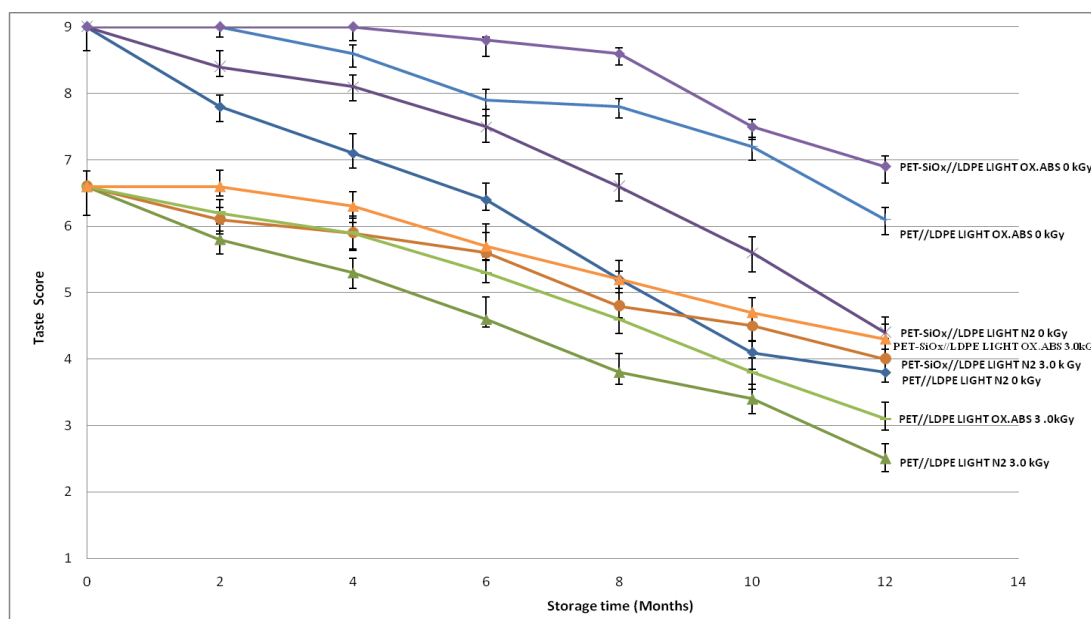


Διάγραμμα 40. Μεταβολή οσμής οξείδωσης ακτινοβολημένων (3 kGy) και μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων συναρτήσεως του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή PET-SiOx//LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.

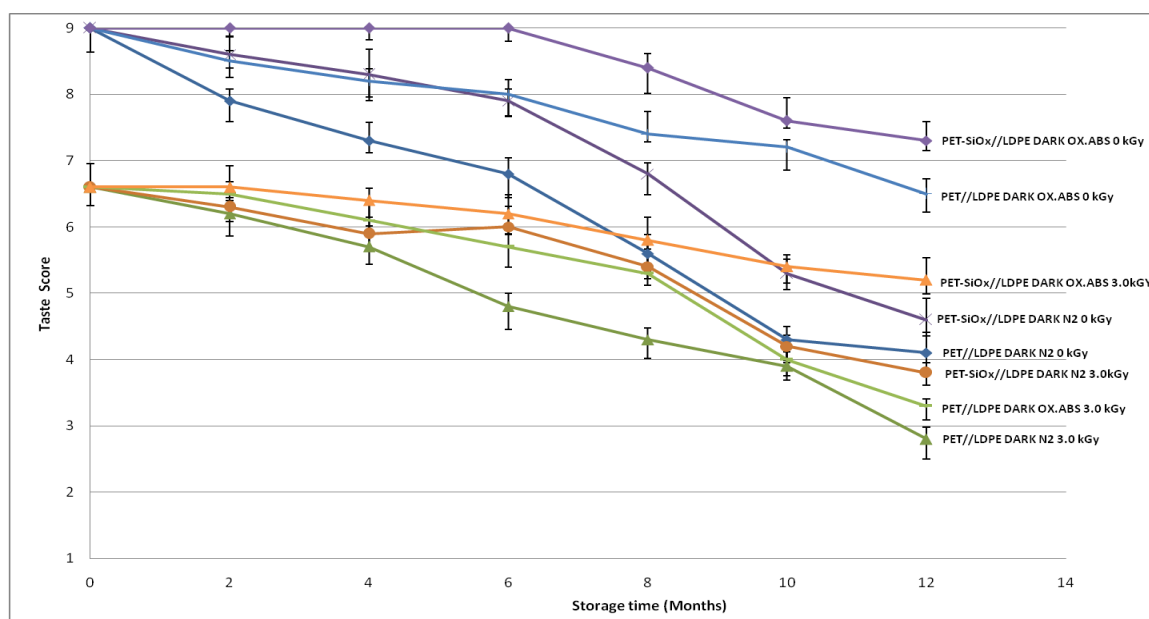
Κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση δεν κατεγράφησαν σημαντικές ($p > 0,05$) μεταβολές στην υφή των μη ακτινοβολημένων και των ακτινοβολημένων ξηρών καρπών μετά την αποθήκευση για 12 μήνες. Τα αμύγδαλα παρέμειναν τραγανά πιθανότατα λόγω του φραγμού στην υγρασία που προσφέρει το LDPE. Αντίθετα με την υφή, σημαντική ($p < 0,05$) ήταν η επίδραση του χρόνου αποθήκευσης στο χρώμα ιδιαίτερα στην περίπτωση των ακτινοβολημένων αμυγδάλων (τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται). Τα αποτελέσματα της αντικειμενικής αξιολόγησης του χρώματος βρίσκονται σε πολύ καλή συμφωνία με αυτά της υποκειμενικής αξιολόγησης. Σύμφωνα με τα μέλη τις οργανοληπτικής ομάδας το σκούρο χρώμα που πήραν τα αμύγδαλα σχετίζεται άμεσα με την οσμή και γεύση οξείδωσης του καρπού.

Μετά από 12 μήνες αποθήκευσης, μέγιστης αποδοχής όσον αφορά την οσμή έτυχαν τα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν στο υλικό PET-SiOx/LDPE, ενώ από τα ακτινοβολημένα αμύγδαλα μέγιστης αποδοχής έτυχαν αυτά που συσκευάστηκαν στο υλικό PET-SiOx/LDPE παρουσία απορροφητή οξυγόνου (σκορ 8,2 και 6,6 αντίστοιχα), ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού. Τέλος χαμηλότερης αποδοχής έτυχαν

τα ακτινοβολημένα αμύγδαλα σε δόση 3 kGy, που αποθηκεύτηκαν σε ατμόσφαιρα αζώτου, υπό φωτισμό (σκορ 3,1). Στην περίπτωση των μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων τα οποία συσκευάστηκαν παρουσία απορροφητή οξυγόνου σημαντικές ($p<0,05$) μεταβολές στην οσμή καταγράφηκαν μόνο μετά την πάροδο 8 μηνών αποθήκευσης, ενώ στην περίπτωση των ακτινοβολημένων αμυγδάλων σημαντικές μεταβολές άρχισαν να καταγράφονται μόλις μετά την πάροδο 4 με 6 μηνών αποθήκευσης. Για τα δείγματα τα οποία συσκευάστηκαν σε ατμόσφαιρα αζώτου σημαντικές ($p<0,05$) μεταβολές στην οσμή καταγράφηκαν μετά από 2 με 4 μήνες αποθήκευσης ανεξαρτήτως της αρχικής δόσης ακτινοβολίας (1 ή 3 kGy). Τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης του αρώματος βρίσκονται σε καλή συμφωνία με τα αποτελέσματα της αντικειμενικής αξιολόγησης (παράγραφος 5.1.5) όπου, όπως προαναφέρθηκε, η συγκέντρωση της κύριας αρωματικής ένωσης των αμυγδάλων, της βενζαλδεϋδης, μειώθηκε σημαντικά ($p<0,05$) στα ακτινοβολημένα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν σε ατμόσφαιρα αζώτου, με αποτέλεσμα την απώλεια του χαρακτηριστικό αρώματός τους. Αμύγδαλα τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόση 1 kGy εμφάνισαν μέτρια αποδοχή εν συγκρίσει με τα μη ακτινοβολημένα και τα ακτινοβολημένα αμύγδαλα σε δόση 3 kGy. Στηριζόμενοι στην αποδοχή που έτυχαν τα δείγματα από τα μέλη τις οργανοληπτικής ομάδος και της βάσης του 5, τα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν στο PET//LDPE, ακτινοβολήθηκαν σε δόση 3 kGy και αποθηκεύτηκαν απουσία φωτός εμφάνισαν χρόνο ζωής 9 μήνες ενώ στην περίπτωση αποθήκευσης απουσίας φωτός καταγράφηκε επιμήκυνση του χρόνου ζωής κατά 1 μήνα. Στην περίπτωση των μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων που συσκευάστηκαν στο PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου και αποθηκεύτηκαν υπό φωτισμό ο χρόνος ζωής με βάση την οσμή οξείδωσης ανήλθε στους 11 μήνες. Σε όλους τους άλλους χειρισμούς ο χρόνος ζωής ήταν τουλάχιστον 12 μήνες.



Διάγραμμα 41. Μεταβολή γεύσης οξείδωσης ακτινοβολημένων (3 kGy) και μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή PET-SiOx//LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο φως σε θερμοκρασία 20 °C.



Διάγραμμα 42. Μεταβολή γεύσης οξείδωσης ακτινοβολημένων (3 kGy) και μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης σε συσκευασία πλαστικής μεμβράνης (PET//LDPE ή PET-SiOx//LDPE), παρουσία απορροφητή οξυγόνου ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου κατόπιν αποθήκευσης στο σκοτάδι σε θερμοκρασία 20 °C.

Στην περίπτωση των δειγμάτων, ακτινοβολημένων μη ακτινοβολημένων, που συσκευάστηκαν παρουσία απορροφητή οξυγόνου, σημαντικές ($p < 0,05$) μεταβολές στην γεύση καταγράφηκαν μετά την αποθήκευση για 2 με 4 μήνες· αντίθετα στην περίπτωση συσκευασίας σε ατμόσφαιρα αζώτου σημαντικές ($p < 0,05$) μεταβολές καταγράφηκαν από την αρχή των δειγματοληψιών. Η γεύση βρέθηκε ότι είναι πιο ευαίσθητη εν συγκρίσει με την οσμή για την αποδοχή ή την απόρριψη των μη ακτινοβολημένων και των ακτινοβολημένων αμυγδάλων. Στηριζόμενοι στην αποδοχή που έτυχαν τα δείγματα με βάση τα αποτελέσματα για τη γεύση και τη βάση του 5, ο χρόνος ζωής των:

- μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων τα οποία αποθηκεύτηκαν στους 20 °C ήταν τουλάχιστον 12 μήνες στην περίπτωση χρήσης απορροφητών οξυγόνου ανεξαρτήτως της αποθήκευσης παρουσία ή απουσίας φωτός και της επιλογής του υλικού συσκευασίας (PET//LDPE ή PET-SiOx//LDPE).
- ακτινοβολημένων, σε δόση 3 kGy, αμυγδάλων τα οποία συσκευάστηκαν στο PET-SiOx//LDPE με χρήση απορροφητή οξυγόνου και αποθηκεύτηκαν απουσία φωτός ήταν 12 μήνες.
- μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων τα οποία συσκευάστηκαν στο PET-SiOx//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου, ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού, ήταν 11 μήνες.
- - μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων τα οποία συσκευάστηκαν στο PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου και αποθηκεύτηκαν απουσία φωτός
 - ακτινοβολημένων σε δόση 3 kGy, τα οποία συσκευάστηκαν στο PET//LDPE παρουσία απορροφητή οξυγόνου και αποθηκεύτηκαν απουσία φωτός
 - μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων τα οποία συσκευάστηκαν στο PET-SiOx//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου ανεξαρτήτως των συνθηκών φωτισμού ήταν 9 μήνες
- ακτινοβολημένων, σε δόση 3 kGy, αμυγδάλων τα οποία συσκευάστηκαν στο PET-SiOx//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου και αποθηκεύτηκαν παρουσία φωτός ήταν 8 μήνες.

- ακτινοβολημένων αμυγδάλων, σε δόση 3 kGy, τα οποία συσκευάστηκαν στο PET//LDPE παρουσία απορροφητή και αποθηκεύτηκαν υπό φωτισμό ο χρόνος ζωής ήταν 7 μήνες
- ακτινοβολημένων, σε δόση 3 kGy, τα οποία συσκευάστηκαν στο PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου υπό φωτισμό ο χρόνος ζωής ανήλθε σε 5-6 μήνες και 5 μήνες στην περίπτωση έκθεσης στο φώς.

Τέλος τα αμύγδαλα τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόση 1 kGy έτυχαν ενδιαμέσης αποδοχής μεταξύ των ακτινοβολημένων σε δόση 3 kGy και των μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων όσον αφορά τη γεύση τους με αποτέλεσμα ο χρόνος ζωής τους να είναι ενδιάμεσος του χρόνου ζωής των ακτινοβολημένων σε δόση 3 kGy και των μη ακτινοβολημένων αμυγδάλων

Ο Tomas (1988) ανέφερε ότι αμύγδαλα τα οποία ακτινοβολήθηκαν σε δόση 0,1 kGy και αποθηκεύτηκαν για 6 μήνες δεν εμφάνισαν δυσάρεστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Οι Navaiz *et al.* (1992) επίσης δεν κατέγραψαν σημαντικές διαφορές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μεταξύ των μη ακτινοβολημένων και ακτινοβολημένων αμυγδάλων και των καρπών cashews που ακτινοβολήθηκαν σε δόσεις 2 και 4 kGy, αντίστοιχα. Τέλος οι Sanchez-Bel *et al.* (2005;2008) ανέφεραν ότι μετά τη αποθήκευση ακτινοβολημένων αμυγδάλων για 5 μήνες έλαβαν οργανοληπτικό σκορ 3 σε μία πενταβάθμια κλίμακα (όπου 5: πολύ αποδεκτό και 1: απορριπτέο).

Γενικά συμπεράσματα

Πείραμα Α

- Ο χρόνος αποθήκευσης, η διαπερατότητα του υλικού συσκευασίας καθώς και η χρήση απορροφητή οξυγόνου ή ατμόσφαιρας αζώτου βρέθηκε ότι επιδρά σημαντικά στη συγκέντρωση τόσο των πρωτογενών όσο και των δευτερογενών προϊόντων οξείδωσης τόσο για τα ολόκληρα όσο και για τα θρυμματισμένα αμύγδαλα.
- Βρέθηκε επίσης πως:
 - σε δεδομένη θερμοκρασία,
 - αποθήκευση υπό φωτισμό και

συσκευασία σε ατμόσφαιρα αζώτου ο ρυθμός σχηματισμού της εξανάλης είναι υψηλότερος σε σχέση με την αποθήκευση απουσία φωτός ενώ στην περίπτωση χρήσης των απορροφητών οξυγόνου οι συνθήκες φωτισμού δεν επηρέασαν τον βαθμό οξείδωσης των καρπών.

- Η χρήση υλικού συσκευασίας με υψηλό φραγμό στο οξυγόνο μειώνει την σημαντικότητα της επίδρασης της θερμοκρασίας αποθήκευσης, στην οξείδωση των αμυγδάλων.
- Ανεξαρτήτως της χρήσης απορροφητή οξυγόνου ή ατμόσφαιρας αζώτου, η επίδραση της θερμοκρασίας ήταν σημαντικότερη από εκείνη του φωτός.
- Μια πολύ σημαντική παρατήρηση είναι πως τα αμύγδαλα που συσκευάστηκαν στο υλικό υψηλού φραγμού σε συνδυασμό με χρήση απορροφητή οξυγόνου εμφάνισαν σχεδόν τον ίδιο βαθμό οξείδωσης ανεξαρτήτως του αν ήταν θρυμματισμένα ή όχι, επίτευγμα σημαντικό λαμβανομένης υπόψη της επίδρασης του θρυμματισμού στα αμύγδαλα που αποθηκεύτηκαν στο υλικό συσκευασίας φραγμού εν συγκρίσει με τα αντίστοιχα ολόκληρα αμύγδαλα.

Πείραμα Β

- Αυξανόμενης της δόσης ακτινοβολήσης αυξάνεται σημαντικά ($p < 0,05$) η συγκέντρωση των πρωτογενών και δευτερογενών προϊόντων οξείδωσης
- Εκ των αποτελεσμάτων του πειράματος B1 προκύπτει ότι τα αμύγδαλα κρίνονται οργανοληπτικώς ως αποδεκτά κατόπιν ακτινοβολήσης σε δόσεις έως και 3 kGy. Εκ τούτου προκύπτει πως είναι απαραίτητη η αναθεώρηση των διεθνών κανόνων

ορθής ακτινοβόλησης των ξηρών καρπών (International Consultative Group on Food Irradiation, 1995) και πιθανόν η δημιουργία εξατομικευμένων κανόνων για την ακτινινοβόληση κάθε ξηρού καρπού η ανα ομάδα ξηρών καρπών.

- Ο χρόνος αποθήκευσης, η δόση ακτινοβολίας, η διαπερατότητα του υλικού συσκευασίας όπως επίσης και η χρήση απορροφητών οξυγόνου και ατμόσφαιρας αζώτου επέδρασαν σημαντικά ($p<0,05$) στη συγκέντρωση των πρωτογενών και δευτερογενών προϊόντων οξείδωσης.
- Η ακτινοβόληση ευνοεί την οξείδωση κατά τη μακροχρόνια αποθήκευση ακόμα και αν τα αμύγδαλα αποθηκευτούν σε εξαιρετικά προστατευμένες συνθήκες όπως πχ. είναι ο συνδυασμός χρήσης υλικού συσκευασίας υψηλού φραγμού, απορροφητή οξυγόνου και η αποθήκευση απουσία φωτός.
- Σε δεδομένη δόση ακτινοβολίας: α) η έκθεση του καρπού στο φως έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή υψηλότερων συγκεντρώσεων προϊόντων οξείδωσης (υπεροξειδίων και εξανάλης) με εξαίρεση τα αμύγδαλα τα οποία συσκευάστηκαν στο υλικό υψηλού φραγμού PET-SiOX//LDPE και β) επιπλέον καθώς μειώνεται η ικανότητα φραγμού του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο η επίδραση του φωτός γίνεται εντονότερη στην οξείδωση του αμυγδάλου.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abbey, M., Noakes, M., Belling, G. & Nestel, P. (1994). Partial replacement of saturated fatty acids with almonds or walnuts lowers total plasma cholesterol and low-density-lipoprotein cholesterol. *American Journal of Clinical Nutrition*. 59,995-9
2. Adebisi, A., Adeyemi, I. & Olorunda, A. (2002). Effects of processing conditions and packaging material on the quality attributes of dry-roasted peanuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 82, 1465-1471
3. Adegaz, E., Kerr, W. & Koehler, P. (2004). The role of moisture in flavor changes of model peanut confections during storage. *Lebensm-Wiss. U.-Technology*. 37, 215-225
4. Akbas, M. & Ozdemir, O. (2006). Effect of different ozone treatment on aflatoxin degradation & physicochemical properties of pistachio. *Journal of the Science of Food Agriculture*. 86, 2099-2104.
5. Alasalvar, C., Shahidi, F., Liyanapathirana, M. & Ohshima, T. (2003a). Turkish tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.) 1. Compositional characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51, 3790-3796
6. Alasalvar, C., Shahidi, F., Ohshima, T., Wanasundara, U., Yurttas, H., Liyanapathirana, C. & Rodrigues, G. (2003b). Turkish tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.) 2. Lipid characteristics and oxidative stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51, 3797-3805
7. Al-Bachir, M. (2004). Effect of gamma irradiation on fungal load, chemical and sensory characteristics of walnut (*Juglans regia* L.). *Journal of Stored Products Research*. 40, 355-362
8. Albert, C., Gaziano, M., Willett, W. & Manson, J. (2002). Nut consumption and decreased risk of sudden cardiac death in the Physicians' Health Study. *Archives of Internal Medicine*. 162,1382
9. Amaral, J., Casal, S., Citova, I., Santos, A., Seabra, R. & Oliveira B. (2006a). Characterization of several hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars based in chemical, fatty acid and sterol composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 222, 274-280
10. Amaral, J., Casal, S., Alves, M., Seabra, R. & Oliveira, P. (2006b). Tocopherol and tocotrienol content of hazelnut cultivars grown in Portugal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54,1329-1336

11. Amaral, J., Cunha, S., Santos, A., Alves, M., Seabra, R. & Oliveira, B. (2006c). Influence of Cultivar and Environmental Conditions on the Triacylglycerol Profile of Hazelnut (*Corylus avellana* L.) (2006) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54, 449-456
12. Amaral, J., Casal, S., Pereira, A., Seabra, M. & Oliveira, P. (2003). Determination of sterol and fatty acid compositions, oxidative stability, and nutritional value of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars grown in Portugal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51, 7698-7702
13. Antunes, A. & Markakis, P. (1977). Protein Supplementation of Navy Beans with Brazil Nuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 25, 1096-1098
14. Ashurst, P. (1999). Food Flavorings. Third Edition. AN Aspen Publication. Maryland. pg. 6
15. Aziz, N. & Mousa, A. (2004). Reduction of fungi and mycotoxins formation in seeds by gamma-radiation. *Journal of Food Safety*. 24, 109-127
16. Bairo, A. & Nobile, M. (2005) Shelf life Extension of Almond pasta pastries. *Journal of Food Engineering*. 66, 487-495
17. Bauer, K., Garbe, D. & Surburg, H. (2001). Common fragrance and flavor materials: preparation and uses, completely revised edition. Wiley-VCH Verlag GmbH. New York pp.: 5, 1-15
18. Belitz, D. & Grosch, W. (1987). Unsaponifiable constituents. In Food Chemistry; Springer- Verlag: Berlin, Germany, 1987, pg. 187
19. Bernardo-Gill, M., Grenha, J., Santos, J. & Cardoso, P. (2002). Supercritical fluid Extraction and Characterisation of Oil from Hazelnut. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 104, 402-409
20. Berry, M., Eisenberg, S., Friedlander, Y., Haratz, D., Kaufmann, N. & Stein, Y. (1992). Effects of diets rich in monounsaturated fatty acids on plasma lipoproteins –the Jerusalem Nutrition Study. II monounsaturated fatty acids vs. carbohydrates. *Journal of American College of Nutrition*. 56, 394-403.
21. Bhattacharjee, P., Singhal, R., Gholap, A., Variyar, P. & Bongirwar, D. (2003). Hydrocarbons as marker compounds for irradiated cashew nuts. *Food Chemistry*. 80, 151-157
22. Braddock, J., Sims, C. & O’Keefe, A. (1995). Flavor and oxidative stability of roasted high oleic acid peanuts. *Journal of Food Science*. 60(3), 498-493

23. Bruce, B., Spiller, G., Klevay, L. & Gallagher, S. (2000). A diet high in whole and unrefined foods favorably alters lipids, antioxidant defenses and colon function. *Journal of Clinical Nutrition*. 19(1), 61-7.
24. Buransompob, A., Tang, J., Mao, R. & Swanson, B. (2003). Rancidity of walnuts and almonds affected by short heat treatment for insect control. *Journal of Food Processing and Presevation*. 27, 445-464
25. Buttery, G., Turnbaugh, G. & Ling, C (1988). Contribution of volatiles to rice aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemisty*. 36, 1006-1009
26. Buyn, W., Kang, J., Kwon, H., Hayashio, Y. & Mori, T. (1995). Physicochemical properties of soybean oil extracted from gamma irradiated soybeans. *Radiation Physics and Chemistry*. 46, 659-662
27. Cabrera, C., Lloris, F., Gimenez, R., Olalla, M. & Lopez, C. (2003). Mineral content in legumes and nuts: contribution to the Spanish dietary intake. *The Science of the Total Environment*. 308, 1-14
28. Caglarirmak, N. & Batkan, C. (2005). Nutrients and Biochemistry of nuts in different consumption types in Turkey. *Journal of Food Processing & Preservation*. 29, 407-423
29. Chang, J., Gutenmann, W., Reid, C. & Lisk, D. (1994). Selenium content of Brazil nuts from two geographic locations in Brazil. *Chemosphere*. 30 (4), 801-802
30. Chen, C., Lapsley, K. & Blumberg, H. (2006). A nutrition and health perspective on almonds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 86 (14), 2245-2250
31. Chiou, Y. (1994) Gamma irradiation of peanut kernels to control growth and to diminish aflatoxin contamination. *Acta Alimentaria*. 25, 311-314
32. Chun, J., Lee, J. & Eitenmiller, R. (2005). Vitamin E and oxidative stability during storage of raw and dry roasted peanuts packaged under air and vacuum. *Journal of Food Science*. 4, C292-C297
33. Commission Regulation (EC) (1991). No 2568/91 of 11 July 1991 on the characteristics of olive oil and olive-residue oil and on the relevant methods of analysis. *Official Journal of the European Communities*. L 248, 1-82
34. COI. (1984) Intenrational trade standars applying to olive oils and olive residue oils. *International Olive Oil Council*. 15/No.1
35. Coni, E., Podesta, E. & Catone, T. (2004). Oxidizability of different vegetables oils evaluated by thermogravimetric analysis. *Thermochimica Acta*. 11-15

36. Coskuner, Y., & Karababa, E., (2004). Leblebi: A roasted chickpea as a traditional Turkish snack food. *Food Reviews International*. 20 (3), 257-274
37. Crowe, T. & White, P. (2003a). Oxidation, flavor and texture of walnuts reduced in fat content by supercritical carbon dioxide. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 80(6), 569-574
38. Crowe, T. & White, P. (2003b). Oxidative stability of walnut oils extracted with supercritical carbon dioxide. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 80(6), 575-578
39. Curb, J., Wergowske, G., Doobbs, J., Abbott, R. & Huang, B. (2000). Serum lipid effects of a high-monounsaturated fat diet based on macadamia nuts. *Archives of Internal Medicine*. 160, 1154-1158
40. Day, B. (2008). Active Packaging of foods. In. Kerry, J. and Butler, P. Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods. page: 4. England: John Wiley and Sons. Ltd.
41. Dismore, M., Haytowitz, M., Gebhardt, S., Peterson, J. & Booth, S. (2003). Vitamin K content of nuts and fruit in US diet. *Journal of The American Dietetic Association*. 103, 1650-1652
42. Dull, G. & Kays, S. (1988). Quality and Mechanical of Pecan Kernels with Different Packaging protocols. *Journal of Food Science*. 53(2), 565-567
43. Edwards, K., Kwaw, I., Matud, J., Kurtz, I. (1999). Effect of pistachio nuts on serum lipid levels in patients with moderate hypercholesterolemia. *Journal of American College of Nutrition*. 18(3), 229-232
44. Erickson, M., Santerre, C. & Malingre, M. (1994). Oxidative stability in raw and roasted pecans: chemical, physical and sensory measurements. *Journal of Food Science*. 59,1234-1238
45. Feldman, E. (2002). The Scientific evidence for a beneficial health relationship between walnuts and coronary heart disease. *Journal of Nutrition*. 132, 1062S-1101S
46. Fennema, O.R. (1996). Food Chemistry 3rd ed. Marcel Dekker, New York
47. Fidanza, F. (2002) Tree nuts in the Mediterranean diet context. *II Conferencia SALUD Y FRUTOS SECOS – FUNDACION NUCIS*, Barcelona
48. Fourie, C. & Basson, S. (1989). Changes in the tocopherol content of almond, pecan and macadamia kernels during storage. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 66,1113-1115

49. Fraser, G. (1999). Nut consumption, lipids and risk of a coronary event. *Clinical Cardiology*. 9, S1, S28 - S32.
50. Fraser, G., Sabaté, J., Beeson, W. & Strahan, T. (1992). A possible protective effect of nut consumption on risk of coronary heart disease. *Archives of Internal Medicine*. 152, 1416-24
51. Frankel, EN. (1982) Volatile lipid oxidation products. *Progress in Lipid Research*. 22, 1-33.
52. Fritsch, C., Hofland, C. & Vickers, Z. (1997) Shelf life of sunflower kernels. *Journal of Food Science*. 62(2), 425-428
53. Garcia-Pascual, P., Mateos, M., Carbonell, V. & Salazar, D. (2003). Influence of storage conditions on the quality of shelled and roasted almonds. *Biosystems Engineering*. 87(2), 201-209
54. Gardner, C., Coulston, A., Chatterjee, L., Rigby, A., Spiller, G. & Farquhar, J., (2005). The effect of a plasma-based diet on plasma lipids in hypercholesterolemic adults. *Annals of Internal Medicine*. 142, 725-733
55. Garg A., (1998). High monounsaturated fat diets for patients with diabetes mellitus: a meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*. 67, 577S-582S.
56. Gölge, E. & Ova, G. (2008). The effects of food irradiation on quality of pine nut kernels. *Radiation Physics and Chemistry*. 77, 365-369
57. Griel, A., Eissenstat, B., Juturu, V., Hsieh, G. & Kris-Etherton, P. (2004). Improve diet quality with peanut consumption. *Journal of American College of Nutrition*. 23(6), 660-668
58. Grosso, N. & Resurreccion, A. (2002). Prediction consumer acceptance Ratings of cracker-coated and roasted peanuts from descriptive analysis and hexanal measurements. *Journal of Food Science*. 67 (4), 1530-1537
59. Gyawali, R., Seo, H., Song, H., Kim, D., Byun, M., Kim, K. (2006) Effect of γ -irradiation on volatile compounds of dried welsh onion (*Allium fistulosum* L.). *Radiation Physics and Chemistry*. 75, 322-328.
60. Gürses, M. (2006). Mycoflora and aflatoxin content of hazelnuts, walnuts, peanuts, almonds and roasted chickpeas (leblebi) sold in Turkey. *International Journal of Food Properties*. 9, 395-399.

61. Haddad, E., Jambazian, P., Karunla, M., Tanzman, J. & Sabate, J. (2006). A pecan-enriched diet increases γ -tocopherol/cholesterol and decreases thiobarbituric acid reactive substances in plasma of adults. *Nutrition Research*. 26(8), 397-402
62. Handolin, M., Skerget, M., Bezjak, M., Caf, K., Knez, Z. & Bauman, D. (2005). Oxidative stabilization of walnuts with natural antioxidants from rosemary. 4th *International Congress on Food Technology "Accessing Useful Technologies Optimizing Food Safety and Nutrition" Proceedings Volume 1* 279-286 Athens
63. Harris, N., Westcott, D. & Henick, A. (1972). Rancidity in almonds: Shelf life studies. *Journal of Food Science*. 37, 824-827
64. Harrison, K. & Were, L. (2007). Effect of gamma irradiation on total phenolic content yield and antioxidant capacity of almond skin extracts. *Food Chemistry*. 102, 932-937
65. Hebert, J., Hurley, T., Olendzki, B., Teas, J., Ma, Y. & Ha, J. (1998). Nutritional and socioeconomic factors in relation to prostate cancer mortality: a cross-national study. *Journal of the National Cancer Institute*. 90, 1637-47.
66. Higgs, J. (2002). The beneficial role of peanuts in the diet- an update and rethink! Peanuts and their role in CHD. *Nutrition & Food Science*. 32, 214-218
67. Hilmy, N., Chosdu, R. & Matsuyama, A. (1995). The effect of humidity after gamma irradiation on aflatoxin B-1 production of *A. flavus* in ground nutmeg and peanut. *Radiation Physics and Chemistry*. 46, 705-711
68. Hu, F. (2003). Plant-based foods and prevention of cardiovascular disease: an overview. *American Journal of Clinical Nutrition*. 78, 544S-551S
69. Hu, F., Stampfer, M., Manson, J., Rimm, E., Colditz, G., Rosner, B., Speizer, F., Hennekens, C. & Willett, W. (1998). Frequent nut consumption and risk of coronary heart disease in women: prospective cohort study. *British Medical Journal*. 317, 1341-5.
70. Hyson, D., Schneeman, B. & Davis, P. (2002) Almonds and almond oil have similar effects on plasma lipids and LDL oxidation in healthy men and women. *Journal of Nutrition*. 132, 703-707
71. Inayatullah, H., Zeb, A., Ahmad, M. & Khan, I. (1987). Effect of gamma irradiation on physico-chemical characteristics of soybean. *Nucleus Karachi*. Pakistan. 24, 31-34
72. International Consultative Group on Food Irradiation (1995). Code of good irradiation practices for dried fruits and tree nuts. Document No. 20

73. Jan, M., Langerak, D., Wolters, T., Farkas, J., Kamp, H. & Muuse, B. (1988). The effect of packaging and storage conditions on the keeping quality of walnuts treated with disinfestation doses of gamma rays. *Acta Alimentaria*. 17, 13-31
74. Jenab M., Ferrari P., Slimani N., Norat T., Casagrande C., Overad K., Olsen A., Stripp C., Tjonneland A., Boutron-Ruault M., Clavel-Chapelon F., Kesse E., Nieters A., Bergmann M., Boeing H., Naska A., Trichopoulou A., Palli D., Krogh V., Celentano E., Tumino R., Sacerdote C., Bueno-de-Mesquita H., Ocke M., Peeters P., Engeset D., Quiros J., Gonzalez C., Martinez C., Chirlaque M., Ardanaz E., Dorronsoro M., Wallstrom P., Palmqvist R., Van Guelphen B., Bingham S., San Joaquin M., Saracci R., Kaaks R. & Riboli E. (2004). Association of nut and seed intake with colorectal cancer risk in the European prospective investigation into cancer and nutrition. *Cancer Epidemiology Biomarkers Prevention*. 13(10), 1595-603.
75. Jenkins D., Kendall, C., Popovich, D., Vidgen, E., Mehling, C., Vuksan, V. Ransom, T., Rao, A., Rosenbeng-Zang, R., Tariq, N., Corey, P., Pappu, A., Connelly, P. (2001). Effect of a diet high in vegetables, fruit, and nuts on serum lipids. *Metabolism*. 50(4),494-503
76. Jenkins, D., Kendall, C., Marchie, A., Jenkins, A., Augustin, L., Ludwing, D., Barnard, N. & Anderson, J. (2003). Type 2 diabetes and vegetarian diet. *American Journal of Clinical Nutrition*. 78(suppl.),610S-6S
77. Jensen, P., Sorensen, G., Brockhoff, P. & Bertelsen, G. (2003). Investigation of Packaging systems for systems for shelled walnuts based on oxygen absorbers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51, 4941-4947
78. Jensen, P., Sorensen, G., Engelsen, S. & Bertwlsen, G. (2001). Evaluation of Quality in walnut kernels (*Junglans regia* L.) by Vis/NIR spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49, 5790-5796
79. Jiang, R., Jacobs, D., Mayer-Davis, E., Szklo, M., Herrington, D., Jenny, N., Kronmal, R. & Barr, R. (2005). Nut and seed consumption and inflammatory in the multi-ethnic study of atherosclerosis. *American Journal of Epidemiology*. 163, 222-231
80. Jiang, R., Manson J., Stampfer, M., Liu S., Willett, W. & Hu, F. (2002). Nut and peanut butter consumption and risk of type 2 diabetes in women. *Journal of the American Medical Association*. 288, 2554-60.
81. Jo, C. & Ahn, U. (2000) Production of volatile compounds from irradiated oil emulsion containing amino acids or protein. *Journal of Food Science*. 65(4), 612-616

82. Johnsen, B., Civile, V., Vercellotti, R., Sanders, H., & Dus, A. (1988). Development of a lexicon for the description of peanut flavor. *Journal of Sensory Studies*. 3, 9–17.
83. Jurd, L. (1956). Plant polyphenols. I. The polyphenolic constituents of the pellicle of the walnut (*Juglans regia* L.). *Journal of the American Oil Chemists' Society* 78, 3445-3448
84. Kabak, B., Dobson, A. & Var, I. (2006) Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 46, 593-619
85. Kader, A. (1986). Potential applications of ionizing radiation in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. *Food Technology*. 40(6), 117-121.
86. Kaijser, A., Dutta, P. & Savage, G. (2000). Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand. *Food Chemistry*. 71, 67-70
87. Kato, H., Tillotson, J, Nichamen, MZ, Rhoads, GG. & Hamilton, HB. (1973). Epidemiologic studies of coronary heart disease and stroke in Japanese men living in Japan, Hawaii & California: serum lipids and diet. *American Journal of Epidemiology*. 97, 372–85.
88. Kashani, G. & Valadon, G. (1984). Effects of gamma irradiation on the lipids, carbohydrates and proteins of Iranian pistachio kernels. *Journal of Food Technology*. 19, 631
89. Kazantzis I., Nanos G. & Stavroulakis G. (2003). Effect of harvest time and storage conditions on almond kernel oil and sugar composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 83 (4), 354-359
90. Kelly, J. & Sabate, J. (2006). Nuts and coronary heart disease: an epidemiology perspective. *British Journal of Nutrition*. 96(Suppl. 2)S61-S67
91. Khosravi, R., Shokri, H. & Ziglari, T. (2007) Evaluation of fungal flora in some important nut products (pistachio, peanut, hazelnut & almond) in Tehran, Iran. *Pakistan Journal of Nutrition*. 6: 460-462.
92. Kilcast, D. (1994) Effect of irradiation on vitamins. *Food Chemistry*. 49, 157-164
93. Kocyigit, A., Koylu, A. & Keles, H. (2006). Effects of pistachio nuts consumption on plasma lipid profile and oxidative status in healthy volunteers. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 16, 202-209

94. Kodad, O. & Socias i Company, R. (2008). Variability of oil content and of major fatty acid composition in almond (*Prunus amygdalus Batsch*) and its relationship with kernel quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(11), 4096-4101
95. Koksak, A., Artik, N., Simsek, A. & Gunesm N. (2006). Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana L.*) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*. 99, 509-515
96. Kornsteiner, M., Wagner, K. & Elmadfa, I. (2006). Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*. 98, 381-387
97. Kovats, E. (1958). Characterization of organic compounds by gas chromatography. Part 1. Retention. indices of aliphatic halides, alcohols, aldehydes and ketones. *Helvetica Chimica Acta* 41, 1915-32.
98. Koyuncu, M. (2004). Change of fat content and fatty acid composition of Turkish hazelnuts (*Corylus Avellana L.*) during storage. *Journal of Food Quality*. 27, 304-309
99. Koyuncu, M., Islam, A. & Kucuk, M. (2005). Fat and fatty acid composition of hazelnut kernels in vacuum packages during storage. *Grasas y Aceites*. 56(4), 263-266
100. Kris-Etherton, M., Pearson, T., Wan, Y., Hargrove, R., Moriarty, K., Fishell, V. & Etherton, T. (1999a). High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. *American Journal of Clinical Nutrition*. 70(6),1009-15
101. Kris-Etherton, P., Yu-Poth, S., Sabate, J., Ratcliffe, E., Zhao, G. & Etherton, D. (1999). Nuts and their bioactive constituents: effects on serum lipids and other factors that effect disease risk. *American Journal of Clinical Nutrition*. 70(3), 504S-511S
102. Kris-Etherton, P., Zhao, G., Binkoski, E., Coval, M. & Etherton, D. (2001). The effects on nuts on coronary heart disease risk. *Nutrition Reviews*. 59(4), 103-111
103. Laaksonen, D. (2006). High dietary nut intake: too much of a good thing? *American Journal of Hypertension*. 19, 637-638
104. Lairon, D., Arnault, N., Bertais, S., Planells, R., Clero, E., Hercberg, S. & Boutron-Rualt, M. (2005). Dietary fiber intake and risk factors for cardiovascular disease in French adults. *American Journal of Clinical Nutrition*. 82, 1185-1194
105. Lavedrine, F., Ravel, A., Poupard, A. & Alary, J. (1997). Effect of geographic origin, variety, and storage on tocopherol concentrations in walnut by HPLC. *Food Chemistry*. 58 (1-2),135-140
106. Lavedrine, F., Zmirou, D., Ravel, A., Balducci, F. & Alary, J. (1999). Blood cholesterol and walnut consumption: a cross-sectional survey in France *Preventive Medicine*. 28(4),333-9

107. Ledbetter, C. & Palmquist, D. (2006). Degradation of almond pellicle color coordinates at different storage temperature. *Postharvest Biology and Technology*. 40, 295-300
108. Lee, C. & Resurreccion, A. (2006). Consumer acceptance of roasted peanuts affected by storage temperature and humidity conditions. *Lebensm-Wiss. U.-Technology*. 39, 872-882
109. Li, L., Tsao, R., Yang, R., Kramer, J. & Hernandez, M. (2007). Fatty acid profiles, tocopherol contents, and antioxidant activities of heartnut (*Juglans ailantifolia* Var. *cordiformis*) and Persian walnut (*Hunglans regia* L.) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55, 1164-1169
110. Lima, J., Goncalves, L., Silva, M., Campos, S. & Garcia, E. (1998). Effect of different packaging conditions on storage of roasted and salted cashew nut. *Acta Alimentaria*. 27, 329-339
111. Lintas, C. and Cappelloni, M. (1992). Dietary fiber content of Italian fruits and nuts. *Journal of Food Composition and Analysis*. 5, 146-151
112. Lopez, A., Pique, M., Romero, A. & Aleta, N. (1995). Influence of cold-storage conditions on the quality of unshelled walnuts. *International Journal of Refrigeration*. 18(8),544-549
113. Maguire, L., O'Sullivan, S., Galvin, K., O'Connor, T. & O'Brien, N. (2004). Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 55, 171-178
114. Manohar, G., Blake, R. & Wills, R. (2003). Macadamia nut consumption lowers plasma total and LDL cholesterol levels in hypercholesterolemic men. *Journal of Nutrition*. 133, 1060-1063
115. Martin, M, B, S. & Fernandez-Garcia, T. (2001). Effect of modified atmosphere storage on hazelnut quality. *Journal of Food Processing and Preservation*. 25, 309-321
116. Maskan, M. & Karatas, S. (1998). Fatty acid oxidation of pistachio nut stored under various atmospheric conditions and different temperatures. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 77, 334-340
117. Maskan, M. & Karatas, S. (1999). Storage stability of whole-split pistachio nuts (*Pistachia vera* L.) at various conditions. *Food Chemistry*. 66, 227- 233

118. Mate, J. & Krochta, J. (1998). Oxygen uptake model for uncoated and coated peanuts. *Journal of Food Engineering*. 35, 299-312
119. Mate, J., Saltveit, M. & Krochta, J. (1996). Peanut and walnut rancidity: Effects of oxygen concentration and relative humidity. *Journal of Food Science*. 61(2), 465-469
120. Merritt, J. (1972). Qualitative & quantitative aspects of trace volatile components in irradiated foods & food substances. *Radiation Research Reviews*. 3, 353- 368.
121. Mexis, S.F., Badeka, A.V. and Kontominas, M.G. (2011) Effect of Packaging Material O₂ Permeability, Light, Temperature and Storage Time on Quality Retention of Raw Ground Almond (*Prunus dulcis*) and Walnut (*Juglans regia* L.) Kernels. In *Nuts: Properties, consumption and Nutrition*. Edited: Isabella M. Davis. Nova Publishers
122. Mexis, S.F., Badeka, A.V., Riganakos, K.A., Karakostas, K.X. & Kontominas, M.G. (2009). Effect of packaging and storage conditions on quality of shelled walnuts. *Food Control*. 20 (8), 743-751
123. Mexis, S. & Kontominas, M.G. (2009b). Effect of γ -irradiation on the physicochemical and sensory properties of walnuts (*Juglans regia* L.). *European Food Research and Technology*. 228 (5), 823-831
124. Mexis, S. & Kontominas, M.G. (2009c). Effect of γ -irradiation on the physicochemical and sensory properties of hazelnuts (*Corylus avellana* L.) . *Radiation Physics and Chemistry*. 78 (6), 407-413
125. Mexis, S. & Kontominas, M.G. (2009d). Effect of γ -irradiation on the physicochemical and sensory properties of raw shelled peanuts (*Arachis hypogaea* L.) and pistachio nuts (*Pistacia Vera* L.) *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89 (5), 867-875
126. Mexis, S. & Kontominas, M.G. (2009e) Effect of γ -irradiation on the physicochemical and sensory properties of cashew nuts (*Anacardium occidentale* L.) *LWT-Food Science and Technology*. 42(9), 1501-1507
127. Milbury, P., Chen, C., Dolnikowski, G. & Blumberg, J. (2006). Determination of flavonoids and phenolics and their distribution in almonds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54, 5027-5033
128. Miraliakbari, H. & Shahidi, F. (2008). Lipids class compositions, tocopherols and sterols of tree nut oils extracted with different solvents. *Journal of Food Lipids*. 15, 81-96
129. Mojthedi, H., Rabie, C., Lübben, A., Steyn, M. & Danesh, D. (1979). Toxic aspergilli from pistachio nuts. *Mycopathologia*. 67(2), 123-127.

130. Monaghan, E., Roux, K. & Sathe, S., (2006) Chemical Composition of Macadamia (*Macadamia intergrifolia*) Cultivars Grown in Hawaii. <http://www.chs.fsu.edu/college/pdf/abstracts/Abstract%20-%20Monaghan.pdf>
131. Morgan, M. & Clayshulte, B. (2000). Pecans lower low-density lipoprotein cholesterol in people with normal lipid levels. *Journal of the American Dietetic Association*. 100(3),312-8
132. Mugendi, J., Sims, C., Gorbet, D. & Keefe, S. (1998). Flavor stability of high-oleic peanuts stored at low humidity. *Journal of the American Oil Chemical' Society*. 75, 21-25
133. Mukuddem-Petersen, J., Oosthuizen, W. & Jerling, J. (2005). A systematic review of the effects on nuts on blood lipids profiles in humans. *Journal of Nutrition*. 135, 2082-2089
134. Nash, S. & Westpfal, M. (2005). Cardiovascular benefits of nuts. *The American Journal of Cardiology*. 95, 963-965
135. Navaiz, P., Lescano, G. & Kairiyama, E. (1992) Irradiation of almonds and cashew nuts *LWT- Food Science and Technology*. 25,232-235
136. Nawar, W. (1972). Radiolytic changes in fats. *Radiation. Research. Reviews*. 3,327-334.
137. Nelson, A. & Labuza, P. (1992). Relationship between water and lipid Oxidation rates. In A. J. St Angelo (Ed.), *Lipid oxidation in food* (pages. 322–343) Washington, DC: ACS Symposium Series 500
138. Nepote, V., Mestrallet, M., Accietto, R., Galizzi, M. & Grosso, N. (2006). Chemical and sensory stability of roasted high-oleic peanuts from Argentina. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 86, 944-952
139. O'Keefe, F., Wiley, A. & Knauff, A. (1993). Comparison of oxidative stability of highand normal-oleic peanut oils. *Journal of the American Oil Chemical' Society*. 70, 489-482
140. Official Response to Draft Report of Joint World Health Organization (WHO) Food and Agriculture Organization (FAO) (2002) Expert Consultation on Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases
141. Oliveira, R., Rodrigues, M. & Bernardo-Gil, M. (2002). Characterization and supercritical carbon dioxide extraction of walnut oil. *Journal of the American Oil Chemical Society*. 79(3), 225-230

142. Parcerisa, J., Boatella, J., Codony, R., Farran, A., Garcia, J., Lopez, A., Rafecas, M. & Romero, A. (1993). Influence of variety and geographical origin on the lipid fraction of hazelnut (*Coryllus avellana* L.) from Spain: I. Fatty acid composition. *Food Chemistry*. 48, 411-414
143. Parcerisa, J., Rafecas, M., Castellote, A., Codony, R., Farran, A., Garcia, J., Gonzalez, C., Lopez, A., Romero, A. & Boatella, J. (1995). Influence of variety and geographical origin on the lipid fraction of hazelnut (*Coryllus avellana* L.) from Spain: (III) oil stability, tocopherol content and some mineral contents (Mn, Fe, Cu) *Food Chemistry*. 53, 71-74
144. Parcerisa, J., Rafecas, M., Castellote, A., Codony, R., Farran, A., Garcia, J., Lopez, A., Romero, A. & Boatella, J. (1994). Influence of variety and geographical origin on the lipid fraction of hazelnut (*Coryllus avellana* L.) from Spain: (II) triglyceride composition. *Food Chemistry*. 50, 245-249
145. Pastorelli, S., Valzacchl, S., Rodriguez. & Simoneau A. (2006). Solid-phase microextraction method for the determination of hexanal in hazelnuts as an indicator of the interaction of active packaging materials with food aroma compounds. *Food Additives and Contaminants*. 23(11), 1236–1241
146. Pereira-Lorenzo, S., Ramos-Cabrer, A. & Diaz-Hernandez, M. (2006). Chemical composition of chestnut cultivars from Spain. *Scientia Horticultutae*. 107, 306-314
147. Phillips, K., Ruggio, D. & Ashraf-Khorassani, M. (2005). Phytosterol composition of nuts and seeds commonly consumed in the U.S. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53, 9436-9445
148. Pinto Ramos Ramos, C. & Singh Bora, P. (2003). Extraction and functional characteristics of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* HBK) globulin. *Food Science Technological Institute*. 4, 265-269
149. Plessi, M., Bertelli, D., Monzani, A., Simonetti, M., Neri, A. & Damiani, P. (1999). Dietary fiber and some elements in nuts and wheat brans. *Journal of Food Composition and Analysis*. 12, 91-96
150. Prasetyo, M., Chia, M., Hughey, C. & Were, L.M. (2008). Utilization of electron beam irradiated almond skin powder as a natural antioxidant in ground top round beef. *Journal of Food Science*. 73(1), T1-T6

151. Rajaram, S., Buke, K., Connell, B., Myint, T. & Sabate, J. (2001). A monounsaturated fatty acid-rich pecan-enriched diet favorably alters the serum lipid profile of healthy men and women. *Journal of Nutrition*. 131, 2275-2279
152. Rajaram, S., Haddad, E., Mejia, A., Nguyen, L. & Tanzman, J. (2006). Effect of fatty fish vs walnut on serum lipids in healthy adults. *The Federation of American Societies for Experimental Biology Journal*. 20, A1026
153. Reddy, N. & Hotwani, M. (1993). In vitro availability of iron from selected nuts and oilseeds. *Plant Foods for Human Nutrition*. 43, 247-250
154. Reed, K., Sims, C., Gorbet, D. & O'Keefe, S. (2002). Storage water activity affects flavor fade in high and normal oleic peanuts. *Food Research International*. 35, 769-774
155. Ribeiro, M., Regitano-D'Arce, M., Lima, U. & Nogueira, M. (1993). Storage canned shelled Brazil nuts (*Bertolletia excels*): effects on the quality. *Acta Alimentaria*. 22, 295-303
156. Ros, E., Nunez, I., Perez-Heras, A., Serra, M., Gilabert, R., Casals, E. & Deulofeu, R. (2004). A walnut diet improves endothelial function in hypercholesterolemic subjects: A randomized crossover trial. *Journal of the American Heart Association*. 109, 1609-1614
157. Rosengarten, F. (1984). The book of edible nuts. John Wiley and Sons, Ontario Canada.
158. Ryan, D. & Robards, K. (1998). Phenolic compounds in olives. *Analyst*. 123, 31R-44R
159. Sabaté J. & Fraser, E. (1994). Nuts: a new protective food against coronary heart disease. *Current Opinion in Lipidology*. 5, 11-16.
160. Sabaté, J. (1993). Does nut consumption protect against ischemic heart disease? *European Journal of Clinical Nutrition*. 47(suppl.1), S71-75.
161. Sabaté, J. (1999). Nut consumption, vegetarian diets, ischemic heart disease risk, and all-cause mortality: evidence from epidemiologic studies. *American Journal of Clinical Nutrition*. 70(suppl), 500S.
162. Sánchez-Bel, P., Egea, I., Romojaro, F. & Martínez-Madrid, C., (2008). Sensorial and chemical quality of electron beam irradiated almonds (*Prunus amygdalus*) *LWT- Food Science and Technology*. 41, 442-449
163. Sánchez-Bel, P., Martínez-Madrid, C., Egea, I. & Romojaro, F. (2005). Oil quality and sensory evaluation of almond (*Prunus amygdalus*) stored after electron beam processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53, 2567-2573

164. Sajilata MG. & Singhal, RS. (2006). Effect of irradiation & storage on the antioxidative activity of cashew nuts. *Radiation Physics and Chemistry*. 75, 297-300
165. Satil, F., Azcan, N. & Baser, K., (2003). Fatty acid composition of pistachio nuts in Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*. 39(4), 322-324
166. Sattar, A., Mohammad, J., Saleem, A., Jan, M. & Ahmad, A. (1990). Effect of fluorescent light, gamma radiation and packages on oxidative determination of dried nuts. *Sarhad Journal of Agriculture*. 6(3), 235-240
167. Sattar, A., Wahid, M. & Durrani, S. (1989). Concentration of selected heavy metals in spices, dry fruits and plant nuts. *Plant Food Human Nutrition*. 39, 279-286
168. Sattar, A., Wahid, M., Jan, M., Ahmad, A. & Khan, S. (1991). Packaging and storage effects on the quality of plant nuts. *Acta Alimentaria* 20, 123-130
169. Savage, G. & McNeil, L. (1998). Chemical composition of Hazelnuts (*Corylus avallana* L.) grown in New Zealand. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 49, 199-205
170. Savage, G., Dutta, P. & McNeil, D. (1999). Fatty acid and tocopherol contents and oxidative stability of walnut oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 76(9), 1059-1063
171. Schatzki, T. & William, H. (2002). Rapid, non-destructive selection of peanuts for high aflatoxin content by soaking and tandem mass spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50, 3062-3069.
172. Schutte, A., Rooyen, J., Huisman, H., Mukuddem-Petersen, Oosthuizen, W., Hanekom, S. & Jerling, J. (2006). Modulation of baroreflex sensitivity by walnuts versus cashew nuts in subjects with metabolic syndrome. *Journal of Hypertension*. 19, 629-636
173. Senesi, E., Rissolo, A., Colombo, C. & Testoni, A. (1996). Influence of pre-processing storage conditions on peeled almond quality. *Italian Journal of Food Science*. 2, 0115-125
174. Senesi, E., Rissolo, A. & Sarlo, S. (1991). Effect of different packaging conditions of peeled almond stability. *Italian Journal of Food Science*. 3, 209-218
175. Severini, C., De Pilli, T., Baiano, A. & Gomes, T. (2003). Autoxidation of packed roasted almonds as affected by two packaging films. *Journal of Food Processing and Preservation*. 27, 321-335

176. Severini, C., Gomes, T., De Pilli, T., Romani, S. & Massini, R. (2000). Autooxidation of packed almonds as affected by Maillard reaction volatile compounds derived from roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48, 4635-4640
177. Shobha, S., Krishnaswamy, P. & Ravindanath, B. (1992). Phenolic lipid composition during development of cashew. *Phytochemistry* 31(7), 2295-2297
178. Simopoulos, A. (2004). Health Effects of Eating Walnuts. *Food Reviews International*. 20,1,91-98
179. Sinesio, F. & Moneta, E. (1997). Sensory evaluation of walnut fruit. *Food Quality and Preference*. 8 (1), 35-43
180. Sinesio, F., Guerrero, L., Romero, A., Moneta, E. & Lombard, J. (2001). Sensory evaluation of walnut: An interlaboratory study. *Food Science Technology International*. 7(1), 37-47
181. Singh, P. & Fraser, G. (1998). Dietary risk factors for colon cancer in a low-risk population. *American Journal of Epidemiology*. 148,761-74.
182. Sirisoontaralak. P. & Noomhorm, A. (2006). Changes to physicochemical properties and aroma of irradiated rice. *Journal of Stored Products Research* 42, 264-276
183. Solà-Alberich R, Godàs-Bonfill G, Salas-Salvadó, J. & Masana-Marín L. (2002). Effects of nuts on cholesterol and cardiovascular diseases. *Formación Continuada en Nutrición y Obesidad*. 5, 194-202.
184. Spiller, G. & Bruce, B. (1997). Nuts and healthy diets. *Vegetarian Nutrition: An International Journal*. 1(1), 12-16.
185. Spiller, G., Jenkins, A., Bosello, O., Gates, J., Cragen, L. & Bruce, B. (1998). Nuts and plasma lipids: an almond-based diet lowers LDL-C while preserving HDL-C. *Journal of American College of Nutrition*. 17(3), 285-90.
186. Sze-Tao, K., Schrimpf, J., Teuber, S., Roux, K. & Sathe, S. (2001). Effects of processing and storage on walnut (*Juglans regia* L) tannins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 81, 1215-1222.
187. Talcott, S., Duncan, C., Pozo-insfran, D. & Gorbet, D. (2005). Polyphenolic and antioxidant changes during storage of normal, mid, and high oleic acid peanuts. *Food Chemistry*. 89, 77-84
188. Tappel, A., Knapp, F. & Urs, K. (1957). Oxidative fat rancidity in food products. II. Walnuts and other nuts. *Journal of Food Research*. 22, 287-295

189. Thomas, P. (1988) Radiation preservation of foods of plant origin. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 26, 313-358
190. Torres, M., Martinez, M. & Maestri, D. (2005). A Multivariate study of the relationship between fatty acids and volatile flavour components in olive and walnut oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 82, 105-110
191. Tripathi, N. & Kumar, N. (2007). *Putranjiva roxburghii* oil-A potential herbal preservative for peanuts during storage. *Journal of Stored Products Research*. 43, 435-442.
192. Tsai, C., Leitzmann, M., Hu, F., Willett, W. & Giovannucci, E. (2004). Frequent nut consumption and decreased risk of cholecystectomy in women. *American Journal of Clinical Nutrition*. 80, 76-81
193. USDA (2004). National Nutrient Database for Standard Reference, Release 14.
194. USDA (2011) Dietary reference intakes: U for vitamins and elements. Available at: <http://iom.edu/Activities/Nutrition/SummaryDRIs/~media/Files/Activity%20Files/Nutrition/DRIs/ULs%20for%20Vitamins%20and%20Elements.pdf>
195. Uthman, R., Toma, R., Garcia, R., Medora, N. & Cunningham, S. (1999). Lipid analyses of fumigated vs irradiated raw and roasted almonds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 78, 261-266
196. Vanhanen, L. & Savage, G. (2006). The use of peroxide value as a measure of quality for flour stored at five different temperatures using three different types of packaging. *Food Chemistry*. 99, 64-69
197. Vazquez-Araujo, L., Enguix, L., Verdu, A., Garcia-Garcia, E. & Carbonell-Barrachina, A. (2008). Investigation of aromatic compounds in toasted almonds used for the manufacture of turrón. *European Food Research and Technology*. 227, 243-2
198. Vega, GL., Groszek, E., Wolf, R. & Grundy, SM. (1982). Influence of polyunsaturated fats on composition of plasma lipoproteins and apolipoproteins. *Journal of Lipid Research*. 23, 811-822
199. Venkatachalam, M. & Sathe, S. (2006). Chemical Composition of selected edible nuts seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54, 4705-4714
200. Villarreal, M., Biolley, E., Schneeberger, R., Ballester, D., Ramirez, S. & Amino. (1987). Acid composition of Chilean hazelnut. *Food Chemistry*. 25, 155-15
201. Wakeling, T., Mason, L., D'Arcy, R. & Caffin, A. (2001). Composition of pecan cultivars Wichita and western Schley [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] grown in Australia *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49(3), 1277-1281

202. Warner, K., Dimick, P., Ziegler, G., Mumma, R. & Hollwnder, R. (1996). 'Flavor-fade' and off-flavors in ground roasted peanuts as related to selected pyrazines and aldehydes. *Journal of Food Science*. 61(2),469-472
203. Wijeratne, S., Abou-Zaid, M. & Shahidi, F. (2006). Antioxidant polyphenols in almond and its coproduct. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54, 312-318
204. Wilson-Kakashita, G., Gerdes, D. & Hall, W. (1995). The effect of gamma irradiation on the quality of English walnuts (*Juglans regia L.*). *Lebensmittel-wissenschaft u. Technology*. 28, 17-20
205. Yochum, L., Folsom, A. & Kushi, L. (2000). Intake of antioxidant vitamins and risk of death from stroke in postmenopausal women. *American Journal of Clinical Nutrition*. 72, 476-483
206. Young, N., Sanders, T., Drake, M., Osborne, J. & Civile, G. (2005). Descriptive Analysis and US Consumer Acceptability of peanuts from different origins. *Food Quality and Preference*. 16, 37-43
207. Yu, J., Mohamed A. & Goktepe I. (2005). Effects of processing methods and extraction solvents on concentration and antioxidant activity of peanut skin phenolics. *Food Chemistry*. 90, 199-206
208. Zacheo, A., Cappello, A., Perrone, L. & Gnoni, G. (1998). Analysis of factors influencing lipid oxidation of almonds seeds during accelerated ageing. *Lebensm.-Wiss. U-Technology*, 31, 6-9
209. Zacheo, G., Cappello, M., Gallo, A., Santino, A. & Cappello, A. (2000). Changes associated with post-harvest ageing in almonds seeds. *Lebensm.-Wiss. U-Technology*. 33, 415-423
210. Zare, Z., Sayhoon, M. & Maghsoudi, V. (1993). Irradiation disinfestation & decontamination of Iranian dates & pistachio nuts. *Radiation Physics and Chemistry*. 42, 301-305
211. Zibaeenezhad, M., Afaca, M., Shamsnia, S. & Khorasani, M. (2005). Walnut consumption in hyperlipidemic patients. *Antinology*. 56, 581-583
212. Zwarts, L., Savage, G. & McNeil, D. (1999). Fatty acid content of New Zealand-grown walnuts (*Juglans regia L.*) *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 50, 189-194
213. Βουδούρη, Ε. & Κοντομηνά, Μ. (2004). Εισαγωγή στην Χημεία Τροφίμων. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων. Αθήνα σελίδες, 72, 303

214. Βουδούρη, Ε. & Κοντομηνά, Μ. (2004). Ανάλυση Τροφίμων·Θεωρία και εφαρμογές. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων. Αθήνα σελίδες 57-78, 391-426, 303
215. Κώδικας Τροφίμων και Ποτών Γενικού Χημείου του Κράτους (1976) Παράρτημα Β. Σελίδα 17. Αθήνα, Ελλάδα.
216. Κυριτσακης Α. (2007). Ελαιόλαδο Εκδόσεις Ακριτίδη, Λ. Ο.Ε. Θεσσαλονίκη
217. Πολυχρονιάδου-Αληχανίδου, Α. (1996). Ανάλυση Τροφίμων. Εκδόσεις Δ. Γαρταγάνη.Θεσσαλονίκη σελ.25-34

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΙΡΑΜΑ Α

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της χρήσης απορροφητή οξυγόνου, τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου, της διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο και των συνθηκών αποθήκευσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ολόκληρου και θρυμματισμένου αμυγδάλου. Τα ολόκληρα και τα θρυμματισμένα αμύγδαλα συσκευάστηκαν στα ακόλουθα υλικά συσκευασίας: α) πολυαιθυλενοτερεφθαλικός εστέρας // Χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (PET//LDPE) β) Χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο / αιθυλενο βινυλική αλκοόλη / Χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (LDPE/EVOH/LDPE), σε ατμόσφαιρα αζώτου ή παρουσία απορροφητή οξυγόνου και αποθηκεύτηκαν υπό φωτισμό ή στο σκοτάδι σε θερμοκρασία 4 και 20 °C για χρονικό διάστημα 12 μηνών. Η αξιολόγηση της μεταβολής της ποιότητας των αμυγδάλων έγινε με χρήση τόσο αντικειμενικών (προσδιορισμός αριθμού υπεροξειδίων, εξανάλης, χρώματος, λιπαρών οξέων και πτητικών συστατικών) όσο και υποκειμενικών (οργανοληπτική αξιολόγηση χρώματος, υφής, γεύσης και οσμής) μεθόδων. Η συγκέντρωση των υπεροξειδίων κυμάνθηκε μεταξύ των 0,26 και 9,22 meq O₂/kg ελαίου στην περίπτωση συσκευασίας των ολόκληρων και 19,98 meq O₂/kg ελαίου στην περίπτωση συσκευασίας των θρυμματισμένων αμυγδάλων, αντίστοιχα, στο υλικό PET//LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου υπό φωτισμό για χρονικό διάστημα 12 μηνών. Στις αντίστοιχες συνθήκες αποθήκευσης η συγκέντρωση εξανάλης ήταν μεταξύ <28,5 μg/kg και 4,88, 9,38 μg/kg, αντίστοιχα. Τόσο για τα ολόκληρα όσο και για θρυμματισμένα αμύγδαλα καταγράφηκε αύξηση των πολυακόρεστων (PUFA) και κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) με παράλληλη μείωση των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων μετά την αποθήκευση για 12 μήνες. Επιπλέον, τόσο για τα ολόκληρα όσο και για τα θρυμματισμένα αμύγδαλα, καταγράφηκε αύξηση της συγκέντρωσης των πτητικών ενώσεων όπως οι αλδεΐδες, τα αλκάνια, οι κετόνες, οι αλκοόλες, και οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες ως αποτέλεσμα της οξείδωσης των λιπών. Στην περίπτωση χρήσης των απορροφητών οξυγόνου, τόσο για τα ολόκληρα όσο και για τα θρυμματισμένα αμύγδαλα, δεν καταγράφηκε σημαντική μεταβολή των παραμέτρων L*, a* και b*. Αντίθετα στην περίπτωση συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου των ολόκληρων αμυγδάλων καταγράφηκε μείωση της παραμέτρου L* με παράλληλη αύξηση των παραμέτρων a* και b* ενώ στην περίπτωση των θρυμματισμένων αμυγδάλων καταγράφηκε μείωση των παραμέτρων L* και b* με παράλληλη αύξηση της παραμέτρου a* με αποτέλεσμα τα δείγματα να καταστούν πιο

σκουρόχρωμα. Οι σημαντικότερες φυσικοχημικές μεταβολές τόσο για τα ολόκληρα όσο και τα θρυμματισμένα αμύγδαλα, καταγράφηκαν στην περίπτωση συσκευασίας στο υλικό PET//LDPE και αποθήκευσης υπό φωτισμό. Τα ολόκληρα αμύγδαλα είχαν χρόνο ζωής 7-8 μήνες συσκευασμένα στο υλικό PET//LDPE και 9 μήνες συσκευασμένα στο LDPE/EVOH/LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου σε συνθήκες αποθήκευσης φωτισμού στους 20 °C ενώ κατά την αποθήκευση στους 4 °C καταγράφηκε μία επιμήκυνση του χρόνου ζωής κατά 1-2 μήνες εν συγκρίσει με την αποθήκευση στους 20 °C. Αντίστοιχα τα θρυμματισμένα αμύγδαλα είχαν οργανοληπτικό χρόνο ζωής 6-7 μήνες συσκευασμένα στο υλικό PET//LDPE και 8 μήνες συσκευασμένα στο LDPE/EVOH/LDPE σε ατμόσφαιρα αζώτου σε συνθήκες αποθήκευσης φωτισμού στους 20 °C ενώ κατά την αποθήκευση στους 4 °C καταγράφηκε μία επιμήκυνση του χρόνου ζωής κατά 1 μήνα εν συγκρίσει με την αποθήκευση στους 20 °C. Στην περίπτωση χρήσης απορροφητή οξυγόνου ανεξαρτήτως της διαπερατότητας του υλικού συσκευασίας στο οξυγόνο, των συνθηκών φωτισμού, της θερμοκρασίας αποθήκευσης και της προ-επεξεργασίας του θρυμματισμού τα αμύγδαλα είχαν χρόνο ζωής 12 μήνες.

ABSTRACT OF EXPERIMENT A

The present study investigated the effect of active and modified atmosphere packaging, container oxygen barrier and storage conditions on quality retention of raw ground almonds. Ground almond kernels were packaged in: a) polyethylene terephthalate // low density polyethylene (PET//LDPE), and b) low density polyethylene/ ethylene vinyl alcohol / low density polyethylene (LDPE/EVOH/LDPE), under N₂ or with an oxygen absorber and stored either under fluorescent light or in the dark at 4 or 20 °C for a period of 12 months. Quality parameters monitored were: peroxide value (PV), hexanal content, color, fatty acid composition and volatile compounds. The sensory attributes color, texture, odor and taste were evaluated. PV ranged between 0.26 for fresh almonds and 9.22 and 19.98 meq O₂/kg oil for whole and ground almonds, respectively, packaged in PET//LDPE pouches under N₂ exposed to light at 20 °C after 12 months of storage. Respective values for hexanal were <28.5 µg/kg and 4.88 and 9.38 mg/kg. Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and saturated fatty acids (SFA) increased with a parallel decrease in monounsaturated fatty acids (MFA) after 12 months of storage. Likewise, volatile compounds such as aldehydes, ketones, alcohols, acids, alkanes and aromatic hydrocarbons increased during storage indicating enhanced lipid oxidation. Color parameters L*, a* and

b* remained unaffected in all treatments including the oxygen absorber while under a N₂ atmosphere for whole almonds L*, b* values decreased with a parallel increase of value a* while for ground almonds L* parameter showed a small but statistically significant (p<0,05) decrease with a parallel increase (p<0,05) of a* and b* values after 12 months of storage. In both cases, the most pronounced color changes occurred for samples in PET//LDPE pouches irrespective of lighting conditions at 20 °C. Raw unpeeled almonds retained acceptable quality for ca. 7-8 months packaged in PET//LDPE and ca. 9 months packaged in LDPE/EVOH/LDPE pouches under N₂ irrespective of lighting conditions at 20 °C while at 4°C shelf life was extended by 1-2 months as compared to storage at 20 °C. Raw ground almonds retained acceptable quality for ca. 6-7 months packaged in PET//LDPE and ca. 8 months packaged in LDPE/EVOH/LDPE pouches under N₂ irrespective of lighting conditions at 20 °C while at 4°C shelf life was extended by an additional month as compared to storage at 20 °C. Use of the oxygen absorber provided a shelf life of at least 12 months for all samples irrespective of container oxygen barrier, lighting conditions, storage temperature and pre-treatment of almonds ground.

ΠΕΙΡΑΜΑ Β1

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση διαφόρων δόσεων γ-ακτινοβολίας (1, 1.5, 3.0, 5.0 και 7.0 kGy) στα φυσικοχημικά (χρώμα, αριθμός υπεροξειδίων, σύνθεση λιπαρών οξέων και πτητικά συστατικά) και οργανοληπτικά (χρώμα, υφή, γεύση και οσμή) χαρακτηριστικά των ολόκληρων αμυγδάλων. Η επίδραση της γ-ακτινοβολίας, σε δόση 7 kGy, προκάλεσε την αύξηση του αριθμού υπεροξειδίων κατά δέκα φορές. Μικρή αλλά στατιστικά σημαντική ήταν η επίδραση της γ-ακτινοβολίας σε δόση 7 kGy στη συγκέντρωση της εξανάλης. Η συγκέντρωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων δεν μεταβλήθηκε σημαντικά (p>0,05) κατά την ακτινοβολήση σε δόση έως και 7 kGy ενώ η συγκέντρωση των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων μειώθηκε με παράλληλη αύξηση των κορεσμένων λιπαρών οξέων σε δόση μεγαλύτερη των 3 kGy. Επιπλέον η συγκέντρωση πτητικών ενώσεων όπως οι αλδεΐδες, οι κετόνες και οι αλκοόλες, τα οποία αποτελούν δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης των λιπών, βρέθηκε ότι αυξήθηκαν παράλληλα με την αύξηση της δόσης ακτινοβολίας. Η παράμετρος L* του χρώματος των αμυγδάλων μειώθηκε (p<0,05) μετά την ακτινοβολήση σε δόση μεγαλύτερη των 3 kGy ενώ οι παράμετροι a* και b* παρέμειναν αμετάβλητες μετά την ακτινοβολήση σε δόσεις έως και 7

kGy. Με βάση την οργανοληπτική αξιολόγηση, τα αμύγδαλα κρίθηκαν οργανοληπτικώς αποδεκτά κατόπιν ακτινοβολήσης με δόση έως και 3 kGy.

ABSTRACT OF EXPERIMENT B1

The present study evaluated the quality of raw unpeeled almonds as a function of irradiation dose in order to determine dose levels causing minimal undesirable changes to almonds. Physicochemical (color, peroxide value, fatty acid composition, volatile compounds) and sensory (color, texture, odor, taste) properties of almonds were determined as a function of irradiation dose.

Results showed a tenfold increase in peroxide value (PV) after irradiation at a dose of 7 kGy. A small but statistically significant ($p < 0,05$) change was observed in hexanal concentration as a result of irradiation. No statistically significant ($p > 0,05$) changes were recorded in polyunsaturated fatty acids (PUFA) up to a dose of 7 kGy while monounsaturated fatty acids (MUFA) decreased manifested as a respective increase in saturated fatty acids (SFA) up to 3kGy. Volatile compounds such as aldehydes, ketones and alcohols increased with increasing irradiation dose indicating enhanced lipid oxidation. Color parameter L^* decreased ($p < 0,05$) at doses > 3 kGy while color parameters a^* and b^* remained unaffected by irradiation. Sensory analysis showed that almonds remained organoleptically acceptable up to a dose of 3 kGy.

ΠΕΙΡΑΜΑ B2

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της χρήσης ενεργής συσκευασίας, της τροποποιημένης ατμόσφαιρας αζώτου και των συνθηκών αποθήκευσης στην ποιότητα του ακτινοβολημένου και μη ακτινοβολημένου ολόκληρου αμυγδάλου. Τα αμύγδαλα συσκευάστηκαν σε υλικά συσκευασίας φραγμού και υψηλού φραγμού στο οξυγόνο, σε ατμόσφαιρα αζώτου ή σε συνδυασμό με έναν απορροφητή οξυγόνου και αποθηκεύτηκαν υπό φωτισμό ή στο σκοτάδι στους 20 °C για διάστημα 12 μηνών. Η αξιολόγηση της μεταβολής της ποιότητας των αμυγδάλων έγινε με τον προσδιορισμό του αριθμού υπεροξειδίων, της εξανάλης, του χρώματος, των λιπαρών οξέων και των πτητικών συστατικών. Επίσης διεξήχθη και οργανοληπτική αξιολόγηση που περιελάμβανε την αξιολόγηση του χρώματος, υφής, γεύσης και οσμής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συγκέντρωση σε υπεροξείδια κυμάνθηκε μεταξύ 0,17 για τα φρέσκα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα και 19,79 meq O_2/kg oil για τα ακτινοβολημένα αμύγδαλα σε δόση 3,0 kGy που

συσκευάστηκαν στο υλικό φραγμού σε ατμόσφαιρα αζώτου και αποθηκεύτηκαν υπό φωτισμό στους 20 °C για 12 μήνες. Αντίστοιχα η συγκέντρωση σε εξανάλι κυμάνθηκε μεταξύ <28,5 µg/kg και 8,97 mg/kg. Αποτέλεσμα της επεξεργασίας με ακτινοβολήση και του χρόνου αποθήκευσης ήταν η μείωση της συγκέντρωσης των PUFA και MUFA με παράλληλη αύξηση των SFA. Επιπλέον η συγκέντρωση πτητικών ενώσεων όπως οι αλδεΐδες, οι κετόνες, οι αλκοόλες και τα αλκάνια αυξήθηκαν κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Στην περίπτωση χρήσης των απορροφητών οξυγόνου, δεν καταγράφηκε σημαντική μεταβολή των παραμέτρων L*, a* και b*. Στην περίπτωση συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα αζώτου οι παράμετροι L* και b* μειώθηκαν με παράλληλη αύξηση της παραμέτρου a* με αποτέλεσμα το προϊόν να καταστεί πιο σκουρόχρωμο. Τα μη ακτινοβολημένα αμύγδαλα διατήρησαν οργανοληπτικώς αποδεκτή ποιότητα ακόμα και μετά την πάροδο 12 μηνών αποθήκευσης στην περίπτωση χρήσης των απορροφητών οξυγόνου ενώ κατά τη συσκευασία σε ατμόσφαιρα αζώτου ο χρόνος ζωής ανήλθε στους 8 μήνες. Ο χρόνος ζωής ανήλθε σε 6 (1,0 kGy) και 4 (3,0 kGy) μήνες για τα δείγματα που συσκευάστηκαν στο υλικό συσκευασίας φραγμού και 10 (1,0 kGy) και 8 (3,0 kGy) μήνες για τα δείγματα που συσκευάστηκαν στο υλικό υψηλού φραγμού.

ABSTRACT OF EXPERIMENT B2

The present study investigated the effect of active and modified atmosphere packaging and storage conditions on quality retention of irradiated and non-irradiated raw whole unpeeled almonds. Almond kernels were packaged in: barrier and high barrier pouches, under N₂ or with an O₂ absorber and stored either under fluorescent light or in the dark at 20 °C for a period of 12 months. Quality parameters monitored were: peroxide value, hexanal content, color, fatty acid composition and volatile compounds. Of the sensory attributes color, texture, odor and taste were evaluated. PV ranged between 0.17 for fresh non-irradiated almonds and 19.79 meq O₂/kg oil for almonds irradiated at 3.0 kGy packaged in barrier pouches stored under N₂ and exposed to light at 20 °C after 12 months of storage. Respective values for hexanal were <28.5 µg/kg and 8.97 mg/kg. Irradiation resulted in a decrease of PUFA and MUFA with storage time with a parallel increase of SFA. Likewise, volatile compounds such as aldehydes, ketones, alcohols and alkanes increased with storage time indicating enhanced lipid oxidation. Color parameters of samples packaged with O₂ absorber remained mostly unaffected. For samples packaged under a N₂ atmosphere L*, b* values decreased with a parallel increase of value a* resulting to gradual

product darkening. Non-irradiated almonds retained acceptable quality for ca. 12 months stored with the O₂ absorber and at least 8 months when stored under N₂. Shelf life was equal to 6 (1.0 kGy) and 4 (3.0 kGy) months for samples packaged in barrier and 10 (1.0 kGy) and 8 (3.0 kGy) months for samples packaged in high barrier films.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι



Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τμήμα Χημείας
Τομέας Βιομηχανικής Χημείας και Χημείας Τροφίμων
Εργαστήριο Χημείας Τροφίμων

ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΜΥΓΔΑΛΩΝ

Ημερομηνία:			
Όνομα:			
Κωδικός	Χρώμα 1= Ίδιου χρώματος με το δείγμα αναφοράς 9= Σημαντικά διαφορετικό χρώμα με το δείγμα αναφοράς	Γεύση (Γλυκό/Πικρό/Οξείδωση) 1=Αποδεκτό 9= Έντονη ταγγή γεύση	Οσμή 1=Αποδεκτό 9= Έντονη ταγγή οσμή
Δείγμα αναφοράς			

Σας ευχαριστούμε θερμά για την συμμετοχή σας στο οργανοληπτικό έλεγχο.