

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΜΣ “ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ”



**«ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ
ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ
ΑΝΘΡΩΠΟΥ»**

ΓΚΟΛΟΜΑΖΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΑΜ 145/200504

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΚΟΥΦΟΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Τμήμα Ζωικής Παραγωγής Τ.Ε.Ι. Ηπείρου**

Μυτιλήνη Οκτώβριος 2006

Για τη συγκεκριμένη εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Σκούφο Ιωάννη για τη συνεχή βοήθεια του τόσο κατά τη διάρκεια της έρευνας όσο και κατά τη διάρκεια της συγγραφής καθώς και για τις πολύτιμες και πάνω από όλα έγκαιρες συμβουλές του.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τη συμφοιτήτριά μου κυρία Κάβουρα Ιωάννα για τη στήριξη, το ενδιαφέρον και τη βοήθεια της κατά την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου που χωρίς τη συμπαράστασή τους δεν θα είχε γίνει αυτή η εργασία πραγματικότητα.

Την συγκεκριμένη εργασία θα ήθελα να την αφιερώσω σε ολόκληρη την οικογένεια μου...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1.1	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	9
1.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ	9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2.	ΑΛΛΑΓΗ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΗΘΕΙΩΝ	11
2.1	ΤΟ ΚΡΕΑΣ ΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΤΡΟΦΙΜΟ.	12
2.2	ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ	14
2.3	ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΤΩΝ ΤΡΟΦΩΝ	15
2.4	ΑΥΤΟΟΞΕΙΔΩΣΗ ΣΤΑ ΛΙΠΗ ΚΑΙ ΣΤΑ ΕΛΑΙΑ	17
2.5	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΟΞΕΙΔΩΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΩΝ.	19
2.6	ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ	21
2.7	ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΣΤΟΥΣ ΖΩΝΤΑΝΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ	26
2.8	ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΑΜΥΝΑ	28
2.9	ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε (Α-ΤΟΚΟΦΕΡΟΛΗ)	28
2.9.1	ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε.	28
2.9.2	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΣΤΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ	29
2.9.3	Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε.	30
2.9.4	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΡΕΑΤΟΣ ΖΩΟΥ ΠΟΥ Η ΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΕΙΝΑΙ ΠΛΟΥΣΙΑ ΣΕ ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε.	31
2.9.5	ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ.	34

2.9.6	ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΡΟΦΗΣ ΜΕ ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ	35
2.10	ΚΑΡΟΤΕΝΟΕΙΔΗ	36
2.11	Β-ΚΑΡΟΤΕΝΙΟ	37
2.11.1	ΧΗΜΕΙΑ, ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ	37
2.12	ΒΙΤΑΜΙΝΗ Α	39
2.12.1	ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Α	40
2.12.2	ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Α	41
2.13	ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	41
2.14	ΣΕΛΗΝΙΟ(Se)	42
2.15	ΠΩΣ ΟΙ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΒΕΛΤΙΩΝΟΥΝ ΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΩΝ ΖΩΝΤΑΝΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ.	45
2.16	ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΩΣΗ ΛΙΠΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ	47
2.17	ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΟΣΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	50
2.18	ΟΦΕΛΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ	51
2.19	ΕΥΖΩΪΑ ΚΑΙ ΜΑΚΡΟΒΙΟΤΗΤΑ-ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Η ΜΗΛΙΚΗ

3.1	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ	55
3.2	ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	56
3.2.1	ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΗΛΙΚΗΣ	56
3.2.1.1	ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ	57
3.2.1.2	ΆΜΥΛΟ	59
3.2.1.3	ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ	60
3.2.1.4	ΚΥΤΤΑΡΙΝΕΣ	60

3.2.1.5	ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	61
3.2.1.6	ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ	61
3.2.1.7	ΣΑΠΩΝΙΝΕΣ	62
3.2.1.8	ΝΙΤΡΙΚΑ	63
3.3	ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΜΑΖΑΣ	63
3.3.1	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΧΕΣΕΩΣ ΦΥΛΛΩΝ ΠΡΟΣ ΒΛΑΣΤΟΥΣ	64
3.3.2	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑΔΙΟΥ ΚΟΠΗΣ	66
3.4	ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΗΔΙΚΗ	67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	69
4.1	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	69
4.2	ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ	70
4.2.1	ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ Β-ΚΑΡΟΤΕΝΙΟΥ	70
4.2.2	ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ Α-ΤΟΚΟΦΕΡΟΛΗΣ	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	73
--	--------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	75
--	-------------------------	----

	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	78
--	--------------	----

	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	88
--	-------------	----

Εισαγωγή

Η λέξη αντιοξειδωτικά έχει γίνει τα τελευταία χρόνια μία λέξη πού ακούμε καθημερινά. Κάθε περιοδικό ή εφημερίδα περιέχει στις σελίδες του κάποιο άρθρο που περιγράφει τις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα της διατροφής κι ειδικότερα στον τομέα των αντιοξειδωτικών. Τα αντιοξειδωτικά μέσα από τη βιβλιογραφία αλλά και από έρευνες που έχουν γίνει φαίνεται να σχετίζονται με υγιέστερη ζωή ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα παρουσίας καρκίνου, καρδιαγγειακών παθήσεων, καταρράκτη και της πάθησης Alzheimer και γενικώς ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα, ενώ ταυτόχρονα επιβραδύνουν τη διαδικασία της γήρανσης.

Επειδή οι θετικές συνέπειες των αντιοξειδωτικών έχουν περισσότερο να κάνουν με την πρόληψη παρά με τη θεραπεία αυτών των ασθενειών, μακροχρόνιες έρευνες χρειάζονται για να αποδειχθούν όσα η βιβλιογραφία θεωρεί πιθανώς ως δεδομένα. Πρόσφατες έρευνες υποδεικνύουν ότι το αντιοξειδωτικό προφίλ των παραγωγικών και άλλων ζώων μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικό στο να βελτιώνει την υγεία και μακροβιότητα των ίδιων, αλλά και των καταναλωτών όταν διατρέφονται με ζωοκομικά προϊόντα που προέρχονται από εκτροφές στις οποίες χορηγούνται σιτηρέσια εμπλουτισμένα με φυσικές αντιοξειδωτικές ουσίες (Σκούφος Ι και συν., 2005).

Πολλοί θα αναρωτηθούν γιατί ασχολούμαστε ιδιαίτερα με τα αντιοξειδωτικά κι όχι με κάποιες άλλες ουσίες. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι ότι η οξειδωση είναι ένα φυσικό μέρος του μεταβολισμού. Οι υδατάνθρακες και τα λίπη οξειδώνονται μέσα στο σώμα για να παραχθεί ενέργεια. Το ανοσοποιητικό σύστημα χρησιμοποιεί ισχυρά οξειδωτικά για να καταστρέψει παθογόνους εισβολείς στον οργανισμό. Η οξειδωση συμβαίνει στη φύση συνεχώς, με την οξειδωση του σιδήρου να είναι ίσως το πιο συχνό παράδειγμα.

Καθώς κάθε οργανισμός γερνάει, η κυτταρική του αναγέννηση ακολουθεί μία φθίνουσα πορεία. Εκτός όμως από τη φυσιολογική πορεία της γήρανσης του οργανισμού ένας πολύ μεγάλος αριθμός υγιών κυττάρων καταστρέφεται καθημερινά λόγω της αυτοοξειδωσης αυξάνοντας ουσιαστικά το ρυθμό γήρανσης. Τα αντιοξειδωτικά αποτελούν την πρώτη γραμμή άμυνας των οργανισμών ενάντια στην οξειδωση η οποία συνήθως αποτελεί και το πρώτο στάδιο πρόκλησης σοβαρών ασθενειών. Όλοι οι οργανισμοί διαθέτουν κάποια φυσική αντιοξειδωτική άμυνα.

Αυτή η άμυνα σε καμία περίπτωση δεν είναι ανεξάντλητη και ουσιαστικά πηγή της είναι οι προβιταμίνες, οι βιταμίνες και τα ιχνοστοιχεία κάποιων μετάλλων τα οποία λαμβάνονται μέσω των τροφών. Αποτελεί γεγονός αδιαμφισβήτητο ότι η καλύτερη πηγή των συγκεκριμένων ουσιών για τους οργανισμούς είναι οι τροφές φυτικής προέλευσης αλλά και το κρέας από τη μεριά του μπορεί να περιέχει αρκετή ποσότητα βιταμινών A και E(α-τοκοφερόλη) (0,5mg/100 gr) (Souci *et al.*, 1981) εφόσον το ζώο από το οποίο προήλθε είχε ένα διαιτολόγιο πλούσιο σε αυτές τις βιταμίνες (MacLaughlin and Weinrauch 1979; Baurfeind 1980). Μάλιστα σε κάποια όργανα του ζώου συσσωρεύεται μεγάλη ποσότητα βιταμινών όπως στο ήπαρ που στο βοδινό κρέας παρουσιάζει συγκέντρωση 10,6mg/100gr Βιταμίνης A και στο κοτόπουλο 4,9mg/100gr Βιταμίνης A (στις τιμές συμπεριλαμβάνονται κι οι απώλειες της τάξης του 25% που οφείλονται στο μαγείρεμα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1.1 Σκοπός της μελέτης

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι να ελέγξει και να συγκρίνει τα επίπεδα του β-καροτένιου και της α-τοκοφερόλης που περιέχονται στη μηδική, η οποία χρησιμοποιείται στα σιτηρέσια των παραγωγικών ζώων. Επίσης εξετάζεται κατά πόσον η περιεκτικότητα σε αυτές τις αντιοξειδωτικές ουσίες επηρεάζεται από τον τρόπο καλλιέργειας της μηδικής (βιολογική, συμβατική), τη μορφή χορήγησης της στο σιτηρέσιο των ζώων (χλωρή νομή, αποξηραμένη) και τέλος τον τρόπο με τον οποίο οι συγκεκριμένες ουσίες ωφελούν τα ίδια τα παραγωγικά ζώα αλλά και τους ανθρώπους που τρέφονται με τα παράγωγα τους.

Βάση των ερευνών και των πειραμάτων που έχουν γίνει υποθέσαμε ότι οι διαφορές στην συγκέντρωση των συγκεκριμένων ουσιών στο σιτηρέσιο των ζώων έχουν ως συνέπεια διαφορετική περιεκτικότητα αντιοξειδωτικών στα ζωοκομικά προϊόντα. Η αναγνώριση κάποιας συγκεκριμένης μορφής μηδικής ως πιο πλούσια θα μπορούσε να οδηγήσει στη πιστοποίηση συγκεκριμένων ζωοκομικών προϊόντων, που προέρχονται από ζώα που τρέφονται με τη συγκεκριμένη μορφή μηδικής, βασιζόμενοι στις ιδιαίτερες αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες.

1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ

Τα δείγματα των οποίων έγινε η μέτρηση ήταν χλωρή, συμβατική αποξηραμένη και πιστοποιημένη αποξηραμένη βιολογική μηδική. Η ποικιλία που μελετάται είναι η δρεπανοειδής μηδική (*medicago falcata*) μία ποικιλία μηδικής που συναντάται ιδιαίτερα συχνά στη Δυτική Ελλάδα. Τα αρχικά 3 δείγματα φυτικής μάζας μηδικής ήταν βάρους 0,5 kg το καθένα και ελήφθησαν όλα στο στάδιο του 1/10 της ανθήσεως από αγρό, την ίδια χρονική περίοδο, στον οποίο γίνεται αμειψισπορά με καλαμπόκι και βρίσκεται στην περιοχή του Λουτρού στην Αιτωλοακαρνανία. Από τα τρία αρχικά δείγματα πάρθηκαν 2 για κάθε περίπτωση που εξετάζουμε.

Εξετάσαμε τη συγκέντρωση των δύο αντιοξειδωτικών ουσιών (α-τοκοφερόλη και β-καροτένιο συγκριτικά στα δύο συστήματα διαχείρισης (βιολογική-συμβατική) και στις δύο μορφές που μπορεί να εμπεριέχεται στα σιτηρέσια των ζώων (χλωρή νομή-αποξηραμένη μηδική). Δεδομένου ότι η συγκέντρωση τους εξαρτάται από τις καλλιεργητικές τεχνικές, την περίοδο συγκομιδής και τις συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής έχουμε προσπαθήσει να συλλέξουμε τα δείγματα την ίδια χρονική στιγμή, από την ίδια περιοχή ούτως ώστε οι διαφορές οι οποίες μπορεί να προκύψουν να μη σχετίζονται με την ποικιλία ή το στάδιο ωρίμανσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2. Αλλαγή διατροφικών συνηθειών

Η διαίτα μας έχει αλλάξει δραματικά τα τελευταία 70 χρόνια. Η δεκαετία του '30 ήταν η περίοδος των πρώτων αλλαγών, όταν και αρχίσαμε να αλλάζουμε τον φυσικό τρόπο καλλιέργειας τον οποίο ακολουθούσαμε για χιλιάδες χρόνια, με συνεχείς ανθρώπινες παρεμβάσεις βασισμένες στην επιστήμη. Τα τελευταία 20 χρόνια τη θέση των οσπρίων και των ψαριών έχει πάρει σιγά, σιγά το κρέας ως καθημερινή τροφή, τα φρούτα έχουν αντικατασταθεί πλήρως από τα γλυκά και η καφεΐνη αποτελεί καθημερινή «πηγή ενέργειας». Αυτές οι αλλαγές στο είδος της διατροφής μας κινούνται παράλληλα με αλλαγές στον τρόπο καλλιέργειας, στον τρόπο ζωής, αλλαγές στις ασθένειες και αλλαγές στον τομέα της επεξεργασίας των τροφίμων και σύμφωνα με πολλούς επιστήμονες, είναι η κύρια αιτία που οι εκφυλιστικές και οι χρόνιες ασθένειες εμφανίζονται πλέον πρόωρα και έχουν μεγάλη και απότομη άνοδο τα τελευταία 30 χρόνια (Drapet M. 2001).

Πολλοί είναι οι λόγοι που έχουν συμβάλει σε αυτήν την εξέλιξη και θα μπορούσαμε να τους χωρίσουμε σε καλλιεργητικούς και κοινωνικούς.

Ως καλλιεργητικούς λόγους θα μπορούσαμε να αναφέρουμε την εκτεταμένη μονοκαλλιέργεια που έχει ως συνέπεια την καταστροφή πολλών φυτικών και ζωικών οργανισμών οι οποίοι συμπληρώνουν και υποστηρίζουν ιδιαίτερα την ισορροπημένη και φυσική ανάπτυξη των φυτών. Επίσης οι συνεχείς χημικές λιπάνσεις επιταχύνουν την απορρόφηση των μικροθρεπτικών στοιχείων από το έδαφος χωρίς να παρέχουν τη δυνατότητα αντικατάστασης. Το σελήνιο είναι ένα κλασικό παράδειγμα τέτοιου μικροθρεπτικού στοιχείου, η έλλειψη του οποίου σχετίζεται με την εμφάνιση χρόνιων παθήσεων. Τέλος, το νερό το οποίο ευρίσκεται στις τροφές περιέχει πλέον, μεγάλη ποσότητα κατάλοιπων φυτοφαρμάκων τα οποία για να μπορέσει ο οργανισμός να τα αποβάλλει καταπονεί ιδιαίτερα το φυσικό αντιοξειδωτικό του σύστημα.

Οι κοινωνικοί λόγοι που έχουν συμβάλει σε αυτήν τη στροφή στο διαιτολόγιο μας είναι το καθημερινό στρες κι η ανάγκη του σημερινού ανθρώπου για γρήγορες λύσεις όσον αφορά τη διατροφή του. Αυτές οι γρήγορες λύσεις που επιδιώκει ο μοντέρνος άνθρωπος τον έχουν απομακρύνει από όλες τις «φρέσκες» τροφές και του προξενούν οργανικό στρες. Επίσης, τα τελευταία χρόνια, έχει εμφανιστεί μία ιδιαίτερη μείωση στα επίπεδα ενέργειας που έχουν πλέον τα νεαρά

άτομα (ηλικία 15-35), η οποία οφείλεται στην κακή ποιότητα διατροφή κι εξηγεί την ιδιαίτερη ανάγκη που παρουσιάζει η συγκεκριμένη ομάδα για ζάχαρη, καφεΐνη σε αναψυκτικά, καφέ (Drapet M. 2001). Ακόμη μέσω ερευνών που έχουν γίνει, αποτελεί αποδεδειγμένο γεγονός ότι τα παιδιά στις μέρες μας λαμβάνουν λιγότερες θερμίδες (19% για τα αγόρια, 29% για τα κορίτσια) από ότι πριν από 20 χρόνια κι όμως παχαίνουν περισσότερο (Drapet M. 2001). Αυτό το φαινόμενο οφείλεται στο γεγονός ότι οι θερμίδες που λαμβάνουν τα παιδιά καθημερινά προέρχονται, σε ένα μεγάλο ποσοστό, από την αυξημένη ποσότητα ζάχαρης που λαμβάνουν καθημερινά τα παιδιά, καθώς και από την συνεχή καθιστική ζωή που «απολαμβάνουν» με την κακή χρήση των τεχνολογικών αγαθών. Τέλος, στοιχεία τελευταίων ετών δείχνουν ότι η θνησιμότητα στα νέα άτομα αυξάνεται τα τελευταία χρόνια και δεν μειώνεται, όπως θεωρούν οι περισσότεροι. Οι άνθρωποι πλέον πεθαίνουν νέοι από εκφυλιστικές ασθένειες κάτι που πριν από 20 χρόνια ήταν σχεδόν αδιανόητο (Drapet M. 2001).

2.1 Το κρέας ως λειτουργικό τρόφιμο.

Πολλοί όταν ακούν για λειτουργικά τρόφιμα ή βιοτρόφιμα σκέφτονται αμέσως πράσινα λαχανικά ή κατακόκκινες τομάτες. Με την αναφορά και μόνο του κρέατος κάποιος σκέφτεται την χοληστερίνη, τα λίπη και ως συνέπεια αυτών τις καρδιοπάθειες, την αρτηριοσκλήρωση. Η αλήθεια είναι ότι λειτουργικά τρόφιμα μπορούν να ονομαστούν όλα τα τρόφιμα τα οποία μπορούν να προσφέρουν κάποιες ουσίες στον οργανισμό οι οποίες του είναι απαραίτητες για την διατήρηση της υγείας του.

Το κρέας είναι αναγνωρισμένο, σαν μέγιστης θρεπτικής αξίας τρόφιμο, που συνεισφέρει καλής ποιότητας πρωτεΐνη, απαραίτητα μέταλλα και ιχνοστοιχεία, καθώς και ποικιλία βιταμινών του συμπλέγματος Β. Εκτός από την θρεπτική αξία του, το κρέας έχει κι άλλες εντυπωσιακές ιδιότητες. Η γεύση του κρέατος είναι ιδιαίτερα ελκυστική. Οι κύριοι παράγοντες που διέπουν τη βρώσιμη ποιότητα του κρέατος είναι η τρυφερότητα, το χρώμα, η ευχυμότητα και η νοστιμιά που απευθύνεται σε δύο διαφορετικές αισθήσεις, εκείνη της γεύσης και της όσφρησης.

Παρά τις εντυπωσιακές αυτές ιδιότητες, το κρέας που καταναλώνεται τα τελευταία χρόνια υπόκειται σε λεπτομερή έλεγχο εκ μέρους του καταναλωτικού κοινού. Ο καταναλωτής ζητάει υγιέστερες κι ασφαλέστερες τροφές οι δε συστάσεις

των διαιτολόγων που ευνοούν την κατανάλωση λιγότερων κεκορεσμένων λιπών, οδήγησαν σε αύξηση ζήτησεως τροφών που περιέχουν πολλά ακόρεστα λιπαρά οξέα. Τέτοιες τροφές όμως υπόκεινται σε οξείδωση και βάζουν τους ειδικούς μπροστά σε νέες προκλήσεις.

Η ανάπτυξη δυσάρεστης γεύσης και η απώλεια χρώματος κατά τη αποθήκευση του κρέατος είναι συνηθισμένο φαινόμενο. Το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν η βιομηχανία κρέατος κι οι λιανοπωλητές είναι η ταχεία εμφάνιση οξείδωσης στα τεμαχισμένα, παρασκευασμένα και προμαγειρευμένα κρέατα, που συνεπάγεται απώλεια γεύσης και αποδοχής από τον πελάτη.

Οι μεταβολές των τροφίμων εξαιτίας της οξειδώσεως προσδιορίζονται με την καταμέτρηση δευτερευόντων προϊόντων αποδόμησης. Οι τιμές εκφράζονται σε μονάδες ουσιών που αντιδρούν στο θειοβαρβιτουρικό (TBARS) άλας. Είναι παραδεκτό ότι οι μονάδες TBARS ανταποκρίνονται καλά στους αισθαντικούς βαθμούς οξειδωμένων ή υπερθερμασμένων τροφών (Kanner *et al.*, 1990).

Μονάδες TBARS μεγαλύτερες από το 1 αντιστοιχούν σε βαθμούς οξείδωσης που μετρούν πεπειραμένοι δειγματολήπτες σε κρέατα αποθηκευμένα στην κατάψυξη. Η πιθανότητα ότι τα προϊόντα προερχόμενα από οξείδωση λιπών θα μπορούσαν να είναι τοξικά για τον άνθρωπο, αποτελεί επίσης πραγματική απειλή στην φυσιολογική εικόνα των κρεάτων (Kanner *et al.*, 1990).

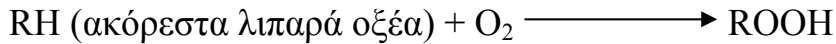
Είναι παραδεκτό ότι η οξείδωση των λιπών των κρεάτων και των κρεοπαρασκευασμάτων μπορεί να αντιμετωπισθεί επιτυχώς με αντιοξειδωτικά και πολλές από τις πρόσφατες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη χρήση φυσικών, αλλά και συνθετικών αντιοξειδωτικών (Surai P.F., 2000; Williams SN, 1992).

Πάντως με την αύξηση της ευαισθητοποίησης των καταναλωτών στα θέματα υγείας, η αντίδραση στη χρησιμοποίηση συνθετικών αντιοξειδωτικών αυξήθηκε επίσης.

Ήδη υπάρχει αξιολογικό ενδιαφέρον για τη σημαντική αντιοξειδωτική δράση σειράς φυσικών ουσιών, όπως τα εκχυλίσματα φυτών, καρπών και σπόρων, καθώς και μπαχαρικών και βοτάνων. Η βιταμίνη E και το σελήνιο ιδιαίτερα, όταν προστίθενται στο σιτηρέσιο των ζώων, αποδείχθηκαν ιδιαίτερα δραστικά αντιοξειδωτικά μόρια, όντας συγχρόνως και αποδεκτές, αν όχι απαραίτητες, ουσίες από τον καταναλωτή (Williams SN, 1992).

2.2 Οξειδωση και αντιοξειδωτικά

Η οξειδωση είναι μία ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία στο φυσικό μεταβολισμό των ζώων. Τα θρεπτικά τα οποία λαμβάνονται μέσω της τροφής οξειδώνονται με έναν ιδιαίτερα ελεγχόμενο τρόπο (εικόνα 1) (Finkel T. *et al.*, 2000).



Εικόνα 1: Οξειδωση ακόρεστων λιπαρών οξέων

Πηγή: Finkel T. 2000

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της οξειδωσης το οξυγόνο καταναλώνεται από τους ιστούς του σώματος παράγοντας θερμότητα, ελευθερώνοντας ενέργεια για τη μεταβολική διαδικασία και για να μετατρέψει τα υλικά σε σωματικό ιστό. Αυτές οι οξειδωτικές διαδικασίες γίνονται από υποκυτταρικούς οργανισμούς ή οργανίλια, όπως τα μιτοχόνδρια (López-Lluch, N. *et al.*, 2006). Το οξυγόνο τελικά μετατρέπεται σε νερό μέσω μίας σχετικά ασφαλούς διαδικασίας. Η ενέργεια η οποία απελευθερώνεται από το οξειδωμένο υπόστρωμα χρησιμοποιείται για τη σύνθεση της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) η οποία χρησιμοποιείται σε πολλές κυτταρικές διεργασίες που απαιτούν ενέργεια. Η ενέργεια που διατηρείται μέσα στα ATP's διανέμεται σε ολόκληρο το σώμα ούτως ώστε να χρησιμοποιηθεί στις πολυάριθμες μεταβολικές αντιδράσεις οι οποίες συμβαίνουν στα ζωντανά κύτταρα. Συνεπώς, οι πλέον εξελιγμένοι/πολύπλοκοι οργανισμοί δεν μπορούν να επιζήσουν χωρίς οξυγόνο και την ενέργεια την οποία παράγει.

Παραδόξως, ενώ το οξυγόνο είναι ουσιώδες για το μεταβολισμό, την ανάπτυξη και τη ζωή των ζώων και των φυτών, είναι συγχρόνως και επικίνδυνο, διότι οι διάφορες ανεξέλεγκτες αντιδράσεις οξειδωσης έχουν ως συνέπεια την καταστροφή σημαντικών μορίων στις τροφές και απαραίτητων κυτταρικών ιστών (Schumacker P. 2006). Άρα οι ζωντανοί οργανισμοί πρέπει να αγωνίζονται συνεχώς να επιβιώνουν σε συνθήκες οξειδωτικού στρες το οποίο προκαλείται από την ανεξέλεγκτη οξειδωση μορίων των τροφών και σωματικών ιστών. Το τελικό αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η απώλεια απαραίτητων συστατικών που τελικά οδηγεί στη δημιουργία διάφορων μεταβολικών ασθενειών όπως φλεγμονώδεις ασθένειες σαν τη ρευματοειδή αρθρίτιδα, καρδιακές παθήσεις, εμφάνιση καρκίνου και ιδιαίτερα στην εμφάνιση ασθενειών που σχετίζονται με την προχωρημένη ηλικία (Dekkers JC *et al*

1996). Στην εποχή που ζούμε, που κύριο λόγο έχουν πλέον τα φυσικά προϊόντα και προγράμματα διατροφής, πρέπει να γίνει κατανοητό ότι δεν υπάρχει τίποτα πιο φυσικό από την οξειδωση (Clifford W., 2003). Η αυτοοξείδωση είναι μία τελείως φυσική διαδικασία η οποία συμβαίνει χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου ή τη μεσολάβηση κάποιου ένζυμου. Η συγκεκριμένη διαδικασία είναι τόσο καταστροφική, που για να καταφέρει ένας ιστός να επιβιώσει και να ευδοκιμήσει σε ένα τόσο αφιλόξενο, πλούσιο σε οξυγόνο, περιβάλλον έχουμε αναπτύξει ως οργανισμοί την εφαρμογή μίας ποικιλίας αντιοξειδωτικών μορίων τα οποία ελέγχουν το οξειδωτικό στρες και διατηρούν κάποια απαραίτητα υλικά καθώς και στρατηγικές οι οποίες χρησιμοποιούν αντιοξειδωτικά για να εμποδίσουν την οξείδωση του περιεχόμενου των ζωντανών κυττάρων (Diaz MN, et al 1997). Τα αντιοξειδωτικά είναι μόρια τα οποία σε συγκεντρώσεις πολύ χαμηλότερες από ενός φυσιολογικού οξειδωμένου υποστρώματος, επιβραδύνουν ή ακόμη και αναστέλλουν την οξείδωση (Halliwell B. 1997). Υπό αυτό τον ορισμό ως αντιοξειδωτικά θεωρούνται οι ουσίες οι οποίες παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στο να διατηρούν την υγεία και να προλαμβάνουν ασθένειες. Μερικά αντιοξειδωτικά είναι επίσης βιταμίνες, όπως οι βιταμίνες E και C. Η αυτοοξείδωση και τα αντιοξειδωτικά είναι σημαντικά στην παραγωγή και διατήρηση των φυσικών και των επεξεργασμένων τροφίμων ζωικής προέλευσης. Το οξειδωτικό στρες και ο έλεγχος του είναι εξίσου σημαντικά στο μεταβολισμό των οργανισμών (Halliwell B. 1996).

2.3 Οξείδωση των τροφών

Υπάρχουν πολλά λιπίδια ή συστατικά του λίπους των τροφών τα οποία αντιδρούν αυθόρμητα με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο με αποτέλεσμα την αυτοοξείδωση τους. Μερικές από αυτές τις ουσίες είναι τα λίπη, τα έλαια, τα μονογλυκερίδια, τα διγλυκερίδια κι οι στερόλες. Οι βιταμίνες A, D, E και K είναι λιποδιαλυτές κι ευαίσθητες στην αυτοοξείδωση. Τα καροτενοειδή, η λουτεΐνη, η ζεαξανθίνη και η ασταξανθίνη είναι σημαντικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στο «χρωματισμό» πουλερικών και ψαριών (Sies H. 1985). Τα καροτενοειδή είναι σημαντικά συστατικά λιπιδίων που βρίσκονται στη φόρβη και στο σανό και δίνουν χρώμα στα γαλακτοκομικά προϊόντα. Απαραίτητα έλαια από το πορτοκάλι, τη μέντα, και τον άνηθο χρησιμοποιούνται για να δώσουν ιδιαίτερη γεύση στις ανθρώπινες και ζωικές

τροφές. Γαλακτόνες, οι οποίες μπορεί να είναι διάφορες λεκιθίνες και λυσολεκιθίνες χρησιμοποιούνται σε πολλά παρασκευασμένα τρόφιμα και συχνά χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα σε τροφές χοιριδίων και ψαριών και ως αντικαταστάτες του γάλατος στα μωσχάρια (Borsting et al., 1994).

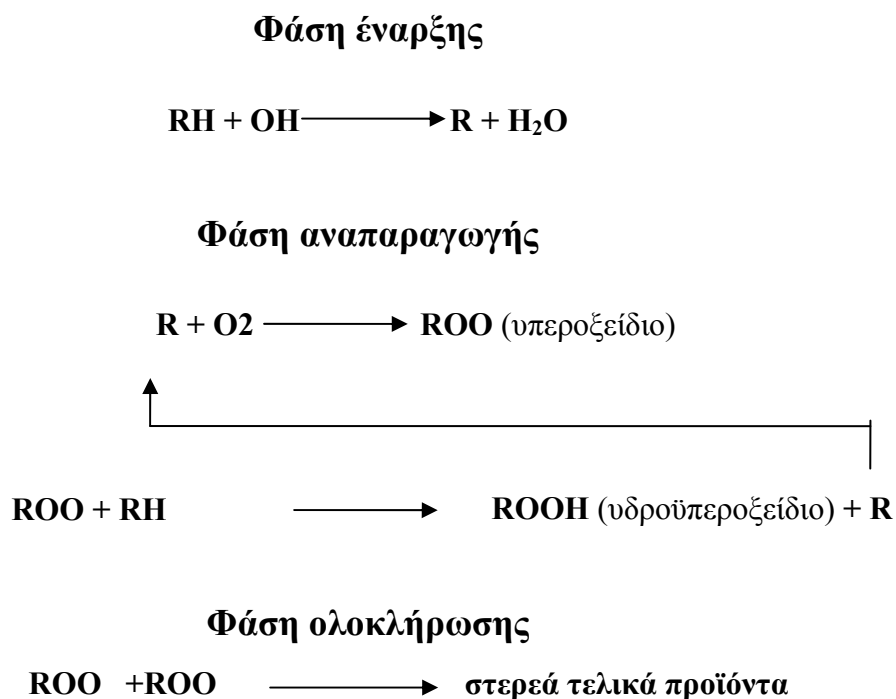
Η αυτοοξειδωση των λιπιδίων των τροφών είναι η κύρια αιτία της μείωσης της ποιότητας των τροφών, επηρεάζοντας την θρεπτική αξία, τη γεύση, το άρωμα, το χρώμα και την υφή (Halliwell B. 1996). Επίσης, μέσω της αυτοοξειδωσης δημιουργούνται υποπροϊόντα τα οποία πιστεύεται ότι είναι επιβλαβή για την υγεία. Η αυτοοξειδωση είναι ένας συνεχής κίνδυνος για τις τροφές διότι μπορεί να συμβεί σε όλα τα στάδια, από την αποθήκευση των νωπών υλικών μέχρι τη μεταποίηση, την αποθήκευση, την διανομή και την τελική προετοιμασία του φαγητού. Ο έλεγχος της αυτοοξειδωσης είναι ένα θέμα ιδιαίτερης σημασίας όσον αφορά την αποθήκευση και την διατήρηση των συστατικών των κατεργασμένων και μη τροφών (Enkvetchakul B. et al., 1993).

Τα λίπη και τα έλαια μαζί με άλλα λιπίδια είναι ιδιαίτερα σημαντικά και επίσης σχετικά ακριβά συστατικά των ανθρώπινων και ζωικών τροφών. Τα λίπη και τα έλαια είναι οι μεγαλύτεροι προμηθευτές ενέργειας από οποιαδήποτε άλλο συστατικό της τροφής (Lamghari et al., 1993). Η διαδεδομένη χρήση των λιπών και των ελαίων στις ζωοτροφές έχουν καταστήσει δυνατή τη δημιουργία διαιτολογίων υψηλής περιεκτικότητας σε ενέργεια για τα πτηνά, τους χοίρους και τους μόσχους κρεοπαραγωγής. Αυτή η εξέλιξη αναμφισβήτητα έχει παίξει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της παραγωγικότητας και των αποδόσεων των ζώων στα τελευταία 30 χρόνια (Surai P.F. 2000).

Τα λιπίδια τα οποία περιέχονται στις τροφές καλύπτουν μία μεγάλη γκάμα διαφορετικών μορίων από τριγλυκερίδια, ελεύθερα λιπαρά οξέα, ξανθοφύλες, καροτένια και φωσφολιπίδια. Έχουν όλα ένα κοινό χαρακτηριστικό όμως, το οποίο είναι η παρουσία μακρών αλυσίδων ατόμων άνθρακα στο μόριο οι οποίες συνδέονται με έναν αριθμό διπλών δεσμών. Αυτό είναι που κάνει τα λιπίδια γενικά ευαίσθητα στη διαδικασία της οξειδωσης (Halliwell B. 1997). Τα οξειδωμένα λιπίδια γενικά τείνουν να χάνουν τα θρεπτικά χαρακτηριστικά τους. Η γεύση των λιπών, των ελαίων, γίνεται ταγγή και αδιάφορη, οι βιταμίνες χάνουν τη βιολογική τους δραστηριότητα και οι χρωστικές ουσίες χάνουν τα χρώματά τους.

2.4 Αυτοοξειδωση στα λίπη και στα έλαια

Οι διαδικασίες της αυτοοξειδωσης είναι ιδιαίτερα πολύπλοκες, αλλά έχουν πλέον εξηγηθεί και μπορούν να περιγραφούν σαν αντιδράσεις αλυσίδων ελευθέρων ριζών. Η αντίδραση της αυτοοξειδωσης χωρίζεται σε τρεις φάσεις (εικόνα 1)



Εικόνα 2: Οι τρεις φάσεις της διαδικασίας οξειδωσης

Πηγή: Clifford W. 2003

Η οξειδωση του λίπους αρχίζει και συνεχίζεται από διάφορες ελεύθερες ρίζες οι οποίες είναι ιδιαίτερα δραστικά μόρια. Οι ελεύθερες ρίζες είναι χημικές ουσίες οι οποίες περιέχουν ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο και συνήθως είναι ιδιαίτερα δραστικές. Οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να παραχθούν σε υγιή κύτταρα λόγω ατυχημάτων ή λόγω της φαγοκύτωσης στο ανοσοποιητικό σύστημα. Η υπέρμετρη συσσώρευση των ελευθέρων ριζών δημιουργεί οργανικές βλάβες ή ακόμη και μη αναστρέψιμη κυτταρική καταστροφή στο σώμα (Clifford W. 2003).

Επειδή τα περισσότερα κύτταρα διατηρούν τη χημική σταθερότητα τους έχοντας τα ηλεκτρόνια σε ζεύγη, έτσι και οι ελεύθερες ρίζες ψάχνουν να βρουν ελεύθερα ηλεκτρόνια από άλλα μόρια. Τα αντιοξειδωτικά είναι μόρια τα οποία μπορούν εύκολα να απελευθερώσουν ένα ηλεκτρόνιο (Burton GW 1989).

Η φύση παρέχει μεγάλη ποικιλία αντιοξειδωτικών τα οποία μπορούν να εμποδίσουν τη δημιουργία ελευθέρων ριζών ή να μειώσουν την καταστροφική δράση τους πάνω στα κύτταρα ή ένζυμα τα οποία αποικοδομούν τα υπεροξειδία, πρωτεΐνες που αδρανοποιούν μέταλλα ή απλά καταστροφείς ελευθέρων ριζών. Τα πιο σημαντικά φυσικά αντιοξειδωτικά είναι οι βιταμίνες A (β-καροτένιο), C (ασκορβικό οξύ), E (α-τοκοφερόλη), το λυκοπένιο και το σελήνιο (Burton GW 1989).

Ο πιο σημαντικός παράγοντας της οξειδωσης στα λίπη, είναι ότι τα μέταλλα λειτουργούν ως καταλύτες στην παραγωγή ελευθέρων ριζών. Το κοβάλτιο, ο χαλκός, ο σίδηρος και το μαγγάνιο είναι τα πιο σημαντικά μέταλλα στα οποία οφείλεται η αυτοοξειδωση. Το οξειδωμένο υπόστρωμα μετατρέπεται σε μία αλκαλική ρίζα με αφαίρεση πρωτονίων ή ηλεκτρονίων. Οι ελεύθερες ρίζες μπορούν επίσης να δημιουργηθούν από την παρουσία ένζυμων, φωτός, ακτινοβολίας και θερμότητας (Halliwell B., and Gutteridge J.M.C., 1985)

Η απευθείας δημιουργία των αλκαλικών υδροϋπεροξειδίων μπορεί να γίνει και μόνο από την εισαγωγή οξυγόνου με την παρουσία των κατάλληλων καταλυτών, οι οποίοι μετατρέπουν το οξυγόνο στην κανονική του κατάσταση, το τριπλό οξυγόνο ($^3\text{O}_2$), σε πιο δραστικές μορφές όπως αυτή της μονής κατάστασης ($^1\text{O}_2$). Τα μονά μόρια οξυγόνου δημιουργούνται από το τριπλό μόριο οξυγόνου μέσω χημικών αντιδράσεων, αλλά οι πιο σχετικές αντιδράσεις με τα συστήματα των τροφών είναι αυτές στις οποίες το τριπλό οξυγόνο αντιδρά με χρωστικές, όπως είναι η χλωροφύλλη, η ριβοφλαβίνη (πολύ σημαντική στην αλλοίωση της ποιότητας του γάλατος) και η αιματίνη (από τα ζωικά προϊόντα) υπό την παρουσία φωτός. Αυτή η αντίδραση δημιουργεί ένα υπεροξειδίο το οποίο στη συνέχεια διασπάται για να δημιουργήσει ελεύθερες ρίζες οι οποίες είναι ικανές να ξεκινήσουν μία αλυσιδωτή αντίδραση. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης δεν υπάρχουν εμφανείς μεταβολές στη γεύση και την ποιότητα του λίπους (Clifford W. 2003).

Η χρονική περίοδος στην οποία η έναρξη της οξειδωσης λαμβάνει χώρα είναι γνωστή ως «φάση έναρξης» (εικόνα 2). Το μήκος της συγκεκριμένης περιόδου διαφέρει ανάλογα με το είδος λίπους και την ένταση του οξειδωτικού στρες στο συγκεκριμένο λίπος. Η περίοδος εισαγωγής μπορεί να μετρηθεί στο εργαστήριο και δείχνει την πιθανή σταθερότητα του λίπους. Είναι φανερό ότι τα λίπη με μεγαλύτερες περιόδους εισαγωγής είναι πιο σταθερά από τα λίπη με μικρότερες περιόδους εισαγωγής (Krinsky NI, 1993).

Η δεύτερη φάση, αυτή της αναπαραγωγής (εικόνα 2), συμβαίνει όταν το επίπεδο των ελευθέρων ριζών φτάσει σε ένα κριτικό σημείο στο οποίο αρχίζουν να αντιδρούν με το οξυγόνο δημιουργώντας μία αλυσιδωτή αντίδραση μέσω της οποίας παράγονται αλκαλικά υπεροξειδία. Τα υπεροξειδία με τη σειρά τους αντιδρούν περαιτέρω με νέα μόρια παράγοντας υδροϋπεροξειδία και περισσότερες ακόμη ελεύθερες ρίζες. Η φάση της αναπαραγωγής χαρακτηρίζεται από τη γρήγορη κατανάλωση του οξυγόνου και την παραγωγή θερμότητας, η οποία σε ακραίες περιπτώσεις μπορεί να καταστρέψει την τροφή ή ακόμη ορισμένες φορές να οδηγήσει και σε ανάφλεξη τροφών που είναι αποθηκευμένες σε λάδι (ψάρια).

Η τρίτη φάση, αυτή της ολοκλήρωσης (εικόνα 2), αποτελείται από τον ανασυνδυασμό διαφόρων ειδών ελεύθερων ριζών, ούτως ώστε να παράγουν στερεά προϊόντα. Αυτά μπορεί να είναι μία μεγάλη ποικιλία υδρογονανθράκων, αλδεϋδών, κετονών, αλκοολών, και οργανικών οξέων (Krinsky NI, 1993). Αυτή η διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση της οξειδωσης και επίσης κάνει τις τροφές να είναι ιδιαίτερα άγευστες ή ταγγές με κακή οσμή σε σημείο που να είναι ακατάλληλες για κατανάλωση (Lamghari R. et al., 1997).

2.5 Κατανάλωση οξειδωμένων τροφών.

Η κατανάλωση οξειδωμένων τροφών αποτελεί ένα πιθανό μελλοντικό κίνδυνο υγείας για τους ανθρώπους και τα ζώα. Για τους ανθρώπους η πιθανότητα κατανάλωσης οξειδωμένων τροφών είναι πολύ μικρή λόγω της ιδιαίτερα ταγγής γεύσης. Στη ζωική παραγωγή όμως δεν ισχύει πάντα αυτό διότι τα ζώα συνήθως δεν έχουν επιλογή τροφής.

Τα πρώτα προϊόντα της αυτοοξειδωσης του λίπους είναι άοσμα, άγευστα υπεροξειδία και υδροϋπεροξειδία. Τα υδροϋπεροξειδία είναι πολύ τοξικά όταν εισέρχονται ενδοφλεβίως, αλλά ευτυχώς είναι λιγότερο τοξικά όταν εισέρχονται στον οργανισμό μέσω της τροφής. Πιθανώς οι οξειδωμένες τροφές δεν μπορούν να μεταβολιστούν κανονικά από τον οργανισμό και τα θρεπτικά στοιχεία τα οποία μπορεί να περιέχουν να μην απορροφώνται κανονικά (Lamghari *et al.*, 1997).

Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος η διάσπαση των υδροϋπεροξειδίων παράγει μία ποικιλία υδρογονανθράκων, αλδεϋδών, κετονών, αλκοολών και οργανικών

οξέων. Η παραγωγή αυτών των τελικών προϊόντων είναι η χημική αιτία της παρουσίας της ταγγής γεύσης στα τρόφιμα. Η δυσάρεστη αυτή γεύση μπορεί να προκληθεί από πολύ μικρές ποσότητες λίγων μόνο ppm αλδεϋδών και κετονών.

Πολλές από τις τελικές ουσίες που παράγονται από το οξειδωμένα προϊόντα, όπως οι αλδεϋδες και οι κετόνες, παρουσιάζουν καρβονυλικά κατάλοιπα στο μόριο τους. Λόγω της πολύ ισχυρής υδρόφιλης φύσης τους και του μικρού μοριακού τους βάρους αυτά τα συστατικά των οξειδωμένων λιπών και ελαίων απορροφούνται εύκολα και μεταφέρονται στα εσωτερικά όργανα μέσω του κυκλοφορικού και ξεκινούν την οξείδωση των λιπιδίων σε *in vivo* συνθήκες (Borsting C.F. *et al.*, 1994).

Η κατανάλωση οξειδωμένων λιπών από τα ζώα, ακόμη και σε μικρές ποσότητες, έχει ως αποτέλεσμα μειωμένη κατανάλωση τροφής με φυσικό επακόλουθο μειωμένη ανάπτυξη και παραγωγή γεγονός το οποίο έχει δοκιμαστεί κι ελεγχθεί σε ποντικούς (Lamghari *et al.*, 1997). Μία δίαιτα από λούπινα τα οποία είχαν αποθηκευτεί για 15 ημέρες σε θερμό χώρο έδωσαν πολύ μικρότερες αποδόσεις σε ζων βάρος από μια αντίστοιχη δίαιτα στην οποία χρησιμοποιήθηκαν μη οξειδωμένα λούπινα.

Χορήγηση οξειδωμένων φυτικών ελαίων σε τροφές κοτόπουλων κρεοπαραγωγής είχε μία ιδιαίτερα αρνητική επίδραση στο ρυθμό ανάπτυξης τους (Engberg *et al.*, 1996). Η επίδραση αυτή είναι ιδιαίτερα φανερή στον παρακάτω πίνακα ο οποίος προέρχεται από πείραμα που έγινε σε κοτόπουλα κρεοπαραγωγής. Είναι φανερό ότι από τις 24 έως τις 38 πρώτες ημέρες της ζωής των κοτόπουλων παρουσιάζεται μεγάλη διαφορά μεταξύ των κοτόπουλων που τρέφονται με φρέσκο και με οξειδωμένο λάδι (πίνακας 1).

Τα κοτόπουλα ηλικίας 38 ημερών τα οποία είχαν μία δίαιτα πλούσια σε οξειδωμένα έλαια είχαν ένα μέσο βάρος της τάξης των 109gt δηλαδή 5 % μικρότερο βάρος από αντίστοιχα κοτόπουλα τα οποία τρέφονταν με φρέσκα έλαια.

Τα έλαια τα οποία συμπεριλαμβάνονται στη διατροφή των ζώων είναι όλα ιδιαίτερος σημαντικά με ίσως το πιο σημαντικό να είναι αυτό που προέρχεται από τα ψάρια. Βοηθά στην καλύτερη ανάπτυξη του οργανισμού των ζώων και οξειδώνεται λιγότερο από τα αντίστοιχα φυτικά και ζωικά έλαια. (Borsting C.F. *et al.*, 1994; Engberg and Borsting, 1994). Όμως η κατανάλωση οξειδωμένων ελαίων που προέρχονται από τα ψάρια προωθεί την εμφάνιση διαφόρων μορφών αναιμίας οι οποίες σχετίζονται με μειωμένη απορρόφηση σιδήρου (Borsting C.F. *et al.*, 1994)..

Πίνακας 1: Επίδραση οξειδωμένου λαδιού στην ανάπτυξη κρεοπαραγωγικών πτηνών

Ηλικία (ημέρες)	Μεταχείριση	
	Φρέσκο λάδι	Οξειδωμένο λάδι
24	1015	950
31	1573	1466
38	2092	1983

Πηγή: Clifford W. 2003

Οι διατροφικές μελέτες με διαφορετικά είδη ζώων φανερώνουν ότι η διατροφή με οξειδωμένα λίπη και έλαια έχει σαν αποτέλεσμα τη μειωμένη κατανάλωση τροφής κι έχει ανεπιθύμητα αποτελέσματα στη φυσιολογία. Αυτά τα αποτελέσματα μπορεί να είναι μειωμένος ρυθμός ανάπτυξης, μειωμένη συγκέντρωση φυσικών αντιοξειδωτικών στους ιστούς και πρόκληση αναιμίας. Συνοψίζοντας, είναι απολύτως λογικό να πούμε ότι τα λίπη και τα έλαια τα οποία συμπεριλαμβάνονται στις δίαιτες των ζώων είναι πολύ σημαντικά για την παραγωγή καλών και ποιοτικών τροφίμων. Είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντικό, για την ανθρώπινη διαίτα, να αποφεύγονται οι οξειδωμένες τροφές αφού μπορούν να προκαλέσουν την υπεροξείδωση ζωντανών ιστών που ουσιαστικά είναι το καλύτερο «υπόστρωμα» για την εμφάνιση πολλών ασθενειών.

2.6 Αντιοξειδωτικά

Ο όρος «αντιοξειδωτικό» αρχικά αναφερόταν σε ένα συγκεκριμένο στοιχείο το οποίο εμπόδιζε την κατανάλωση του μοριακού οξυγόνου. Το 19^ο και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, τα αντιοξειδωτικά ήταν αντικείμενο έρευνας που ασχολούνταν με την οξείδωση των μετάλλων, τα εκρηκτικά και την «έκρηξη» των καυσίμων σε κινητήρες εσωτερικής καύσης.

Οι πρώτες έρευνες που έγιναν πάνω στη διατροφή με τη χρήση αντιοξειδωτικών είχαν ως σκοπό την παρεμπόδιση της οξείδωσης των μη κορεσμένων λιπαρών. Η αντιοξειδωτική δράση μπορούσε απλά να μετρηθεί βάζοντας το λίπος σε ένα γυάλινο δοχείο με οξυγόνο και παρατηρώντας το ρυθμό της

κατανάλωσης οξυγόνου. Όμως, ήταν η ταυτοποίηση των βιταμινών A, C και E, καθώς και των καρροτενοειδών ως αντιοξειδωτικών ουσιών που ξεκίνησε την επανάσταση στο χώρο κι οδήγησε στην συνειδητοποίηση της σημασίας που έχουν οι αντιοξειδωτικές ουσίες στη βιολογία (Carol H., 1982) (πίνακας 2).

Οι πρώτοι που ασχολήθηκαν με τους μηχανισμούς δράσης των αντιοξειδωτικών ήταν οι Moreau και Dufraisse (1926), οι οποίοι ανακάλυψαν ότι μία ουσία αποκτά αντιοξειδωτική δράση διότι η ίδια είναι στόχος οξείδωσης. Η έρευνα που έχει γίνει πάνω στο πώς δουλεύει η βιταμίνη E, στο να παρεμποδίζει την υπεροξείδωση των λιπιδίων, έχει οδηγήσει στην κατανόηση των αντιοξειδωτικών ως επιβραδυντικών παραγόντων της οξείδωσης

Τα αντιοξειδωτικά είναι χημικές ενώσεις οι οποίες μειώνουν το ρυθμό των αντιδράσεων οξείδωσης κι αποτελούν επίσης αναπόσπαστο μέρος της οργανικής χημείας και της βιολογίας. Όλα τα ζωντανά κύτταρα περιέχουν πολύπλοκα συστήματα αντιοξειδωτικών χημικών και / ή ενζύμων τα οποία εμποδίζουν τη χημική βλάβη που προκαλείται στα δομικά χαρακτηριστικά των κυττάρων μέσω της οξείδωσης. Εκτός από τις φυσικές αντιοξειδωτικές ενώσεις υπάρχουν και συνθετικές οι οποίες προστατεύουν από την οξείδωση και έχουν την έγκριση της Ε.Ε ούτως ώστε να περιέχονται σε τρόφιμα (πίνακας 3) (Clifford W. 2003).

Ένα διαιτολόγιο που περιέχει πολυφαινολικά αντιοξειδωτικά που προέρχονται από φυτά θεωρείται απαραίτητο για την υγεία των περισσότερων θηλαστικών, μιας και τα φυτά είναι η πιο σημαντική πηγή οργανικών αντιοξειδωτικών ενώσεων. Τα αντιοξειδωτικά χρησιμοποιούνται ευρέως ως μέρη διαιτητικών συμπληρωμάτων που χρησιμοποιούνται για λόγους υγείας, όπως για την παρεμπόδιση του καρκίνου και της καρδιοπάθειας και γενικά για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής (Tarięto H. *et al.*, 2004).

Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί περιέχουν πολύπλοκα συστήματα από αντιοξειδωτικά ένζυμα και χημικά. Μερικά από αυτά τα συστήματα, όπως το σύστημα της θειοαναγωγάσης, έχουν διατηρηθεί κατά την διάρκεια ολόκληρης της εξελικτικής πορείας των θηλαστικών και θεωρούνται από τους επιστήμονες πλέον απαραίτητα για τη ζωή (Chew B.P., 1993). Τα αντιοξειδωτικά στα βιολογικά συστήματα πληρούν διάφορους ρόλους όπως να αντιμετωπίζουν την ζημιά που προέρχεται από την οξείδωση και είναι μέρος του μεγάλου δικτύου μεταφοράς μηνυμάτων μεταξύ των κυττάρων.

Πίνακας 2: Οι σημαντικότερες γνωστές αντιοξειδωτικές ουσίες

Αντιοξειδωτικές ουσίες	Πηγή αντιοξειδωτικών ουσιών
Βιταμίνη E (τοκοφερόλες και τοκοτριενόλες	Φυτικά έλαια, μουρουνέλαιο, ξηροί καρποί, ολόκληρα σιτηρά, δημητριακά, μαργαρίνη
Βιταμίνη C	Φρούτα και λαχανικά, εσπεριδοειδή, μούρα, μπρόκολα, φράουλες, πράσινες πιπεριές, λάχανο και τομάτες.
Βιταμίνη A	Κρέας, αυγά και κυρίως στο ήπαρ των ζώων.
Καροτενοειδή	Γλυκοκολοκύθες, καρότα, γλυκοπατάτες, οι πορτοκαλί πιπεριές, οι νεροκολοκύθες και οι τομάτες.
Φλαβονοειδή/ισοφλαβονοειδή	Πράσινο τσάι, αρωματικά φυτά, φρούτα και λαχανικά, μούρα, πιπεριές, εσπεριδοειδή, τομάτες, κρεμμύδια
Φαινολικά οξέα	Δημητριακά, σιτηρά
Κατεχίνες	Πράσινο τσάι, μούρα, ορισμένοι ξηροί καρποί
Σελήνιο	Σιτηρά, δημητριακά, ψάρια, πουλερικά και κρέας
Εκχυλίσματα/απαραίτητα έλαια	Πράσινο τσάι, βασιλικός, φασκόμηλο, γαρίφαλο, ρίγανη, θυμάρι, βρώμη, ρύζι
Ασταξανθίνη	Κόκκινα άλγη και στα ψάρια που βρίσκονται υψηλά στην τροφική αλυσίδα.
Ζεαξανθίνη	Καρπός του καλαμποκιού.
Σίδηρος, χαλκός, ψευδάργυρος, μαγγάνιο	Κόκκινο και λευκό κρέας, ξηροί καρποί, αυγά.

Πηγή: Carol H. 1982

Πίνακας 3: Αντιοξειδωτικά τα οποία επιτρέπονται να χρησιμοποιούνται σε τροφές στην Ε.Ε.

Αντιοξειδωτικά			
Ασκορβικό οξύ	(E 300)	Propyl gallate	(E 310)
Sodium ascorbate	(E 301)	Octyl gallate	(E 311)
Ασκορβικό ασβέστιο	(E 302)	Dodecyl gallate	(E 312)
Παλμιτικό ασβέστιο	(E 304)	Butylated hydroxyanisole (BHA)	(E 320)
Μεικτές φυσικές τοκοφερόλες	(E 306)	Butylated hydroxytoluene (BHT)	(E 321)
Συνθετική α-τοκοφερόλη	(E 307)	Λεκιθίνες	(E 322)
Συνθετική γ-τοκοφερόλη	(E 308)	Κιτρικό οξύ	(E 330)
Συνθετική δ-τοκοφερόλη	(E 309)		

Πηγή: Clifford W. 2003

Τα αντιοξειδωτικά παρεμβαίνουν στη διαδικασία της οξείδωσης με έναν από τους εξής τρεις τρόπους: σπάσιμο αλυσίδων, δέσμευσης οξυγόνου ή παρεμπόδιση της οξείδωσης στα πρώτα στάδια της (Clifford W., 2003).

Τα αντιοξειδωτικά που σπάνε αλυσίδες ελεύθερες ρίζες, μπορούν επίσης και να «συλλαμβάνουν» ελεύθερες ρίζες οι οποίες συμμετέχουν στη διαδικασία της αυτοοξείδωσης. Οι ελεύθερες ρίζες των αντιοξειδωτικών μορίων δημιουργούνται με αυτόν τον τρόπο. Σε αντίθεση με τις ελεύθερες ρίζες που σχηματίζονται κατά την αυτοοξείδωση οι ελεύθερες ρίζες των αντιοξειδωτικών είναι σταθερές ενώσεις και δεν έχουν αρκετή ενέργεια για να αντιδράσουν με τα λιπίδια και να δημιουργήσουν νέες ελεύθερες ρίζες σταματώντας έτσι την αλυσίδα των οξειδωτικών αντιδράσεων (Krinsky NI, 1993). Αυτός ο τύπος των αντιοξειδωτικών μορίων είναι γνωστός κι ως συλλέκτης ελευθέρων ριζών ή πρωτεύοντος αντιοξειδωτικού, και συμπεριλαμβάνει φυσικά υλικά όπως τοκοφερόλες και έλαια καθώς και συμβατικά αντιοξειδωτικά, όπως τα BHA και BHT (Clifford W., 2003).

Οι συλλέκτες οξυγόνου είναι ουσίες οι οποίες μπορούν να αντιδρούν απευθείας με το οξυγόνο και να το αφαιρούν από το σύστημα. Τέτοιου τύπου αντιοξειδωτικά είναι κυρίως το ασκορβικό οξύ (Benavente-Garcia O. 1997)

Χηλοποιητές, όπως το κιτρικό οξύ ή το φωσφορικό οξύ είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές ως παρεμποδιστές οξείδωσης στα πρώτα στάδια δεσμεύοντας τα ιόντα των μετάλλων τα οποία χρησιμοποιούνται ως καταλύτες στην αντίδραση της αυτοοξείδωσης. Συνήθως δρουν μαζί με τα πρωτεύοντα αντιοξειδωτικά σταματώντας τη δημιουργία ελευθέρων ριζών και μειώνοντας το ρυθμό της παραγωγής ελευθέρων ριζών και υπεροξειδίων και τελικά της ίδιας της αυτοοξείδωσης (Clifford W., 2003)..

Αυτές οι ουσίες έχουν χρησιμοποιηθεί για πολλά χρόνια και έχουν υπηρετήσει καλά τις ανθρώπινες ανάγκες. Όμως οι καταναλωτές έχουν αρχίσει να ενδιαφέρονται όλο και περισσότερο για τη θρεπτική αξία, ποιότητα και ασφάλεια της τροφής τους και των συστατικών της. Την ίδια στιγμή παρουσιάζεται μία ιδιαίτερη προτίμηση για τις τροφές φυσικής προέλευσης, με φυσικά συστατικά που καθιστά επιτακτική τη χρήση των φυσικών αντιοξειδωτικών.

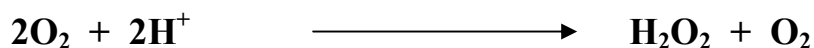
Η αυτοοξείδωση είναι ένα μόνιμο φυσικό «πρόβλημα» αποδόμησης λιπιδίων, ελαίων, βιταμινών και χρωστικών. Τα υδροϋπεροξειδία των λιπιδίων και τα παράγωγα τους μέσω της αποσύνθεσης τους οξειδώνουν και άλλα μόρια στις τροφές, όπως οι χρωστικές, τα ένζυμα, τα αμινοξέα, και το DNA των οποίων η οξείδωση έχει ως αποτέλεσμα την αέναη οξείδωση (Snorland F.1981).

Τα αντιοξειδωτικά είναι καλύτερα να προστίθενται στις τροφές στα πρώτα στάδια της οξείδωσης. Άρα οι αντιοξειδωτικές ουσίες θα πρέπει να προστίθενται νωρίς στην παραγωγική διαδικασία των τροφών για να έχουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Τα αντιοξειδωτικά δεν εμποδίζουν τη δημιουργία ελεύθερων λιπαρών οξέων τα οποία προέρχονται από τη χημική υδρόλυση των λιπιδίων. Τα αντιοξειδωτικά δεν βελτιώνουν τη γεύση των ήδη οξειδωμένων τροφών και ούτε μπορούν να αντιστρέψουν τη διαδικασία της αυτοοξείδωσης. Τα αντιοξειδωτικά εμποδίζουν και σε καμία περίπτωση δεν αντιστρέφουν την οξείδωση (Surai P.F.,2000).

2.7 Οξείδωση στους ζωντανούς ιστούς

Κατά τη διάρκεια του μεταβολισμού του οξυγόνου στους ζωντανούς ιστούς, κάποιες μορφές του στοιχείου παράγονται, οι οποίες αντιδρούν πολύ πιο εύκολα από το τριπλό οξυγόνο, όπως η ρίζα του υπεροξειδίου η οποία δημιουργείται προσθέτοντας ένα παραπάνω ηλεκτρόνιο στο μόριο του οξυγόνου.



Εικόνα 3: Αντίδραση η οποία δημιουργεί το υπεροξείδιο του υδρογόνου

Πίνακας 4: Κύρια αντιδρώντα είδη οξυγόνου που παράγονται σε ζωντανούς ιστούς

Μόρια χωρίς ελεύθερες ρίζες	Μονό οξυγόνο	$^1\text{O}_2$
	Υπεροξείδιο του υδρογόνου	H_2O_2
Μόρια με ελεύθερες ρίζες	Υπεροξείδιο	O_2^-
	Υδροξύλιο	HO
	Υπεροξύλιο λιπιδίου	ROO
	Αλκοξύλιο λιπιδίου	RO

Συνολικά όλες αυτές οι ουσίες ονομάζονται αντιδρώντα είδη οξυγόνου (ROS) (πίνακας 4). Μερικά ROS δημιουργούνται κατά τη διάρκεια του φυσιολογικού αεροβικού μεταβολισμού ζωντανών κυττάρων. Οι υπεροξειδωμένες ελεύθερες ρίζες δημιουργούνται *in vivo* λόγω «διαρροής» ηλεκτρονίων από τη μιτοχονδριακή αναπνευστική διαδικασία που έχει ως αποτέλεσμα την άμεση μείωση οξυγόνου. Επίσης η οξείδωση αρκετών σακχάρων, συμπεριλαμβανόμενης της γλυκόζης, και των πρωτεϊνικών θειολών μπορεί να δημιουργήσει τέτοιες ρίζες οξυγόνου (Clifford W. 2003).

Ο μηχανισμός οξειδώσεως των λιπιδίων από ελεύθερες ρίζες περιλαμβάνει μία διαδικασία έναρξης, που έχει ως αποτέλεσμα τη μετατόπιση ενός πρωτονίου από ένα ακόρεστο λιπαρό οξύ. Επικρατεί ακόμη αρκετή σύγχυση ως προς την φύση των καταλυτών. Στα ζώντα συστήματα η κανονική χρησιμοποίηση του οξυγόνου από τα κύτταρα, έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή ιδιαίτερα αντιδρώντων προϊόντων ελευθέρων ριζών όπως π.χ. η ελεύθερη ρίζα του υδροξυλίου. Η ελεύθερη ρίζα του

υδροξυλίου είναι πιθανώς το πιο σημαντικό ROS το οποίο μάλιστα ξεκινά και την οξειδωση στο σώμα των ζώων. Μπορεί να καταστρέψει πολλά μόρια ιστών, όπως πρωτεΐνες, θειόλες, και νουκλεϊκά οξέα (Tapiero H. *et al.*, 2004).

Τα σημεία παραγωγής ελευθέρων ριζών βρίσκονται σε όλα τα συστατικά των κυττάρων, συμπεριλαμβανομένων των μιτοχονδρίων, των λυσοσωμάτων και των μεμβρανών του πλάσματος. Στα κανονικά βιολογικά συστήματα, ανιόντα υπεροξειδίων, που δεν αντιδρούν ιδιαίτερα, εξαφανίζονται αμέσως με την ενέργεια της υπεροξειδικής δισμουτάσης. Το προϊόν αυτής της αντιδράσεως είναι υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) που μεταβολίζεται σε ακίνδυνα τελικά προϊόντα νερού κι οξυγόνου. Το υπεροξείδιο του οξυγόνου και το υπεροξείδιο του υδρογόνου μπορούν να μετατραπούν σε πολύ δραστικά στοιχεία παρουσία καταλλήλων στοιχείων μεταπτώσεως που δρουν καταλυτικά όπως π.χ. τα κατιόντα σιδήρου ή χαλκού (Machlin, 1984 Halliwell και Gutteridge, 1985).

Τα δραστικά αυτά στοιχεία πιθανόν είναι η ρίζα υδροξυλίου ($OH\cdot$). Κύριοι στόχοι για τη ρίζα υδροξυλίου είναι οι ακόρεστοι διπλοί δεσμοί των λιπιδίων των μεμβρανών. Το σπάσιμο αυτών των διπλών δεσμών έχει σαν αποτέλεσμα τη φθορά των λιπιδίων και την παραγωγή υδροϋπεροξειδίων. Τα τελευταία μπορούν να αποσυντεθούν, και να αποδώσουν μια ποικιλία αλκοξυ- και υπεροξυ-ριζών, κεκορεσμένες και ακόρεστες αλδεύδες, κετόνες και αλκένια. Από τη στιγμή που ένας ιστός έχει καταστραφεί και οι μεμβράνες έχουν διαρραγεί, δημιουργούνται οι ιδανικές συνθήκες οι οποίες τελικά οδηγούν σε ανεξέλεγκτη υπεροξείδωση λιπιδίων. Η ζημιά στους ιστούς μπορεί να απελευθερώσει καταλύτες ελευθέρων ριζών κυρίως, σίδηρο και χαλκό.

Τα υπεροξείδια των λιπιδίων, εάν δεν καταστραφούν, γρήγορα έχουν την ικανότητα να προξενήσουν σοβαρές ζημιές στο γενετικό υλικό του κυττάρου και σε πολλές σημαντικές πρωτεΐνες βοηθώντας τη δημιουργία συνδρόμων ασθενειών. Διάφοροι τύποι βιολογικών αμυντικών συστημάτων έχουν δημιουργηθεί για να ελαχιστοποιήσουν την έκθεση στα ROS και τη ζημιά που μπορεί να προξενήσουν.

2.8 Αντιοξειδωτική άμυνα

Όταν η συγκέντρωση ελευθέρων ριζών ξεπεράσει την αμυντική αντιοξειδωτική ικανότητα του οργανισμού, τα κύτταρα κι οι ιστοί αρχίζουν να καταστρέφονται. Συνεπώς, η αποτελεσματικότητα του αμυντικού αντιοξειδωτικού συστήματος του οργανισμού εξαρτάται, σε ένα πολύ μεγάλο μέρος, από το εάν ο οργανισμός διατρέφεται με τροφές οι οποίες έχουν σημαντικές αντιοξειδωτικές ιδιότητες, ούτως ώστε να συμπληρώνονται τα τυχόν κενά στην αντιοξειδωτική άμυνα του οργανισμού.

Μικρά μόρια τα οποία βρίσκονται σε τροφές όπως τα καροτενοειδή, τα φλαβονοειδή, το ουρικό οξύ, η γλουταθειόνη, το ασκορβικό οξύ και η α-τοκοφερόλη αντιδρούν με τις αλυσίδες ελευθέρων ριζών δεσμεύοντας αυτές και δημιουργώντας στη θέση τους αντίστοιχες αντιοξειδωτικές.

Μερικές από τις αντικαρκινικές ιδιότητες των αντιοξειδωτικών οφείλονται εν μέρει στην ικανότητα δράσης ενάντια στις ελεύθερες ρίζες. Οι αντιοξειδωτικές ουσίες που περιέχονται μέσα στα κύτταρα ή σε εξωκυτταρικά υγρά, όπως και αυτές που βρίσκονται στις μεμβράνες λιπιδίων, λειτουργούν την αντικαρκινική άμυνα διακόπτοντας την δράση των ελευθέρων ριζών που είναι υπεύθυνη για την καρκινογένεση.

2.9 Βιταμίνη E (α-τοκοφερόλη)

2.9.1 Χημεία της βιταμίνης E.

Τουλάχιστον οκτώ ενώσεις έχουν απομονωθεί από διάφορα φυτικά έλαια που παρουσιάζουν δράση βιταμίνης E. Όλες έχουν εξαπλό δακτύλιο χρωμανόλης, αλλά υπάρχουν χημικώς διάφορες σειρές ενώσεων, που διαφέρουν η μία από την άλλη κατά το βαθμό κορεσμού της πλευρικής αλυσού: οι τοκόλες κι οι τριενόλες. Οι τοκόλες κι οι τριενόλες έχουν πλευρική αλυσού φυτόλης και οι τριενόλες έχουν παρόμοια δομή με διπλούς δεσμούς.

Υπάρχουν ισομερείς μορφές των τοκολών και των τριενολών που διαφέρουν ως προς τον αριθμό και τη θέση των μεθυλικών ομάδων στο δακτύλιο χρωμανόλης.

Ο όρος τοκοφερόλη χρησιμοποιείται για την κοινόχρηστη περιγραφή της κατηγορίας όλων των μονο-, δι-, και τριμεθυλικών τοκολών, η δε ονομασία βιταμίνη

Εκτός από την παρουσία της στο πλάσμα, η βιταμίνη E βρίσκεται επίσης στα ερυθρά αιμοσφαίρια και στα αιμοπετάλια και έτσι διανέμεται ευρέως σε όλο το σώμα. Είναι πιο συγκεντρωμένη σε τμήματα κυττάρων πλούσια σε μεμβράνες, όπως τα μικροσώματα και τα μιτοχόνδρια (Machlin 1984).

Μελέτες σε επίμυες και χοίρους δείχνουν, ότι γενικά, οι συγκεντρώσεις α-τοκοφερόλης στο πλάσμα και στους ιστούς, σχετίζονται με το λογάριθμο της λαμβανόμενης δια της τροφής ποσότητας. Στα χοιρίδια παρατηρήθηκε ότι τα επίπεδα α-τοκοφερόλης στο ήπαρ, τον σκελετικό, μυϊκό και λιπώδη ιστό, αυξάνονταν όταν, η δια της τροφής λαμβανόμενη ποσότητα ανέρχονταν από 16 σε 421 mg/kg τροφής (Jensen *et al.*, 1988).

2.9.3 Η λειτουργία της βιταμίνης E.

Η τροφική έλλειψη βιταμίνης E σχετίζεται με βλάβες στο αναπαραγωγικό, το νευρικό και το καρδιαγγειακό σύστημα καθώς και στο μυοσκελετικό ιστό και το ήπαρ. Η βιταμίνη E παίζει ρόλο στη ρύθμιση της βιοσύνθεσης της αιματίνης, (Nair, 1972) επενεργεί σαν διαμορφωτής ανοσοποιητικής αντίδρασης (Bendlich *et al.*, 1986), και συμμετέχει επίσης στη ρύθμιση των γονιδίων.

Πάντως, η πλέον σημαντική λειτουργία της βιταμίνης E είναι η του *in vivo* αντιοξειδωτικού, που προστατεύει τα λιπίδια των ιστών από την προσβολή τους από τις ελεύθερες ρίζες (Tappel, 1972). Η βιταμίνη E είναι τώρα καλώς αποδεκτή, σαν το πιο αποτελεσματικό, φυσικό λιποδιαλυτό, αντιοξειδωτικό που διασπά τους δεσμούς, προστατεύοντας την κυτταρική μεμβράνη από την οξειδωση.

Η α-τοκοφερόλη συγκεκριμένα αποτελεί ίσως την πιο σημαντική γραμμή άμυνας στα βιολογικά συστήματα μιας κι είναι το σπουδαιότερο λιποδιαλυτό αντιοξειδωτικό, που διασπά την αλυσίδα της υπεροξειδώσεως των λιπιδίων στις κυτταρικές μεμβράνες και προλαμβάνει τον σχηματισμό υδροϋπεροξειδίων των λιπιδίων (Halliwell, 1987). Μπορεί επίσης να καθαρήσει τα ιόντα υπεροξειδίων, τις υδροξυλικές ρίζες και άλλες ελεύθερες ρίζες που δημιουργούνται κατά την αντίδραση του υδρογόνου με την μεταμυοσφαιρίνη.

Αξιόλογο ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζουν οι πιθανές τοξικολογικές ενέργειες των προϊόντων οξειδώσεως των λιπιδίων σε σχέση με μια ποικιλία παθολογικών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένης της φλεγμονώδους και της

ρευματοειδούς αρθρίτιδας (Halliwell και Gutteridge, 1985) της αθηροσκλήρωσης (Quinn *et al.*, 1987), της μεταλλαξιγένεσης και καρκινογένεσης (Ames *et al.*, 1982). Πρόσφατες μελέτες επιδημιολογικών ενδείξεων δείχνουν ότι χαμηλά επίπεδα βιταμινών E, C και β-καροτένιου στο πλάσμα του αίματος συνδέονται με αυξημένο κίνδυνο καρδιακών παθήσεων (Gey *et al.*, 1987, 1991, Gey και Pusha., 1989).

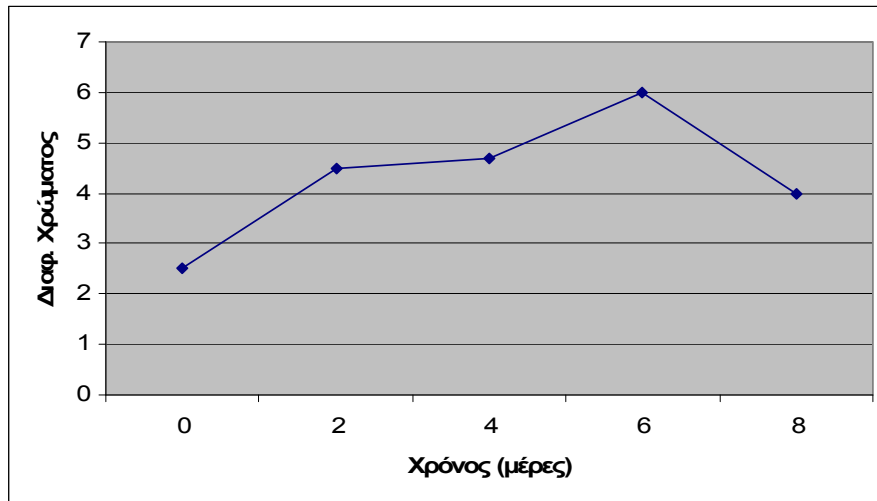
2.9.4 Διάρκεια συντήρησης και ποιότητα κρέατος ζώου που η τροφή του είναι πλούσια σε βιταμίνη E.

Ο βαθμός αποχρωματισμού του κρέατος πιστεύεται ότι σχετίζεται με τη δράση των οξειδωτικών διεργασιών και των ενζυματικών αναγωγικών συστημάτων, στη ρύθμιση των επιπέδων μεταμυοσφαιρίνης στο κρέας (Faustman και Cassens, 1990). Επιπροσθέτως, οι Faustman *et al.* (1989 β) παρατήρησαν ότι υπό συνθήκες εκθέσεως σε σούπερμαρκετ, ορισμένοι μυϊκοί ιστοί νωπών τεμαχίων βοδινού Holstein, έτειναν να αποχρωματισθούν πιο γρήγορα παρά τα αντίστοιχα τεμάχια τα προερχόμενα από βοδινό άλλων φυλών, και συνεπώς είχαν μικρότερο χρόνο διατήρησης.

Σύμφωνα με δύο πειράματα, κατά τα οποία, το σιτηρέσιο των μόσχων Holstein, εμπλουτίστηκε με 370 mg α-τοκοφερόλης, ανά ζώο και ημέρα, για περίπου 40 εβδομάδες (Faustman *et al.*, 1989 α, β). Το χρώμα και η σταθερότητα των λιπιδίων του κρέατος αυτών των μόσχων, συγκρίθηκε με εκείνα του κρέατος της ομάδας-μάρτυρα, που δεν έλαβαν εμπλουτισμένη τροφή.

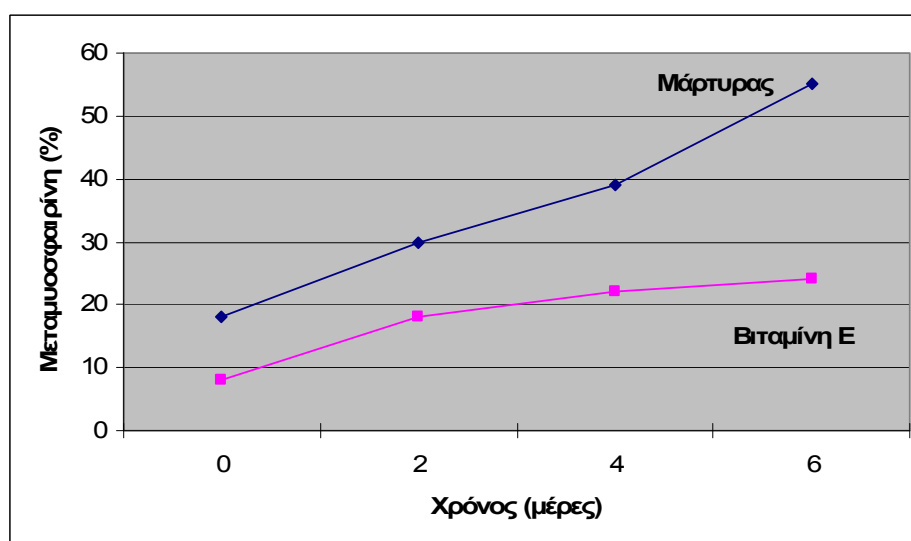
Ο εμπλουτισμός της τροφής επέδρασε αποτελεσματικά στην απώλεια του επιθυμητού χρώματος, στην οξείδωση των λιπιδίων και στη συσσώρευση μεταμυοσφαιρίνης στους ιστούς του μοσχαρίσιου κρέατος. Οι μεταβολές στο χρωματισμό, που μετρήθηκαν με τις παραμέτρους Hunter (χρώμα και «α» τιμές), εκδηλώθηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό, σε κόντρα φιλέτο από μόσχους της ομάδας-μάρτυρα, ύστερα από διατήρηση σε 4°C για 8 μέρες.

Η διαφορά χρωματισμού ανάμεσα στις δύο ομάδες αυξήθηκε από την ημέρα 0 μέχρι την ημέρα 6, πιθανώς λόγω ταχύτερης οξείδωσης των χρωστικών στα κομμάτια κρέατος του μάρτυρα. Την 8^η μέρα η τιμή E ελαττώθηκε από το μέγιστο της 6^{ης} ημέρας, ίσως λόγω μείωσης του ποσοστού οξείδωσης στα τεμάχια κρέατος του μάρτυρα (εικόνα 6).



Εικόνα 6: Διαφορά χρώματος κατά την αποθήκευση στους 4°C σε μπριζόλες μόσχου από φυλή Holstein με και χωρίς εμπλουτισμό της τροφής με βιταμίνη E
Πηγή: Faustmann et al., 1989 α

Η συσσώρευση μεταμυοσφαιρίνης σε φρεσκοκομμένο κιμά από κόντρα φιλέτο, που διατηρήθηκε στους 4°C για 6 μέρες ήταν μεγαλύτερη στην ομάδα μάρτυρα, παρά στην ομάδα που έλαβε εμπλουτισμένη τροφή με α-τοκοφερόλη (Faustman *et al.*, 1989). Η σταθερότητα έναντι της οξειδωσης φρεσκοκομμένου κιμά σε ψύξη και κατάψυξη, βελτιώθηκε με προσθήκη α-τοκοφερόλης (εικόνα 7). Η ανάλυση των στοιχείων έδειξε ότι συγκεντρώσεις α-τοκοφερόλης άνω των 0,3mg/100g κρέατος ήταν απαραίτητη για τη μείωση της συσσώρευσης μεταμυοσφαιρίνης ή των τιμών TBARS σε κιμά από κόντρα φιλέτο.



Εικόνα 7: Συσσώρευση μεταμυοσφαιρίνης σε νωπό αλεσμένο κόντρα φιλέτο από μοσχάρια φυλής Holstein κατά την αποθήκευση σε 4 °C (Faustman et al., 1989 β)

Πίνακας 5: Μέσες συγκεντρώσεις α-τοκοφερόλης και τιμές TBARS σε τεμάχια αλεσμένων κόντρα φιλέτων διατηρημένα σε κατάψυξη (-18°C) από μοσχάρια Holstein που έλαβαν τροφή με εμπλουτισμό βιταμίνης E (υπό μορφή οξικής α-τοκοφερόλης).

Ομάδα υπό έλεγχο	Περιεκτικότητα του ιστού σε α-τοκοφερόλη (mg/100gr)	Τιμές TBARS (mg μαναλδεϋδη/kg κρέατος)		
		Αποθήκευση (μήνες)		
		0	1,5	3,0
Μάρτυρας	0,16	0,11	1,19 ^α	1,48 ^α
Με εμπλουτισμό βιταμίνης E	0,44	0,13	0,13 ^β	0,26 ^β

Πηγή: Faustman *et al.*, 1989 b

α, β: Μέσες τιμές TBARS στην ίδια στήλη που χαρακτηρίζονται με διαφορετικά γράμματα (α,β) έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά (P<0,05)

Συγκρίσεις σταθερότητας χρώματος από 3 πρόσφατες μελέτες του Πανεπιστημίου του Wisconsin (Madison, USA), όπου εκτιμήθηκαν τα αποτελέσματα της προσθήκης βιταμίνης E στη τροφή μόσχων, σε σχέση με τη διατήρηση του χρώματος του κρέατος, συνοψίζονται στον πίνακα 6.

Πίνακας 6: Επίδραση της προσθήκης βιταμίνης E στην τροφή, στην ποιότητα του κρέατος και σύγκριση της σταθερότητας χρωματισμού του φιλέτου.

Αρ. Μελέτης	Καθαρή δόση βιταμίνης E (mg/ημέρα)	Συγκέντρωση α-τοκοφερόλης σε φιλέτο (μg/g φρέσκου ιστού)	Παράταση διάρκειας εκθέσεως στα ράφια (ημέρες)
Μάρτυρας	0	1,4	0
1	300	3,8	5,3
2	1140	6,2	2,0
3	360	4,1	2,5
	1280	6,8	4,0

Πηγή: Williams, 1992

Από μελέτη απογραφής που έχει γίνει σε επιχείρηση λιανικής πώλησης κρέατος μόσχου (Booz-Allen and Hamilton Inc.,1989), υπολογίστηκε ότι η απώλεια αξίας συνέπεια ακαταλληλότητας, εκφρασμένη ως ποσοστό του απαιτούμενου μικτού περιθωρίου λιανικής πώλησης, ανέρχεται για το νωπό κρέας στο 5,4%.

2.9.5 Εμπλουτισμός με βιταμίνη E και σταθερότητα διατήρησης του κρέατος.

Αρκετές μελέτες διεξήχθησαν πάνω σε μεθόδους βελτιώσεως της σταθερότητας έναντι της οξειδωσης του κρέατος μόσχου. Οι Ellis et al (1974), παρατήρησαν ότι ήταν δυνατόν να παραχθεί μοσχαρίσιο κρέας με υψηλή ικανότητα συντήρησης, χορηγώντας στα μοσχάρια βιταμίνη E μαζί με γάλα από αγελάδες που είχαν τραφεί με προστατευμένο ηλιέλαιο. Μετά τον απογαλακτισμό, το σιτηρέσιο των μοσχαριών περιείχε επίσης προστατευμένο ηλιέλαιο.

Η επίδραση της βιταμίνης E και του φοινικέλαιου ή αραβοσιτελαίου, πάνω στη σταθερότητα των λιπιδίων του μοσχαρίσιου κρέατος, κατά την διατήρηση του στην κατάψυξη, αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας των Snorland *et al* (1981). Μόσχοι οι οποίοι διατράφηκαν με σιτηρέσια τα οποία περιείχαν ένα από τα δύο παραπάνω έλαια, σαν υποκατάστατα του λίπους γάλακτος, με ή χωρίς βιταμίνης E (500 mg οξικής α-τοκοφερόλης/ημερησίως), μέχρι τη σφαγή σε ηλικία 9 εβδομάδων. Η προσθήκη βιταμίνης E καθυστέρησε την οξειδωση των λιπιδίων των ιστών του επιμήκους ραχιαίου μύος (*longissimus dorsi*) κατά τη διατήρηση τους στην κατάψυξη.

Οι Engeseth *et al.*, (1990) ερεύνησαν τη σχέση ανάμεσα στη προσθήκη βιταμίνης E στη τροφή, και τη σταθερότητα των λιπιδίων και της χοληστερόλης του κρέατος και της οξειδώσεως των λιπιδίων των κυτταρικών μεμβρανών. Αρσενικά μοσχάρια Holstein έλαβαν πλήρες γάλα με ή χωρίς βιταμίνη E (500 mg α-τοκοφερόλης/ημερησίως) από τη γέννηση μέχρι τη σφαγή τους. Η προσθήκη βιταμίνης E είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερη συγκέντρωση α-τοκοφερόλης στο μυϊκό ιστό (0,61mg/100g), σε σχέση με εκείνη των μόσχων της ομάδας-μάρτυρα (0,11mg/100g). Οι συγκεντρώσεις α-τοκοφερόλης στην κυτταρική μεμβράνη ακολούθησαν παρόμοιες αναλογίες.

Γενικότερα αποδείχθηκε ότι η προσθήκη βιταμίνης E

- 1) Ενίσχυσε τη σταθερότητα των λιπιδίων των μεμβρανών στην οξείδωση που προκαλεί η αντίδραση μεταμυοσφαιρίνης/ H_2O_2
- 2) Βελτίωσε τη σταθερότητα έναντι της οξείδωσης του ωμού και μαγειρευμένου μυϊκού, κατά τη διατήρηση του σε ψύξη $4^{\circ}C$
- 3) Ανέστειλε την παραγωγή τοξικών οξειδίων χοληστερόλης

2.9.6 Εμπλουτισμός της τροφής με βιταμίνη E και οικονομικά οφέλη

Τα αποτελέσματα των μελετών αποδεικνύουν ένα πραγματικό πλεονέκτημα στη παράταση του χρόνου συντήρησης του μοσχαρίσιου και βοδινού κρέατος, ως αποτέλεσμα του εμπλουτισμού της τροφής αυτών των ζώων με βιταμίνη E. Αυτό το πλεονέκτημα οφείλεται κυρίως στην ενσωμάτωση της βιταμίνης E στις κυτταρικές μεμβράνες, όπου αυξάνει τη φυσική σταθερότητα, και μεγιστοποιεί την αντιοξειδωτική ικανότητα του συστήματος. Η προσθήκη βιταμίνης E, κατά την επεξεργασία των προϊόντων κρέατος δεν εξασφαλίζει την επαρκή εναπόθεση της βιταμίνης E κοντά στις μεμβράνες, ώστε να ασκήσει την αντιοξειδωτική της επίδραση (Faustman C., 1989a).

Η προσθήκη βιταμίνης E στην τροφή, μειώνει την οξείδωση των λιπιδίων και κατά συνέπεια βελτιώνει τη σταθερότητα του χρώματος κρέατος, με την παράταση της μεταμυοσφαιρινο-αναγωγικής ικανότητας του κρέατος. Επιπλέον, η βιταμίνη E προσδίδει στο βοδινό κρέας «μία υγιή εικόνα», επειδή αναστέλλει την οξείδωση της χοληστερόλης (Williams SN, 1992).

Γενικότερα, η προσθήκη βιταμίνης E, έχει τη δυνατότητα να μειώσει την οικονομική ζημιά που επιφέρει η μεταβολή του χρώματος του νωπού βοδινού, του εκτεθειμένου στο ράφι του λιανοπωλητή κρεοπώλη. Έχει εκτιμηθεί ότι αυξάνοντας κατά δύο μέρες τη διατήρηση του χρώματος του βοδινού κρέατος, το λιανεμπόριο θα μπορούσε να εξοικονομήσει στις ΗΠΑ περίπου 800-1000 εκατομμύρια δολάρια ετησίως (Faustman C., 1989a).

2.10 Καροτενοειδή

Τα καροτενοειδή αποτελούν μία ομάδα άνω των 600 χρωστικών οι οποίες βρίσκονται στη φύση και έχουν έντονη αντιοξειδωτική δράση. Οι περισσότερες από αυτές περιέχουν 40 άτομα άνθρακα και πολλά μόρια καροτενοειδών περιέχουν οξυγόνο (ξανθοφύλλες) (Brady WE., 1996).

Κάποια από τα καροτενοειδή, κυρίως το β-καροτένιο, έχουν την ιδιότητα να λειτουργούν ως προβιταμίνη Α. Αυτή η ιδιότητα σημαίνει ότι μπορούν να μετατραπούν σε βιταμίνη Α από το μεταβολισμό του ζώου. Όμως, σχεδόν όλα τα είδη ζώων διαφέρουν μεταξύ τους στο πόσο καλά μπορούν να μετατρέψουν το β-καροτένιο σε βιταμίνη Α. Εκτός από αυτές τις διαφορές στην ικανότητα μετατροπής του β-καροτένιου σε βιταμίνη Α, σοβαρές διαφορές παρουσιάζονται στην ικανότητα ενός ζώου να απορροφά και να μεταφέρει καροτενοειδή (Burton GW., 1989). Τα βοοειδή, τα άλογα, τα κοτόπουλα και οι άνθρωποι απορροφούν μεγάλες ποσότητες διαφορετικών καροτενοειδών μέσω της διατροφής τους τις οποίες και μεταφέρουν σε ολόκληρο το σώμα τους μέσω του κυκλοφορικού τους συστήματος. Τα θηλαστικά μπορούν και μεταφέρουν τα καροτενοειδή στο γάλα, τα κοτόπουλα στον κρόκο των αυγών τους και στον υποδόριο λιπώδη ιστό τους και τα σαλμονοειδή στους μυϊκούς ιστούς τους.

Τα καροτενοειδή ανέκαθεν αποτελούσαν έναν πολύ σημαντικό παράγοντα για τη βιομηχανία γαλακτοκομικών, πουλερικών και των ιχθυοκαλλιεργειών για τις χρωστικές τους ιδιότητες (Di Mascio P, Kaiser S, 1989). Το γάλα και τα παράγωγα του περιέχουν β-καροτένιο σαν το κύριο καροτενοειδές, καθώς και μία ποσότητα λουτεΐνης η οποία υπάρχει σε επάρκεια στα πράσινα φυτά στους βοσκοτόπους. Αυτά τα καροτενοειδή είναι οι ουσίες που δίνουν το βαθύ κίτρινο χρώμα το οποίο εκτιμούν οι καταναλωτές στα γαλακτοκομικά προϊόντα. Η λουτεΐνη και η ζεαξανθίνη που παρουσιάζονται στο καλαμπόκι είναι σημαντικές πηγές χρωστικών για τα προϊόντα των πουλερικών μιας και δίνουν το έντονο χρώμα στον κρόκο του αυγού και στο δέρμα των κρεοπαραγωγικών πτηνών. Τα κόκκινα καροτενοειδή κανθαξανθίνη και ασταξανθίνη, είναι ιδιαίτερα σημαντικά στον τομέα των ιχθυοκαλλιεργειών διότι δίνουν στην πέστροφα και στο σολομό το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα που αποζητά ο καταναλωτής. Ένα μίγμα κόκκινων καροτενοειδών εμφανίζεται στον καρπό της πάπρικας, το οποίο μάλιστα χρησιμοποιείται κατά κόρον στη βιομηχανία τροφίμων σαν φυσική χρωστική ουσία (Parker RS., 1999).

Ο κύριος λόγος της χρήσης των καροτενοειδών από τη βιομηχανία τροφίμων στο παρελθόν ήταν η παραγωγή βιταμίνης Α και η δημιουργία ελκυστικού χρώματος στα τρόφιμα. Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον για τα καροτενοειδή και το ρόλο που παίζουν στην υγεία του ανθρώπου έχει αυξηθεί μετά την ανακάλυψη ότι η πλειονότητα των καροτενοειδών παρουσιάζει αντιοξειδωτική δράση. Δραστικά είδη οξυγόνου και οι ρίζες τους παράγονται συνεχώς μέσα στους ζωντανούς ιστούς. Αυτά τα δραστικά είδη οξυγόνου είναι ικανά να διαταράξουν την λειτουργία της κυτταρικής μεμβράνης μετατρέποντας φυσιολογικά κύτταρα σε επιβλαβή. Πιστεύεται τα δραστικά είδη οξυγόνου παίζουν ένα κύριο ρόλο σε όλα τα στάδια ανάπτυξης των καρκινογενέσεων και των φλεγμονωδών συνδρόμων, όπως η αρθρίτιδα (Chew B.P., 1993).

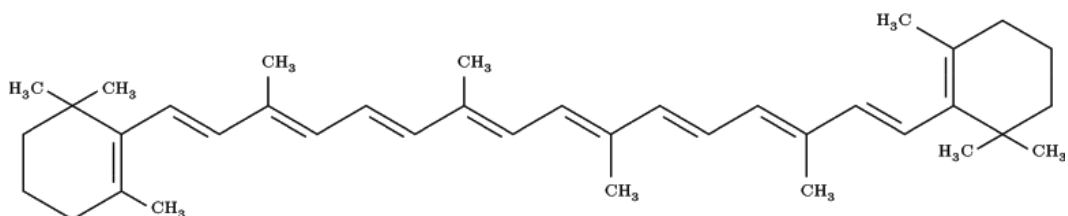
Πολλά καροτενοειδή και κυρίως το β-καροτένιο, το λυκοπένιο, η ασταξανθίνη και η κανθαξανθίνη λειτουργούν ως τα απόλυτα αντιοξειδωτικά αδρανοποιώντας τα αντιδρώντα είδη οξυγόνου και αντιδρώντας με τις ρίζες τους. Υπάρχουν όμως αρκετά καροτενοειδή σε τροφές, των οποίων ο ακριβής ρόλος ως βιολογικά οξειδωτικά δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητός, όπως η φυτοΐνη, η φυτοφλουΐνη, το λυκοπένιο, το α-καροτένιο, η β-κρυπτοξανθίνη, η ζεαξανθίνη, η λουτεΐνη, η κανθαξανθίνη, η καψανθίνη και η ασταξανθίνη (Parker R.S., 1999).

2.11 β-Καροτένιο

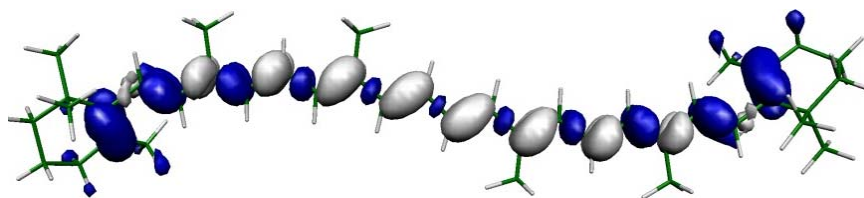
2.11.1 Χημεία, μεταβολισμός και βιοδιαθεσιμότητα

Το β-καροτένιο (εικόνες 8,9) όπως και πολλά άλλα καροτενοειδή όπως το α-καροτένιο και η β-κρυπτοξανθίνη δρουν ως προβιταμίνη της Α. Εκτός από τη δράση του ως προβιταμίνη της Α, το β-καροτένιο θεωρείται ότι τελεί και πολλές ακόμη βιολογικές λειτουργίες. Είναι άριστοι δεσμευτές ελευθέρων ριζών (Di Mascio P, Kaiser S, 1989), και σε έρευνες έχει αποδειχθεί ότι μπορούν να προστατεύουν τις λιποπρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας (LDL) από την οξείδωση. Άλλες λειτουργίες του β-καροτενίου που έχουν ανακαλυφθεί πιο πρόσφατα, όπως η αντικαρκινική του δράση, η ενίσχυση του ανοσοποιητικού και η προστασία του DNA από την υπεροξείδωση δείχνουν τη μεγάλη σημασία του για τον τομέα της υγείας (Tapiero H, Townsend DM, 2004).

Η βιοδιαθεσιμότητα του β-καροτενίου φαίνεται να εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (Parker RS, Swanson JE, Edwards AJ, 1999). Γενικά, η απορρόφηση του β-καροτενίου εξαρτάται από τη βιοδιαθεσιμότητα του στις τροφές και την διαλυτότητα του (Kaminsky NI, 1993). Πολλά καροτενοειδή απορροφώνται καλύτερα παρουσία διαιτητικών λιπών και από τροφές που έχουν πρώτα υποστεί κάποια μεταποίηση σε σχέση με αυτές που δεν έχουν υποστεί καμία. Το καροτένιο εμφανίζει περίπου την ίδια απορρόφηση σε μεταποιημένες και μη τροφές (Boileau TW, Boileau AC, 2002). Άλλοι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την απορρόφηση των καροτενοειδών είναι η περιεκτικότητα της τροφής σε ίνες, η υγεία του καταναλωτή και η φυσική μορφή του καροτενοειδούς (van het Hof, KH, Hautvast JG, 2000).



Εικόνα 8: Δυσδιάστατη απεικόνιση β-καροτενίου



Εικόνα 9: Τρισδιάστατη απεικόνιση β-καροτενίου

Το β-καροτένιο απορροφάται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και οι άλλες λιποδιαλυτές ενώσεις. Η συγκέντρωση του β-καροτενίου στο αίμα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το φύλο, το κάπνισμα, η ηλικία, η χοληστερόλη, η κατανάλωση αλκοόλ και το σωματικό βάρος (Brady WE, Mares-Perlman JA, Bowen P., 1996).

Ενδεδειγμένη διαίτα ούτως ώστε να αυξάνεται η ποσότητα καροτενοειδών στον οργανισμό δεν υπάρχει στις ΗΠΑ και στην Ε.Ε.. Αυτό συμβαίνει διότι η ποσότητα καροτενοειδών που πρέπει να έχει η ανθρώπινη διαίτα είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, εν μέρει επειδή οι μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη προετοιμασία διαιτολογίων είναι πολύ γενικές. Οι κύριες πηγές β-καροτενίου και άλλων φυσικών καροτενοειδών γενικότερα βρίσκονται στον πίνακα 7.

Τα καροτενοειδή δεν κρίνονται απαραίτητα για την κανονική ανάπτυξη ενός οργανισμού, οι βιολογικές τους δράσεις όμως μπορούν να προστατεύσουν τον οργανισμό εμποδίζοντας την εμφάνιση σημαντικών ασθενειών, όπως ο καρκίνος, ο καταρράκτης και η καρδιαγγειακή νόσος (Tariero H, Townsend DM, 2004).

Πίνακας 7: Φυσιικά καροτενοειδή και οι τροφές στις οποίες περιέχονται

Καροτενοειδές	Τροφή
Ασταξανθίνη	Άλγη, μαγιά
Μπιξίνη	Σπόροι του Bixa orellano
Καψανθίνη	Καρπός της πάπρικας
β-καροτένιο	Άλγη, κάρωτο, πορτοκάλι, τομάτα
Καρορουμπίνη	Καρπός της πάπρικας
Κρυπτοξανθίνη	Καλαμπόκι
Λουτεΐνη	Καλαμπόκι, πράσινα λαχανικά, μηδική
Λυκοπένιο	Τομάτα, καρπούζι, σαγκουίνι, πάπρικα γκρέιπ φρουτ.
Ζεαξανθίνη	Καλαμπόκι, μηδική

2.12 Βιταμίνη Α

Εκτός από τη δράση τους ως αντιοξειδωτικά ορισμένα καροτενοειδή (β-καροτένιο, β-κρυπτοξανθίνη) έχουν και περαιτέρω αντιοξειδωτική δράση δρώντας ως προβιταμίνη της βιταμίνης Α. Η βιταμίνη Α (ρετινόλη) από μόνη της αποτελεί ένα ιδιαίτερα ισχυρό αντιοξειδωτικό. Η συγκεκριμένη ουσία δεν απαντάται σε φυτικές τροφές. Το β-καροτένιο μπορεί να μετατραπεί σε ενεργή βιταμίνη Α στα ζώα τα

οποία έχουν ένα ειδικό ένζυμο (φωσφατιδική χολίνη) στο εντερικό τους τοίχωμα. Τέτοια ζώα είναι τα βουβάλια, οι σκύλοι, οι αιγες, οι χοίροι, τα κουνέλια, τα ποντίκια και τα πρόβατα. Σε άλλα είδη όπως οι άνθρωποι, τα βοοειδή, τα κοτόπουλα και τα άλογα ένα μεγάλο μέρος του καροτενίου απορροφάται άθικτο. Τα ζώα τα οποία απορροφούν άθικτο το καροτένιο έχουν κίτρινο λιπώδη ιστό, ενώ τα ζώα τα οποία μετατρέπουν το β-καροτένιο σε βιταμίνη Α πριν την απορρόφηση έχουν λευκό λιπώδη ιστό. Υπάρχουν βέβαια και ζώα τα οποία όχι μόνο δεν έχουν το κατάλληλο ένζυμο για να μετατρέπουν το β-καροτένιο σε βιταμίνη Α, αλλά στερούνται και την ικανότητα της απευθείας απορρόφησης του β-καροτενίου. Τέτοια είδους ζώα (όλα τα αιλουροειδή) μπορούν να πάρουν την απαραίτητη ποσότητα σε βιταμίνη Α μόνο μέσω κατανάλωσης κρέατος και χαρακτηρίζονται ως «υποχρεωτικά σαρκοφάγα».

Η ρετινόλη, η διαιτητική μορφή της βιταμίνης Α, είναι μία λιποδιαλυτή βιταμίνη με αντιοξειδωτική δράση, με σημαντική ρόλο στη σωστή ανάπτυξη και όραση όλων των οργανισμών που ανήκει στην οικογένεια των ρετινοϊδών. Η ρετινόλη μπορεί να απορροφηθεί είτε απευθείας μέσω ζωικών πηγών (γάλα, ήπαρ, αυγά), είτε μέσω φυτικών πηγών (καρότα, σπανάκι) οι οποίες περιέχουν καροτενοειδή προβιταμίνης-Α.

2.12.1 Χημεία της βιταμίνης Α

Πολλά διαφορετικά ισομερή ρετινόλης, ρετινάλης και ρετινοϊκού οξέος δημιουργούνται από τους διάφορους τρόπους που συνδέονται οι τέσσερις διπλοί δεσμοί που βρίσκονται στην αλυσίδα. Η διαδικασία της σωστής όρασης εξαρτάται από τα ισομερή της ρετινόλης και από τη μετατροπή τους από -cis σε -trans προκαλώντας έτσι μία αλλαγή στην ενεργοποίηση του μορίου φωτοδέκτη. ένα από τα πρώτα σημάδια έλλειψης βιταμίνης Α είναι η «νυχτερινή τύφλωση» η οποία ακολουθείται από μειωμένη οξύτητα της όρασης.

Πολλές από τις λειτουργίες της βιταμίνης Α που δεν συνδέονται με την όραση έχουν κάποια σχέση με την παρουσία του ρετινολικού οξέος το οποίο ουσιαστικά διαχειρίζεται την γονιδιακή έκφραση ενεργοποιώντας ενδοκυτταρικούς δέκτες ρετινολικού οξέος. Η δράση της βιταμίνης Α θεωρείται απαραίτητη για τη σωστή λειτουργία του ανοσοποιητικού, την ορθή ανάπτυξη του αναπαραγωγικού συστήματος, ενώ βοηθά στην πρόληψη εκ γενετής μολύνσεων και προβλημάτων τα

οποία παρατηρήθηκαν σε πληθυσμούς των οποίων η διατροφή ήταν ιδιαίτερα φτωχή σε βιταμίνη Α.

2.12. Χρησιμότητα της Βιταμίνης Α

Η βιταμίνη Α είναι απαραίτητη για την παραγωγή ροδοψίνης, της χρωστικής που χρησιμοποιείται όταν υπάρχει χαμηλή ένταση φωτός. Αυτός είναι κι ο λόγος που οι τροφές πλούσιες σε βιταμίνη Α βοηθούν στο να βλέπουμε καλύτερα στο σκοτάδι.

Επίσης η βιταμίνη Α είναι απαραίτητη για τη σωστή λειτουργία των κυττάρων των επιθήλιων και την ανανέωση τους. Τα επιθήλια είναι το πρώτο φυσικό εμπόδιο σε μία πιθανή μόλυνση. Ακόμη μέσω της βιταμίνης Α διατηρούνται σε σταθερό αριθμό τα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος, όπως τα λεμφοκύτταρα (Β-κύτταρα, Τ-κύτταρα), καθώς και πολλά μυελοκύτταρα (μακροφάγα, ουδετερόφιλα και μυελοειδή δενδριτικά κύτταρα). Όταν υπάρχει έλλειψη βιταμίνης Α τα κύτταρα τα οποία εκκρίνουν βλέννα αντικαθίστανται από κύτταρα τα οποία εκκρίνουν κερατίνη που τελικά οδηγεί σε κεράτωση. Ακόμη η βιταμίνη Α θεωρείται απαραίτητη για τη σύνθεση των γλυκοπρωτεϊνών, που η έλλειψή τους μπορεί να οδηγήσει σε έλκη του κερατοειδούς.

2.13 Φλαβονοειδή

Τα φλαβονοειδή είναι μία ομάδα από υδατοδιαλυτούς φαινολικούς γλυκοζίτες οι οποίοι είναι ιδιαίτερα διαδεδομένοι στα φυτά και χωρίζονται σε τέσσερις ομάδες, στις φλαβανόνες, στις φλαβόνες, στις φλαβονόλες και στις ανθοκυανίνες. Πολλά φλαβονοειδή, συγκεκριμένα οι ανθοκυανίνες, είναι ζωντανά χρωματισμένα και μαζί με τη χλωροφύλλη και τα καροτενοειδή είναι υπεύθυνα για τα περισσότερα χρώματα που συναντούμε στα φυτά. Συνεπώς είναι πολύ κοινά και στις τροφές. Τα φλαβονοειδή έχουν παρόμοια αντιοξειδωτική δράση με τη βιταμίνη Ε. Αντιδρούν με υπεροξειδωμένες ελεύθερες ρίζες και δημιουργούν σύμπλοκα τα οποία εμποδίζουν τη δημιουργία ελεύθερων ειδών οξυγόνου.

Μια μεγάλη πηγή φλαβονοειδών, συγκεκριμένα φλαβονολών, είναι το πράσινο τσάι (Κινέζικο τσάι). Οι συγκεκριμένες ουσίες συνήθως περιγράφονται ως κατεχίνες και είναι ένα μείγμα ουσιών οι οποίες προέρχονται από την επικατεχίνη και

είναι η επικατεχίνη, η επιγαλλοκατεχίνη. Οι κατεχίνες του πράσινου τσαγιού έχουν πολύ καλή αντιοξειδωτική δράση συγκριτικά με αυτή των «κοινών» αντιοξειδωτικών BHA, BHT, TBHQ και α-τοκοφερόλη (Chen and Chan, 1996). Το πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι συγκεκριμένες ουσίες αποτελεί ότι είναι υδατοδιαλυτές, άρα δεν είναι εύκολο να ενσωματωθούν απευθείας στα λίπη και στα έλαια. Παρόλα αυτά, η ιδιαίτερη αντιοξειδωτική δράση η οποία είναι εμφανής στα πειράματα (Chen and Chan, 1996) δείχνει ότι το συγκεκριμένο πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί και ότι οι κατεχίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν φυσικά αντιοξειδωτικά τα οποία θα μπορούσαν να προστατεύσουν τα λίπη και τα έλαια στις τροφές από την οξείδωση.

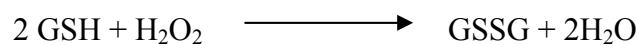
Στο χώρο της διατροφής υπάρχει πλέον ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα φλαβονοειδή λόγω των ιδιαίτερων θετικών συνεπειών που έχουν στην ποιότητα της διατροφής και της υγείας (Benavente-Garcia *et al.*, 1997). Έχουν ιδιαίτερες αντικαρκινικές ιδιότητες λόγω της προστασίας από τη μετάλλαξη που παρέχουν στο DNA. Βοηθούν στην καλύτερη λειτουργία των αγγείων και έχουν θετική επίδραση στη μείωση της αιμορραγίας. Τα φλαβονοειδή μπορούν επίσης να εμποδίσουν την οξείδωση λιποπρωτεϊνών μικρής πυκνότητας στο αίμα και ως συνέπεια να μειώσουν την πιθανότητα αρτηριοσκλήρυνσης και καρδιακών παθήσεων. Τέλος τα φλαβονοειδή φαίνεται να έχουν αντιφλεγμονώδη, αντιαλλεργική, καθώς και αντιμικροβιακή δράση ενάντια σε κάποιους μύκητες και ιούς.

Με τόσες θετικές συνέπειες που παρουσιάζουν τα φλαβονοειδή είναι απόλυτα λογικό πλέον να διανέμονται στο εμπόριο ως συμπληρώματα υγιεινούς διατροφής. Τα φλαβονοειδή που λαμβάνονται από κορμούς πεύκων, καθώς και το πράσινο τσάι, αποτελούν πλέον πιστοποιημένα προϊόντα τα οποία βοηθούν στην πρόληψη καρδιακών παθήσεων, αντιμετωπίζουν τις αλλεργίες και έχουν ευεργετική δράση στην εξάλειψη των φλεγμονών που οφείλονται στις αρθρίτιδες.

2.14 Σελήνιο(Se)

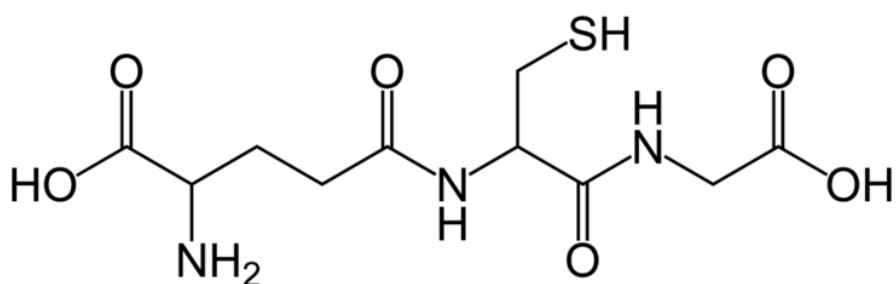
Το σελήνιο (Se) είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο για τον άνθρωπο και αποτελεί ένα από τα πιο δραστικά φυσικά αντιοξειδωτικά. Σαν στοιχείο το σελήνιο αποτελεί μέρος της υπεροξειδάσης της γλουταθειόνης (GSH-Px) (εικόνα 9) η οποία αποτελεί την πρώτη γραμμή ενδοκυτταρικής άμυνας κατά της οξείδωσης απομακρύνοντας το

H₂O₂ οξειδώνοντας την αναγόμενη μορφή της γλουταθειόνης (GSH) σε οξειδωμένη μορφή (GSSG) (εικόνα 10).

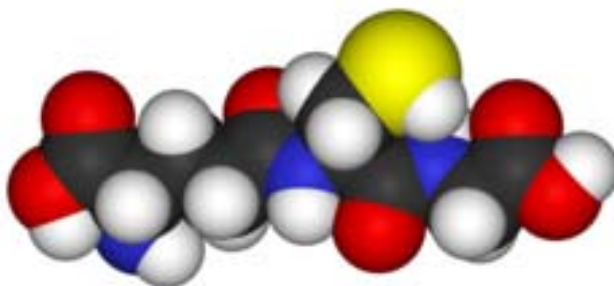


Εικόνα 10: Αντίδραση της αναγόμενης μορφής της γλουταθειόνης (GSH) σε οξειδωμένη μορφή (GSSG).

Το σελήνιο εμφανίζεται σε δύο μορφές την οργανική και την ανόργανη. Στην ανόργανη μορφή του μπορεί να βρεθεί σε ορυκτά σε διάφορες μορφές οξειδωμένου σεληνίου. Το σελήνιο απορροφάται από τα φυτά τα οποία με τη σειρά τους συνθέτουν τα σεληνοαμινοξέα (Olson and Palmer., 1976) παρέχοντας μέσω της κατανάλωσης τους τις ποσότητες σεληνίου που είναι απαραίτητες στα ζώα.



Εικόνα 10: Δυσδιάστατη απεικόνιση της γλουταθειόνης



Εικόνα 12: Τρισδιάστατη απεικόνιση της γλουταθειόνης

Η συγκέντρωση σεληνίου στα εδάφη διαφέρει σημαντικά από περιοχή σε περιοχή (Reilly, 1996) και η διαθεσιμότητα του στοιχείου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Σε περιπτώσεις εδαφών που έχουν όξινο pH ή φτωχό αερισμό, το σελήνιο μπορεί να δημιουργήσει αδιάλυτα σύμπλοκα με το υδροξείδιο του σιδήρου και να μειώσει σημαντικά τη διαθεσιμότητα του. Επίσης η ποσότητα του υδατοδιαλυτού σεληνίου στα εδάφη διαφέρει σημαντικά από περιοχή σε περιοχή και δεν σχετίζεται με την ολική περιεκτικότητα του εδάφους σε σελήνιο (Combs and Combs., 1986). Άρα για να διατηρείται σταθερή η ποσότητα σεληνίου πρέπει να προστίθεται από τον παραγωγό στην τροφή.

Επίσης η διαθεσιμότητα του σεληνίου δεν είναι ίδια από όλες τις φυτικές πηγές. Για παράδειγμα η μηδική, το σιτάρι και η μαγιά έχουν πολύ υψηλή διαθεσιμότητα σεληνίου σε αντίθεση με άλλα φυτά τα οποία κινούνται σε μέτρια επίπεδα.

Πίνακας 8: Βιοδιαθεσιμότητα σεληνίου στις ζωικές τροφές

Τροφή	Βιοδιαθεσιμότητα %
Αποξηραμένος σανός μηδικής	210
Μαγιά μύρας	89
Βαμβακόσπορος	86
Καλαμπόκι	86
Σιτηρά ζυθοποιίας	80
Σιτάρι	71
Αποξηραμένα σιτηρά αποστακτηρίου	65
Σόγια	60
Ιχθυάλευρο (ρέγγα)	25
Ιχθυάλευρο (τόνος)	22
Υποπροϊόντα πουλερικών	18
Κρεατάλευρα	15
Ιχθυάλευρα (μίγμα)	9

Η ιδιαίτερη αντιοξειδωτική δράση του σεληνίου φαίνεται ξεκάθαρα σε κρέας το οποίο είναι αποθηκευμένο για μεγάλο χρονικό διάστημα. Διαιτητικά συμπληρώματα οργανικού σεληνίου (0,4 ppm) είχαν ως συνέπεια σημαντική αύξηση

στη συγκέντρωση της βιταμίνης E στο κρέας. Ο συνδυασμός της βιταμίνης E και του σεληνίου στη διαίτα βοήθησε περισσότερο στην αυξημένη συσσώρευση βιταμίνης E στους ιστούς από ότι από μόνη της η μεγάλη προσθήκη της βιταμίνης E. Αυξάνοντας την περιεκτικότητα του κρέατος σε βιταμίνη E μπορούμε να παρατείνουμε το χρόνο αποθήκευσης του κρέατος αποφεύγοντας έτσι την κατανάλωση οξειδωμένης τροφής.

Είναι ξεκάθαρο ότι ο ρόλος του σεληνίου στη διατροφή και στην αναπαραγωγή των παραγωγικών ζώων, και κυρίως των κοτόπουλων, είναι πολύ σημαντικός. Πιο συγκεκριμένα, η ανακάλυψη νέων σεληνοπρωτεϊνών και η καλύτερη κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των διαφόρων αντιοξειδωτικών μας επιτρέπουν να βλέπουμε την ομάδα του σεληνίου με διαφορετική προοπτική. Το πιο συναρπαστικό μέρος της έρευνας γύρω από το σελήνιο προέρχεται από τις διαφορές που παρουσιάζονται στην αφομοίωση των διαφόρων μορφών των ενώσεων του σεληνίου (οργανικού και ανόργανου) από τον οργανισμό. Το πεπτικό σύστημα των ζώων έχει προσαρμοστεί μέσω της εξέλιξης να μεταβολίζει το οργανικό σελήνιο. Όμως η πλειονότητα των ερευνών οι οποίες έχουν γίνει μέχρι τώρα ασχολούνται με τη χρήση του ανόργανου σεληνίου. Άρα γίνεται εμφανής η ανάγκη της επανεκτίμησης πολλών παραμέτρων ειδικά των οργανικών ενώσεων του σεληνίου, ούτως ώστε να κατανοήσουμε και να αξιολογήσουμε σε μέγιστο βαθμό τις ευεργετικές συνέπειες του σεληνίου οι οποίες με τη σειρά τους θα μας οδηγήσουν στην αντιμετώπιση πολλών ασθενειών στα ζώα και στους ανθρώπους.

2.15 Πως οι αντιοξειδωτικές ουσίες βελτιώνουν την υγεία των ζωντανών μικροοργανισμών.

Τα αντιοξειδωτικά είναι χημικές ουσίες οι οποίες μειώνουν τη ζημιά που προκαλείται μέσω της οξείδωσης στα κύτταρα και στα βιομόρια. Οι ερευνητές έχουν βρει μία σημαντική σχέση ανάμεσα στη βλάβη που προξενείτε μέσω της οξείδωσης και την εμφάνιση ασθενειών. Είναι τεκμηριωμένο ότι ένας από τους κυριότερους παράγοντες κινδύνου στη στεφανιαία νόσο, είναι το υψηλό επίπεδο της λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας (LDL) που είναι μείζων φορέας χοληστερόλης στο αίμα. Οι οξειδωτικές μεταβολές της LDL πιστεύεται ότι αυξάνουν τις αθηρογενετικές ιδιότητες αυτής της τάξεως των λιποπρωτεϊνών. Τα οξειδωμένα σωματίδια της LDL δεν λαμβάνονται από τους κυτταρικούς υποδοχείς κατά ομαλό τρόπο, αλλά αναγνωρίζονται από τους υποδοχείς των μακροφάγων στο αίμα (Gey *et*

al., 1991). Τα μακροφάγα φορτίζονται με λιπίδια και προσδένονται σε αφρώδη κύτταρα που οδηγούν σε λιπώδεις ραβδωτές βλάβες με τελικό σχηματισμό αθηροσκληρωτικών βλαβών. Η αντιοξειδωτική θεωρία της καρδιαγγειακής παθήσεως, προβάλλει ως αξίωμα ότι οι αντιοξειδωτικές βιταμίνες (E και C) κι η β-καροτίνη προστατεύουν τις LDL από την οξείδωση. Η λήψη από τον άνθρωπο και τα ζώα αυξημένων ποσοτήτων αντιοξειδωτικών, αποδείχθηκε ότι μειώνει την οξείδωση της LDL του πλάσματος. Έχει αποδειχθεί ότι η οξείδωση των λιποπρωτεϊνών μικρής πυκνότητας (LDL) έχει άμεση σχέση με την εμφάνιση καρδιαγγειακών παθήσεων. Η διαδικασία η οποία οδηγεί στην αθηρογένεση και στα καρδιαγγειακά νοσήματα είναι πολύπλοκη και σχετίζεται με πολλαπλές βιοχημικές οδούς, αλλά η κύρια αιτία έναρξης των συγκεκριμένων διαδικασιών είναι η οξείδωση της LDL από τις ελεύθερες ρίζες, έχοντας ως αποτέλεσμα την εκδήλωση φλεγμονής και σχηματισμού αθηρωματικής πλάκας. Οι έρευνες υποδεικνύουν ότι η κατανάλωση των τροφών πλούσιες σε αντιοξειδωτικά μειώνει τη βλάβη στα κύτταρα και στις βιοχημικές ενώσεις από τις ελεύθερες ρίζες. Η κατανάλωση τροφών με αντιοξειδωτικές ιδιότητες μπορεί να καθυστερήσει, να εμποδίσει, ή ακόμη να αντιστρέψει κάποιες ασθένειες οι οποίες είναι αποτέλεσμα κυτταρικής καταστροφής, και ίσως να καθυστερεί και την ίδια τη διαδικασία της γήρανσης. Αυτή η υπόθεση αποτελεί και τη βάση της θεωρίας ότι η γήρανση προέρχεται από την καταστροφή που προκαλούν οι ελεύθερες ρίζες.

Μερικές από τις αντιδράσεις στο σώμα που παράγουν ελεύθερες ρίζες χρησιμοποιούν ιόντα μετάλλων. Μερικά αντιοξειδωτικά, όπως οι τανίνες που περιέχονται στα καρύδια, καλύπτουν (τυλίγονται γύρω από) αυτά τα ιόντα. Αυτό όχι μόνο μειώνει τη δημιουργία ελευθέρων ριζών (οι οποίες ουσιαστικά βασίζονται στα ιόντα μετάλλων), αλλά επίσης εμποδίζει την απευθείας οξείδωση των κυττάρων από άλλες βιοχημικές ουσίες.

Καταστρέφοντας τις ελεύθερες ρίζες και μειώνοντας την κυτταρική βλάβη τα αντιοξειδωτικά μπορούν να βελτιώσουν την υγεία των οφθαλμών και να εμποδίσουν τον εκφυλισμό της ωχράς κηλίδας ή τον περιορισμό οπτικών παθήσεων, όπως ο καταρράκτης. Επίσης, μπορούν και διατηρούν ή ακόμη και βελτιώνουν το ανοσοποιητικό σύστημα όταν παρουσιάζεται ανάγκη και εμποδίζει την εμφάνιση συμπτωμάτων που προέρχονται από τον εκφυλισμό των νεύρων λόγω της γήρανσης όπως η καθυστερημένη αντίδραση του εγκεφάλου και του νευρικού συστήματος σε ερεθίσματα.

Τα αντιοξειδωτικά εμποδίζουν σε μεγάλο ποσοστό τις βλάβες που μπορεί να γίνουν στο DNA (μεταλλάξεις) δημιουργώντας μία αντικαρκινική ασπίδα. Βοηθούν επίσης ενάντια στις αρτηριακές παθήσεις, δημιουργώντας υγιέστερες καρδιαγγειακές συνθήκες, οι οποίες με τη σειρά τους εμποδίζουν την εμφάνιση καρδιακών προσβολών, εγκεφαλικών, και άλλων καρδιαγγειακών παθήσεων. Τέλος, μπορούν επίσης να μειώσουν την περιεκτικότητα σε LDL και τη χοληστερίνη αυξάνοντας συγχρόνως την HDL και μειώνοντας την πίεση του αίματος (Σκούφος Ι και συν., 2005).

2.16 Υπεροξειδωση λιπιδίων και ασθένειες

Τα δραστικά είδη οξυγόνου (ROS) παράγονται στο σώμα συνεχώς ως μέρος του φυσιολογικού μεταβολισμού. Για αυτό ακριβώς το λόγο έχει δημιουργηθεί ένα πολύπλοκο και γενικά αποτελεσματικό αμυντικό σύστημα το οποίο μας προστατεύει από τις αρνητικές επιπτώσεις των οξειδίων. Συνήθως υπάρχει μία φυσική ισορροπία μεταξύ των οξειδωτικών (ROS) και των αντιοξειδωτικών (Βιταμίνες Α και Ε).

Υπάρχουν όμως και ορισμένες περιπτώσεις που ο οργανισμός γίνεται ευάλωτος στη βλάβη από οξειδωτικά μόρια (ROS), όπως όταν η αντιοξειδωτική άμυνα του οργανισμού δεν επαρκεί. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί όταν τα αντιοξειδωτικά τα οποία λαμβάνει ο οργανισμός είναι ελάχιστα, λόγω μη επαρκούς διατροφής ή λόγω κάποιας ασθένειας η οποία παρεμποδίζει της σωστή απορρόφηση τους από τον οργανισμό. Άλλες περιπτώσεις που το σώμα γίνεται ευάλωτο στην οξείδωση είναι όταν ιστοί έχουν τραυματιστεί ή καταστραφεί λόγω φυσικών αιτιών ή λόγω φλεγμονών ή όταν υπάρχει ιδιαίτερο φορτίο βαρέων μετάλλων στις τροφές και το νερό. Αυτές οι συνθήκες συνήθως οδηγούν σε διαταραχές της κυτταρικής οργάνωσης, στην απελευθέρωση ενζύμων και στην δημιουργία μεγάλων συγκεντρώσεων ROS.

Η ιδέα ότι το οξειδωτικό στρες, που δημιουργείται όταν υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση ROS, ευθύνεται για ένα μεγάλο φάσμα ασθενειών, τόσο στους ανθρώπους όσο και στα ζώα, αποτελεί πλέον κάτι σχεδόν σίγουρο σύμφωνα με την επιστημονική κοινότητα. Αυτές οι ασθένειες μπορεί να είναι σοβαρές φλεγμονές σε ανθρώπους που μπορεί να έχουν ποικίλες συνέπειες, όπως η καθυστέρηση επούλωσης πληγών, μεγάλη ευαισθησία των οφθαλμών στο φως και η δημιουργία καταρράκτη

και καρκινωμάτων. Είναι πλέον ευρέως αποδεκτό ότι η υπεροξειδωση των λιπιδίων παίζει σημαντικό ρόλο στην πρόκληση καρδιακών νοσημάτων. Οι λιποπρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας (LDL) στο αίμα και υψηλή συγκέντρωση πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στο στρώμα των φωσφολιπιδίων το οποίο είναι ιδιαίτερα ευάλωτο στην υπεροξειδωση ελευθέρων ριζών ευαισθητοποιούν τον οργανισμό για οξειδωτικές στρες. Οι ελεύθερες ρίζες που απελευθερώνονται μέσω της οξειδωσης των LDL θεωρείται να παίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στην αθηρωμάτωση των αγγείων. Η οξειδωμένη LDL έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αυτοαντισωμάτων καθώς και αύξηση των τοξικών προϊόντων, όπως τα υπεροξειδία και οι αλδεΐδες, τα οποία στη συνέχεια αλλάζουν τις χημικές και φυσικές ιδιότητες του περιβάλλοντος του κυκλοφορικού, έχοντας σαν τελικό αποτέλεσμα τη στένωση των αρτηριών.

Η έλλειψη αντιοξειδωτικών από τη διατροφή δεν επηρεάζει μόνο τους ανθρώπους, αλλά σχεδόν όλα τα ζώα.

Στις αγελάδες γαλακτοπαραγωγής, προβλήματα όπως οι μαστιτίδες, τα μαστικά οιδήματα και η μικρή αναπαραγωγική ικανότητα σχετίζονται άμεσα με το οξειδωτικό στρες (Miller *et al.*, 1993).

Στα πτηνά οι ασθένειες που μπορούν να προκληθούν λόγω της οξειδωσης είναι ο ασκίτης και η εγκεφαλομαλακία. Ο ασκίτης είναι μία πολύ σοβαρή και ακριβή ασθένεια στην αντιμετώπιση της, η οποία τελικά οδηγεί σε πνευμονική υπέρταση. Ιστολογικές εξετάσεις που έχουν γίνει σε κοτόπουλα που πάσχουν από τη συγκεκριμένη ασθένεια δείχνουν μεγάλο αριθμό φλεγμονών σε διάφορους ιστούς, οι οποίες προκλήθηκαν από υποξία.

Όταν οι πτηνοτροφικές μονάδες διαθέτουν ελλιπή εξαερισμό ή όταν αυτές βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο, τα κοτόπουλα είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στην προσβολή από υποξία. Τα φλεγμονώδη κύτταρα που ενεργοποιούνται είναι ουσιαστικά λευκά αιμοσφαίρια τα οποία δημιουργούν με τη σειρά τους δραστικά είδη οξυγόνου στους γύρω ιστούς οι οποίοι με τη σειρά τους αλλάζουν την αντιοξειδωτική κατάσταση των ιστών. Επειδή οι ελεύθερες ρίζες που στερούνται οξυγόνο (δραστικές μορφές οξυγόνου, ROS) παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην πρόκληση ιστολογικής βλάβης, κατά τη διάρκεια φλεγμονικών αντιδράσεων, είναι πιθανό η εμφάνιση της ασκίτιδας να οφείλεται στη δημιουργία πολλών ελευθέρων ριζών από την εισχώρηση φλεγμονοειδών κυττάρων σε τόσους μεγάλους αριθμούς που ως φυσικό επακόλουθο έχει την εξάντληση των αντιοξειδωτικών. Οι συγκεντρώσεις των κύριων κυτταρικών αντιοξειδωτικών δηλαδή της γλουταθειόνης, της βιταμίνης C, καθώς και

της βιταμίνης E ήταν πολύ χαμηλές σε πτηνά τα οποία είχαν συμπτώματα ασκίτιδας (Enkvetchakul, 1993). Η βλάβη στους ιστούς από την οξειδωση που οφείλεται σε μειωμένη αντιοξειδωτική περιεκτικότητα μπορεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας που οδηγεί στην εμφάνιση ασκίτικού συνδρόμου στα κοτόπουλα.

Η ασθένεια του αιμορραγικού συνδρόμου του λιπώδους ήπατος (FHLS) είναι μία ασθένεια η οποία συμβαίνει σποραδικά σε ωτόκες όρνιθες. Η πρώτη ένδειξη του συγκεκριμένου συνδρόμου είναι η αύξηση θνησιμότητας, με πτηνά που βρίσκονται σε πολύ υψηλό στάδιο παραγωγικότητας να ανευρίσκονται μέσα σε μία μέρα νεκρά. Τα νεκρά κοτόπουλα έχουν μεγάλες ποσότητες αίματος συσσωρευμένες στο ήπαρ και στην περιτοναϊκή κοιλότητα. Το ήπαρ πολλές φορές έχει πιο ανοικτό χρώμα από το κανονικό και είναι ιδιαίτερα μαλακό. Το ενδοηπατικό λίπος μπορεί πολλές φορές να ξεπεράσει το 40% του ξηρού βάρους και έχει αναφερθεί ότι αγγίζει το 70% (Spurlock and Savage, 1992). Η ασθένεια εμφανίζεται κυρίως σε υπέρβαρα κοτόπουλα στο δεύτερο μισό της ωτόκου περιόδου τους. Οι αιμορραγίες του ήπατος που προκαλούνται στη συγκεκριμένη ασθένεια μπορεί να προέρχονται από εκτεταμένη υπεροξειδωση των λιπιδίων των ακόρεστων λιπαρών οξέων τα οποία συσσωρεύονται στα ηπατοκύτταρα με περαιτέρω οξειδωτική βλάβη στο κύτταρο και την κυτταρική μεμβράνη (Spurlock and Savage, 1992). Σύμφωνα με την παραπάνω θεωρία, η αυξημένη χρήση του οξυγόνου λόγω των υψηλών αναγκών του μεταβολισμού του ήπατος κατά τη διάρκεια της ωτοκίας, σε συνδυασμό με την αυξημένη ποσότητα ακόρεστου λίπους, έχουν ως αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή ελευθέρων ριζών και υδροϋπεροξειδίων λιπιδίων τα οποία μπορούν να υπερκεράσουν τη φυσική αντιοξειδωτική άμυνα του οργανισμού επιφέροντας εκτενή βλάβη στο ήπαρ και σε άλλους ιστούς.

Η κακοήθης υποθερμία (MH) είναι μία ασθένεια η οποία εμφανίζεται ιδιαίτερα συχνά σε ορισμένες φυλές χοίρων. Χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου συνδρόμου είναι η ακαμψία των άκρων και η απότομη αύξηση της σωματικής θερμοκρασίας. Η κακοήθης υποθερμία μπορεί να προκληθεί από στρες που μπορεί να προκληθεί στο ζώο λόγω της μεταφοράς του και της υπερβολικής σωματικής άσκησης. Η αιτία της πρόκλησης του συνδρόμου της κακοήθους υποθερμίας θεωρείται πλέον η υπερβολική παραγωγή ελευθέρων ριζών ή όπως περιγράφεται από πολλούς το οξειδωτικό στρες.

Οι καπνιστές επίσης υπόκεινται αυξημένο οξειδωτικό στρες λόγω της εισπνοής του καπνού. Πολλές από τις κλινικές παθήσεις που απαντώνται στους

καπνιστές σχετίζονται με τις ελεύθερες ρίζες οι οποίες βλάπτουν τις πρωτεΐνες, τα λιπίδια και το DNA. Το κάπνισμα επιταχύνει και επιδεινώνει το οξειδωτικό στρες το οποίο με τη σειρά του οδηγεί σε διάφορα σύνδρομα ασθενειών.

2.17 Οξείδωση και ανοσοποιητικό σύστημα

Οι άνθρωποι και τα ζώα διαθέτουν ένα ανοσοποιητικό σύστημα το οποίο είναι υπεύθυνο να προστατεύει από μολύνσεις από παθογόνα, βακτήρια, μύκητες, ιούς και πρωτόζωα. Οι «διαχειριστές» της ανοσίας του σώματος είναι κύτταρα που αναφέρονται ως λεμφοκύτταρα και φαγοκύτταρα, τα οποία προέρχονται από το μυελό των οστών. Τα φαγοκύτταρα είναι ικανά να απορροφούν «ξένα» σωματίδια ή παθογόνα τα οποία και στη συνέχεια αποδομούν.

Το ανοσοποιητικό σύστημα είναι ικανό να αντιμετωπίσει παθογόνους μικροοργανισμούς οι οποίοι είτε εισέρχονται στο σώμα μέσω της τροφής και βρίσκονται στο γαστρεντερικό σωλήνα ή εισέρχονται στο σώμα μέσω φυσικού τραυματισμού ή πληγής ή μέσω του αναπνευστικού συστήματος. Μία από τις ιδιότητες κλειδιά του ανοσοποιητικού συστήματος είναι η ιδιότητα αναγνώρισης/ταυτοποίησης διαφόρων μικροοργανισμών, πρωτεϊνών και πολυσακχαριτών ως εισβολείς στο σώμα. Αυτοί οι εισβολείς έπειτα καταστρέφονται από κύτταρα του ανοσοποιητικού και τις εκκρίσεις τους. Μία παρόμοια αντίδραση συμβαίνει στα κύτταρα των ιστών τα οποία έχουν υποστεί αλλαγές οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε καρκινογένεση. Το ανοσοποιητικό σύστημα μπορεί να αναγνωρίσει πλέον συγκεκριμένα προκαρκινικά κύτταρα τα οποία θεωρεί εισβολείς και τα καταστρέφει. Οι περιβαλλοντικές και οι διατροφικές συνθήκες που μειώνουν την ανοσοποιητική λειτουργία αυξάνοντας το κίνδυνο μόλυνσης και την πιθανότητα εμφάνισης καρκινώματος. Η γήρανση σχετίζεται απόλυτα επίσης με τη μείωση της αποτελεσματικότητας του ανοσοποιητικού συστήματος μειώνοντας το χρόνο αντίδρασης του οργανισμού σε πιθανή εισβολή και ταυτόχρονη αύξηση σε μολύνσεις και στην εμφάνιση καρκινωμάτων. Συνεπώς, παράγοντες οι οποίοι μπορούν να ενισχύσουν την ανοσία μπορούν συγχρόνως να μειώσουν τον κίνδυνο μικροβιακών μολύνσεων και της εμφάνισης καρκίνου.

Πολλές από τις προστατευτικές λειτουργίες των ανοσοποιητικών κυττάρων βασίζονται στην περατότητα των κυτταρικών μεμβρανών. Η υπεροξείδωση των

λιπιδίων μειώνει την περατότητα της μεμβράνης. Η μείωση της περατότητας της μεμβράνης σχετίζεται άμεσα με τη μειωμένη ικανότητα το λεμφοκυττάρων να ανταποκρίνονται, επηρεάζοντας ουσιαστικά το χρόνο ανταπόκρισης του ανοσοποιητικού συστήματος σε ενδεχόμενη εισβολή από μικροοργανισμούς. Το οξειδωτικό στρες, το οποίο προκαλείται από την υπεριώδη (UV) ακτινοβολία, το κάπνισμα, την περιβαλλοντική ρύπανση και κατανάλωση οξειδωμένων τροφών αυξάνει κατά πολύ το χρόνο αντίδρασης του ανοσοποιητικού συστήματος.

Τα καρροτενοειδή στις τροφές σχετίζονται απόλυτα με τη μείωση του χρόνου ανταπόκρισης του ανοσοποιητικού συστήματος σε πιθανή εισβολή μικροοργανισμών. Υπάρχουν αρκετά στοιχεία τα οποία υποδεικνύουν ότι τα καρροτενοειδή έχουν θετική επίδραση στο ανοσοποιητικό των ζώων αυξάνοντας τον πληθυσμό και την κυτταροτοξική δραστηριότητα συγκεκριμένων λεμφοκυττάρων (Chew, 1993). Τα καρροτενοειδή ενισχύουν τη φαγοκυτταρική και την αντιβακτηριακή δραστηριότητα των ουδετερόφιλων του αίματος και των ιστιοκυττάρων.

Οι αντιοξειδωτικές βιταμίνες E και C, καθώς και το σελήνιο ενισχύουν τη δράση των ουσιών οι οποίες προστατεύουν από μολύνσεις και κακοήθεις εξαλλαγές. Όμως τα περισσότερα στοιχεία μας δείχνουν ότι η καθημερινή και ενδεδειγμένη ποσότητα που πρέπει να λαμβάνουμε για να ενισχύσουμε το ανοσοποιητικό μας σύστημα, πρέπει να ξεπερνά πολλές φορές την ποσότητα που προτείνεται από τους διατροφολόγους. Αποτελεί σημαντική πρόκληση για τους ερευνητές στον κλάδο της διατροφής και της υγείας να αναπτύξουν διατροφικές πολιτικές οι οποίες θα προάγουν την ανοσοποιητική διέγερση των ζώων πληθυσμών και του ανθρώπου σε ιδανικό επίπεδο, διατηρώντας συγχρόνως τις άμυνες του οργανισμού σε υψηλό επίπεδο ακόμη και σε μεγάλες ηλικίες ή δύσκολες καταστάσεις όπως είναι οι τραυματισμοί και οι ασθένειες.

2.18 Οφέλη διατροφής με τη χρήση αντιοξειδωτικών

Η διαδικασία της υπεροξειδωσης αποτελεί για πάρα πολλές ασθένειες κύρια αιτία και δευτερεύουσα συνέπεια συγχρόνως. Συμπεριλαμβάνοντας στο διαιτολόγιο φυσικά αντιοξειδωτικά πολλές φορές δεν είναι αρκετό. Η ποσότητα που λαμβάνει ένας οργανισμός θα πρέπει να είναι αρκετή έτσι ώστε να διατηρεί την υπεροξειδωση των λιπιδίων των σωματικών ιστών στο ελάχιστο. Η αποτελεσματικότητα των

αντιοξειδωτικών αμυντικών συστημάτων στην αντιμετώπιση της κυτταρικής βλάβης μέσω της οξείδωσης, εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα που έχουν οι τροφές σε αντιοξειδωτικές ουσίες. Πολλές από τις ουσίες οι οποίες εμποδίζουν την οξείδωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στις κυτταρικές μεμβράνες και στην LDL βρίσκονται στα φρούτα και στα λαχανικά (πίνακας 9).

Πίνακας: 9 Μέση περιεκτικότητα τοκοφερόλης (βιταμίνης E), καροτενοειδών και ασκορβικού οξέος σε διάφορες τροφές

Τροφές	Τοκοφερόλη (mg/100gr)	Καροτενοειδή (mg/100gr)	Ασκορβικό οξύ (mg/100gr)
<i>Αμύγδαλα</i>	20	-	
<i>Μπρόκολο</i>	0,6	4	-
<i>Λάχανο</i>	7	1	-
<i>Καρότο</i>	0,6	12	-
<i>Κοτόπουλο</i>	4	-	2,5
<i>Καλαμποκέλαιο</i>	17-121	-	-
<i>Φουντούκια</i>	21	-	-
<i>Λεμόνια</i>	-	-	45
<i>Ελαιόλαδο</i>	12	-	-
<i>Φοινικέλαιο</i>	26-65	>50	-
<i>Φυστίκια</i>	16	-	-
<i>Πατάτες</i>	<0,1	0,3	16
<i>Χοιρινό</i>	5	-	2
<i>Σαρδέλες</i>	-	-	-
<i>Σουσαμέλαιο</i>	25	-	-
<i>Σπανάκι</i>	2,6	36	-
<i>Ηλιέλαιο</i>	49-80	-	-
<i>Τομάτες</i>	0,4	7	23
<i>Καρύδια</i>	1,3	-	-
<i>Φύτρα σταριού</i>	138	0,7	-

Ανεπάρκεια αντιοξειδωτικών ουσιών στη διατροφή αναπόφευκτα οδηγεί τελικά στην εμφάνιση συνδρόμων ασθενειών τόσο σε ζώα, όσο και σε ανθρώπους.

Στις περισσότερες χώρες όμως, υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ της επίσημα προτεινόμενης ποσότητας που πρέπει να λαμβάνει ο κάθε οργανισμός και της ποσότητας αντιοξειδωτικών ουσιών που είναι απαραίτητη ούτως ώστε να ελαχιστοποιείται η κυτταρική βλάβη μέσω της υπεροξειδωσης των λιπιδίων. Η Γερμανική Εταιρεία Διατροφής (GSN) προτείνει ημερήσια κατανάλωση 500gr φρούτων και λαχανικών, η οποία θα πρέπει να αποτελείται τουλάχιστον από 200gr λαχανικών, 75gr σαλάτας και 200-250gr φρούτων. Η αντίστοιχη αρχική διατροφική πρόταση στις ΗΠΑ ανέφερε ότι ένας μέσος άνθρωπος πρέπει να καταναλώνει καθημερινά ποσότητα βιταμίνης E της τάξης των 8-10 mg/ημ, από τη στιγμή όμως που είδαν το φως της δημοσιότητας επιδημιολογικές και βιοχημικές έρευνες οι οποίες μιλούσαν για την ωφέλεια των αντιοξειδωτικών, η ενδεδειγμένη ποσότητα βιταμίνης E έφτασε τα 36-100mg/ημ. Ομοίως η μέση κατανάλωση του β-καροτένιου στις ΗΠΑ είναι περίπου 1,5 mg/ημ, όταν η περιεκτικότητα που θα πρέπει να έχουν οι τροφές, σύμφωνα με το διεθνές αντικαρκινικό ινστιτούτο και το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ, είναι 6 mg β-καροτένιου /ημ, ενώ η απαραίτητη ουσιαστικά ποσότητα β-καροτένιου που χρειάζεται ούτως ώστε να ελαχιστοποιείται η οξείδωση είναι 15 mg/ημ.

Ο αριθμός των ασθενειών που η οξείδωση και τα αντιοξειδωτικά «εμπλέκονται» είναι αρκετά μεγάλος και για αυτό ακριβώς το λόγο η ιατρική και διατροφική έρευνα σήμερα κινείται κυρίως για να βρει τις ακριβείς αιτίες των ασθενειών, καθώς και τα κατάλληλα αντιοξειδωτικά συστήματα για να τις αντιμετωπίζουν. Τα αντιοξειδωτικά είναι σίγουρα τέλεια παραδείγματα ουσιών που περιέχονται σε τροφές οι οποίες έχουν σοβαρές θετικές συνέπειες στη διατήρηση της υγείας και την αποφυγή ασθενειών.

2.19 Ευζωΐα και μακροβιότητα-Οφέλη από τη χρήση αντιοξειδωτικών

Στα παραγωγικά ζώα οι συνθήκες στρες είναι ένας κοινός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει σημαντικά την παραγωγικότητα και την ικανότητα παραγωγής τους. Στη ζωική παραγωγή ή έλλειψη συνθηκών στρες σε μία ομάδα παραγωγικών ζώων

ονομάζεται ευζωία. Ο ορισμός της ευζωίας των ζώων δίνεται από πολλούς ερευνητές της ψυχοφυσιολογίας τους. Η ενδεικτική επιλογή που θα παρατεθεί ανήκει στον Dr B.O. Hughes (1976), που αναφέρει πως «ευζωία, σε γενικότερο επίπεδο, καλούμε την κατάσταση της ολοκληρωμένης νοητικής και φυσικής υγείας, όπου το ζώο βρίσκεται σε αρμονία με το περιβάλλον του». Η κατανόηση της συμπεριφοράς (εθιμική και κριτική), διευκολύνει τη σχέση ανθρώπου - ζώου στον τομέα της παραγωγικής τους απόδοσης και τις ιδιομορφίες της «κριτικής» περιόδου ορισμένων σταδίων της παραγωγικής τους ζωής.

Η χρήση τροφών οι οποίες έχουν αντιοξειδωτική δράση λειτουργούν ως αντίμετρα του στρες (Surai, 1999; 2000; Surai and Dvorska, 2001) και ως φυσική συνέπεια βοηθούν στην καλύτερευση της νοητικής και φυσικής υγείας των ζώων δηλαδή στην ευζωία.

Η ευζωία σαν έννοια βασίζεται σε πέντε ελευθερίες οι οποίες πρέπει να καλύπτονται ούτως ώστε η παραγωγικότητα των ζώων να φτάνει σε υψηλό επίπεδο:

Ελεύθερη χορήγηση νερού και τροφής ποιοτικά αποδεκτής και ποσοτικά επαρκής για το ζώο και με σύνθεση που πληρεί τις ανάγκες του κάθε παραγωγικού σταδίου.

Ελευθερία από τραυματισμό ή ασθένεια.

Ελευθερία επιβίωσης σε άνετο και αρεστό περιβάλλον.

Ελευθερία από την επιθετικότητα και το φόβο.

Ελευθερία έκφρασης φυσιολογικής συμπεριφοράς που καλύπτει τις φυσιολογικές ανάγκες έκφρασης και δραστηριότητας.

Οι φυσικές τροφές που περιέχουν αντιοξειδωτικά καλύπτουν άμεσα ή έμμεσα όλες τις ελευθερίες που αναφέρονται παραπάνω οδηγώντας ουσιαστικά τα παραγωγικά ζώα σε υψηλότερη και ποιοτικότερη τιμή παραγωγής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Η ΜΗΔΙΚΗ

3.1 Οικονομική σημασία

Η μηδική είναι το σπουδαιότερο κτηνοτροφικό φυτό σε παγκόσμια κλίμακα. Σε όλο τον κόσμο καλλιεργούνται περίπου 330 εκατομμύρια στρέμματα, κυρίως για την παραγωγή σανού και κατά δεύτερο λόγο για ενσίρωση και βόσκηση. Σε μια παγκόσμια θεώρηση παρατηρεί κανείς ότι η καλλιέργεια της μηδικής συγκεντρώνεται σε 5 κύρια μηδικοπαραγωγικά κέντρα. Το κυριότερο από αυτά είναι εκείνο της Βόρειας Αμερικής με 39% (33% ΗΠΑ και 6% Καναδάς). Ακολουθεί το κέντρο της Αργεντινής με 23%, της Ρωσίας με 13%, της Ιταλίας-Γαλλίας με 10% και της Αυστραλίας με 3% (Δαλιάνης Κ. 1987).

Κατά τα τελευταία χρόνια σε όλες σχεδόν τις μηδικοπαραγωγικές χώρες παρατηρήθηκε μια γενική τάση αύξησης των καλλιεργούμενων με μηδική εκτάσεων. Στην Ευρώπη η καλλιεργούμενη έκταση σχεδόν διπλασιάστηκε την τελευταία δεκαετία. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε στις χώρες της νοτιοανατολικής Ευρώπης, όπως η Ρουμανία, Ουγγαρία, Πολωνία, Ιταλία και Ελλάδα. Αύξηση επίσης παρατηρήθηκε στην Αυστραλία και στη Βόρεια Αμερική.

Στην Ελλάδα η καλλιέργεια της μηδικής καταλαμβάνει έκταση 2,15 εκατομμυρίων στρεμμάτων. Οι κυριότερες μηδικοπαραγωγικές περιοχές είναι οι Νομοί Σερρών, Έβρου, Αιτωλοκαρνανίας, Θεσσαλονίκης, Καρδίτσας, Ιωαννίνων, Ροδόπης και Πέλλης. Στους 8 αυτούς νομούς καλλιεργείται το 50% της έκτασης που καταλαμβάνει η μηδική. Η ετήσια παραγωγή σανού φθάνει τα 2,15 εκατομμύρια τόνους με μία μέση στρεμματική απόδοση γύρω στα 1000kg. Η Μακεδονία και η Στερεά Ελλάδα έχουν τις υψηλότερες αποδόσεις.

Στην Ελλάδα καλλιεργούνται κι άλλα 70.000 στρέμματα μηδικής για την παραγωγή σπόρου. Η κυριότερη σποροπαραγωγική περιοχή είναι η Φθιώτιδα και ακολουθούν οι Νομοί Έβρου, Βοιωτίας και Καρδίτσας. Στους 4 αυτούς Νομούς συγκεντρώνεται το 90% των καλλιεργούμενων εκτάσεων. Η ετήσια παραγωγή σπόρου ανέρχεται σε 1.700 τόνους με μία μέση στρεμματική απόδοση γύρω στα 25kg (Δαλιάνης Κ. 1987).

3.2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ

Η μηδική χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο για τη διατροφή των ζώων κι αποτελεί μία από τις πιο σπουδαίες ζωοτροφές σε παγκόσμια κι εθνική κλίμακα. Στα ζώα χορηγείται υπό διάφορες μορφές, κυρίως όμως σαν σανός, χλωρή νομή, ενσίρωμα και διάφορα αφυδατωμένα προϊόντα, ενώ κι αρκετές εκτάσεις μηδικής βόσκονται από διάφορα είδη ζώων.

3.2.1 Σύνθεση μηδικής

Η σύνθεση της μηδικής ποικίλει ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο προϊόν κι επί πλέον επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες του περιβάλλοντος και το στάδιο ωρίμανσης των φυτών που γίνεται η συγκομιδή (Miller M.A., 1958) (πίνακας 10).

Πίνακας 10: Χημική ανάλυση μηδικής

	Σανός gr/100gr	Χλωρή νομή gr/100gr	Ενσίρωμα gr/100gr	Φύλλα gr/100gr	Στελέχη gr/100gr
Ξηρή ουσία	89,7	27,2	30,4	88,8	89,9
Ολικές αζωτούχες ουσίες	17,3	19,3	17,8	24,0	10,7
Λιπαρές ουσίες	2,1	3,0	3,5	3,1	1,3
Ινώδεις ουσίες	31,4	27,4	30,4	16,4	44,4
Τέφρα	8,9	9,0	9,2	10,7	6,3
Ελεύθερες αζώτου εκχυλισματικές ουσίες	40,3	41,3	39,1	45,8	37,3

Πηγή: Miller, M.A., 1958

3.2.1.1 Πρωτεΐνες

Η μηδική είναι αρκετά πλούσια σε πρωτεΐνες. Στη χλωρή μηδική οι ολικές αζωτούχες ουσίες αποτελούν κατά μέσο όρο το 19,3% της ξηρής της ουσίας. Η τιμή αυτή ποικίλει από 9,7 μέχρι 33,2% και επηρεάζεται από το στάδιο ωρίμανσης, τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους κι άλλους παράγοντες. Το μεγαλύτερο μέρος των πρωτεϊνών απαντάται στα φύλλα. Από αυτό, το 30 έως 50% βρίσκεται στους χλωροπλάστες. Στο κλάσμα αυτό των πρωτεϊνών περιλαμβάνονται και πολλά από τα ένζυμα του φυτού. Ο σανός της μηδικής είναι κατά 2% φτωχότερος. Ένα μέρος από τη διαφορά αυτή οφείλεται στην πτώση μέρους των φύλλων κατά την αποξήρανση. Σε γενικές γραμμές η ποιότητα των πρωτεϊνών της μηδικής θεωρείται αρκετά καλή. Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η περιεκτικότητα της μηδικής σε 16 αμινοξέα εκπεφρασμένη ως ποσοστά της ξηρής ουσίας (Loper *et al.*, 1963).

Τα ποσοστά των αμινοξέων παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των 4 σταδίων της ανάπτυξης της (πίνακας 11). Μεταξύ των διάφορων σταδίων πιο πλούσιο ήταν το στάδιο πριν από το μπουμπούκιασμα και πιο φτωχό το στάδιο της πλήρους ανθήσεως. Όταν όμως έγινε αναγωγή κάθε αμινοξέος σε γραμμάρια αζώτου τότε μικρές μόνο διαφορές παρατηρήθηκαν στις συγκεντρώσεις των αμινοξέων καθώς προχωρούσε η ωρίμανση με εξαίρεση το ασπαρτικό και γλουταμινικό οξύ που οι τιμές τους συνεχώς ανέρχονταν. Υπάρχουν εξάλλου και άλλες μελέτες (Fauconneau G., 1956) που αναφέρουν ότι η περιεκτικότητα της μηδικής, παραδείγματος χάρη, σε λυσίνη ήταν σταθερή σε όλη τη διάρκεια του έτους και μάλιστα ήταν ανεξάρτητη από την ηλικία του φυτού.

Η ποιότητα των πρωτεϊνών της μηδικής επηρεάζεται από τη λίπανση. Σε μία σχετική εργασία (Koehler F., 1953) βρέθηκε ότι με τη χορήγηση μαγνησίου και μερικών άλλων ιχνοστοιχείων ενώ η περιεκτικότητα της μηδικής σε άζωτο επηρεαζόταν ελάχιστα, αντίθετα η περιεκτικότητα της σε τρυπτοφάνη και μεθειονίνη αυξανόταν αντίστοιχα κατά 35 και 19%. Σε μια άλλη εργασία (Sheldon L.V., 1968) η λίπανση της μηδικής είχε σαν συνέπεια την αύξηση της περιεκτικότητας όλων των αμινοξέων και ιδιαίτερα της μεθειονίνης η οποία υπερδιπλασιάστηκε.

Πίνακας 11: Περιεκτικότητα μηδικής σε αμινοξέα σε τέσσερα στάδια ανάπτυξης για δύο χρονιές (ποσοστά επί της ξηρής ουσίας).

	Στάδια ανάπτυξης							
	Πριν από το μπουμπούκισμα		Στην αρχή του μπουμπουκιάσματος		1/10 άνθησης		Πλήρης άνθηση	
	1959	1960	1959	1960	1959	1960	1959	1960
<i>Αμινοξύ</i>								
<i>Αλανίνη</i>	1,20	1,36	0,85	1,30	0,80	0,80	0,67	0,95
<i>Αργινίνη</i>	1,23	1,31	0,71	1,17	0,71	0,86	0,59	0,89
<i>Ασπαρτικό οξύ</i>	2,32	4,24	-	3,40	1,43	2,27	1,37	2,40
<i>Γλουταμικό οξύ</i>	1,41	3,00	1,35	2,79	1,43	1,42	1,26	1,80
<i>Γλυκίνη</i>	1,06	1,23	0,67	1,22	0,75	0,78	0,65	0,89
<i>Ιστιδίνη</i>	0,52	0,58	0,33	0,52	0,34	0,41	0,30	0,40
<i>Ισολευκίνη</i>	2,04	1,11	0,68	1,09	0,67	0,72	0,59	0,78
<i>Λευκίνη</i>	1,74	1,90	1,17	1,90	1,15	1,25	1,00	1,34
<i>Λυσίνη</i>	1,16	1,67	0,69	1,52	0,72	1,09	0,62	1,13
<i>Μεθιονίνη</i>	0,37	0,43	0,20	0,41	0,20	0,23	0,16	0,29
<i>Φαινολαλανίνη</i>	1,16	1,22	0,72	1,14	0,80	0,83	0,63	0,87
<i>Προλίνη</i>	0,94	1,07	0,69	1,09	0,75	0,75	0,61	0,77
<i>Σερίνη</i>	0,99	1,18	0,62	1,11	0,79	0,78	0,59	0,84
<i>Θρεονίνη</i>	1,30	1,10	-	0,98	0,74	0,83	0,55	0,74
<i>Τυροσίνη</i>	0,79	0,84	0,43	0,82	0,50	0,58	0,43	0,60
<i>Βαλίνη</i>	1,37	1,33	0,82	1,34	0,93	1,01	0,78	0,95
<i>Ακατέργαστες πρωτεΐνες</i>	26,38	30,81	21,38	26,00	16,31	19,50	14,50	16,06

Πηγή: Loper et al., 1963

Σύμφωνα με κάποιες άλλες πηγές (Singleto V.L., 1952 , Tisdale S.L., 1960) έχει διαπιστωθεί ότι μεταξύ των διαφόρων κλώνων μηδικής υπάρχουν κληρονομίσιμες γενετικές διαφορές πράγμα που υποδηλώνει ότι η γενετική βελτίωση μπορεί να αποβεί αποτελεσματική.

Στη μηδική εκτός από πρωτεΐνες απαντώνται και άλλες απλούστερες αζωτούχες ενώσεις που μπορεί να συνιστούν μέχρι και το 1/3 του αζωτούχου κλάσματος των κυττάρων. Το μεγαλύτερο μέρος από αυτές αποτελούνται από αμινοξέα και απλά πεπτίδια.

3.2.1.2 Άμυλο

Η περιεκτικότητα της μηδικής σε άμυλο συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 3 και 8% της ξηρής ουσίας. Σε μία σχετική εργασία (Raguse C.A., 1966) που έγινε κοπή της ανοιξιάτικης βλάστησης σε έξι διαφορετικά στάδια αναπτύξεως των φυτών οι συγκεντρώσεις σε άμυλο κυμαίνονται από 4,5 έως 8,7%, ενώ σύμφωνα με κάποια άλλη πηγή (Dexter S.T., 1945) οι συγκεντρώσεις του αμύλου σε 10 δείγματα μηδικής που κόπηκε στο 50% της άνθησης κυμαίνονταν από 3,1 έως 4,4%.

Τα φύλλα της μηδικής περιέχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις αμύλου από τα στελέχη. Οι συγκεντρώσεις του αμύλου στα φύλλα μηδικής ανοιξιάτικης αναβλάστησης που κόπηκε σε διάφορα στάδια αναπτύξεως κυμαίνονται από 2,5 έως 11,2%, ενώ στα στελέχη κυμαίνονταν από 0,8 έως 5,7% (Hirst *et al.*, 1959). Και σε άλλες αναφορές (Smith D., 1969, Smith D., 1970) βρέθηκαν υψηλότερες συγκεντρώσεις αμύλου στα φύλλα σε σύγκριση με τα στελέχη.

Οι συγκεντρώσεις του αμύλου στα φύλλα και στα στελέχη της μηδικής φαίνεται ότι επηρεάζονται και από τη θερμοκρασία. Σε μία σχετική εργασία (Smith D., 1970) βρέθηκε ότι η συγκέντρωση του αμύλου σε φυτά που αναπτύσσονται σε ψυχρό περιβάλλον, 18⁰C ημερήσια θερμοκρασία και 10⁰C νυκτερινή, ήταν το 7,6% στα φύλλα και 2,7% στα στελέχη κατά την αρχή της ανθήσεως, ενώ οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις σε φυτά που αναπτύσσονταν σε θερμό περιβάλλον, 32⁰C ημερήσια και 24⁰C νυκτερινή θερμοκρασία, ήταν αντίστοιχα 5,5 και 3,3% αντίστοιχα.

Οι συγκεντρώσεις του αμύλου στα φύλλα και στα στελέχη ποικίλλουν κατά μήκος του βλαστού. Στο ψυχρό περιβάλλον οι συγκεντρώσεις του αμύλου στους βλαστούς και σε αμφότερα τα περιβάλλοντα οι συγκεντρώσεις στα φύλλα μεγιστοποιούνταν από τη βάση προς την κορυφή του φυτού, ενώ στο θερμό περιβάλλον μικρή μόνο διαφορά παρατηρήθηκε στα διάφορα τμήματα του βλαστού. Οι υψηλότερες κατά συνέπεια συγκεντρώσεις αμύλου απαντώνται σε φυτά μηδικής που αναπτύσσεται σε δροσερές συνθήκες, κυρίως στα φύλλα. Το μεγαλύτερο μέρος

του αμύλου των φύλλων της μηδικής, γύρω στο 74 έως 84%, αποτελείται από αμυλοπηκτική (Smith D., 1968).

3.2.1.3 Υδατάνθρακες

Τα σάκχαρα που απαντώνται στη μηδική είναι κυρίως η γλυκόζη, η φρουκτόζη κι η σακχαρόζη. Σε πολύ μικρές ποσότητες απαντώνται και μερικά άλλα σάκχαρα. Οι συγκεντρώσεις της γλυκόζης και της φρουκτόζης κυμαίνονται από 1 έως 3% ενώ η σακχαρόζη απαντάται σε μεγαλύτερες ποσότητες και οι συγκεντρώσεις της κυμαίνονται από 2 έως 6%. Αποτελεί γενικό φαινόμενο πάντως ότι οι συγκεντρώσεις των σακχάρων μειώνονται καθώς προχωράει η ωρίμανση. Σε έρευνα που έγινε στη Σκωτία (Hirst *et al.*, 1959) βρέθηκε ότι οι συγκεντρώσεις της γλυκόζης, της φρουκτόζης και της σακχαρόζης ήταν μεγαλύτερες στα στελέχη σε σύγκριση με τις συγκεντρώσεις στα φύλλα. Σε φυτά μηδικής που αναπτύσσονταν σε ψυχρό περιβάλλον, 18⁰C ημερήσια θερμοκρασία και 10⁰C νυκτερινή, τα στελέχη περιείχαν 5,2% ολικά σάκχαρα και τα φύλλα 3,2%, ενώ σε θερμό περιβάλλον, 32⁰C ημερήσια και 24⁰C νυκτερινή, οι αντίστοιχες τιμές ήταν 4,3% και 2,5% αντίστοιχα (Smith D., 1970).

3.2.1.4 Κυτταρίνες

Η μηδική περιέχει σημαντικές ποσότητες κυτταρινών και ημικυτταρινών. Η περιεκτικότητα της μηδικής σε κυτταρίνες συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 18 και 38%, ενώ οι ημικυτταρίνες κυμαίνονται από 12 έως 16% και εξαρτώνται αμφότερες από το στάδιο ωρίμανσης των φυτών. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι όσο προχωρά η ωρίμανση αυξάνονται οι κυτταρίνες (Armstrong *et al.*, 1950).

Πιο πλούσια σε κυτταρίνες είναι τα στελέχη του φυτού. Σε μία σχετική εργασία (Hirst *et al.*, 1959) τα φύλλα ανοιξιάτικης βλάστησης μηδικής σε διάφορα στάδια ανάπτυξης των φυτών περιείχαν κυτταρίνες από 5 έως 15%, ενώ αντίθετα η περιεκτικότητα των στελεχών κυμαίνονταν από 21 έως 33%. Και σε πολλές άλλες μελέτες αναφέρονται παρόμοια αποτελέσματα.

3.2.1.5 Ανόργανα στοιχεία

Η μηδική είναι αρκετά πλούσια σε ασβέστιο. Ο σανός της μηδικής αποτελεί επίσης μία σχετικά καλή πηγή κι άλλων στοιχείων όπως καλίου, νατρίου, θείου, μαγνησίου, σιδήρου, μαγγανίου και χαλκού (πίνακας 12).

Εν τούτοις όμως, ένα από τα κύρια στοιχεία, ο φώσφορος, βρίσκεται σε μικρή ποσότητα σε σχέση με την περιεκτικότητα της μηδικής σε ασβέστιο (πίνακας 12).

Πίνακας 12: Περιεκτικότητα σανού μηδικής σε ανόργανα στοιχεία (% ξηρής ουσίας)

	Μέση τιμή	Εύρος	
<i>Ασβέστιο mg/kg</i>	1,64	0,15	2,99
<i>Φώσφορος mg/kg</i>	0,26	0,01	0,97
<i>Κάλιο mg/kg</i>	1,77	0,22	3,37
<i>Μαγνήσιο mg/kg</i>	0,32	0,03	0,84
<i>Σίδηρος mg/kg</i>	0,024	0,004	0,164
<i>Νάτριο mg/kg</i>	0,16	0,01	0,33
<i>Χλώριο mg/kg</i>	0,28	0,06	0,54
<i>Μαγγάνιο mg/kg</i>	51,7	7,92	120,12
<i>Χαλκός mg/kg</i>	13,64	4,40	37,2
<i>Κοβάλτιο mg/kg</i>	0,012	0,002	0,310

Πηγή: Mowat D. et al.,1967

3.2.1.6 Βιταμίνες

Η μηδική αποτελεί εξαιρετική πηγή διάφορων βιταμινών. Στον πίνακα 13 δίνεται η περιεκτικότητα της χλωρής μηδικής και του σανού σε διάφορες βιταμίνες.

Η βιταμίνη Α δεν απαντά στα φυτά, αλλά αρκετά άλλα είδη φυτών είναι πλούσια σε καροτίνη ή προβιταμίνες Α που στο σώμα των ζώων μετατρέπονται σε βιταμίνη Α. η μηδική είναι πράγματι μια εξαιρετική πηγή καροτένιων. Η περιεκτικότητα της όμως επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το φυλλώδες του φυτού, το στάδιο ωρίμανσης, τη διαδικασία αποξήρανσης και την αποθήκευσή της. Ένα μεγάλο ποσοστό των καροτένιων βρίσκεται στα φύλλα, η περιεκτικότητα των οποίων

μειώνεται καθώς προχωρεί η ωρίμανση. Τα καροτένια οξειδώνονται εύκολα όταν εκτεθούν τα φυτά σε υπερβολικό ήλιο ή βροχή κατά τη διαδικασία της αποξηράνσης. Η μηδική κατά συνέπεια που είναι ακόμη ανώριμη και αποξηραίνεται γρήγορα είναι πλούσια σε καροτένια, ενώ αντίθετα η ώριμη μηδική που η ξήρανση της γίνεται κάτω από δυσμενείς συνθήκες μπορεί πρακτικά να μην περιέχει καθόλου καροτένια. Αρκετά μεγάλη όμως είναι η περιεκτικότητα της ενσιρωμένης μηδικής και των αφυδατωμένων προϊόντων.

Ο σανός της μηδικής είναι από τα πλουσιότερα φυτικά προϊόντα σε βιταμίνη D εάν μετά τη κοπή εκτεθεί στον ήλιο. Ο σανός της μηδικής που ξεράθηκε στον ήλιο περιέχει αρκετή βιταμίνη D, ενώ αντίθετα η χλωρή μηδική περιέχει πολύ λίγη.

Πίνακας 13: Περιεκτικότητα σανού και χλωρής μηδικής σε βιταμίνες

Βιταμίνες	Χλωρή μηδική	Σανός
<i>Θειαμίνη</i> <i>mg/kg</i>	6,38	3,8
<i>Ριβοφλαβίνη</i> <i>mg/kg</i>	16,06	14,74
<i>Παντοθενικό οξύ</i> <i>mg/kg</i>	34,32	25,74
<i>Νιασίνη</i> <i>mg/kg</i>	44,22	40,04
<i>Ποριδοξίνη</i> <i>mg/kg</i>	6,38	-
<i>Χολίνη</i> <i>mg/kg</i>	1436,6	1524,60
<i>Καροτένια</i> <i>mg/kg</i>	198,44	60,94
<i>Φυλλικό οξύ</i> <i>mg/kg</i>	2,46	3,39
<i>Βιοτίνη</i> <i>mg/kg</i>	0,48	0,18
<i>Βιταμίνη E</i> <i>mg/kg</i>	594,44	156,64
<i>Βιταμίνη K</i> <i>mg/kg</i>	424,6	24,64
<i>Βιταμίνη D</i> <i>I.U./kg</i>	160,6	1287

Πηγή: Δαλιάνης Κ. 1987

3.2.1.7 Σαπωνίνες

Δέκα τουλάχιστον σαπωνίνες απαντώνται στη μηδική (Coulson C.B., 1958, Coulson C.B., 1962). Σε μια σχετική εργασία (Wall M., 1971) βρέθηκε ότι πιο πλούσια σε σαπωνίνες ήταν τα άνθη και οι ρίζες που περιείχαν από 2,5 έως 3,5%

σαπωνίνες, ενώ τα στελέχη περιείχαν μόνο 0,5% και οι σπόροι 1,2 έως 1,5%. Η περιεκτικότητα της μηδικής σε σαπωνίνες ποικίλλει και από τη μια ποικιλία στην άλλη.

Οι σαπωνίνες έχουν μεγάλη πρακτική σημασία γιατί σχετίζονται με τους τυμπανισμούς των βοοειδών και των προβάτων που βρίσκονται σε μηδική. Επί πλέον οι σαπωνίνες φαίνεται ότι εμποδίζουν την ανάπτυξη των ορνίθων και ελαττώνουν την ωοπαραγωγή (Smith D., 1968).

3.2.1.8 Νιτρικά

Η περιεκτικότητα των φυτών της μηδικής σε νιτρικά έχει ιδιαίτερη σημασία δεδομένου ότι η κατανάλωση ζωοτροφής που περιέχει περίσσειες ποσότητες μπορεί να προκαλέσει τη μείωση της παραγωγικότητας των ζώων. Σε συγκεντρώσεις 0,2% ή και περισσότερο μπορεί να παρουσιασθούν ανωμαλίες στα ζώα εάν η χορτομάζα είναι η μόνη τροφή που χορηγείται.

Η μηδική όπως προέκυψε από σχετικές μελέτες (Smith D. and Sund M.J., 1965) παρουσιάζει μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών στα νεαρά στάδια της ανάπτυξής της. Στην ανοιξιάτικη βλάστηση τα φυτά της μηδικής πριν από το μπουμπούκιασμα περιείχαν 0,18% νιτρικά τα οποία βαθμιαία μειώνονταν μέχρι και 0,12% στο στάδιο πριν από το μπουμπούκιασμα περιείχε 0,32% νιτρικά τα οποία κατά το στάδιο των πράσινων λοβών μειώνονταν στο 0,17%. Μετά από χορήγηση υψηλών δόσεων αζωτούχων λιπασμάτων η περιεκτικότητα της μηδικής σε νιτρικά έφθανε μέχρι και 1% (Carlton A. *et al.*, 1968).

3.3 Θρεπτική αξία μάζας

Η σύνθεση της μηδικής, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ποικίλλει εντός ευρύτατων ορίων. Από τους κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεση και κατά συνέπεια και τη θρεπτική αξία της μηδικής είναι το στάδιο της ανάπτυξης των φυτών που γίνεται η κοπή, η σχέση φύλλων προς βλαστούς στο χρησιμοποιούμενο προϊόν και διάφοροι παράγοντες του περιβάλλοντος.

3.3.1 Επίδραση σχέσεως φύλλων προς βλαστούς

Το ποσοστό των φύλλων έχει άμεση σχέση με την ποιότητα της μηδικής. Όσο πιο φυλλώδης είναι η μηδική τόσο καλύτερη είναι η ποιότητά της. Το ποσοστό των φύλλων μειώνεται καθώς αυξάνει ο αριθμός των ημερών μεταξύ των κοπών και καθώς προχωρεί η ωρίμανση (Luckett C.R. and Klopfenstein T.J., 1970, Troelsen J.E. and Cambell J.B., 1969).

Οι κοπές που γίνονται σε ένα συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης των φυτών είναι πιο φυλλώδεις κατά το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου σε σύγκριση με τις πρώτες κοπές. Αναφέρεται (Voygh L.R. and Marten G.C., 1971) ότι το ποσοστό των φύλλων σε μηδική που κόπηκε στο στάδιο πριν από το μπουμπούκιασμα ήταν 71% στην έκτη κοπή και μόνο 57% στην πρώτη κοπή. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και σε μια άλλη εργασία (Luckett C.R. and Klopfenstein T.J., 1970).

Η διαφοροποίηση αυτή στη σχέση των φύλλων προς βλαστούς προφανώς οφείλεται στο γεγονός ότι η διάμετρος των βλαστών μειώνεται καθώς προχωράει η καλλιεργητική περίοδος. Πράγματι, σε μια σχετική εργασία (Kiesselbach T.A. and Anderson A., 1961) όπου μελετήθηκε η διάμετρος των βλαστών 7 ποικιλιών μηδικής παρατηρήθηκε μια συνεχής μείωση της διαμέτρου των βλαστών μετά από κάθε κοπή. Η μέση διάμετρος των βλαστών των 7 ποικιλιών κυμαίνονταν από 2,27 έως 2,49mm, ενώ η μέση διάμετρος των βλαστών της πρώτης, της δεύτερης και της τρίτης κοπής ήταν αντίστοιχα 2,97 2,38 και 1,19mm. Σε μία άλλη μελέτη (Mowat D. *et al.*, 1967) οι αντίστοιχοι αριθμοί για την πρώτη, τη δεύτερη και την τρίτη κοπή ήταν 3,5, 2,4 και 1,9mm.

Τα φύλλα της μηδικής περιέχουν περισσότερα θρεπτικά στοιχεία σε σύγκριση με τους βλαστούς. Στα φύλλα εξ άλλου το ποσοστό των πρωτεϊνών και των ινωδών ουσιών παραμένει πιο ομοιόμορφο σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Σε άλλη μελέτη (Smith D., 1969) στην οποία έγινε ανάλυση των φύλλων και των βλαστών της μηδικής για 21 ανόργανα και οργανικά συστατικά βρέθηκε ότι τα φύλλα είχαν υψηλότερες συγκεντρώσεις για όλα τα συστατικά, εκτός από τα ολικά και αναγώγιμα ζάχαρα, τις ινώδεις ουσίες και το Κ. Οι βλαστοί περιέχουν το 75% των ινωδών ουσιών του φυτού (Jung C. *et al.*, 1969, Kiesselbach T.A. and Anderson A., 1961). Το ποσοστό της λιγνίνης στους βλαστούς είναι συχνά υπερτριπλάσιο έναντι εκείνου των φύλλων (Marten G.C., 1970). Στα φύλλα το ποσοστό της λιγνίνης παραμένει σταθερό καθώς προχωρεί η ωρίμανση (Terry R.A. and Tilley J.M.A.,

1964) και γενικά η λιγνινοποίηση θεωρείται μικρής σημασίας για τα φύλλα (Barnes R.E. and Mott G.O., 1966). Η άποψη αυτή ενισχύεται και από το γεγονός ότι η περιεκτικότητα των φύλλων κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης παραμένει σχεδόν σταθερή.

Μεταξύ του ανώτερου και του κατώτερου μέρους του φυτού υπάρχουν σημαντικές διαφορές που επηρεάζουν την ποιότητα. Σε φύλλα μηδικής που πάρθηκαν κατά μήκος του στελέχους (Smith D., 1970) ανά 10cm από τη βάση προς την κορυφή του φυτού οι συγκεντρώσεις των πρωτεϊνών, του αμύλου και των μη δομικών υδατανθράκων έβαιναν αυξανόμενες η τέφρα, το ασβέστιο, το μαγνήσιο και το βόριο παρουσίαζαν μειωτικές τάσεις, ενώ τα ολικά πεπτά συστατικά, τα ολικά και αναγωγήμα ζάχαρα, ο φώσφορος και ο σίδηρος παρέμειναν σχεδόν αμετάβλητα. Στους βλαστούς τα ολικά πεπτά συστατικά, το άμυλο, η πρωτεΐνη, ο φώσφορος, το κάλιο το ασβέστιο και το μαγνήσιο ανέρχονταν από τη βάση προς τη κορυφή του φυτού, ενώ οι ινώδεις ουσίες μειώνονταν.

Σε πειράματα (Hardison W.A. *et al.*, 1957) διατροφής με μοσχίδες βρέθηκε ότι η περιεκτικότητα του κατώτερου μέρους του φυτού ήταν 87% εκείνης της κορυφής. Βρέθηκε επίσης ότι ενώ η πεπτικότητα του κατώτερου μέρους μειωνόταν κατά 0,6 μονάδες την ημέρα, αντίθετα η πεπτικότητα του ανώτερου μέρους παρέμενε αμετάβλητη σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Η *in vitro* πεπτικότητα των βλαστών της μηδικής μειώνεται σταθερά καθώς προχωρεί η ωρίμανση, ενώ αντίθετα η πεπτικότητα των φύλλων αλλάζει ελάχιστα (Luckett C.R. and Klopfenstein T.J., 1970 , Mowat D. *et al.*, 1967 , Terry R.A. and Tilley J.M.A., 1964). Στη μία από αυτές τις μελέτες (Luckett C.R. and Klopfenstein T.J., 1970) βρέθηκε ότι η μέση *in vitro* πεπτικότητα των φύλλων της μηδικής που η κοπή της έγινε σε διαφορετικά στάδια αναπτύξεως των φυτών διέφερε μόνο κατά 1,7%. Η πεπτικότητα κατά συνέπεια της μηδικής κατά την ωρίμανση εξαρτάται κυρίως από το ποσοστό των βλαστών που περιέχει και από την πεπτικότητα τους.

Σύμφωνα με άλλες μελέτες (Mowat D. *et al.*, 1967, Terry R.A. and Tilley J.M.A., 1964) οι βλαστοί της μηδικής ουδέποτε υπήρξαν εξίσου πεπτοί με τα φύλλα στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης των φυτών. Σε μία άλλη μελέτη τέλος αναφέρεται ότι οι βλαστοί του ανώτερου τμήματος των φυτών ήταν αρχικά πιο πεπτοί από τα φύλλα.

3.3.2 Επίδραση σταδίου κοπής

Η θρεπτική αξία της μηδικής εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από το στάδιο ανάπτυξης των φυτών στο οποίο γίνεται η συγκομιδή. Από πολυάριθμες μελέτες έχει διαπιστωθεί ότι καθώς προχωρεί η ωρίμανση οι αποδόσεις αυξάνουν κυρίως δια της αύξησης της ποσότητας των βλαστών, η σχέση φύλλων προς βλαστούς μειώνεται, οι ινώδεις ουσίες κι η λιγνίνη αυξάνουν κι η περιεκτικότητα των φυτών σε πρωτεΐνη μειώνεται. Γενικότερα, η ανώριμη μηδική είναι πεπτικότερη, τα ζώα την προσλαμβάνουν πιο ευχάριστα κι οι αποδόσεις τους είναι μεγαλύτερες σε σύγκριση με περισσότερη ώριμη μηδική (Conrad H.R. *et al.*, 1962 , Donker J.D. *et al.*, 1968 , Mohrenweiser H.W. and Donker J.D., 1968, Shahr S.L. *et al.*, 1961, Waldern D.E. *et al.*, 1968 , Weir W.C. *et al.*, 1960).

Σε πειράματα (Donker J.D. *et al.*, 1968) που έγιναν με γαλακτοπαραγωγικές αγελάδες στις οποίες χορηγήθηκε μόνο μηδική που συγκομίστηκε στην αρχή, στη μέση και στη πλήρη άνθηση βρέθηκε ότι οι αποδόσεις σε γάλα ήταν αντίστοιχα 5035, 4428 και 4074kg.

Σε άλλες εργασίες (Jordan R.M and Marten G.C., 1968 , Mohrenweiser H.W. and Donker J.D., 1968) έγινε αξιολόγηση σανού μηδικής που είχε κοπεί στο στάδιο του μπουμπουκιού και στο στάδιο της πλήρους άνθησης. Η χορήγηση σανού μηδικής από την πρώιμη κοπή για μια περίοδο 210 ημερών σε μόσχους ζώντος βάρους 272kgg είχε σαν συνέπεια μια μέση ημερήσια αύξηση του βάρους τους κατά 0,74kgg, ενώ η αντίστοιχη αύξηση για το σανό της όψιμης κοπής ήταν μόνο 0,63kgg. Η χορήγηση σανού μηδικής από την πρώιμη κοπή σε πρωτόγεννες αγελάδες είχε σαν συνέπεια την παραγωγή 4000kgg γάλακτος σε αντίθεση με 3000kgg για τις αγελάδες που διατράφηκαν με σανό όψιμης κοπής. Το μήκος της γαλακτικής περιόδου ήταν 280 ημερών. Η υπεροχή αυτή οφείλεται στη μεγαλύτερη θρεπτική αξία του σανού της πρώιμης κοπής και στην καλύτερη ελκυστικότητα της που προκαλούσε την κατά 14% μεγαλύτερη κατανάλωση σανού από τα ζώα.

Η μείωση του ρυθμού της πεπτικότητας της μηδικής καθώς προχωρεί η ωρίμανση είναι πιο μεγάλη στην πρώτη ανοιξιάτικη βλάστηση σε σύγκριση με τις επόμενες αναβλαστήσεις (Hogrocks R.D. and Washko J.B., 1968 , Reid J.T. *et al.*, 1959). Γενικά, στις τελευταίες αναβλαστήσεις η μηδική δεν διαφέρει τόσο πολύ σε θρεπτική αξία μεταξύ πρώιμου και όψιμου σταδίου ανάπτυξης των φυτών όπως

συμβαίνει στην πρώτη αναβλάστηση της άνοιξης (Evans J.L. *et al.*, 1965 , Reid J.T. *et al.*, 1959).

Η μείωση της γαλακτοπαραγωγής που παρατηρείται με τη χορήγηση πιο ώριμης μηδικής οφείλεται στη χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα, που έχει σαν αποτέλεσμα την πρόσληψη τροφής που προκαλεί κορεσμό, αλλά δεν καλύπτει τις ανάγκες του ζώου.

Υπολογίζεται ότι τα 2/3 της παραλλακτικότητας στην απόδοση των ζώων μπορεί να αποδοθεί στην προθυμία πρόσληψης της κτηνοτροφής και το 1/3 στην πεπτικότητα της (Crampton E.W. *et al.*, 1960 , Shahr S.L. *et al.*, 1961). Σε μελέτες που έγιναν στον Καναδά (Troelsen J.E. and Cambell J.B., 1969) με πρόβατα βρέθηκε ότι η καθυστέρηση της συγκομιδής κατά μια ημέρα προκαλούσε μια μέση ημερήσια μείωση πρόσληψης σανού μηδικής κατά 0,29gr για κάθε kg μεταβολικού ζώντος βάρους η οποία μάλιστα διακυμαινόταν από 0,93gr στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου, που ήταν 125 ημέρες.

Παρά το γεγονός ότι η ανώριμη μηδική έχει μεγαλύτερη θρεπτική αξία ανά χιλιόγραμμο ξηρής ουσίας, εν τούτοις εάν λάβει κανείς υπόψη του την ολική παραγωγή, την επιβίωση των φυτών και τις συνθήκες του περιβάλλοντος μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη συνήθως επιτυγχάνονται όταν η συγκομιδή γίνεται σε πιο ώριμο στάδιο ανάπτυξης. Από πολλές όμως εργασίες έχει βγει το συμπέρασμα ότι το άριστο στάδιο ανάπτυξης δεν είναι ορισμένο και για το λόγο αυτό οι συστάσεις για την κοπή της μηδικής ποικίλλουν ανάλογα με τις συνθήκες ανάπτυξης και την περιοχή. Έτσι, άλλοτε συνιστάται η κοπή να γίνεται στο στάδιο του μπουμπουκιού (Winch J.E. *et al.*, 1970 , Evans J. *et al.*, 1965), άλλοτε στο στάδιο του πρώτου άνθους (Fulkerson R.S. *et al.*, 1967 , Smith D. *et al.*, 1966) του 10% των ανθών (Meyer J.H. and Jones L.G., 1962 , van Riper G.E. and Smith D., 1959 , Weir W.C. *et al.*, 1960) ή της εμφάνισης νέων βλαστών στη βάση του φυτού (Crowder L.V. *et al.*, 1960).

3.4 Βιολογική μηδική

Η άνοδος της ζήτησης των βιολογικών ζωικών προϊόντων (κρέας, αυγά και κυρίως γαλακτοκομικά) έχει κάνει την καλλιέργεια της βιολογικής μηδικής μία αρκετά ελκυστική επιλογή καλλιέργειας. Η απόφαση κάποιου να καλλιεργήσει βιολογική μηδική δεν είναι εύκολη παρότι δεν έχει μεγάλες διαφορές με τη συμβατική. Όπως

κάθε καλλιέργεια έτσι κι η μηδική εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως πιθανότητα κέρδους, έξοδα εγκατάστασης, πιθανές επιδοτήσεις, κόστος παραγωγής, τάση της αγοράς, μεταφορά της παραγωγής κτλ.

Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΟΚ) 2092/91, του συμπληρωματικού του (ΕΚ) 1804/99 και της (Κ.Υ.Α.) με αριθ. 388038/24-8-2001 ένα προϊόν για να χαρακτηριστεί βιολογικό πρέπει να έχει πιστοποιηθεί από μία ιδιωτική ή δημόσια υπηρεσία πιστοποίησης. Κάτι τέτοιο γίνεται μέσω εργαστηριακών ερευνών και προσκόμισης επίσημων εγγράφων που πιστοποιούν ότι οι τροφές που χρησιμοποιούνται σε μία μονάδα που παράγει βιολογικό γάλα είναι βιολογικές και όλη η διαδικασία παραγωγής σύμφωνη με τα βιολογικά πρότυπα. Ο κύριος αγοραστής βιολογικής μηδικής είναι οι εταιρείες που παράγουν βιολογικά γαλακτοκομικά προϊόντα. Οι επιδοτήσεις για τη βιολογική καλλιέργεια μηδικής μπορούν να φτάσουν έως και 50% τη στιγμή μάλιστα που δεν υπάρχουν άλλες τροφές που να μπορούν να καλύψουν αυτό το μέρος της αγοράς (Lehnert 1998).

Η βιολογική μηδική, όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, χρησιμοποιείται κυρίως στη γαλακτοβιομηχανία με την παραγωγή βιολογικών γαλακτοκομικών προϊόντων. Η γονιμότητα του εδάφους καλύπτεται από μία ποικιλία ορυκτών λιπασμάτων σε μορφή σκόνης, ζωικά υπολείμματα και κομπόστ. Οι εχθροί αντιμετωπίζονται με διάφορες καλλιεργητικές φροντίδες και διατήρηση ωφέλιμων εντόμων και μυκήτων σε «κανονικούς» πληθυσμούς.

Η οικονομική ανάλυση της καλλιέργειας της βιολογικής μηδικής μας δείχνει ότι μπορεί να είναι επικερδής ως καλλιέργεια. Βέβαια αρκετές μεγάλες εταιρείες κατέχουν ήδη μεγάλες εκτάσεις οι οποίες βρίσκονται κοντά στις εγκαταστάσεις ενσταβλισμού των ζώων, ούτως ώστε να τρέφονται με χλωρή μηδική η οποία είναι πλουσιότερη σε β-καροτένιο από την αντίστοιχη ξηρή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4 Εισαγωγή

Στο πειραματικό μέρος της συγκεκριμένης εργασίας έγινε μέτρηση της περιεκτικότητας της μηδικής σε α-τοκοφερόλη και β-καροτένιο για να αποδειχθεί η πιθανή αντιοξειδωτική δράση της μηδικής και η αξία της ως φυσικού αντιοξειδωτικού παράγοντα στη διατροφή των ζώων. Η μηδική επιλέχθηκε ως καλλιέργεια διότι μέσω έρευνας αποδείχτηκε ότι συγκριτικά με άλλες τροφές που χορηγούνται στη ζωική παραγωγή αφενός περιέχει μεγάλη ποσότητα αντιοξειδωτικών ουσιών και αφετέρου παρουσιάζει μία ιδιαίτερη σχέση με το σελήνιο, του οποίου αυξάνει τη διαθεσιμότητα, και τέλος είναι διαδεδομένη καλλιέργεια στη χώρα μας τόσο στη βιολογική, όσο και στη συμβατική μορφή της.

Η βάση του πειραματικού σχεδιασμού αναπτύχθηκε με την σκέψη της παραγωγής μορφών μηδικής που μπορούν να περιέχουν υψηλότερους δείκτες αντιοξειδωτικών ουσιών και χορηγούμενες σε ζωικούς οργανισμούς να εμπλουτίζουν την συγκέντρωσή τους στους ιστούς, όπου και η μετατροπή τους σε ζωοκομικά προϊόντα με άμεσο όφελος για την υγεία των καταναλωτών.

Η ποικιλία που εξετάστηκε ήταν η δρεπανοειδής μηδική (*Medicago falcata*) στη βιολογική της και στη συμβατική της μορφή. Η περιοχή καλλιέργειας είναι η περιοχή του Λουτρού στην Αιτωλοακαρνανία όπου και το συγκεκριμένο είδος μηδικής καλλιεργείται κατά κόρον από τους παραγωγούς.

Είναι η πρώτη φορά που εξετάζεται στην Ελλάδα η μηδική ως προς την περιεκτικότητά της σε ορισμένα αντιοξειδωτικά και μάλιστα η συσχέτισή τους με τις μορφές επεξεργασίας της και με τον τρόπο παραγωγής της (συμβατικό ή βιολογικό).

4.1 Υλικά και μέθοδοι

Τα δείγματα ήταν από χλωρή μηδική, συμβατική αποξηραμένη μηδική και πιστοποιημένη αποξηραμένη βιολογική μηδική. Ελήφθησαν στο στάδιο του 1/10 της ανθήσεως από αγρό στον οποίο γίνεται αμειψισπορά με καλαμπόκι και βρίσκεται στην περιοχή του Λουτρού στην Αιτωλοακαρνανία.

Συνολικά ελέγχθηκαν 6 δείγματα (2 για κάθε περίπτωση που εξετάζουμε). Τα δείγματα προήλθαν ανά δύο από φυτική μάζα μηδικής βάρους 0,5 kg. Οι μετρήσεις έγιναν σε πιστοποιημένο εργαστήριο κατά E.E.C. Οι μετρήσεις ξεκίνησαν στις 10/8/2006 και τα τελικά αποτελέσματα

4.2 Μέθοδοι προσδιορισμού

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του β-καροτενίου και της α-τοκοφερόλης χρησιμοποιήθηκε υψηλής απόδοσης υγρός χρωματογράφος με σπεκτροφωτόμετρο με συσκευή καταγραφής της ορατής υπεριώδους ακτινοβολίας (HPLC - U).

4.2.1 Μέθοδος προσδιορισμού β-καροτενίου

Στην περίπτωση του β-καροτενίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Khachik et al., 1992a (Khachik et al., 1992b, 1986). Η συγκεκριμένη μέθοδος θεωρείται από τις πλέον αξιόπιστες και χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει όλο το εύρος των καροτενοειδών σε ένα δείγμα (Tonucci et al., 1995).

Σύμφωνα με τη μέθοδο το δείγμα εξάγεται στους 0°C με τη βύθιση του αναμίκτη σε λουτρό πάγου, κάτω από λάμπες φθορίου. Προστίθεται ένα κατάλληλο ποσό από την β-αρο-8'-καροτενάλη ως εσωτερικό σταθεροποιημένο δείγμα σε κάθε υπό έλεγχο ποσότητα τροφίμων (π.χ. 0,85-1,15mg β-αρο-8'-καροτενάλη σε 50-300gr προϊόντος βασισμένο στη τομάτα) πριν από την εκχύλιση για να προσδιοριστεί η έκταση των απωλειών ως αποτέλεσμα της εκχύλισης και της χρωματογραφίας. Προστίθεται το ανθρακικό μαγνήσιο ως ενίσχυση των φίλτρων (κατά 10% του βάρους του δείγματος για κάθε ένα) και αναμιγνύεται το δείγμα για 20 λεπτά σε έναν αναμίκτη Omni με T.H.F. Φιλτράρεται μέσω του φίλτρου Whatman no. 1 με χοάνη Buchner. Εκχυλίζεται το στερεό υλικό περισσότερο από 2 ή 3 φορές έως ότου να είναι απαλλαγμένο από χρώμα μετά το φιλτράρισμα και το διήθημα να είναι άχρωμο. Τα εκχυλίσματα T.H.F. συνδυάζονται και μειώνεται ο όγκος περίπου στα δυο τρίτα υπό κενό στους 35°C σε έναν περιστροφικό εξατμιστήρα. Χωρίζονται τα συστατικά του συνδυασμένου εκχυλίσματος με το διχλωρομεθάνιο (250ml) και το χλωριούχο

νάτριο (150ml) σε μια διαχωριστική χοάνη. Αφαιρείται το οργανικό στρώμα με νερό (3x150) εμπλουτισμένο με χλωριούχο νάτριο. Εάν το χρώμα παραμείνει στο στρώμα νερού τότε το πλένετε με το διχλωρομεθάνιο έως ότου αφαιρεθούν εντελώς τα καροτενοειδή. Ξηραίνεται το στρώμα διχλωρομεθανίου που περιέχει τα καροτενοειδή με το άνυδρο θεικό νάτριο και φιλτράρεται μέσω του φίλτρου Whatman no. 42 με τη χοάνη Buchner. Μειώνεται ο όγκος του διηθήματος υπό κενό σε περίπου 10ml. Φιλτράρονται τα 10ml του συγκεντρωτικού διαλύματος μέσω ενός 0,45μm φίλτρου και αυξάνεται ο όγκος σε 50ml με το διχλωρομεθάνιο με μια ογκομετρική φιάλη. Πραγματοποιούνται οι απαραίτητες αραιώσεις μεταφέροντας τα υποπολλαπλάσια αυτού του διαλύματος στον διαλυτή εγχύσεων HPLC (ακετονιτριλίο 40%, μεθανόλη 20%, διχλωρομεθάνιο 20%, εξάνιο 20%). Εισάγονται 20 μL του τελικού διαλύματος στην στήλη HPLC.

Προσδιορίζονται οι καμπύλες αναφοράς βασιζόμενες στη μέγιστη κορυφή για τα standard για κάθε καροτενοειδές και χρησιμοποιούνται αυτές οι καμπύλες για να καθοριστούν οι συγκεντρώσεις. Το μήκος κύματος για τον προσδιορισμό των standards και η ολοκλήρωση της κορυφής από το εκχυλισμένο δείγμα εξαρτάται από το μήκος κύματος της βέλτιστης απορρόφησης για κάθε καροτενοειδές. Το β-καροτένιο προσδιορίζεται στα 450NM.

4.2.2 Μέθοδος προσδιορισμού α-τοκοφερόλης

Στην περίπτωση της α-τοκοφερόλης δεν υπάρχει στανταρισμένη μέθοδος διότι οι μετρήσεις για τη συγκεκριμένη ουσία γίνονται κυρίως σε λίπη και έλαια και όχι σε πράσινα λαχανικά. Για αυτόν ακριβώς το λόγο χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Gomez-Coronado και Barbas η οποία έχει χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ποσότητας α-τοκοφερόλης στα φύλλα της δάφνης (*Laurus nobilis*) (Gomez-Coronado D.J.M and Barbas C., 2003).

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται είναι ενώσεις που παρασκευάζονται ειδικά για να χρησιμοποιούνται με το HPLC και είναι από την εταιρεία χημικών σκευασμάτων Scarlau (Βαρκελώνη, Ισπανία). Τα διαλύματα των στάνταρντς για την α-τοκοφερόλη είναι από την εταιρεία Fluka (Μπουχς, Ελβετία).

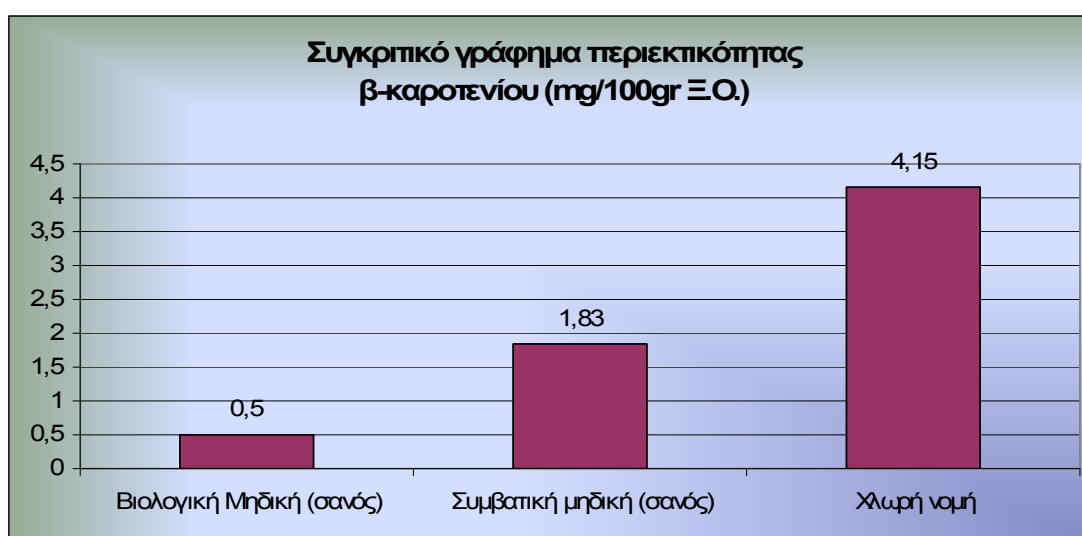
Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο η φυτική μάζα πρέπει να αλέθεται πρώτα ούτως ώστε να μπορεί να περάσει από κόσκινο 6 mm. Για την παρασκευή των

δειγμάτων χρειάστηκαν 250 mg αλεσμένης φυτικής μάζας (20.000 rpm για 15 sec), τα οποία τοποθετήθηκαν σε γυάλινη φιάλη, 200μL τοκόλης, σαν εσωτερικό στάνταρντ και 3,8 mL από το αντίστοιχο αντιδραστήριο. Έπειτα από φυγοκέντρηση 1 λεπτού τα δείγματα περάστηκαν από νάυλον φίλτρα 0,45μm και τοποθετήθηκαν στα φιαλίδια του HPLC.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Αποτελέσματα

Στη μέτρηση του β-καροτενίου παρουσιάζεται σημαντικά στατιστική διαφορά μεταξύ των τριών δειγμάτων. Ο σανός βιολογικής μηδικής παρουσιάζεται να είναι το φτωχότερο από τα τρία δείγματα σε συγκέντρωση β-καροτενίου, με το σανό της συμβατικής να ακολουθεί και με το δείγμα της χλωρής μηδικής να εμφανίζει τη μεγαλύτερη τιμή ($P \leq 0,05$).



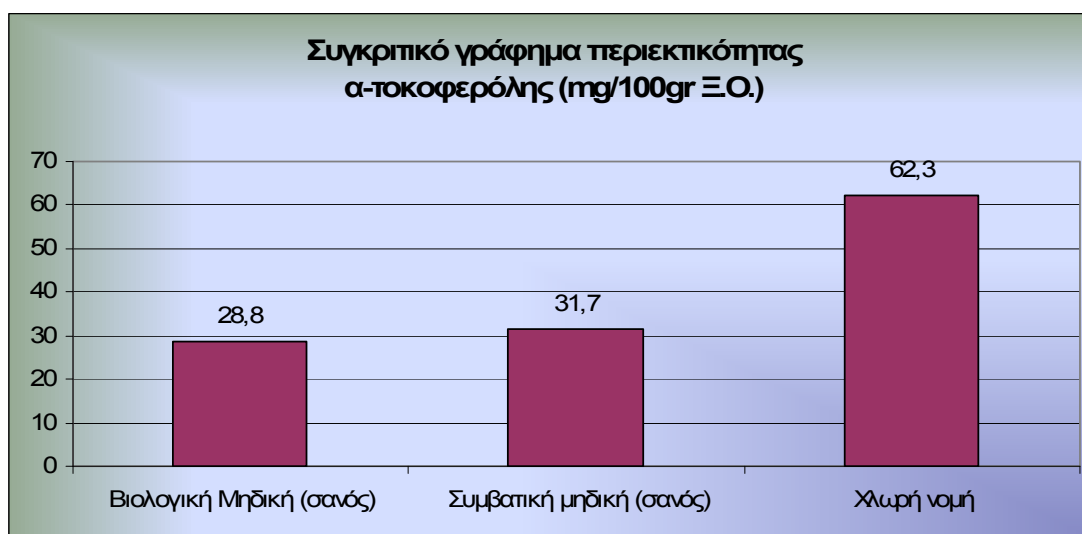
Εικόνα 11: Συγκριτικό γράφημα περιεκτικότητας β-καροτενίου

Πίνακας 14: Πίνακας αποτελεσμάτων β-καροτενίου

	Αποτέλεσμα	Μονάδα μέτρησης	Πιθανό λάθος στη μέτρηση	Μέθοδος μέτρησης
Βιολογική μηδική (σανός)	0,5	mg/100gr Ξ.Ο.	0,02	HPLC-U
Συμβατική μηδική (σανός)	1,83	mg/100gr Ξ.Ο.	0,02	HPLC-U
Συμβατική χλωρή μηδική	4,15	mg/100gr Ξ.Ο.	0,02	HPLC-U

Στη μέτρηση της α-τοκοφερόλης παρουσιάζεται επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών δειγμάτων. Ο σανός της βιολογικής μηδικής και της συμβατικής μηδικής παρουσιάζονται να έχουν περίπου ίδιες συγκεντρώσεις α-τοκοφερόλης με τη διαφορά τους όμως να μην είναι στατιστικά σημαντική, ενώ το δείγμα της χλωρής νομής παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή μεταξύ των τριών με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τα άλλα δύο δείγματα ($P \leq 0,05$).

Εικόνα 12: Συγκριτικό γράφημα περιεκτικότητας α-τοκοφερόλης



Πίνακας 15: Πίνακας αποτελεσμάτων α-τοκοφερόλης

	Αποτέλεσμα	Μονάδα μέτρησης	Πιθανό λάθος στη μέτρηση	Μέθοδος μέτρησης
Βιολογική μηδική (σανός)	28,8	mg/100gr Ξ.Ο.	0,1	HPLC-U
Συμβατική μηδική (σανός)	31,7	mg/100gr Ξ.Ο.	0,1	HPLC-U
Συμβατική χλωρή μηδική	62,3	mg/100gr Ξ.Ο.	0,1	HPLC-U

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Συμπεράσματα – συζήτηση

Στην παρούσα πειραματική εργασία μετρήθηκε η συγκέντρωση του β-καροτένιου και της α-τοκοφερόλης στο βιολογικό και στο συμβατικό σανό μηδικής καθώς και στη χλωρή νομή για να διαπιστωθούν πιθανές διαφορές στη συγκέντρωση των περιεχομένων αντιοξειδωτικών.

Η συγκέντρωση β-καροτένιου παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή της στη χλωρή νομή (4,15 mg/100gr) με το σανό της συμβατικής (1,83 mg/100gr) και της βιολογικής μηδικής (0,5 mgr/100gr) να ακολουθούν. Οι διαφορές μεταξύ των μετρήσεων είναι της τάξης του 56% και 88% με το συμβατικό σανό και το βιολογικό σανό αντίστοιχα ($P \leq 0,05$).

Τόσο μεγάλες διαφορές είναι απόλυτα λογικές, αφού η περιεκτικότητα της μηδικής σε καροτένια επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το φυλλώδες τμήμα του φυτού και τον τρόπο επεξεργασίας του (Δαλιάνης Κ., 1983). Η διαφορά που παρουσιάζεται μεταξύ του βιολογικού και του συμβατικού σανού πιθανώς οφείλεται στη μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια που παρουσίαζε η συμβατική μηδική λόγω της λίπανσης που είχε υποστεί σε σχέση με τη συμβατική.

Η ποσότητα β-καροτένιου που μετρήθηκε θεωρείται χαμηλή συγκριτικά με άλλες μετρήσεις που έχουν γίνει στις ΗΠΑ και έδειξαν την περιεκτικότητα σε καροτένια να φτάνει σε συγκεντρώσεις της τάξης των 19,8 mg/100gr για τη χλωρή νομή και 6,01 mg/100gr για το σανό (Δαλιάνης Κ., 1983). Αυτές οι διαφορές δικαιολογούνται από το γεγονός ότι η συγκομιδή έγινε σχετικά αργά (στο στάδιο του 1/10 της άνθησης) και ένα μεγάλο ποσοστό καροτένιων το οποίο βρίσκεται στα φύλλα είχε χαθεί διότι η περιεκτικότητα σε καροτένια μειώνεται καθώς εξελίσσεται η ωρίμανση. Τα καροτένια οξειδώνονται εύκολα όταν τα φυτά εκτεθούν σε υπερβολική ακτινοβολία ή βροχή κατά τη διαδικασία της αποξηράνσης. Κάτι τέτοιο προφανώς δεν θα είχε συμβεί εάν δεν ήταν βροχερός ο καιρός κατά την περίοδο της συγκομιδής ή εάν η συγκομιδή γινόταν στο στάδιο ανάπτυξης του φυτού που έπρεπε και η μεταφορά και η αποθήκευση τόσο της νομής όσο και του σανού ήταν σε δροσερό και σκιερό μέρος. Η μηδική που είναι ανώριμη και αποξηραίνεται γρήγορα είναι πλούσια σε καροτένια, ενώ αντίθετα η ώριμη μηδική που η ξήρανση της γίνεται κάτω από δυσμενείς συνθήκες μπορεί πρακτικά να μην περιέχει καθόλου καροτένια.

Η συγκέντρωση α-τοκοφερόλης παρουσιάζει μεγαλύτερη συγκέντρωση στη χλωρή νομή συμβατικής μηδικής (62,3 mg/100gr) με το σανό συμβατικής μηδικής να έχει 50% μικρότερη συγκέντρωση (31,7 mg/100gr) και το σανό βιολογικής μηδικής 54% μικρότερη (28,8mg/100gr) ($P \leq 0,05$).

Η ποσότητα α-τοκοφερόλης που μετρήθηκε ήταν πάνω από τα κανονικά όρια συγκριτικά με άλλες μετρήσεις που έχουν γίνει στις ΗΠΑ και έδειξαν την περιεκτικότητα της α-τοκοφερόλης να προσεγγίζει τα 59,4 mg/100gr για τη χλωρή νομή και 15,6 mg/100gr για το σανό (Δαλιάνης Κ., 1983). Στη χλωρή νομή η συγκέντρωση της α-τοκοφερόλης ήταν 5% μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες μετρήσεις στις ΗΠΑ, ενώ στο σανό η διαφορά ήταν 51% και 46% για το συμβατικό και το βιολογικό σανό αντίστοιχα.

Η διαφορά στη συγκέντρωση α-τοκοφερόλης μεταξύ των δειγμάτων της χλωρής νομής και της αποξηραμένης μηδικής είναι τόσο μεγάλη που δεν μπορεί να δικαιολογηθεί αποκλειστικά από τη μεγαλύτερη φυτική μάζα που θα παρουσιάζει η χλωρή νομή ή από τη μηχανική απομάκρυνση κάποιας ποσότητας της ουσίας κατά τη διάρκεια της αποξήρανσης, παρότι αμφότεροι είναι ιδιαίτερα σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την περιεκτικότητα της μηδικής σε βιταμίνες (Δαλιάνης Κ., 1983). Η α-τοκοφερόλη σε αντίθεση με το β-καροτένιο δεν παρουσιάζει ευαισθησία στο φως, στην υγρασία και τη θερμοκρασία. Ακόμη κι οι τροφές οι οποίες έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε α-τοκοφερόλη όπως οι τομάτες, το αυγό τα καρότα και το κρέας δεν χάνουν την περιεχόμενη βιταμίνη Ε ακόμη και όταν μαγειρεύονται. Η βιταμίνη Ε δεν αποδομείται εύκολα, ενώ πολύ συχνά μπορεί να καταστρέφεται στη διάρκεια επεξεργασίας των τροφών (Carol H., 1982). Άρα περειαίρω έρευνα χρειάζεται για να δοθεί απάντηση στο συγκεκριμένο ερώτημα, δηλαδή για ποιο ακριβώς λόγο η ποσότητα α-τοκοφερόλης στη χλωρή νομή είναι μεγαλύτερη ενώ θα έπρεπε να είναι τουλάχιστον ίση με την ποσότητα που περιέχεται στην αποξηραμένη μηδική αν όχι μεγαλύτερη.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η περιεκτικότητα της μηδικής σε β-καροτένιο και α-τοκοφερόλη εξαρτάται ουσιαστικά από τη σωστή ανάπτυξη του ίδιου του φυτού. Άρα θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την περιεκτικότητα της μηδικής σε αντιοξειδωτικές ουσίες είναι οι ίδιοι ακριβώς παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την ανάπτυξη του ίδιου του φυτού (Sheldon L.V., 1968). Η μηδική έχει καλύτερη ανάπτυξη σε περιοχές με θερμό κλίμα, με ήπιους χειμώνες και καλοκαίρια θερμά και ξηρά παρουσία άφθονου νερού (1 kg Ξ.Ο/ 800 lt

νερό). Όσον αφορά τα εδάφη στα οποία η μηδική αποδίδει καλύτερα, τέτοια είναι τα βαθιά, διαπερατά, μέσης έως και ελαφρής μηχανικής σύστασης, με καλή αποστράγγιση, πλούσια σε ασβέστιο και με ουδέτερο pH (6,5 -7,5). Όταν η μηδική αναπτύσσεται σε αυτές τις ιδανικές συνθήκες και η συγκομιδή της γίνεται πριν από το μπουμπούκιασμα (πράσινη ανώριμη μηδική) είναι δυνατόν η καλλιέργεια να είναι πλουσιότερη σε καροτένια σε ποσοστό που μπορεί να αγγίζει το 300% (Δαλιάνης Κ., 1983).

Από όλα τα παραπάνω φαίνεται καθαρά ότι η περιεκτικότητα της μηδικής στα συγκεκριμένα δύο αντιοξειδωτικά εξαρτάται ιδιαίτερα τόσο από την γονιμότητα του εδάφους όσο και από την περιοχή στην οποία γίνεται η καλλιέργεια. Αναγνωρίζοντας ότι οι ιδανικές συνθήκες (ήπιοι χειμώνες, μεγάλο ύψος βροχής, θερμά και ξηρά καλοκαίρια) είναι απόλυτα ταυτισμένες με το τυπικό Μεσογειακό κλίμα, λογικό επόμενο βήμα θα μπορούσε να είναι η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας στην πράξη με σκοπό την πιστοποίηση ζωοτροφών με αυξημένη συγκέντρωση αντιοξειδωτικών οι οποίες θα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζωοκομικών προϊόντων τοπικής προέλευσης τα οποία λόγω της υψηλής συγκέντρωσης τους σε αντιοξειδωτικές ουσίες θα ήταν πιο υγιεινά και θα παρουσίαζαν μεγαλύτερη διάρκεια διατήρησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ◆ Armstrong D.G., Cook H., and Thomas B., 1950, *J. Agr. Res.*, Vol.40, pp 93-99
- ◆ Barnes R.E. and Mott G.O., 1966, *Agron. Abst.*, pp 40
- ◆ Benavente-Garcia O., Castilo J., Marin F.R., Ortuno A., and Del Rio J.A., 1997, Uses and properties of Citrus flavonoids, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol.45, pp 4505-4515
- ◆ Bendlich A., Gabriel E., Machlin L.J., 1986, *J. Nutr.* Vol.116, pp675
- ◆ Boileau TW, Boileau AC, Erdmad JW, 2002, Bioavailability of all-trans and cis-isomers of lycopene, *Exp. Biol. Med.*, Vol.227, pp 914-919
- ◆ Booz-Allen and Hamilton Inc., 1989, *Retail Beef Inventory Report*
- ◆ Borsting C.F., Engberg R. M., Jakobsen K., Jensen S. K., Andersen J. Q., 1994, Inclusion of oxidised fish oil in mink diets, The influence of nutrient digestibility and fatty-acid accumulation in tissues, *Journal of Animal Physiology And Animal Nutrition*, pp72, 132-145.
- ◆ Brady WE, Mares-Perlman JA, Bowen P., Stacewicz-Sapuntzakis. M., 1996, Human serum carotenoid concentrations are related to physiologic and lifestyle factors, *J. Nutr.*, Vol.126, pp 129-137
- ◆ Burton GW, Antioxidant action of carotenoids. 1989 *J Nutr.* Vol 90 pp 109-111.
- ◆ Carlton A.E., Cooper C.S., Delaney R.H., Dubbs A.L., and Eslick R.F., 1968, *Agron. J.*, Vol.60, pp 630-632
- ◆ Chen Z.Y. and Chan P.T., 1996, Antioxidant activity of green tea catechins in canola oil, *Chemistry and Physics of Lipids*, Vol.82, pp 163-172

- ◆ Chew B.P., 1993, Role of carotenoids in the immune response, *Journal of Dairy Science*, Vol.76, pp 2804-2811
- ◆ Clifford W. Beninger 2003, Antioxidant Activity of Extracts, Condensed Tannin Fractions, and Pure Flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. Seed Coat Color Genotypes.
- ◆ Combs G. F., Jr., and Combs S.B., 1986, The Role of Selenium in Nutrition. Academic Press, Orlando, Florida.
- ◆ Conrad H.R., Hibbs J.W., Pratt A.D., and Davis R.R., 1962, Ohio Res. Bul. 914
- ◆ Coulson C.B., 1958, *J. Sci. Food Agr.*, Vol.9, pp 281-188
- ◆ Coulson C.B., 1962, *J. Sci. Food Agr.*, Vol.13, pp 53-57
- ◆ Crampton E.W., Donefer E., and Lloyd L.E.,1960, Int. Grassland Congr., Proc. 8th, pp 462-466
- ◆ Crowder L.V., Vanesa J., and Silva I., 1960, *Agron. J.*, Vol.52, pp128-130
- ◆ Δαλιάνης Κ., 1987, Σύνθεση και θρεπτική αξία μηδικής, *Μηδική και τριφύλλια*, pp 259-282
- ◆ Dekkers JC, van Doornen LJ, Kemper HC (1996). "The role of antioxidant vitamins and enzymes in the prevention of exercise-induced muscle damage". Vol. 23 pp 286-309
- ◆ Dexter S.T., 1945, *J. Amer. Soc. Agron.*, Vol. 37, pp 394-399
- ◆ Diaz MN, Frei B, Vita JA, Keaney JF. 1997. Antioxidants and atherosclerotic heart disease. *N Engl J Med* 337:408–416.
- ◆ Di Mascio P, Kaiser S, 1989, Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher, *Arch Biochem Biophys*, Vol.274, pp 532-538
- ◆ Donker J.D., Singh H., and Mohrenweiser H.W.,1968, *J. Dairy Sci.*, Vol.51, pp 362-366

- ◆ Ellis R., Kimato W.I., Bitman J., Edmonson L.F., 1974, *J.Am. oil Chem. Soc.*, Vol.51, pp 4
- ◆ Engberg R. M. Lauridsen C., Jensen S.K. and Jacobsen K., 1996, Inclusion of oxidised vegetable oil in broiler diets. Its influence on nutrient balance and on the antioxidative status of broilers, *Poultry Science*, Vol. 75, pp 1003-1011
- ◆ Engberg R. M. and Borsting C.F., 1994, Inclusion of oxidized fish oils in mink diets, The influence on performance and health considering histopathological, clinical-chemical, and haematological indices, *Journal of Animal Physiology And Animal Nutrition*, Vol. 72, pp 146-157.
- ◆ Engeseth N.J., Gray J.I., Booren A.M., Asghar A., 1990, Paper presented at the annual meeting of the Institute of Food Technologists, Anaheim, California
- ◆ Enkvetchakul B., Botje W., Anthony N. and Moore R., 1993, Compromised antioxidant status associated with ascites in broilers, *Poultry Science*, Vol.72, pp 2272-2280
- ◆ Evans J.L., Arroyo-Aguillu., Taylor M.W., and Ramage C.H., 1965, *New Jersey Agr. Exp. Sta. Bul.* 814
- ◆ Fauconneau G., 1956, European Grassid, *Conf.*, pp 298-301
- ◆ Faustman C., Cassens R.G., Schaefer D.M., Beuge D.R., Scelier K.K., 1989a, *J. Food Sci.*, Vol.54, pp 485
- ◆ Faustman C., Cassens R.G., Schaefer D.M., Beuge D.R., Williams S.N., Scelier K.K., 1989b, *J.Food Sci.*, Vol.54, pp 858
- ◆ Faustman C., and Cassens R.G., 1990, *J. Muscle Foods*, Vol.1, pp 217
- ◆ Finkel T, Holbrook NJ (2000). "Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing". *Nature* 408 (6809): 239-47
- ◆ Fulkerson R.S., Mwat D.N., Tossel W.E. and Rhykerd C.L., 1967, *Can. J.Plant Sci.*, Vol.47, pp 683-690

- ◆ Gey K.F. and Puska P., 1989, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, Vol 576, pp268
- ◆ Gey K.F., Brubacher G.B., Stahelin H.B., 1987, *Am. J. Clin. Nutr.*, Vol.45, pp 1368
- ◆ Gey K.F., Puska P., Jordan P., Moser U.K., 1991, *Am. J. Clin. Nutr.*, Vol.43, pp 326S
- ◆ Gomez-Coronado Diego J. M. and Barbas Coral, Optimized and Validated HPLC Method for α and γ Tocopherol Measurement in *Laurus nobilis* Leaves, *New Data on Tocopherol Content Facultad CC Experimentales y de la Salud, Universidad San Pablo, CEU 28668, Boadilla del Monte, Madrid, Spain*
- ◆ Halliwell B. 1996. Antioxidants. In: Ziegler EE, Filer LJ Jr., eds. *Present Knowledge in Nutrition*. Washington, DC: ILSI Press. Pp. 596–603.
- ◆ Halliwell B. 1997. Antioxidants and human disease: A general introduction. *Nutr Rev* 55:S44–S49.
- ◆ Halliwell B., 1987, *FASEB J.*, Vol.1, pp358
- ◆ Halliwell B., and Gutteridge J.M.C., 1985, *Mol. Aspects Med.*, Vol.8, pp 89
- ◆ Hardison W.A., Linkous W.N. and Ward C.Y., 1957, *J. Dairy Sci.*, Vol.40, pp 768-773
- ◆ Hirst E.L., Machenzie D.J., Wylam C.B., 1959, *J. Sci. Food Agr.*, Vol.10, pp 19-26
- ◆ Horrocks R.D. and Washko J.B., 1968, *Pennsylvania Agr. Exp. Sta. Bul.* 753
- ◆ Hunter Carol, 1992, Βιταμίνες, τι είναι και γιατί τις χρειαζόμαστε, Εκδόσεις Κονιδάρη, Αθήνα, pp 26-33, 66-74
- ◆ Jensen M., Hakkarainen J., Lindholm A., Jonson L., 1988, *J. Anim. Sci.* Vol.666, pp3101

- ◆ Jordan R.M and Marten G.C., 1968, *J. Anim. Sci.*, Vol.27, pp 174-177
- ◆ Jung C.A., Reid R.L. and Balasco J.A., 1969, *West Virginia Agr. Exp. Sta. Bul.* 211
- ◆ Kanner, J , Bartov, I., Salan, M.O., Doll, L. (1990), *J. Agric. Food Chem.* 38, 601.
- ◆ Khachik F, Beecher GR, Goli MB, Lusby WR 1992a, Separation and quantification of carotenoids in foods. *Methods Enzymol*, Vol.213, pp 347-359
- ◆ Khachik F, Beecher GR, Whitaker NF, 1986, Separation, identification, and quantification of the major carotenoid and chlorophyll constituents in extracts of several green vegetables by liquid chromatography, *J Agric Food Chem.*, Vol.34, pp 603-616
- ◆ Khachik F, Goli MB, Beecher GR, 1992b, Effect of food preparation on qualitative and quantitative distribution of major carotenoid constituents of tomatoes and several green vegetables, *J Agric Food Chem.*, Vol.40, pp 390-398
- ◆ Kiesselbach T.A. and Anderson A., 1961, *USDA, Tech. Bul.*, pp 235
- ◆ Koehler F. and Albrecht W.A., 1953, *Plant and Soil*, Vol.4, pp 522-525
- ◆ Krinsky NI, 1993, Actions of carotenoids in biological systems, *Annu Rev. Nutr.*, Vol.13, pp 561-587
- ◆ Lamghari R., Villlaume C., Pelletier X., Bau HM, Schwertz A., Nicolas J-P., Mejean L., 1997, Effect of rancidity of *Lupinus albus* protein-concentrate-based diets on food intake and growth of wistar rats, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 75, pp 80-86.
- ◆ Lehnert, Dick, 1998, Tap the market for organic hay. *Hay and Forage Grower*. February 1.

- ◆ Loper G.M., Smith D., and Stahmann M.A., 1963, *Crop Sci.*, Vol.3, pp 522-525
- ◆ López-Lluch, N. Hunt, B. Jones, M. Zhu, H. Jamieson, S. Hilmer, M. V. Cascajo, J. Allard, D. K. Ingram, P. Navas, and R. de Cabo (2006). "Calorie restriction induces mitochondrial biogenesis and bioenergetic efficiency". *Proc Natl Acad Sci U S A* 103 (6): 1768–1773.
- ◆ Lockett C.R. and Klopfenstein T.J., 1970 , *J. Anim. Sci.*, Vol.31, pp 126-129
- ◆ Machlin L.J., 1984, Nutritional, Biochemical and chemical aspects, *Handbook of Vitamins*, Marcel Dekker Inc., New York, pp 99
- ◆ Marten G.C., 1970, Int. Grassland Congr., Proc. 11th (Surfers Paradise, Queensland, Aust.), pp 506-509
- ◆ Meyer J.H. and Jones L.G., 1962, *California Agr. Exp. Sta. Bul.* 784
- ◆ Miller M.A., 1958, Composition of Cereal Grains and Forages, *Nat. Acad. Sci. Nat. Res. Coun.*, Wash, pp 585, 663
- ◆ Mohrenweiser H.W. and Donker J.D., 1968, *J. Dairy Sci.*, Vol.51, pp 373-377
- ◆ Mowat D.N., Fulkerson R.S. and Camble E.E., 1967, *Can. J. Plant Sci.*, Vol.47, pp 4223-426
- ◆ Nair P.O., 1972, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, Vol.203, pp 53
- ◆ Olson O.E. and I.S. Palmer, 1976, Selenoamino acids in tissues of rats administered inorganic selenium. *Metabolism*, Vol.25, pp299
- ◆ Parker RS, Swanson JE, Edwards AJ, 1999, Bioavailability of carotenoids in human subjects, *Proc. Nutr. Soc.*, Vol.58, pp 155-162
- ◆ Quinn M.T., Partchasarathy S., Fong L.G., Steiberg D., 1987, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, Vol.84, pp 2959

- ◆ Raguse C.A., and Smith D., 1966, *J. Agric. Food Chem.*, Vol.14, pp 423-426
- ◆ Reid J.T., Kennedy W.K., Turk K.L., Slack S.T., Trumberger G.T. and Murphy R.P., 1959, *Agron. J.*, Vol.51, pp 213-216
- ◆ Reilly C., 1996, *Selenium in Food and Health*, Blackie Academic & Professional, an imprint of Chapman & Hall, London
- ◆ Schumacker P (2006). "Reactive oxygen species in cancer cells: Live by the sword, die by the sword.". *Cancer Cell*. pp 28-42.
- ◆ Shahr S.L, Kelsner E.M., Bratzler J.W., and Washko.J.B., 1961, *J. Dairy Sci.*, Vol.44, pp 503-510
- ◆ Sheldon L.V., Blue W.G. and Albrecht W.A., 1948, *Science*, Vol.108, pp 426-428
- ◆ Sies H. 1985. Oxidative stress: Introductory remarks. In: Sies H, ed. *Oxidative Stress*. London: Academic Press. Pp. 1–8
- ◆ Singleton V.L., Mertz E.T., Davis R.L., 1952, *Agron. J.*, Vol.44, pp346-348.
- ◆ Σκούφος Ι., Ζελοβίτης Ι, Φώτου Κ, Αναστασίου Ι, Τσίνας Α, Τζώρα Α. (2005), 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Τεχνολογίας Ζωικής Παραγωγής, Άρτα, σελ 25-39.
- ◆ Σκούφος Ι., Ζελοβίτης Ι, Ραμαντάνης Σ., Βοίδαρου Χρ., Ευαγγέλου Α., Καρκαμπούνας Σπ. (2005) 4^ο Διεθνές Συνέδριο Τεχνολογίας Τροφίμων, Αθήνα 18-19 Φεβρουαρίου, Τόμος ΙΙ, σελ. 197- 203
- ◆ Smith D. and Sund M.J., 1965, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 13, pp 81-84
- ◆ Smith D., 1966, Jones M.L., Johannes R.F., and Baumgardt B.R., *Wisconsin Agr. Exp. Sta. Res. Rep.*, pp 23
- ◆ Smith D., 1968, Minutes NCR-31, *Forage Mgt Physiol. Meeting*, Univ. Illinois, Urbana, pp 54

- ◆ Smith D., 1969, *Agron. J.*, Vol.61, pp 470-473
- ◆ Smith D., 1970, *J. Agr. Food Chem.*, Vol.18, pp 652-656
- ◆ Snorland F.B., Igene J. O., Pearson A.M., Thomas J.W., McGuffey R.K., Aldridge A.E., 1981, *J. Agric. Food Chem.*, Vol.29, pp 863
- ◆ Spurlock M.E. and Savage J.E., 1992, Effect of dietary protein and selected antioxidants on fatty liver haemorrhagic syndrome induced in Japanese quail, *Poultry Science*, Vol.72, pp 2095-2105
- ◆ Stanford E.H., Jones L.G., Osterli V.P., Houston B.R., Smith R.F., and Reed A.D., 1954, *California Agr. Exp. Sta. Bul.* 442
- ◆ Surai P.F. and Dvorska J.E., 2001, Is organic selenium better for animals than inorganic sources? *Feed Mix*, Vol.9, pp 8-10
- ◆ Surai P.F., 2000; Organic selenium: benefits to animals and humans, a biochemist's view, *Biotechnology in the feed industry*, Proceedings of 16th Alltech's Annual Symposium, Edited by Lyons, T.P. and Jacques, K.A., Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp 205-260
- ◆ Tapiero H, Townsend DM, Tew KD, 2004, The role of carotenoids in the prevention of human pathologies, *Biomed Pharmacother*, Vol.58, pp 100-110
- ◆ Tappel, A. L., 1972, *Annal. N.Y. Acad. Sci.*, pp 203, 12.
- ◆ Terry R.A. and Tilley J.M.A., 1964, *J. Brit. Grassland Soc.*, Vol.19, pp 363-372
- ◆ Tisdale S.L., Davis R.L., Kingsley A.F., Mertz E.T., 1990, *Agron. J.*, Vol.42, pp 221-225
- ◆ Tonucci L.H., Holden J.M., Beecher G.R., 1995, Carotenoid content of thermally processed tomato based food products, *J Agric food Chem*, Vol.43, pp 579-586
- ◆ Traber M.G. and Kayden H.J., 1984, *Am. J. Clin. Nutr.*, Vol.40, pp 747

- ◆ Troelsen J.E. and Cambell J.B., 1969, *J. Agr. Sci. Camb.*, Vol.72, pp 145-54
- ◆ Van het Hof KH, West CE, Wseststrate JA, Hautvast JG, 2000, Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids, *J. Nutr.*, Vol.130, pp 503-506
- ◆ Van Riper G.E. and Smith D., 1959, *Wisconsin Agr. Exp. Sta. Res. Rep.*, Vol.4, pp 25
- ◆ Voygh L.R. and Marten G.C., 1971, *Agron. J.*, Vol. 63, pp 40-42
- ◆ Waldern D.E., Blosser T.H., Murdock F.R., and Colenbrander V.F., 1968, *Wahington Agr. Exp. Sta. Bul.* 699
- ◆ Wall M., 1971, Toxins of animal and plant origin, *Corton and Breach Science Publishers*, Ltd, London
- ◆ Weir WC., Jones LG., and Meyer J.H.,1960, *Animal Sci.*, Vol.19, pp 5-19
- ◆ Williams SN, 1992, Vitamin E and Beef quality update, *Hoffmann-La Rosce Inc. Nutley. NJ. USA.*
- ◆ Winch J.E., Sheard R.W., and Nowat D.N., 1970, *J. Brit. Grassland Sco.*, Vol.25, pp 44-52

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

http://www.nutrition-matters.co.uk/free_docs/changingdietconsequences.htm

<http://www.ams.usda.gov/LSMNpubs/HayW.htm>

<http://fermat.nap.edu/books/0309033756/html>

http://www.lef.org/prod_hp/abstracts/php-ab333.html

<http://www.drhoffman.com/page.cfm/153>

<http://www.geocities.com/maso2gr/libere.html>

www.voedingscentrum.nl

<http://dietary-supplements.info.nih.gov/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

1. **Κανονισμός (ΕΟΚ) 2092/91 του Συμβουλίου της 24^{ης} Ιουνίου 1991** περί του βιολογικού τρόπου παραγωγής γεωργικών προϊόντων και των σχετικών ενδείξεων στα γεωργικά προϊόντα και στα είδη διατροφής όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα.
2. **Κανονισμός (ΕΚ) 1804/99 του Συμβουλίου της 19^{ης} Ιουλίου 1999** για συμπλήρωση, για τα κτηνοτροφικά προϊόντα, του κανονισμού (ΕΟΚ) αριθ. περί του βιολογικού τρόπου παραγωγής γεωργικών προϊόντων και των σχετικών ενδείξεων στα γεωργικά προϊόντα και στα είδη διατροφής.
3. **Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) με αριθ. 332221/11-1-2001 για την εφαρμογή συμπληρωματικών μέτρων για την εφαρμογή του Καν(ΕΟΚ)2092/91 του Συμβουλίου περί του βιολογικού τρόπου παραγωγής γεωργικών προϊόντων και των σχετικών ενδείξεων στα γεωργικά προϊόντα και στα είδη διατροφής ως έχει τροποποιηθεί και ισχύει (ΦΕΚ 10/Β/2001).**
4. **Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) με αριθ. 351178/6-4-2001 για την τροποποίηση της υπ' αριθμ. 332221/11-1-2001 (Β10) ΚΥΑ για τον καθορισμό συμπληρωματικών μέτρων εφαρμογής του Καν (ΕΟΚ) 2092/91 περί του βιολογικού τρόπου παραγωγής γεωργικών προϊόντων και των σχετικών ενδείξεων στα γεωργικά προϊόντα και στα είδη διατροφής ως έχει τροποποιηθεί και ισχύει (ΦΕΚ 381/Β/2001).**
5. **Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) με αριθ. 388038/24-8-2001 για την τροποποίηση της υπ' αριθμ. 332221/11-1-2001 (Β10) ΚΥΑ για τον καθορισμό συμπληρωματικών μέτρων εφαρμογής του Καν (ΕΟΚ) 2092/91 περί του βιολογικού τρόπου παραγωγής γεωργικών προϊόντων και των σχετικών ενδείξεων στα γεωργικά προϊόντα και στα είδη διατροφής ως έχει τροποποιηθεί και ισχύει (ΦΕΚ 381/Β/2001).**
6. **Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) αριθ. 428/339372/661/2-2-2001 των Υπουργών Εθνικής Οικονομίας & Γεωργίας για την εφαρμογή του Αγροπεριβαλλοντικού Μέτρου του Εγγράφου Προγραμματισμού Αγροτικής Ανάπτυξης (ΕΠΑΑ) 2000-2006.**