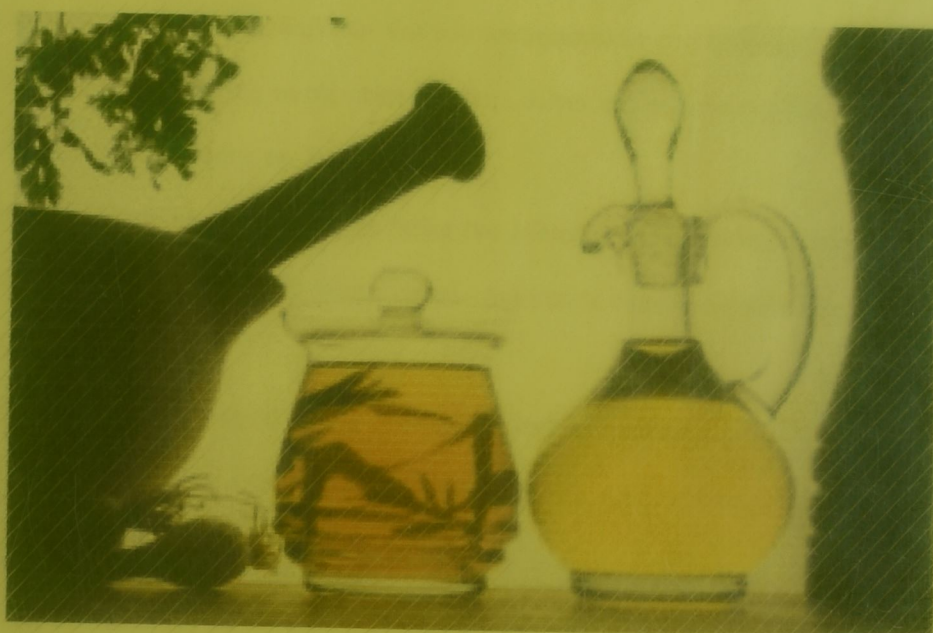


ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ



ΠΕΠΗ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ

Τριμελής Επιτροπή

1. Ανδρικόπουλος Νικόλαος, Επιβλέπων Καθηγητής
2. Μπόσκου Γεώργιος, Λέκτορας
3. Χίου Αντωνία, ΠΔ 407/80

Βόλος, 2004

ΠΤΥ
ΟΙΚ

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ



ΠΕΠΗ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ

Τριμελής Επιτροπή

1. Ανδρικόπουλος Νικόλαος, Επιβλέπων Καθηγητής
2. Μπόσκου Γεώργιος, Λέκτορας
3. Χίου Αντωνία, ΠΔ 407/80

Βόλος, 2004

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή αυτή μελέτη γίνεται στα πλαίσια του προγράμματος εξομοίωσης των αποφοίτων της ΧΑΣΟΟ με το τμήμα της Επιστήμης Διαιτολογίας - Διατροφής του Χαροκόπειου πανεπιστημίου.

Σκοπός της πτυχιακής είναι η εκτίμηση της περιεχόμενης βιταμίνης Ε στα τρόφιμα καθώς και η παρουσίαση όλων των μελετών που έχουν γίνει σε σχέση με τις περιεκτικότητες των τοκοφερολών και των τοκοτριενολών στα τρόφιμα.

Η σημασία της μελέτης αυτής είναι μεγάλη, λόγω της σημαντικής βιολογικής και αντιοξειδωτικής δράσης της βιταμίνης Ε.

Πιστεύω με την εργασία αυτή, να βάλω ένα λιθαράκι στη γενικότερη συμβολή του τμήματος της Επιστήμης της Διαιτολογίας - Διατροφής στην έρευνα για την διατροφή μας.

Ευχαριστώ τους καθηγητές μου, Νικόλαο Ανδρικόπουλο, Γεώργιο Μπόσκου, Αντωνία Χίου για την πνευματική βοήθειά τους και τους φίλους μου Θανάση και Χαρά για την αμέριστη συμπαράστασή τους.

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Αρ. Κτημ: _____

Αρ. Πιστ: 13.080

Κωδ. γύρωφης: 10155

Ταξιμ. Αρ.θμ: ΠΥ ΟΙΚ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΣΕΛΙΔΑ
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	3
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΔΟΜΗ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΠΗΓΕΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε	8
3.1 ΓΕΝΙΚΑ	8
3.2 ΜΕΤΡΗΣΗ, ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ	8
3.3 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗΣ	9
3.4 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΕ ΤΡΟΦΙΜΑ	11
3.5 ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε	12
3.6 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ, ΤΟ ΜΑΓΕΙΡΕΜΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε – ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ	23
5.1 ΠΕΨΗ, ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ	23
5.2 Η ΑΠΟΡΡΟΦΗΜΕΝΗ ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε ΜΕΤΑΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΛΙΠΟΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΚΑΙ ΕΡΥΘΡΟΚΥΤΤΑΡΑ.	24
5.3 ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΠΡΟΣΛΗΨΗ	25
5.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ	25
5.5 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε	26
5.6 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε: ΔΥΟ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ – ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : ΔΡΑΣΗ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε	31
6.1 ΓΕΝΙΚΑ	31
6.2 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε	32

6.3 ΡΟΛΟΙ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε ΠΟΥ ΔΕ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΤΗΣ ΔΡΑΣΗ	35
6.4 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε ΜΕ ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε	37
7.1 ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.	37
7.2 ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε ΚΑΙ ΑΡΘΡΙΤΙΔΑ	37
7.3 ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε ΚΑΙ ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΑ ΝΟΣΗΜΑΤΑ.	37
7.4 ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε , ΑΝΟΣΙΑ ΚΑΙ ΜΟΛΥΝΣΗ	38
7.5 ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε ΚΑΙ ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΗΣ.	39
7.6 ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε ΚΑΙ ΚΑΠΝΙΣΜΑ.	39
7.7 ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε ΚΑΙ ΔΙΑΒΗΤΗΣ	40
7.8 ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε ΚΑΙ ΣΩΜΑΤΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ	40
7.9 ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ	41
7.10 ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε ΚΑΙ ΔΕΡΜΑΤΙΚΗ ΥΓΕΙΑ	41
7.11 ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε - ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΕΛΛΕΙΨΗΣ - ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ.	43
8.1 ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε	43
8.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΥΘΥΝΙΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε	44
8.3 ΧΑΜΗΛΗ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΜΙΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ	46
8.4 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΩΝ	47
8.5 ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΩΝ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε	48
8.6 ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε	48
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	51

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η βιταμίνη Ε είναι μια αλκοόλη που συντίθενται από τους φυτικούς οργανισμούς. Περιλαμβάνει 8 ενώσεις, τις α -, β -, γ -, και δ -τοκοφερόλη και τις α -, β -, γ -, και δ -τοκοτριενόλη, που διαφέρουν μεταξύ τους στη θέση των ομάδων μεθυλίου στο δακτύλιο της χρωμανόλης. Κάθε μία έχει χαρακτηριστική βιολογική δραστηριότητα, με μεγαλύτερη αυτή της α -τοκοφερόλης.

Η βιταμίνη Ε εντοπίζεται σε φυτικά προϊόντα, κυρίως σε φυτικά έλαια. Τα φύλλα και οι χλωροπλάστες των φυτών περιέχουν κυρίως α -τοκοφερόλη, ενώ οι β -, γ - και δ -τοκοφερόλες βρίσκονται σε περιοχές του φυτού εκτός των χλωροπλάστων. Οι τοκοτριενόλες βρίσκονται κυρίως στα λαχανικά και στα σιτηρά. Στις ζωικές τροφές, η βιταμίνη Ε βρίσκεται στους λιπαρούς ιστούς του ζώου.

Η κατεργασία και η αποθήκευση των τροφών μπορεί να επηρεάσει το επίπεδο της περιεχόμενης βιταμίνης Ε.

Σύμφωνα με μελέτες πάνω στην περιεκτικότητα τοκοφερολών και τοκοτριενολών στα φυτικά έλαια, αυτή ποικίλλει ανάλογα με το σπόρο από το οποίο προήλθε το έλαιο, το είδος του ελαίου (παρθένο, ραφινρισμένο), τη μέθοδο ανάλυσης, τον τόπο παραγωγής, και την ποικιλία της ελιάς.

Το ηλιέλαιο έχει τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε α -τοκοφερόλη, όμως το ελαιόλαδο

Vit.E

έχει τον καλύτερο διατροφικό δείκτη (*PUFA*) γιατί έχει λιγότερα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα.

Η βιταμίνη Ε αποθηκεύεται σε μία σταθερή δεξαμενή, το λιπώδη ιστό, μετακινείται αργά απ' αυτόν κι έχει μακροπρόθεσμη φυσιολογική αξία, και σε ασταθή, όπως το πλάσμα και το ήπαρ που εκκενώνονται ταχύτατα υπό συνθήκες στέρησης βιταμίνης Ε.

Η βιταμίνη Ε αποτελεί φυσικό αντιοξειδωτικό παράγοντα με σημαντικό ρόλο στην ομοιόσταση του οργανισμού. Στον ανθρώπινο οργανισμό αναπτύσσονται ελεύθερες ρίζες στα πλαίσια της μεταβολικής διαδικασίας, οι οποίες αν βρεθούν σε μεγάλη συγκέντρωση μπορούν να προκαλέσουν χρόνιες ασθένειες, όπως αρτηριοσκλήρωση και καρκίνο. Η βιταμίνη Ε, όπως και άλλα φυσικά αντιοξειδωτικά, προστατεύουν από την υπεροξείδωση και από έναν μηχανισμό διάδοσης των ελευθέρων ριζών.

Η βιταμίνη Ε φαίνεται να συμβάλει θετικά σε καταστάσεις όπως : καρδιαγγειακά νοσήματα, αρθρίτιδα, καταρράκτης, διαβήτης, καρκίνος, ατμοσφαιρική ρύπανση, μόλυνση, κάπνισμα, σωματική άσκηση, νευρολογικές διαταραχές, δερματική υγεία.

Η ανεπάρκεια της βιταμίνης E είναι συνήθως σπάνια. Η έλλειψή της μπορεί να οφείλεται σε ανεπαρκή διαιτητική πρόσληψη ή σε ελλιπή απορρόφηση της βιταμίνης. Έλλειψη σεληνίου, αμινοξέων που περιέχουν θείο, χαλκού, ψευδαργύρου, μαγνησίου, ριβοφλαβίνης αυξάνουν την ανάγκη για βιταμίνη E. Επίσης αυξημένα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα ενισχύουν την ανάγκη για βιταμίνη E.

Η βιταμίνη E είναι μία από τις λιγότερο τοξικές βιταμίνες. Ωστόσο, σε πολύ υψηλές δόσεις, μπορεί να ανταγωνιστεί τη λειτουργία άλλων λιποδιαλυτών βιταμινών.

Οι απόψεις για τη χρησιμότητα πρόσληψης συμπληρωμάτων δίστανται, αλλά και τα αποτελέσματα μελετών είναι αντικρουόμενα. Οι συστάσεις για τον Αμερικανικό πληθυσμό έχουν αυξηθεί για την βιταμίνη E και επιδημιολογικές μελέτες έχουν υποδείξει ότι ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού δεν προσλαμβάνει τις αναγκαίες ημερήσιες ποσότητες. Μία συνετή επιλογή, ενός εύρους τροφών είναι η καλύτερη διατροφική πολιτική, ενώ επιπρόσθετη βιταμίνη από εμπλουτισμένα τρόφιμα και συμπληρώματα μπορούν να βοηθήσουν ορισμένους ανθρώπους ώστε να προσλαμβάνουν τις αναγκαίες ημερήσιες ποσότητες.

ABSTRACT

Vitamin E can be found in vegetable products, mainly in vegetable oils. Leaves and chloroplasts of plants mainly contain *α*-tocopherol, while *β*-, *γ*- and *δ*-tocopherol can be found in any other part of a plant, apart from the chloroplasts. Tocotrienol can be primarily found in vegetables and cereals. On the other hand, in vital food, vitamin E can be reached in the fatty masts of the animal.

The proceedings of elaboration and storing up of food may affect the level of vitamin E intake .

According to several studies on the continence of tocopherols and tocotrienols in vegetable oils, vitamin E may vary depending on the seed of the oil, the kind of the oil (virgin, refined), the method of analysis, the country of production and the variety of the olive.

The sunflower oil contains the greatest quantity of *α*-tocopherol, whilst the olive oil has the best nourishing indicator (VitE/PUFA) since it contains the less polyunsaturated fat acids.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η βιταμίνη Ε απομονώθηκε από σπορέλαιο το 1936, αν και η ύπαρξή της ήταν γνωστή από το 1920. Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε το 1922 από Αμερικανούς επιστήμονες, παρατηρήθηκε ότι η ικανότητα αναπαραγωγής των ποντικών μειωνόταν όταν έλλειπε αυτή η βιταμίνη από την τροφή τους. Το 1931 διαπιστώθηκε ότι στέρηση της προκαλούσε μυϊκή δυστροφία στα πειραματόζωα. Το 1938 παιδιά που υπέφεραν από την παραπάνω ασθένεια θεραπεύονταν μετά από χορήγηση της βιταμίνης.

Της έχει δοθεί το όνομα «τοκοφερόλη», λόγω της σημασίας της στην αναπαραγωγή των πειραματόζωων, παρόλο που στον άνθρωπο δεν έχει διαπιστωθεί σχέση της με τη σεξουαλική του απόδοση.



Τοκοφ	R1	R2	R3	Σχετική δραστηριότητα
α-τοκοφερόλη	CH ₃	CH ₃	CH ₃	1
β-τοκοφερόλη	CH ₃	H	CH ₃	0,4
γ-τοκοφερόλη	H	CH ₃	CH ₃	0,1-0,3
δ-τοκοφερόλη	H	H	CH ₃	0,01

ΔΟΜΗ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε

Η βιταμίνη Ε περιλαμβάνει 8 ενώσεις που συντίθενται από τους φυτικούς οργανισμούς. Αυτές οι ενώσεις μπορούν να διακριθούν σε 2 κατηγορίες:

τις τοκοφερόλες (ή τοκόλες), οι οποίες περιλαμβάνουν κορεσμένη πλευρική αλυσίδα και τις τοκοτριενόλες (ή τριενόλες) στις οποίες η πλευρική ανθρακική αλυσίδα είναι ακόρεστη.

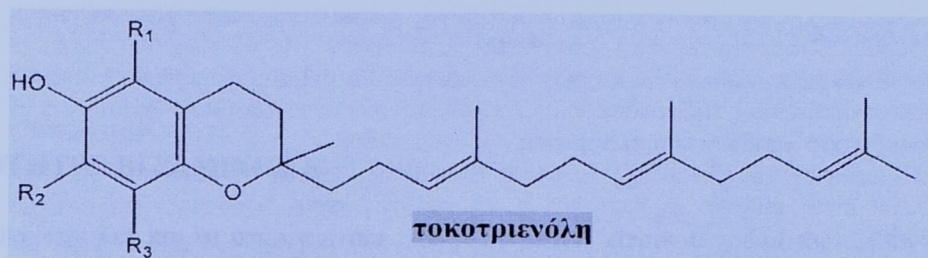
Κάθε κατηγορία περιλαμβάνει 4 ενώσεις που διαφέρουν μεταξύ τους στη θέση των ομάδων μεθυλίου στο δακτύλιο της χρωμανόλης (χρωμανίου). Κάθε μια διαφορετική ένωση της κάθε κατηγορίας χαρακτηρίζεται με ένα από τα γράμματα α , β , γ , δ και διαθέτει χαρακτηριστική βιολογική δραστηριότητα. Η α -τοκοφερόλη παρουσιάζει τη μεγαλύτερη βιταμινική δραστηριότητα και ακολουθούν β -τοκοφερόλη, η γ -τοκοφερόλη με μικρότερη δραστηριότητα από τη β και η δ . Η α -τοκοτριενόλη έχει λίγο μικρότερη δραστηριότητα από την β -τοκοφερόλη ενώ για τις υπόλοιπες τοκοτριενόλες δεν υπάρχουν σαφή δεδομένα.

Στο μόριο των τοκοφερολών υπάρχουν 3 ασύμμετρα κέντρα, το οποίο συνεπάγεται την παρουσία 8 δυνατών επιμερών ενώσεων για κάθε μια από τις α , β , γ , δ τοκοφερόλες. Το δραστικότερο ισομερές α -τοκοφερόλης είναι η 2R, 4'R, 8'R- α -τοκοφερόλη. (Στις τοκοτριενόλες υπάρχει ένα ασύμμετρο άτομο άνθρακα και 2 θέσεις όπου μπορεί να εμφανιστεί γεωμετρική ισομέρεια).

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται η δομή και η σχετική δραστηριότητα τοκοφερολών και τοκοτριενολών



Ένωση	R1	R2	R3	Σχετική δραστηριότητα
α -τοκοφερόλη	CH ₃	CH ₃	CH ₃	1
β -τοκοφερόλη	CH ₃	H	CH ₃	0,4
γ -τοκοφερόλη	H	CH ₃	CH ₃	0,1-0,3
δ -τοκοφερόλη	H	H	CH ₃	0,01



Ενωση	R1	R2	R3	Σχετική δραστικότητα
α -τοκοτριενόλη	CH ₃	CH ₃	CH ₃	0,3
β -τοκοτριενόλη	CH ₃	H	CH ₃	
γ -τοκοτριενόλη	H	CH ₃	CH ₃	
δ -τοκοτριενόλη	H	H	CH ₃	

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε

Οι τοκοφερόλες και οι τοκοτριενόλες είναι ανοικτού κίτρινου χρώματος ιξώδη έλαια, διαλυτά στην αλκοόλη και στους διαλύτες των λιπών, αλλά αδιάλυτα στο νερό. Αυτά είναι σταθερά στα οξέα και στη θερμότητα, αλλά καταστρέφονται όταν εκτεθούν στο οξυγόνο, στην υπεριώδη ακτινοβολία, στα αλκάλια, καθώς και στο σίδηρο και στα άλατα μολύβδου. Η ιδιότητα-ικανότητά τους να προσλαμβάνουν το οξυγόνο αποδίδει σ αυτά τον ιδιαίτερα σημαντικό αντιοξειδωτικό χαρακτήρα τους. Η βιταμίνη Ε δεν καταστρέφεται σε μεγάλο βαθμό υπό τις συνηθισμένες θερμοκρασίες μαγειρέματος, αλλά σημαντικές απώλειές της παρατηρούνται όταν βρίσκεται σε έλαια που θερμαίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες και για μακρές χρονικές περιόδους, επειδή τα έλαια ταγγίζουν.

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

ΠΗΓΕΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η βιταμίνη Ε βρίσκεται τόσο σε φυτικά όσο και σε ζωικά τρόφιμα. Η πλουσιότερη πηγή βιταμίνης Ε είναι τα φυτικά έλαια. Το μεγαλύτερο ποσοστό βιταμίνης Ε που παρέχεται από τη διατροφή προέρχεται από τα φυτικά έλαια που χρησιμοποιούνται στο μαγείρεμα και στις σαλάτες σε συνδυασμό με κάποια φρούτα και λαχανικά. Το επίπεδο βιταμίνης Ε γενικά συμβαδίζει με το επίπεδο πολυακόρεστων λιπιδίων της τροφής.

Οι τοκοφερόλες βρίσκονται στα φύλλα και σε άλλα πράσινα μέρη των φυτών. Τα φύλλα και οι χλωροπλάστες των φυτών περιέχουν κυρίως β -τοκοφερόλη και μικρότερα ποσά της γ -, ενώ οι γ , δ , β τοκοφερόλες βρίσκονται κυρίως σε περιοχές του φυτού εκτός των χλωροπλάστων. Οι τοκοτριενόλες βρίσκονται κυρίως στα λαχανικά και τα σιτηρά.

Στις ζωικές τροφές η βιταμίνη Ε (κυρίως η α -τοκοφερόλη) βρίσκεται στους λιπαρούς ιστούς του ζώου. Πάντως σε σχέση με τα φυτικά τρόφιμα, τα ζωικά τρόφιμα αποτελούν φτωχή πηγή βιταμίνης Ε (π.χ. τα ιχθυέλαια είναι φτωχά σε βιταμίνη Ε).

Η κατεργασία και η αποθήκευση των τροφών μπορεί να επηρεάσει το επίπεδο περιεχόμενης βιταμίνης Ε.

3.2 ΜΕΤΡΗΣΗ, ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ

Όταν ως στόχος τίθεται ο υπολογισμός της ολικής δραστικότητας της βιταμίνης Ε μιας μικτής διαίτας, τα mg της β -τοκοφερόλης πολλαπλασιάζονται με τη σταθερά 0,5, της γ -τοκοφερόλης με 0,1, και της γ -τοκοτριενόλης με 0,3. Αυτές είναι, συνήθως, οι κύριες μορφές της βιταμίνης Ε σε μια μικτή και συνηθισμένη διαίτα. Εφόσον τα επί μέρους mg, που προκύπτουν, προστεθούν στα mg της α -τοκοφερόλης, το σύνολο δίνει τα ολικά mg των ισοδυνάμων της α -τοκοφερόλης.

Ο ποσοτικός προσδιορισμός της δραστικότητας της βιταμίνης Ε γίνεται συνήθως με μια χρωματομετρική μέθοδο. Επίσης, η φασματοσκοπική μέθοδος με ακτίνες Roentgen, καθώς και η υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης, χρησιμοποιούνται κι αυτές μερικές φορές. (Γ. Παπανικολάου, 1997)

Πίνακας 3.1

ΣΧΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΩΝ *Α*-ΤΟΚΟΦΕΡΟΛΗΣ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (IU)

Στοιχείο (1 mg)	Ισοδύναμα <i>α</i> - τοκοφερόλης σε 1 mg (mg)	Δραστητικότητα σε Διεθνείς Μονάδες (IU) σε 1 mg (IU)
D- <i>α</i> -τοκοφερόλη ¹	1,0	1,49
D- <i>α</i> -οξική τοκοφερόλη	0,91	1,36
D- <i>α</i> -τοκοφερόλη ηλεκτρικός εστέρας	0,81	1,21
DL- <i>α</i> -τοκοφερόλη	0,74	1,10
DL- <i>α</i> -οξικός εστέρας ²	0,67	1,0
DL- <i>γ</i> -τοκοφερόλη ³	0,10	0,15

1. Η φυσική μορφή στις τροφές.

2. Η πιο συχνή μορφή εμπορίου της συνθετικής μορφής του οξικού εστέρα η σταθερή μορφή. Στη φύση βρίσκεται ως DL-*α*-οξική εστέρες τοκοφερόλη που θεωρείται να έχει την ίδια ισχύ με τη συνθετική.

3. Η πιο άφθονη μορφή στα έλαια των τροφών

Πηγή : Γ. Παπανικολάου. Σύγχρονη Διατροφή και Διαιτολογία. 1997

3.3 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗΣ

Οι απαιτήσεις σε βιταμίνη E για τον άνθρωπο είναι γνωστό ότι ποικίλλουν, εξαρτώμενες από τα άλλα στοιχεία της δίαιτας. Για παράδειγμα, η παρουσία μεγάλων ποσοτήτων πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, όπως είναι το λινολεϊκό, το λινολενικό και το αραχιδονικό οξύ, αυξάνουν σημαντικά τις απαιτήσεις σε βιταμίνη E. Αυτό θεωρείται αξιοσημείωτο, γιατί στην καθημερινή διαίτα, συχνά προστίθενται ιδιαίτερα μεγάλες ποσότητες φυτικών ελαίων.

Βρέφη: Η περιεκτικότητα του μητρικού γάλατος σε βιταμίνη E κυμαίνεται μεταξύ 2-5 IU (1,3-3,3 mg ισοδύναμα D-*α*-τοκοφερόλης) ανά λίτρο. Μια πρόσληψη αυτής της διακύμανσης θα πρέπει να περιέχεται σε μια μικτή διαίτα από στερεές τροφές και γάλα μέχρι το τέλος του πρώτου έτους της ηλικίας, δηλαδή μέχρι 9,1 Kg σωματικού βάρους του Βρέφους.

Σχετικά με τη βιταμίνη E, το γάλα της αγελάδας διαφέρει από το μητρικό σε δυο σημεία: 1) το πρώτο περιέχει μόνο το 1/10-1/2 της βιταμίνης E, ποσότητα που ποικίλλει από την τροφή που καταναλώνει η αγελάδα, και 2) αυτό είναι πολύ φτωχότερο σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και περιέχει περίπου τη μισή ποσότητα σε σύγκριση με το μητρικό γάλα. Αυξημένες ποσότητες βιταμίνης E απαιτούνται τόσο για τα πρόωρα νεογνά όσο και για τα τελειόμηνα, που σιτίζονται με τεχνητή διατροφή, γιατί αυτή έχει ως βάση τα φυτικά έλαια, που είναι πλούσια σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα.

Παιδιά: Λίγα στοιχεία είναι γνωστά για τις απαιτήσεις της βιταμίνης E στα παιδιά. Πιστεύεται ότι οι ανάγκες για βιταμίνη E αυξάνονται με την αύξηση του σώματος και την ωριμότητα του οργανισμού (ενηλικίωση).

Ενήλικοι: Τα δεδομένα που ισχύουν, σήμερα, καθορίζουν ότι η πρόληψη της βιταμίνης E είναι επαρκής, εφόσον η συγκέντρωσή της στο αίμα είναι περισσότερο από 0,5mg/100ml στο αίμα, επίπεδα που καθιστούν βέβαιη τη φυσιολογική πλήρωση των ιστών με τη βιταμίνη αυτή. Μια διακύμανση από 10-20 IU (7-13 mg ισοδύναμα D-α-τοκοφερόλης) καλύπτει τις ανάγκες μιας δίαιτας της οποίας η θερμιδική πρόσληψη κυμαίνεται μεταξύ 1800-3000 Kcal, ενώ μερικές δίαιτες, πλούσιες σε λίπη, περιέχουν περισσότερες από 25 IU (17mg).

Κύηση και Θηλασμός: Κατά τη διάρκεια της κύησης και του θηλασμού απαιτείται μεγαλύτερη πρόσληψη βιταμίνης E για να ισοσκελιστούν οι ποσότητες που παρέχονται στο έμβρυο ή απεκκρίνονται στο γάλα. Γι αυτό, οι RDA αυξάνονται κατά 2,98 IU (2mg α-τοκοφερόλης) κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης και κατά 4,47IU (3mg α-τοκοφερόλης) κατά τη διάρκεια του θηλασμού.

Πίνακας 3.2

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΠΡΟΣΛΗΨΕΙΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε

Ομάδα	Ηλικία (έτη)	Βάρος (Kg)	Ύψος (cm)	(IU)	RDA ² (mg- α -T)
Βρέφη	0,0- 0,5	6	60	4,47	3
	0,5- 1,0	9	71	5,96	4
Παιδιά	1 - 3	13	90	7,45	5
	4 - 6	20	112	8,94	6
	7 - 10	28	132	10,43	7
Άρρενες	11 - 14	45	157	11,92	8
	15 - 18	66	176	14,90	10
	19 - 22	70	177	14,90	10
	23 - 50	70	178	14,90	10
	51+	70	178	14,90	10
Θήλειες	11 - 14	46	157	11,92	8
	15 - 18	55	163	11,92	8
	19 - 22	55	163	11,92	8
	23 - 50	55	163	11,92	8
	51+	55	163	11,92	8
Κύηση				+2,98	+2
Θηλασμός				+4,47	+3

1. Recommended Dietary Allowances, 9th ed., USA Academy of Sciences, 1980, σελ. 186.

2. Οι προτεινόμενες ημερήσιες προσλήψεις βιταμίνης Ε δίνονται τόσο σε Διεθνείς Μονόδες (IU), όσο και σε ισοδύναμα α -τοκοφερόλης = 1- α -T.

Πηγή : Γ. Παπανικολάου. Σύγχρονη Διατροφή και Διαιτολογία. 1997

3.4 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΕ ΤΡΟΦΙΜΑ

Η βιταμίνη Ε συντίθεται μόνο από τα φυτά και επομένως εντοπίζεται σε φυτικά προϊόντα, κυρίως σε φυτικά έλαια. Όλα τα ψηλά φυτά περιέχουν α -τοκοφερόλη στα φύλλα και σε άλλα μέρη τους. Επειδή η α -τοκοφερόλη περιέχεται κυρίως στους χλωροπλάστες των φυτικών κυττάρων (ενώ οι β -, γ - και δ - τοκοφερόλες εντοπίζονται

εκτός αυτών), τα πράσινα φυτά έχουν την τάση να περιέχουν περισσότερη βιταμίνη E σε σύγκριση με τα κίτρινα φυτά. Τα έλαια από σπόρο σιταριού, από ηλίανθο και κάρδαμο αποτελούν πλούσια πηγή της RRR - α -τοκοφερόλης, ενώ το καλαμποκέλαιο και το σογιέλαιο περιέχουν κυρίως τη γ -τοκοφερόλη. Οι τοκοτριενόλες δεν εντοπίζονται στα πράσινα φύλλα αλλά στο πίτουρο και στο εμβρυακό τμήμα ορισμένων φυτών. Εμφανίζονται σε εστεροποιημένη μορφή, σε αντίθεση με τις τοκοφερόλες οι οποίες υπάρχουν μόνο ως ελεύθερες αλκοόλες. Οι ζωικοί ιστοί περιέχουν λιγότερες ποσότητες βιταμίνης E, ενώ υψηλότερα επίπεδα εμφανίζονται σε λιπαρούς ιστούς. Τα επίπεδα αυτά ποικίλλουν ανάλογα με τη διαιτητική πρόσληψη της βιταμίνης. Επειδή η βιταμίνη E περιέχεται φυσιολογικά σε λίπη και έλαια, η μείωση της πρόσληψης λίπους αναμένεται να μειώσει και την πρόσληψη της βιταμίνης E.

3.5 ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ E

Οι πιο σημαντικές πηγές της βιταμίνης E σε ανθρώπινη διατροφή και σε ζωικές τροφές αποτελούν τα φυτικά έλαια και σε μικρότερο βαθμό οι σπόροι δημητριακών. Η πιο πλούσια φυσική πηγή είναι τα έλαια από σπόρο σιταριού καθώς περιέχουν 0.85-1.28 mg α -τοκοφερόλης ανα γραμμάριο (Πίνακας 3.3). Οι σπόροι των φυτών από τα οποία προέρχονται αυτά τα έλαια περιέχουν επίσης σημαντικές ποσότητες βιταμίνης E. Επομένως, τα δημητριακά και συγκεκριμένα το σπόρο σιταριού αποτελούν καλές πηγές βιταμίνης E. Τα τρόφιμα εκείνα που παρασκευάζονται με φυτικά έλαια (για παράδειγμα, μαργαρίνη) ποικίλλουν σημαντικά ως προς την περιεκτικότητα σε βιταμίνη E, γεγονός που οφείλεται σε διαφορές στον τύπο του ελαίου που χρησιμοποιείται και στη θερμική σταθερότητα των τοκοφερολών (Πίνακας 3.4).

Πίνακας 3.3

Βιταμίνη Ε σε σπόρους φυτών.

Τρόφιμο	Τοκοφερόλη (mg/g)			Τοκοτριενόλη (mg/g)		
	α	β	γ	δ	Α	Γ
Αραβόσιτος	6-15		29-55		5-10	34-77
Κόκκος Σόγιας	1-3		3-33	2-6		Ίχνη
Βαμβακόσπορος	1-18		5-18			1-2
Κόκκοι βρώμης	4-8	<1			10-22	
Μήλο	4-7		14-17		<1	
Κριθάρι	8-10	1-2	3-4		23-28	3
Σιτάρι	8-12	4-6			2-3	

Πηγή : Cort, W. M., Vicente, T.S., Waysek, E. H., and Williams, B. D. (1983). *J. Agric. Food Chem.* **31**, 1330 - 1333

Πίνακας 3.4

Βιταμίνη Ε σε λίπη και έλαια

Τρόφιμο	Συνολική Βιταμίνη	Τοκοφερόλες (%)			Τοκοτριενόλες (%)			
	E	α	γ	δ	α	Β	γ	Δ
	(mg/100g)							
Ζωικά Λίπη								
Λαρδί	0.6-1.3	>90	<5					
Βούτυρο	1-5	>90	<10					
Ξύγκι	1.2 – 2.4	>90	<10					
Φυτικά Έλαια								
Κόκκοι Σόγιας	56-100	4-18	58-69					
Βαμβακόσπορος	30-81	51-67	33-49					
Αραβόσιτος	53-162	11-24	76-89					
Καρύδα	1-4	14-67		<17	<14	<3	<53	<17
Φιστίκια	20-32	48-61	39-52					
Βάιτο	33-73	28-50		<9	16-19	4	34-39	<9
Κάρδαμο	25-49	80-90	6-20					
Ελιά	5-15	65-85				15-35		

Πηγή : Cort, C. K. (1985). *Word Rev. Nutr. Diet.* **45**, 133 - 166

3.6 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ, ΤΟ ΜΑΓΕΙΡΕΜΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε

Η επεξεργασία των τροφίμων και των ζωικών τροφών μπορεί να μειώσει την περιεκτικότητα σε βιταμίνη Ε, κυρίως με την έκθεση σε υπεροξειδωμένων λιπίδια που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης οξειδωτικής ταγγίας των λιπών. Η αποξήρανση στον ήλιο και τον αέρα, η προσθήκη οργανικών οξέων, το άλεσμα και ο εξευγενισμός, η ακτινοβολία και η συσκευασία τροφών μπορούν να καταστρέψουν τη βιταμίνη Ε. Μερικά τρόφιμα (π.χ. γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα) παρουσιάζουν επίσης σημαντικές εποχιακές διακυμάνσεις στην περιεκτικότητα σε βιταμίνη Ε που συνδέονται με διαφορές στην πρόσληψη βιταμίνης Ε από τον ξενιστή (π.χ. η πρόσληψη βιταμίνης Ε είναι μεγαλύτερη κατά την κατανάλωση φρέσκιας τροφής ζώων).

Η κατεργασία των τροφών, η αποθήκευση και το μαγείρεμά τους, προκαλούν σημαντικές απώλειες της βιταμίνης Ε.

Η επεξεργασία, λ.χ. το άλεσμα των δημητριακών καρπών, απομακρύνει περίπου το 80% της βιταμίνης, όπως λ.χ. συμβαίνει στη μετατροπή του ολικού σίτου σε λευκό άλευρο και στην κατεργασία του καλαμποκιού, της βρώμης και του ρυζιού. Η αφυδάτωση προκαλεί απώλεια της α -τοκοφερόλης από 36-45% στα ορνιθοειδή και στο μοσχάρι, αλλά λίγη ή καμία στους χοίρους. Η κονσερβοποίηση προκαλεί απώλειες από 41-65% της περιεχόμενης α -τοκοφερόλης στα κρέατα και στα λαχανικά. Το ψήσιμο των ξηρών καρπών αυξάνει την καταστροφή της βιταμίνης Ε.

Το βαθύ και παρατεταμένο τηγάνισμα των λιπών προκαλεί απώλειες της βιταμίνης Ε που ανέρχονται από 32-75%. Όμως, το φυσιολογικό μαγείρεμα στο σπίτι ή ακόμη και το ψήσιμο, δεν προκαλούν τόσο μεγάλες απώλειες. Επίσης, η τοκοφερόλη, που είναι αδιάλυτη στο νερό, δεν απομακρύνεται με το στράγγισμα ή την απόπλυση των τροφών. Εξάλλου, παρατηρούνται μεγάλες απώλειες κατά την αποθήκευση της τηγανητής πατάτας ή των τσιπς από πατάτες, που στους 23°C ανέρχεται στο 71 % για τον πρώτο μήνα και στο 77% για τον δεύτερο. Αντίθετα, όταν οι πατάτες τοποθετούνται σε κατάψυξη στους -12°C οι απώλειες ανέρχονται περίπου σε 63% για τον πρώτο μήνα και 68% για το δεύτερο.

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

Έχουνε πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες για να υπολογιστεί η περιεκτικότητα τοκοφερολών και τοκοτριενολών στα τρόφιμα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε βιταμίνη Ε εξευγενισμένων φυτικών ελαίων (σε mg/Kg ελαίου). (Πίνακας 4.1)

Πίνακας 4.1								
Περιεκτικότητα σε βιταμίνη Ε εξευγενισμένων φυτικών ελαίων σε mg/Kg ελαίου								
Έλαιο	<i>α</i> -Τ	<i>Β</i> -Τα	<i>γ</i> -Τ	<i>δ</i> -Τα	<i>α</i> -Τ-3	<i>β</i> -Τ-3	<i>γ</i> -Τ-3	Δράση Vit. Ε
Βαμβακέλαιο	35,26		29,98					38,26
Ηλιέλαιο	59,5		3,54					59,85
Ελαιόλαδο	11,92		0,72					11,99
Φοινικέλαιο	18,32				11,46		5,75	21,82
Όπου <i>α</i> -Τ = <i>α</i> -τοκοφερόλη και <i>α</i> -Τ-3 = <i>α</i> -τοκοτριενόλη <i>β</i> -Τ = <i>β</i> -τοκοφερόλη <i>β</i> -Τ-3 = <i>β</i> -τοκοτριενόλη <i>γ</i> -Τ = <i>γ</i> -τοκοφερόλη <i>γ</i> -Τ-3 = <i>γ</i> -τοκοτριενόλη <i>δ</i> -Τ = <i>δ</i> -τοκοφερόλη								
Συνολική δραστηριότητα Vit. Ε = <i>α</i> -τοκοφερόλη + 0,4(<i>β</i> -τοκοφερόλη) + 0,1(<i>γ</i> -τοκοφερόλη) + 0,01(<i>δ</i> -τοκοφερόλη) + 0,3(<i>α</i> -τοκοτριενόλη) + 0,05(<i>β</i> -τοκοτριενόλη) + 0,01(<i>γ</i> -τοκοτριενόλη) (Berry Ottaway, 1993)								

Σε έρευνα μελετήθηκε η περιεκτικότητα σε τοκοφερόλες διαφόρων ελαιολάδων και σπορελαίων ελληνικής προέλευσης και βρέθηκαν ανάλογα αποτελέσματα (Andrikopoulos, 1989). Παρατηρήθηκε μάλιστα στην εν λόγω έρευνα ότι το παρθένο ελαιόλαδο διαφορετικών τοποθεσιών της χώρας παρουσίαζε ευρεία διακύμανση όσον αφορά την περιεκτικότητα σε *α*-τοκοφερόλη, γεγονός που ίσως οφειλόταν στις διαφορετικές ποικιλίες ελαιοδέντρων ή/και στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Γενικά, οι μικρές διαφορές στην περιεκτικότητα σε βιταμίνη Ε είναι συχνές σε έλαια ιδίου τύπου, αλλά διαφορετικής προέλευσης ή παραγωγής ή ποικιλίας.

Σε γενικές γραμμές το ηλιέλαιο έχει τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε βιταμίνη E, το 90% της οποίας οφείλεται στην α -τοκοφερόλη (Patterson, 1989). Το βαμβακέλαιο είναι το δεύτερο κατά σειρά έλαιο, όσον αφορά την περιεκτικότητά του σε βιταμίνη E και α -τοκοφερόλη. Το ελαιόλαδο και το φοινικέλαιο είναι φτωχές πηγές βιταμίνης E, αν συγκριθούν με τα δύο παραπάνω έλαια. Το φοινικέλαιο περιέχει σημαντικές ποσότητες τοκοτριενολών. Κατά τον Choudhury et al. (1991) η γ -τοκοτριενόλη είναι το κυρίαρχο ισομερές στη σύσταση του φοινικέλαιου, αν και όπως φαίνεται και στον πίνακα 4.1 αυτό δεν ισχύει πάντα, αφού μπορεί να υπερισχύσει ποσοτικά και η α -τοκοτριενόλη. Η περιεκτικότητα του ελαιολάδου σε τοκοφερόλες κυμαίνεται από 5-100 ppm (mg/kg), αλλά οι συνήθεις τιμές για τα ελαιόλαδα καλής ποιότητας βρίσκονται ανάμεσα στα 100-300ppm (Boskou, 1996). Η α -τοκοφερόλη στο ελαιόλαδο συνιστά περίπου το 95% του συνόλου της βιταμίνης E, ενώ σε μικρότερο ποσοστό απαντώνται η β και γ -τοκοφερόλη.

Πειράματα που έγιναν για τη συλλογή στοιχείων για τη συνεισφορά του παρθένου ελαιολάδου στην ημερήσια πρόσληψη βιταμίνης E από το μέσο Έλληνα, που δειγματολήφθηκαν σύμφωνα με ορισμένο πρωτόκολλο από ελαιόκαρπο διαφόρων ποικιλιών και περιοχών της Ελλάδας για τρεις συνεχείς ελαιοκομικές περιόδους (η ανάλυση των τοκοφερολών έγινε με υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης), δείχνουν ότι τα ελληνικά παρθένα ελαιόλαδα μπορούν να θεωρηθούν ως σημαντικές πηγές βιταμίνης E, καθώς το 60% των δειγμάτων περιείχε περισσότερο από 200 mg α -τοκοφερόλης ανά χιλιόγραμμο ελαίου. Υψηλά επίπεδα βιταμίνης E βρέθηκαν και σε ένα σημαντικό αριθμό εμπορικών δειγμάτων εξαιρετικά παρθένου ελαιολάδου (>από 180 mg/kg στο 60% των δειγμάτων). Πειράματα αποθήκευσης έδειξαν ότι η διατροφική αξία του ελαιολάδου και η διατήρηση υψηλών επιπέδων α -τοκοφερόλης επηρεάζονται από τον τρόπο με τον οποίο ο καταναλωτής αποθηκεύει και χρησιμοποιεί το προϊόν.

Σε άλλη ερευνητική εργασία (Χασαπίδου, και άλλοι, 1991) βρέθηκε ότι στη σάρκα των επιτραπέζιων ελιών και ουσιαστικά στο λάδι το οποίο περιέχουν, εκτός από τις τοκοφερόλες υπάρχουν και τοκοτριενολές.

Σε πείραμα που έγινε (N. Ανδρικόπουλος, και άλλοι, 1989) αναλύθηκαν τέσσερις τύποι ελληνικών ελαίων (παρθένα, γνήσια, πυρηνέλαια και ραφιναρισμένα) για α - και γ -τοκοφερόλες με υψηλής ανάλυσης μέθοδο υγρής χρωματογραφίας. Τα επίπεδα υψηλής πίεσης της α -τοκοφερόλης εμφανίζεται να επηρεάζονται από διαφορετικούς παράγοντες. Κυμαίνονται από 81-112 mg α -T /kg στα παρθένα ελαιόλαδα, 63-121 mg

α -T /kg στα γνήσια ελαιόλαδα (μίγμα 1/3 παρθένων και 2/3 ραφιναρισμένου), 144-178 mg α -T /kg στα πυρηνέλαια, και 38mg α -T /kg στα ραφιναρισμένα. (πίνακας 4.2).

Τα ραφιναρισμένα και γνήσια ελαιόλαδα περιέχουν πολύ χαμηλά επίπεδα γ -τοκοφερόλης. Ο διατροφικός δείκτης δηλ. το ισοδύναμο α -τοκοφερόλης ανά γραμμάριο πολυακόρεστων λιπαρών οξέων υπολογίστηκε σε 1,48 για το βρώσιμο ελαιόλαδο, 1,07 για το ηλιέλαιο, 0,88 για το βαμβακέλαιο, 0,60 για το αραβοσιτέλαιο και 0.58 για το σογιέλαιο (μερικώς υδρογονωμένο). (πίνακας 4.3)

Το παρθένο ελαιόλαδο κατά τους Gracian και Arevalo (1965) περιέχει 135 ως 178 mg/Kg α -τοκοφερόλης, όταν είναι φρέσκο και καλής ποιότητας. Με την αποθήκευση του λαδιού, η περιεκτικότητα σε α -τοκοφερόλη μειώνεται στα 28-55 mg/Kg, ενώ σε ραφιναρισμένα ελαιόλαδα μηδενίζεται, όπως και στα πολύ υποβαθμισμένα ελαιόλαδα λαμπάντε.

Άλλη ερευνητική εργασία που έγινε για την περιεκτικότητα της α -τοκοφερόλης στα ελληνικά παρθένα ελαιόλαδα (Ε. Ψωμιάδου, και άλλοι 2000), δείχνει ότι η συγκέντρωση της α -τοκοφερόλης επηρεάζεται από τη γεωγραφική περιοχή παραγωγής των ελαιολάδων και την ποικιλία, τη μέθοδο ανάλυσης της συγκέντρωσης και τον χρόνο αποθήκευσης.

Πίνακας 4.3
Η τοκοφερόλη (α -T και γ -T) που περιέχεται στα έλαια

	mg/Kg ⁻¹			mg/g ⁻¹
	α -T	γ -Ta	α -T _{eq} [*]	α - T _{eq} / PUFA
Αραβοσιτέλαιο	250	801	330	0,60
Βαμβακέλαιο	417	238	441	0,88
Ηλιέλαιο	608	Τχνη	608	1,07
Σογιέλαιο	68	360	104	0,58
Ελαιόλαδο	116	15	118	1,48

Πηγή : Ν. Ανδρικόπουλος, Μ. Χασαπίδου, Α. Μανούλκας 1989

* α -T_{eq}=90/100 · α + 10/100 · γ

Πίνακας 4.2

Η τοκοφερόλη (α -T και γ -T) που περιέχεται στα έλαια

Ελαιόλαδα	mg/Kg			mg/g	
	Περιοχή	α -T	γ -T	α -T _{eq}	α - T _{eq} / PUFA
Παρθένο	Λασιίθι	108	Ίχνη	108	1,80
Παρθένο	Μεσσηνία	107	15	108	1,55
Παρθένο	Λάρισα	142	Ίχνη	142	1,89
Παρθένο	Άρτα	126	20	128	1,71
Παρθένο	Χαλκιδική	81	17	82	0,97
Γνήσια	No 1	86	Ίχνη	86	1,23
Γνήσια	No 2	121	Ίχνη	121	1,73
Γνήσια	No 3	52	Ίχνη	52	0,97
Γνήσια	No 4	63	Ίχνη	63	0,98
Πυρηνέλαιο	No 5	178	26	180	2,11
Πυρηνέλαιο	No 2	151	49	156	1,95
Πυρηνέλαιο	No 6	152	28	155	1,82
Πυρηνέλαιο	No 7	144	27	146	1,72
Ραφιναρισμένο	No 4	38	Ίχνη	38	0,58

Πηγή : Ν. Ανδρικόπουλος, Μ. Χασαπίδου, Α. Μανούλκας 1989

Επίσης βρίσκεται σε εξέλιξη μια έρευνα για την ανάλυση της περιεκτικότητας α -τοκοφερόλης σε ελληνικά τρόφιμα

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΛΙΣΤΑ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝΠΡΟΪΟΝΤΑ mg α -τοκοφερόλης ανά
100g τροφίμου

ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ

1. Ανθότυρο Ηπείρου	0,01
2. Ανθότυρο Κρήτης	0,1
3. Ανθότυρο Μακεδονίας	0,03
4. Βικτώρια ΑΓΝΟ	0,1
5. Γραβιέρα Κρήτης	0,1
6. Γραβιέρα Νάξου	0,1
7. Καλαθάκι Λήμνου	0,2
8. Κασέρι Μακεδονίας	0,04
9. Κασέρι Νήσων Αιγαίου	0,1
10. Κασέρι Ηπείρου	0,1
11. Κεφαλογραβιέρα Ηπείρου	0,1
12. Κεφαλογραβιέρα Πελοποννήσου	0,05
13. Κεφαλογραβιέρα Στερεάς Ελλάδας	0,1
14. Κεφαλοτύρι Ηπείρου	0,1
15. Κεφαλοτύρι Κρήτης	0,1
16. Κεφαλοτύρι Μακεδονίας	0,03

17. Λαδοτύρι Μυτιλήνης	0,1
18. Μανούρι Θεσσαλίας	0,1
19. Μανούρι Μακεδονίας	0,1
20. Μετσοβόνε	0,1
21. Μυζήθρα Θεσσαλίας	0,04
22. Μυζήθρα Κρήτης	0,1
23. Μυζήθρα Μακεδονίας	0,02
24. Τελεμές Θεσσαλίας	0,3
25. Τελεμές Θράκης	0,1
26. Τελεμές Μακεδονίας	0,05
27. Φέτα Ηπείρου	0,04
28. Φέτα Θεσσαλίας	0,3
29. Φέτα Μακεδονίας	0,1
30. Φέτα Πελοποννήσου	0,1
31. Φέτα Στερεάς Ελλάδας	0,1
32. Γιαούρτι Αγγελάδος (Ευρωπαϊκού τύπου)	0,1
33. Γιαούρτι Αγγελάδος (Παραδοσιακό)	0,1
34. Γιαούρτι Πρόβειο (Παραδοσιακό)	0,03
35. Στραγγιστό Γιαούρτι	

ΨΑΡΙΑ

36. Αθερίνα νωπή	0,04
37. Αθερίνα τηγανητή	0,2
38. Γαύρος νωπός	0,04
39. Γαύρος τηγανητός	0,2
40. Γόπα νωπή	0,1
41. Γόπα τηγανητή	0,13
42. Κουτσομούρα νωπή	0,1
43. Κουτσομούρα τηγανητή	0,2
44. Μαρίδα νωπή	0,1
45. Μαρίδα τηγανητή	0,2
46. Σαρδέλα ψητή	0,03
47. Σαφρίδι νωπό	0,1
48. Σαφρίδι τηγανητό	0,3

ΘΑΛΑΣΣΙΝΑ

49. Γαρίδες βραστές	1,4
50. Καλαμάρια νωπά	-
51. Καλαμάρια τηγανητά	-
52. Μύδια νωπά	0,1
53. Μύδια τηγανητά	0,3
54. Σουπιές βραστές	-
55. Χταπόδι βραστό	0,6

ΚΡΕΑΣ

56. Αρνί ημιάγριο βραστό (Κρήτης)	-
57. Γύρος ψητός (από χοιρινό κρέας)	-
58. Κατσίκι ημιάγριο βραστό (Κρήτης)	-
59. Κουνέλι βραστό (αγοράς)	-
60. Κουνέλι βραστό (σπιτικό)	-
61. Παϊδάκια ψητά (από κρέας εριφίου)	-
62. Παϊδάκια ψητά (από κρέας προβάτου)	-

63. Πόδι κοτόπουλου βραστό (αγοράς)	-
64. Πόδι κοτόπουλου βραστό (σπιτικό)	-
65. Σουβλάκι ψητό (από χοιρινό κρέας)	-
66. Σουτζουκάκια ψητά (από κιμά μόσχου)	-
67. Στήθος κοτόπουλου βραστό (αγοράς)	-
68. Στήθος κοτόπουλου βραστό (σπιτικό)	-
69. Συκώτι κοτόπουλου βραστό	-
70. Χοιρινό σπιτικό βραστό (Κρήτης)	-

ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΡΕΑΤΟΣ

71. Λουκάνικο πικάντικο	-
72. Λουκάνικο τύπου πιροσكى	-
73. Λουκάνικο ριγανάτο	-
74. Λουκάνικο τύπου Φρανκφούρτης	-
75. Λουκάνικο τύπου χοτ-ντοκ	-
76. Λουκάνικο χωριάτικο χοιρινό με πράσο	-
77. Παριζάκι	-
78. Παριζάκι σκορδάτο	-

ΛΑΧΑΝΙΚΑ

79. Αγκινάρες βρασμένες	-
80. Αμπελόφυλλα βρασμένα	-
81. Αντίδια βρασμένα	2,1
82. Αντίδια ωμά	0,4
83. Βλήτα βρασμένα (Βόρειας Ελλάδας)	0,8
84. Βλήτα ωμά (Βόρειας Ελλάδας)	0,5
85. Βλήτα ωμά (Κρήτης)	0,7
86. Βολβοί βρασμένοι (Κρήτης)	-
87. Γλιστρίδα ωμή	0,02
88. Γούλες Κρήτης βρασμένες	-
89. Κρεμμύδι φρέσκο	0,1
90. Κουκιά χλωρά, βρασμένα	-
91. Μαϊντανός ωμός	0,1
92. Μπάμιες βρασμένες	1
93. Μπάμιες ωμές	0,3
94. Πράσα βρασμένα	0,1
95. Πράσα ωμά	0,02
96. Ραδίκια βρασμένα	0,4
97. Ραδίκια βρασμένα Κρήτης	-
98. Ραδίκια ωμά	0,1
99. Ραπανάκια	-
100. Σκόρδο φρέσκο	-
101. Σταμναγκάθι βρασμένο (Κρήτης)	-
102. Φασολάκια βρασμένα	0,1
103. Φασολάκια ωμά	0,1

ΦΡΟΥΤΑ

104. Ακτινίδια	0,1
105. Βερίκοκα	0,5
106. Δαμάσκηνα (Βανίλιες)	0,2
107. Κυδώνι ψητό	-
108. Μήλα Φιρίκια	-

109. Μούσμουλα	0,6
110. Νεκταρίνια	0,5
111. Ροδάκινα	0,7
112. Ρόδι ωμό	-
113. Σταφύλι λευκό	0,2
114. Σταφύλι κοτσιφάλι μαύρο (Κρήτης)	0,2
115. Σταφύλι μοσχάτο μαύρο	0,2
116. Σταφύλι σουλτανίνα	0,1
117. Σταφύλι σουλτανί (Κρήτης)	0,1
118. Σύκα μαύρα	0,3
119. Σύκα πράσινα	0,4
120. Τζάνερα	0,1
121. Φράουλες	-

ΕΛΙΕΣ

122. Ελιές Καλαμών	-
123. Ελιές Καλαμών βιολογικές	-
124. Ελιές μαύρες (σταφιδοελιές) Κρήτης	-
125. Ελιές πράσινες (τσακιστές) Κρήτης	-
126. Ελιές Χαλκιδικής	-
127. Ελιές Χαλκιδικής βιολογικές	-
128. Πάστα ελιάς Καλαμών	-
129. Πάστα ελιάς πράσινη	-

ΞΗΡΟΙ ΚΑΡΠΟΙ

130. Αμύγδαλα	-
131. Καρύδα	-
132. Κολοκυθόσποροι	-
133. Σπόροι ηλίανθου	-
134. Φιστίκια Αιγίνης	-
135. Φιστίκια αράπικα	-
136. Φουντούκια	-

ΟΣΠΡΙΑ

137. Κουκιά ξερά (βραστά)	-
138. Μπαρμπουνοφάσουλα (βραστά)	-
139. Ρεβύθια ξερά (βραστά)	-
140. Φάβα κίτρινη (βραστή)	-
141. Φάβα πράσινη (βραστή)	-
142. Φακές χοντρές (βραστές)	-
143. Φακές ψιλές (βραστές)	-
144. Φασόλια γίγαντες (βραστά)	-
145. Φασόλια ελέφαντες (βραστά)	-
146. Φασόλια μαυρομάτικα (βραστά)	-
147. Φασόλια ξερά μεγάλα (βραστά)	-
148. Φασόλια ξερά μεσαία (βραστά)	-
149. Φασόλια ξερά μικρά (βραστά)	-

ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΑ

150. Κριθαράκι χονδρό (βραστό)	-
151. Κριθαράκια ψιλό (βραστό)	-
152. Μακαρόνια μεσαία (βραστά)	-

- | | |
|---|---|
| 153. Παξιμάδι κριθαρένιο παραδοσιακό Κρήτης | - |
| 154. Πίτα για σουβλάκι Ελληνική (ψητή) | - |
| 155. Πίτα για σουβλάκι Κυπριακή (ψητή) | - |
| 156. Πλιγούρι (βραστό) | - |
| 157. Ρύζι κίτρινο (βραστό) | - |
| 158. Σιμιγδάλι χονδρό | - |
| 159. Σιμιγδάλι ψιλό | - |
| 160. Τραχανάς γλυκός Β. Ελλάδας (βραστός) | - |
| 161. Τραχανάς ξινός Β. Ελλάδας (βραστός) | - |
| 162. Τραχανάς ξινός Κρήτης (βραστός) | - |
| 163. Χυλοπίτες (βραστές) | - |
| 164. Ψωμί άσπρο - σιτάρι | - |
| 165. Ψωμί μαύρο - κριθάρι | - |
| 166. Ψωμί μαύρο - σίκαλη | - |
| 167. Ψωμί μαύρο - σιτάρι | - |
| 168. Ψωμί πιτυρούχο (ολικής αλέσεως) | - |

ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΑ ΕΔΕΣΜΑΤΑ

- | | |
|--------------------------------|---|
| 169. Μελιτζανοσαλάτα | - |
| 170. Λουκούμι (άσπρο) | - |
| 171. Λουκούμι (κόκκινο) | - |
| 172. Πίτα με κολοκύθι και τυρί | - |
| 173. Πίτα με σπανάκι και τυρί | - |
| 174. Πρασόπιτα νηστίσιμη | - |
| 175. Σπανακόπιτα νηστίσιμη | - |
| 176. Ταραμοσαλάτα | - |
| 177. Τζατζίκι | - |
| 178. Τυρόπιτα παραδοσιακή | - |
| 179. Τυρόπιτα σφολιάτα | - |
| 180. Χτυπητή | - |

ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε – ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ**5.1 ΠΕΨΗ, ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ**

Οι τοκοφερόλες βρίσκονται ελεύθερες στις τροφές, ενώ οι τοκοτριενόλες είναι συνήθως εστεροποιημένες και για να απορροφηθούν πρέπει πρώτα να υδrolυθούν. Η υδρόλυση των τοκοτριενολών πιστεύεται ότι γίνεται από την παγκρεατική εστεράση και/ή την δωδεκαδακτυλική εστεράση του βλεννογόνου.

Η απορρόφηση της βιταμίνης Ε (υπό τη μορφή ελευθέρων αλκοολών) γίνεται κυρίως στη νήστιδα με παθητική διάχυση. Για την απορρόφησή της απαιτούνται χολικά άλατα και παγκρεατικό υγρό που θα σχηματίσουν μικκύλια, επιτρέποντας έτσι την είσοδο της βιταμίνης Ε στο εντεροκύτταρο. Η σύγχρονη πέψη και απορρόφηση των λιπιδίων της διαίτας αυξάνει και την απορρόφηση της βιταμίνης Ε. Κάποιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι για την απορρόφηση της βιταμίνης Ε είναι πιθανόν να απαιτείται ένας ειδικός παράγοντας μη σχετιζόμενος με την απορρόφηση των λιπιδίων. Η απορρόφηση της βιταμίνης Ε κυμαίνεται από 20-50% (πιθανόν να φθάνει και το 80%). Γενικά, καθώς αυξάνει η πρόσληψη βιταμίνης Ε, ελαττώνεται η απορρόφησή της (έχει βρεθεί ότι κατά τη χορήγηση δόσεων της τάξεως των 200mg, η απορρόφηση της βιταμίνης είναι περίπου 10%).

Η βιταμίνη Ε που φέρεται στο εντερικό κύτταρο, ενσωματώνεται σε χυλομικρά και μεταφέρεται μέσω της λέμφου στην κυκλοφορία. Από τα χυλομικρά η βιταμίνη Ε μπορεί να μεταφερθεί σε άλλες λιποπρωτείνες του πλάσματος (HDL, LDL) και τα ερυθροκύτταρα. Για τη μεταφορά της βιταμίνης Ε στις VLDL είναι πιθανόν να απαιτείται μια ειδική πρωτείνη μεταφοράς βιταμίνης Ε που συντίθεται στο ήπαρ. Η τοκοφερόλη που φθάνει στα ερυθροκύτταρα εγκαθίσταται κυρίως στην κυτταρική μεμβράνη (έχουν βρεθεί μεμβρανικές πρωτείνες δέσμευσης της τοκοφερόλης). Η βιταμίνη Ε του πλάσματος σχετίζεται άμεσα με το συνολικό ποσό λιπιδίων του πλάσματος.

Η διάθεση της βιταμίνης Ε στους διάφορους ιστούς γίνεται κυρίως από τις LDL. Η πρόσληψη βιταμίνης Ε από τα κύτταρα μπορεί να γίνει είτε με μεσολάβηση του υποδοχέα των LDL, είτε μέσω της υδρόλυσης των VLDL και των χυλομικρών από την λιποπρωτεϊνική λιπάση, είτε πιθανόν με κάποιον άλλο μηχανισμό.

Για τη μεταφορά της μέσα στο κυττόπλασμα (αλλά και σε άλλα μέρη του κυττάρου, συμπεριλαμβανομένου κατά πάσα πιθανότητα και του πυρήνα) η βιταμίνη E συνδέεται με ειδικές πρωτεΐνες (TBP, tocopherol binding proteins). Η βιταμίνη E βρίσκεται κυρίως στις κυτταρικές μεμβράνες (πλασματική, μιτοχονδριακή, μικροσωμική).

5.2 Η ΑΠΟΡΡΟΦΗΜΕΝΗ ΒΙΤΑΜΙΝΗ E ΜΕΤΑΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΛΙΠΟΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΚΑΙ ΕΡΥΘΡΟΚΥΤΤΑΡΑ.

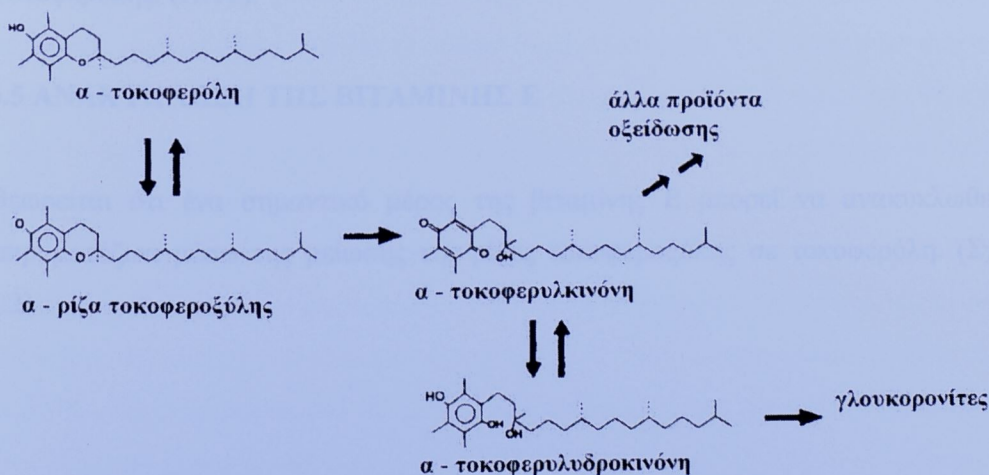
Σε αντίθεση με άλλες λιποδιαλυτές βιταμίνες, η βιταμίνη E φαίνεται να έχει συγκεκριμένο φορέα πρωτεΐνης στο πλάσμα. Μ' αυτόν, μεταφέρεται ταχύτατα από χυλόμικρα σε λιποπρωτεΐνες πλάσματος με τις οποίες ενώνεται αδιακρίτως. Η βιταμίνη προσλαμβάνεται από το ήπαρ και ενσωματώνεται με VLDL, οι οποίες εκκρίνονται από το ήπαρ. Αν και η πλειοψηφία των υπολειμμάτων των VLDL, πλουσίων σε τριγλυκερίδια, επιστρέφουν στο ήπαρ, μερικά μετατρέπονται από τη λιποπρωτεϊνική λιπάση σε LDL. Φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας η βιταμίνη E μεταφέρεται αυθόρμητα σε λιποπρωτεΐνες υψηλής πυκνότητας (HDL). Επομένως, οι τοκοφερόλες πλάσματος διανέμονται ανάμεσα σε αυτές τις τρεις κατηγορίες λιποπρωτεΐνης, ενώ οι πιο άφθονες κατηγορίες LDL και HDL αποτελούν τους κυριότερους φορείς βιταμίνης E. Η μεταφορά της βιταμίνης E ταυτόχρονα με άλλα πολυακόρεστα λιπίδια παρέχει προστασία των τελευταίων από την επίθεση ελεύθερων ριζών, ενώ τα επίπεδα τοκοφερόλης συμπίπτουν με αυτά των λιπιδίων και της χοληστερόλης. Η τοκοφερόλη ανταλλάσσεται γρήγορα ανάμεσα σε λιποπρωτεΐνες και ερυθροκύτταρα (σχεδόν το ένα τέταρτο της συνολικής βιταμίνης E ανακυκλώνεται κάθε μια ώρα). Επομένως η περιεκτικότητα του πλάσματος σε βιταμίνη E και ερυθροκύτταρα συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό (τα τελευταία περιέχουν 15-25% της συνολικής βιταμίνης E στο πλάσμα). Καθώς η βιταμίνη E αποτελεί προστατευτικό των μεμβρανών, τα επίπεδα τοκοφερόλης στο πλάσμα είναι αντιστρόφως ανάλογα με την ευαισθησία στην οξειδωτική αιμόλυση. Αυτή η σχέση καθιστά το επίπεδο α-τοκοφερόλης στο πλάσμα χρήσιμη ένδειξη της κατάστασης της βιταμίνης E. Σε υγιή άτομα, το επίπεδο τοκοφερόλης που είναι μικρότερο ή ισούται με 0,5mg ημερησίως συνιστά προστασία ενάντια στην αιμόλυση και λαμβάνεται ως ένδειξη θρεπτικής επάρκειας. Τα επίπεδα τοκοφερόλης αυξάνονται στις μητέρες κατά την εγκυμοσύνη, όμως τα εμβρυακά επίπεδα παραμένουν χαμηλά υποδεικνύοντας οριακή μετακίνηση της βιταμίνης δια του πλακούντα.

5.3 ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΠΡΟΣΛΗΨΗ.

Η διαδικασία κυτταρικής πρόσληψης της βιταμίνης E από το πλάσμα δεν είναι σαφής. Φαίνεται να λειτουργούν δύο μηχανισμοί. Ο πρώτος περιλαμβάνει την πρόσληψη διαμέσου υποδοχέα των λιποπρωτεϊνών φορέων της βιταμίνης E. Πράγματι, υπάρχουν ενδείξεις ότι η πρόσδεση των LDL με συγκεκριμένους υποδοχείς κυττάρων επιφανείας λαμβάνει χώρα για να διευκολύνει την εισχώρηση της βιταμίνης E σε εντεροκύτταρα είτε με διάχυση είτε με τη μαζική εισχώρηση των λιπιδίων προσδεμένων με λιποπρωτεΐνες. Ο δεύτερος μηχανισμός περιλαμβάνει την απελευθέρωση λιπιδίου μέσω της λιποπρωτεϊνικής λιπάσης από τα χυλόμικρα και τις VLDL στο πλάσμα όπου τα λιπίδια που παράγονται μεταφέρονται σε ιστούς από πρωτεΐνες που προσδένουν με λιπαρά οξέα και λιπίδια.

5.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

Ο μεταβολισμός της βιταμίνης E είναι περιορισμένος, ενώ οι περισσότερες τοκοφερόλες που απορροφούνται μεταφέρονται αναλλοίωτες στους ιστούς. Στα πειραματόζωα, η αντιοξειδωτική λειτουργία της βιταμίνης καταλήγει στην οξείδωσή της κυρίως σε τοκοφερυλκινόνη που προχωρά μέσα από την ημισταθερή ενδιάμεση ρίζα τοκοφεροξύλης. (Σχήμα 5.1)



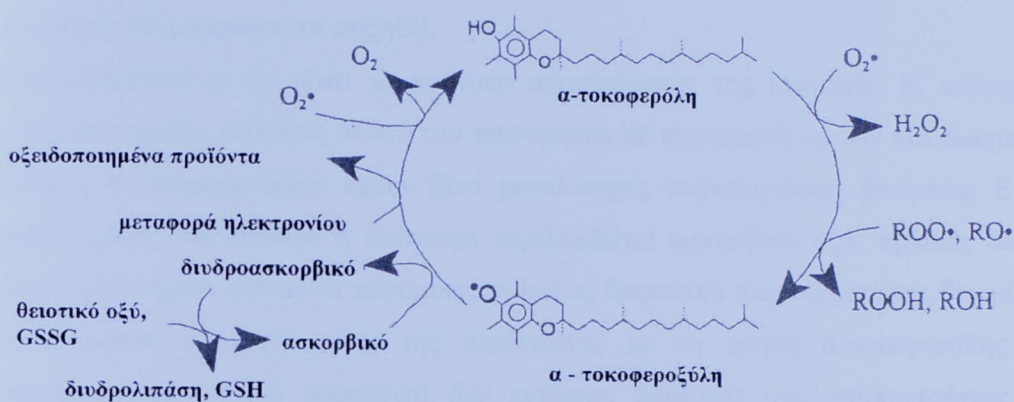
Σχήμα 5.1 : Μεταβολισμός της βιταμίνης E

Πηγή : Gerald F. Combs, The Vitamins, 1998

Αξίζει να σημειωθεί ότι, ενώ η μονοσθενής οξείδωση της τοκοφερόλης σε ρίζα τοκοφεροξύλης είναι αναστρέψιμη αντίδραση (τουλάχιστον στο δοκιμαστικό σωλήνα), η περαιτέρω οξείδωση της ενδιάμεσης ρίζας είναι μονοδιάστατη. Καθώς η τοκοφερυλκινόνη δεν παρουσιάζει δράση βιταμίνης E, η παραγωγή της υποδεικνύει καταβολισμό και απώλεια της βιταμίνης από το οργανικό σύστημα. Η α -τοκοφερυλκινόνη μπορεί εν μέρει να μειωθεί σε α -τοκοφερυλδατοκινόνη, η οποία μπορεί να ενωθεί με γλυκουρονικό οξύ και να εκκριθεί στη χολή, καθιστώντας έτσι την έκκριση μέσω των περιττωμάτων ως μέσο απομάκρυνσης της βιταμίνης. Σε συνθήκες πρόσληψης της βιταμίνης σε θεραπευτικά επίπεδα, η βιταμίνη που έχει απορροφηθεί εκκρίνεται μέσω των ούρων σε ποσοστό λιγότερο του 1%. Τα παράγωγα που αναγνωρίζονται στα ούρα περιλαμβάνουν α -τοκοφερονικό οξύ και α -τοκοφερονολακτόνη, τα οποία είναι στελέχη πλευρικής αλυσίδας της α -τοκοφερυλκινόνης. Ένα μεγαλύτερο τμήμα των μεταβολιτών της βιταμίνης E που εντοπίζονται στα ούρα αποτελείται από ένα μεταβολίτη με άθικτο χρωματικό δακτύλιο που ονομάζεται α -χρωματικό οξύ, τουλάχιστον ένα μέρος του οποίου εμφανίζεται να προέρχεται από πρόσφατα προσλημμένη βιταμίνη E. Το γεγονός ότι ένα μεγάλο τμήμα α -τοκοφερόλης μπορεί να βρεθεί στο δέρμα έπειτα από εμβολιασμό, υποδεικνύει ότι η δερματική εξάλειψη της βιταμίνης είναι επίσης σημαντική. Η έκκριση μη-μεταβολισμένης α -τοκοφερόλης προκύπτει μόνο σε υψηλές δόσεις (π.χ. $\geq 50\text{mg}$) που εμφανώς ξεπερνούν την ικανότητα πρόσθεσης των Πρωτεϊνών Πρόσδεσης Τοκοφερόλης. (ΠΠΤ).

5.5 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ E

Θεωρείται ότι ένα σημαντικό μέρος της βιταμίνης E μπορεί να ανακυκλωθεί σε πειραματόζωα μέσω της μείωσης της ρίζας τοκοφεροξύλης σε τοκοφερόλη. (Σχήμα 5.2)



Σχήμα 5.2 : Ανακύκλωση της βιταμίνης E

Πηγή : Gerald F. Combs, The Vitamins, 1998

Έχουν αναφερθεί αρκετά στοιχεία που υποστηρίζουν αυτήν την άποψη, όπως η πολύ χαμηλή ανακύκλωση της α-τοκοφερόλης, ο αργός ρυθμός εξάντλησής της σε ζώα που στερούνται βιταμίνης E, και η σχετικά χαμηλή γραμμομοριακή αναλογία της βιταμίνης E το PUFA (σχεδόν 1:850) στις περισσότερες βιολογικές μεμβράνες. Αρκετοί μηχανισμοί θεωρούνται ότι συμβάλλουν στη μείωση σε πειραματόζωα της τοκοφεροξύλης από διάφορες ενδοκυτταρικές αναγωγικές ουσίες. Μελέτες σε δοκιμαστικό σωλήνα δείχνουν ότι κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί σε λιποσώματα από το ασκορβικό οξύ, σε μικροσωματικές αναρτήσεις από NAD (P) H και σε μιτοχονδριακές αναρτήσεις από NADH, ενώ τα τελευταία δύο συστήματα παρουσιάζουν συνέργεια με μειωμένη γλουταθειόνη (GSH) ή ουβικινόνες. Πράγματι, παρουσιάζεται αναγωγική δράση τοκοφεροξύλης στη μεμβράνη. Για να αποτελέσει ένα φυσιολογικώς σημαντικό στοιχείο για πειραματόζωα, ένα τέτοιο πολυσύνθετο σύστημα αναμένεται να συνδέσει το κύριο αντιδρώντα τα οποία είναι διαμερισματοποιημένοι μέσα στο κύτταρο (για παράδειγμα, ασκορβικό οξύ στο διαλυτό κυτόπλασμα και τοκοφεροξύλη στη μεμβράνη). Επομένως, η ανακύκλωση της τοκοφερόλης πιθανόν να συνδέεται με την παλινδρομική κίνηση των ηλεκτρονίων ανάμεσα σε έναν ή περισσότερους δωρητές στη διαλυτή φάση του κυττάρου, και με την ενδιάμεση ρίζα στη μεμβράνη, καταλήγοντας έτσι στη μείωση του τελευταίου.

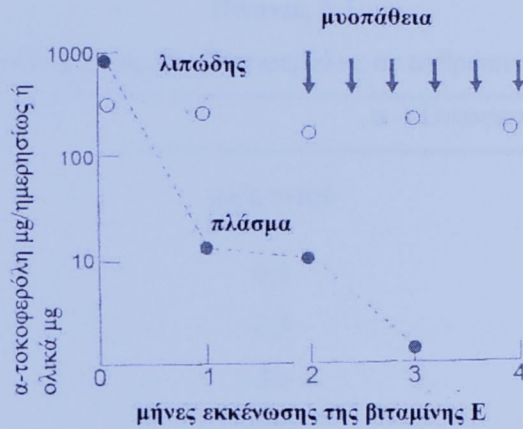
Σύμφωνα με αυτό το πρότυπο, η βιταμίνη E αναμένεται να συγκρατείται μέσω της ανακύκλωσης μέχρις ότου τα συστήματα μείωσης τόσο σε υδατινούς χώρους όσο και σε περιοχές της μεμβράνης γίνουν ρυθμοκαθοριστικά σε τέτοιο σημείο ώστε η βιταμίνη να μπορούσε να εξαλειφθεί από τη μη αναστρέψιμη μετατροπή της ρίζας

τοκοφεροξύλης σε τοκοφερολκινόνη, ενώ η λιπιδική υπεροξειδάση και η οξειδωση πρωτεΐνης θα μπορούσε να αυξηθεί.

Όσο ελκυστικό κι αν είναι το πρότυπο ανακύκλωσης της βιταμίνης E, υπάρχουν ελάχιστες άμεσες ενδείξεις αυτού του φαινομένου σε πειραματόζωα. Αν και ελάχιστες μελέτες σε πειραματόζωα έχουν βρει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βιταμίνης E σε ιστούς ζώων των οποίων η διατροφή περιλαμβάνει ασκορβικό οξύ, αρκετές άλλες μελέτες δεν έχουν εντοπίσει παρόμοιες ενδείξεις θρεπτικού πλεονασμού της βιταμίνης E. Η άμεση εξέταση αυτής της περίπτωσης με τη χρήση α-τοκοφερόλης με δευτεριομένης (βαρύ υδρογόνο) δεν εντόπισε διαφορές στις συγκεντρώσεις α-τοκοφερόλης στο πλάσμα, (αιμοπεταλίων, στοματικών ή λιπώδων κυττάρων σε ανθρώπους υπό θεραπεία 6 εβδομάδων είτε για ελλιπή (5mg ημερησίως) είτε για υπερβολικά (500mg ημερησίως) επίπεδα βιταμίνης E.

5.6 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ E: ΔΥΟ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ – ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ

Στα περισσότερα μη λιπώδη κύτταρα η βιταμίνη E εντοπίζεται αποκλειστικά στις μεμβράνες. Οι κινητικές μελέτες υποδεικνύουν ότι τέτοιοι ιστοί διαθέτουν δύο δεξαμενές της βιταμίνης : μια σταθερή που μετατρέπεται ταχύτατα σε δεξαμενή και μια ασταθή, που μετατρέπεται αργά σε δεξαμενή. Προφανώς, οι ασταθείς κυριαρχούν σε ιστούς όπως το πλάσμα και το ήπαρ, καθώς οι συγκεντρώσεις τοκοφερόλης σε αυτούς τους ιστούς εκκενώνονται ταχύτατα υπό συνθήκες στέρησης βιταμίνης E. Αντίθετα, σε ιστό λιπώδη η βιταμίνη E βρίσκεται κυρίως σε μαζική λιπιδική φάση, που φαίνεται να είναι σταθερή δεξαμενή της βιταμίνης. Επομένως, μετακινείται αργά από αυτόν τον ιστό και έχει μόνο μακροπρόθεσμη φυσιολογική αξία. (Σχήμα 5.3)



Σχήμα 5.3 : Διατήρηση α-τοκοφερόλης σε λιπώδη ιστό πειραματόζωου κατά τη διάρκεια εκκένωσης της βιταμίνης E. [Πηγή: Machlin, L. J. *et al.* (1979). *J.Nutr.* **109**, 105-109.]

Οι κινητικές μελέτες σε ανθρώπους δείχνουν ότι μετά από μια αλλαγή στην πρόσληψη α-τοκοφερόλης, οι λιπώδεις ιστοί τοκοφερόλης ίσως δεν σταθεροποιηθούν για δύο ή περισσότερα χρόνια. Οι νευρικοί ιστοί επίσης παρουσιάζουν πολύ αποτελεσματική συγκρότηση της βιταμίνης E, καθώς παρατηρούνται πολύ χαμηλοί ρυθμοί ανακύκλωσης της βιταμίνης.

Λόγω των πολύ χαμηλών ρυθμών ανακύκλωσης των σταθερών δεξαμενών, οι ποσότητες της βιταμίνης E σε λιπώδεις ιστούς μπορεί να είναι σχεδόν φυσιολογικές ακόμα και σε ζώα με κλινικές ενδείξεις έλλειψης βιταμίνης E. Παρομοίως, άνθρωποι σε πρόγραμμα απώλειας βάρους έχαναν τριγλυκερίδια, όχι όμως βιταμίνη E από το λιπώδη ιστό. Ωστόσο, τα επίπεδα τοκοφερόλης αυξάνονται σημαντικά (10-20%) κατά τη διάρκεια έντονης σωματικής άσκησης, υποδεικνύοντας έτσι ότι η βιταμίνη E μετακινείται από τις σταθερές δεξαμενές μέσω της λιπόλυσης που προκαλείται υπό τέτοιες συνθήκες. Η περιεκτικότητα των ιστών σε τοκοφερόλη τείνει να συνδέεται αριθμητικά με την πρόσληψη βιταμίνης E. Σε αντίθεση, με άλλες βιταμίνες, δεν παρουσιάζουν ίζημα ή κορεσμό. Επομένως, η περιεκτικότητα τοκοφερόλης σε ιστούς ποικίλλει σημαντικά και δε συνδέεται με τις ποσότητες ή τα είδη των εν λόγω λιπιδίων. (Πίνακας 5.1)

Πίνακας 5.1

Περιεκτικότητα της α – Τοκοφερόλης σε ανθρώπινους ιστούς

Ιστός	α – Τοκοφερόλη	
	μg/g ιστού	μg/g λιπώδους ιστού
Πλάσμα	9,5	1,4
Ερυθροκύτταρα	2,3	0,5
Αιμοπετάλια	30	1,3
Παχύς	150	0,2
Νεφρός	7	0,3
Συκώτι	13	0,3
Μυς	19	0,4
Ωοθήκες	11	0,6
Μήτρα	9	0,7
Όρχεις	40	1,0
Καρδιά	20	0,7
Επινεφρίδια	132	0,7
Υπόφυση	40	1,2

Πηγή : Machlin, L. J. *et al.* (1991). 'Handbook of Vitamins,' 2nd Ed., p.113. Marcel Dekker, New York.

ΔΡΑΣΗ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η βιταμίνη Ε αποτελεί φυσικό αντιοξειδωτικό παράγοντα με σημαντικό ρόλο στην ομοιόσταση του οργανισμού. Συγκεκριμένα, εντοπίζεται στο υδροφοβικό μέρος των βιολογικών μεμβρανών και συντελεί στην προστασία των ακόρεστων φωσφολιπιδίων από την οξείδωση, η οποία οφείλεται σε οξειδωτικές ενώσεις και άλλες ελεύθερες ρίζες. Αυτό πραγματοποιείται χάρη στην ικανότητα της βιταμίνης να μετατρέπει αυτές τις ρίζες σε αβλαβείς μεταβολίτες, προστατεύοντας από την καταστροφή την κυτταρική μεμβράνη. Εκτός αυτού, μέσα στα μιτοχόνδρια προστατεύει ένα μέρος του μεταβολικού μηχανισμού που μετατρέπει τα ενεργειακά καύσιμα σε ATP.

Χάρη στη λειτουργία της βιταμίνης που περιγράψαμε παραπάνω, η τοκοφερόλη προστατεύει τον οργανισμό από εκφυλιστικές διεργασίες και καθυστερεί τη γήρανση των κυττάρων που οφείλεται στην οξείδωση. Προμηθεύει στα κύτταρα οξυγόνο το οποίο μεταφέρεται στην καρδιά και στα άλλα όργανα καταπραΰνοντας τον οργανισμό από την κούραση. Παράλληλα, η αντιοξειδωτική της λειτουργία προστατεύει τους πνεύμονες στα κύτταρα των οποίων η έκθεση στο οξυγόνο είναι μέγιστη.

Εκτός αυτού, ενδυναμώνει τα τοιχώματα των τριχοειδών αγγείων, προστατεύει τα αγγεία από την αρτηριοσκλήρυνση, συμβάλλει στη μείωση της πίεσης, του κινδύνου εμφάνισης στεφανιαίας νόσου και προστατεύει τα ερυθρά αιμοσφαίρια από καταστρεπτικά δηλητήρια, όπως το όζον, το διοξείδιο του νιτρικού οξέος κ.α. Επιλέον, συντελεί στην αποφυγή των θρομβώσεων και στη μεταφορά θρεπτικών υλικών στα κύτταρα .

Αξίζει να σημειωθεί ότι η βιταμίνη Ε εμποδίζει την οξείδωση της βιταμίνης Α, της βιταμίνης C, ενζύμων που περιέχουν θείο και του λίπους κι αυξάνει την παραγωγή της HDL χοληστερόλης. Ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα, μειώνει την κόπωση κι επιταχύνει την επούλωση των πληγών .

Η α-τοκοφερόλη εμφανίζεται ως απαραίτητη για την κυτταρική αναπνοή, κυρίως της καρδιάς και των σκελετικών μυών, γι αυτό και σε ορισμένα ζώα η ανεπάρκειά της προκαλεί μυϊκή δυστροφία . Έχει βρεθεί ότι σχετίζεται και με τη βιοσύνθεση του DNA,

συγκεκριμένα με τη ρύθμιση της ενσωμάτωσης των πυριμιδινών μέσα στη δομή του νουκλεϊκού οξέος.

Υπάρχουν υπόνοιες ότι συντελεί στην καταπολέμηση του καρκίνου, στην πρόληψη ή στη θεραπεία της ακμής, της γήρανσης του οργανισμού, της τριχόπτωσης, του έλκους του στομάχου, της καρδιακής προσβολής, ορισμένων ασθενειών του αίματος, αποβολών, μυϊκής δυστροφίας, της σεξουαλικής ανικανότητας ή της στειρότητας, της εμμηνόπαυσης, στη θεραπεία ηλιακών εγκαυμάτων και βλαβών του πνεύμονα από ατμοσφαιρική ρύπανση, όμως δεν έχουν αποδειχθεί. Επιπλέον, γίνονται έρευνες σχετικά με το ρόλο της στην προστασία από καταρράκτη, διαβήτη, διάφορες λοιμώξεις και αρθρίτιδα .

Παρόλα αυτά, η βιταμίνη E χρησιμοποιείται στην πρόληψη ορισμένων τύπων καρκίνου, χωρίς όμως να είναι ακόμα γνωστή η αποτελεσματικότητά της. Αναλυτικότερα, χορηγείται μαζί με Σελήνιο με στόχο την προφύλαξη των κυτταρικών μεμβρανών, του πυρήνα του κυττάρου και των χρωμοσωμάτων από καρκινογόνες ουσίες.

6.2 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ E

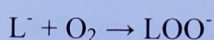
Ελεύθερες ρίζες και βιταμίνη E.

Μέσα στον οργανισμό δημιουργούνται συχνά, από διάφορες αιτίες, ελεύθερες ρίζες. Μια πολύ δραστική ελεύθερη ρίζα είναι η ρίζα υδροξυλίου ($\text{OH}^\cdot$) η οποία, όντας δραστικότερη, λαμβάνει γρήγορα ηλεκτρόνια από το «περιβάλλον» της, από τα γειτονικά οργανικά μόρια, υπό το σχηματισμό μιας νέας ελεύθερης ρίζας. (Εαν το οργανικό μόριο είναι ένα πολυακόρεστο λιπαρό οξύ (τμήμα των φωσφολιπιδίων της μεμβράνης) προκαλείται βλάβη στη μεμβράνη. Η πορεία των αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα φαίνεται παρακάτω:

α. Αντίδραση του λιπιδικού μορίου (LH) με $\text{OH}^\cdot$ ή με O_2 υπό το σχηματισμό ελεύθερης ρίζας (στη δεύτερη περίπτωση σχηματίζεται και υπεροξειδική ρίζα $\text{HO}_2^\cdot$).



β. Αντίδραση με O_2 υπό το σχηματισμό ελεύθερης ρίζας υπεροξειδίου.



Όταν σχηματιστούν οι υπεροξειδικές ρίζες μπορούν να αποσπάσουν ένα άτομο υδρογόνο ($\text{H}^\cdot$) από άλλα μόρια (των μεμβρανών ή των λιποπρωτεϊνών) προκαλώντας αλυσωτές αντιδράσεις μέσω της $\text{L}^\cdot$. $\text{LOO}^\cdot + \text{LH} \rightarrow \text{L}^\cdot + \text{LOOH}$

Προκειμένου να αποφευχθεί η καταστροφή του κυττάρου πρέπει να σταματήσουν οι αλυσωτές αντιδράσεις που περιλαμβάνουν την $L^\cdot$. Αυτό γίνεται με τη δράση ενός πολύπλοκου προστατευτικού συστήματος του οργανισμού, μέρος του οποίου είναι η βιταμίνη E. Ο ρόλος της βιταμίνης E είναι αφενός να αντιδρά με μη-λιπιδικές ρίζες υπεροξειδίου ($ROO^\cdot$) πριν αυτές αλληλεπιδράσουν με τις κυτταρικές μεμβράνες και αφετέρου να διακόπτει τις αλυσωτές αντιδράσεις που περιλαμβάνουν τις ρίζες $LOO^\cdot$. Η δράση της οφείλεται στην παρουσία του φαινολικού OH στη θέση 6 του χρωμανικού δακτυλίου και στην ικανότητα του χρωμανικού δακτυλίου να σταθεροποιεί το μονήρες ηλεκτρόνιο (λειτουργεί δηλ. ως scavenger ελευθέρων ριζών).

Δηλ. λαμβάνει χώρα η: $E-H + LOO^\cdot \rightarrow E^\cdot + LOOH$. Η αναγέννηση της δραστικής μορφής της βιταμίνης E γίνεται με τη δράση της βιταμίνης C, ανηγμένης γλουταθειόνης και NADPH. Πρέπει να σημειωθεί ότι η βιταμίνη E είναι μόνο ένα κομμάτι του μηχανισμού άμυνας ενάντια στην οξείδωση. Ο προστατευτικός αυτό μηχανισμός περιλαμβάνει επίσης τη βιταμίνη C, τα καροτενοειδή και ένζυμα που απαιτούν διάφορα ιχνοστοιχεία για τη δράση τους.

Αντιοξειδωτική δράση

Η βιταμίνη E αποτελεί σημαντική φυσική αντιοξειδωτική ουσία των ελαίων, αφού αναστέλλει την οξείδωση των λιπαρών ουσιών τους (τριγλυκερίδια). Ο μηχανισμός της οξείδωσης (ή τάγγισμα) ενεργοποιείται όταν κάποιο αντιοξειδωτικό μέσο (π.χ. θέρμανση, φως) προσβάλλει ένα έλαιο και τότε οξειδώνεται πρώτα η πλευρική αλυσίδα ατόμων C των τοκοφερολών (Ανδρικόπουλος, 1998).

Στον ανθρώπινο οργανισμό αναπτύσσονται ελεύθερες ρίζες (free radicals) στα πλαίσια της μεταβολικής διαδικασίας, οι οποίες αν βρεθούν σε μεγάλη συγκέντρωση μπορούν να προκαλέσουν χρόνιες ασθένειες, όπως αρτηριοσκλήρωση και καρκίνο (Berger, 1994). Η βιταμίνη E, όπως και άλλα φυσικά αντιοξειδωτικά, προστατεύουν από την υπεροξείδωση και από έναν μηχανισμό διάδοσης των ελευθέρων ριζών (Μπαλατσούρας 1997, Berry Ottaway 1993).

Για την αντιοξειδωτική δράση της βιταμίνης E υπάρχει μια ευρεία βιβλιογραφία. Ενδεικτικά αναφέρονται οι ακόλουθες μελέτες. Οι Carmera et al (1996) εξέτασαν την επίδραση του ελαιολάδου και του ηλιελαίου στη λιποπρωτεΐνη χαμηλής πυκνότητας (LDL), της οποίας οι αυξημένες συγκεντρώσεις σχετίζονται με τη στεφανιαία νόσο (Ματάλα, 1999) και παρατηρήθηκε ότι η βιταμίνη E, όπως και η βιταμίνη A έχουν σημαντική αντιοξειδωτική δράση.

Ακόμα δύο μελέτες των Choudhury et al το 1995 και το 1997 επιβεβαίωσαν την αντιοξειδωτική δράση της βιταμίνης E όταν συνέκριναν διάφορα έλαια (φοινικέλαιο, ελαιόλαδο και ηλιέλαιο υψηλής περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ) διαφορετικών συγκεντρώσεων βιταμίνης E και διαφορετικής σύνθεσης λιπαρών οξέων.

Το ελαιόλαδο, όπως έχει αναφερθεί, έχει τη μικρότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνη E από τα εξεταζόμενα φυτικά έλαια. Ωστόσο, διαθέτει τον υψηλότερο βιολογικό δείκτη $\frac{Vit.E}{PUFA}$ (Andrikopoulos, 1989). Με τον όρο «βιολογικός δείκτης» εννοείται ο λόγος και ο οποίος επηρεάζεται από τα συστατικά της διατροφής.

Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (polyunsaturated fatty acid, Pu FA) αν και μειώνουν τη χοληστερόλη στο αίμα (Choudhury et al 1995, Choudhury et al 1997) συνδέονται με την παραγωγή ελεύθερων ριζών που προξενούν σοβαρές βλάβες στους ιστούς και στις αρτηρίες (Μπαλατσούρας 1997).

Κλινικές μελέτες έχουν δείξει ότι η βιταμίνη E (μόνη ή σε συνδυασμό με άλλα αντιοξειδωτικά) ελαττώνουν τη οξείδωση των LDL. Πρόσληψη 800 IU α-τοκοφερόλης, 1 g βιταμίνης C και 24 mg β-καροτενίου ελάττωσε σημαντικά την οξείδωση των LDL σε ασθενείς πάσχοντες από καρδιαγγειακές παθήσεις.

Έχει προταθεί ότι η βιταμίνη E μπορεί να έχει επίδραση στην αποτροπή ή θεραπεία διαφόρων ασθενειών. Ο καταρράκτης προκαλείται εν μέρει από την οξείδωση κάποιων πρωτεϊνών οι οποίες στη συνέχεια συσσωματώνονται και καθιζάνουν στον οπτικό φακό προκαλώντας αδιαφάνεια και θολερότητα. Το οξυγόνο και οξυελεύθερες ρίζες έχουν συχνά κατηγορηθεί ως ένα από τα αίτια εμφάνισης καταρράκτη. Χρήση πολυβιταμινούχων παρασκευασμάτων, κυρίως περιεχόντων βιταμίνη E και C, φαίνεται ότι επιδρά στις επιπτώσεις του καταρράκτη.

Η βιταμίνη E μπορεί να είναι χρήσιμη στη θεραπεία της τοξικής δράσης του σιδήρου, η οποία οδηγεί γενικά σε οξείδωση των λιπιδίων μέσω σχηματισμού ελευθέρων ριζών και προκαλεί σοβαρές βλάβες σε διάφορα όργανα και κυρίως στο ήπαρ.

Ασθενείς πάσχοντες από σακχαρώδη διαβήτη μπορούν να ωφεληθούν από τη λήψη βιταμίνης E, καθώς φαίνεται ότι η βιταμίνη αυτή ενισχύει τη δράση της ινσουλίνης.

6.3 ΡΟΛΟΙ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε ΠΟΥ ΔΕ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΤΗΣ ΔΡΑΣΗ

Έχει δειχθεί ότι οι τοκοτριενόλες διαθέτουν δράσεις μη οφειλόμενες στην αντιοξειδωτική ικανότητα της βιταμίνης Ε. Φαίνεται ότι οι τοκοτριενόλες επιδρούν στο μεταβολισμό της χοληστερόλης. In vitro έχει δειχθεί ότι οι τοκοτριενόλες καταστέλλουν τη δράση της HMG-CoA αναγωγάσης (αναγωγή του 3-υδροξυ-3-μεθυλο-γλουταρυλο-συνενζύμου Α). Αυτά τα ευρήματα βρίσκονται σε συμφωνία με την παρατήρηση ότι οι τοκοτριενόλες ελαττώνουν τη συγκέντρωση χοληστερόλης του πλάσματος στα ζώα και στον άνθρωπο. Στις τοκοτριενόλες έχει επίσης αποδοθεί η καταστολή της ανάπτυξης όγκων και του κυτταρικού πολλ/μού (χωρίς να έχουν συσχετιστεί με αντικαρκινική δράση).

6.4 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε ΜΕ ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

1. **Σελήνιο.** Η δράση της βιταμίνης Ε στο σώμα σχετίζεται με τη δράση της υπεροξειδάσης της γλουταθειόνης. Η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης περιλαμβάνει σελήνιο, η δράση του οποίου έγκειται στην μετατροπή ενός λιπιδικού υπεροξειδίου σε λιπιδική αλκοόλη.
2. **Θειούχα αμινοξέα.** Καθώς η κυστεΐνη είναι απαραίτητη για τη σύνθεση της γλουταθειόνης η δράση της βιταμίνης Ε μπορεί έμμεσα να συσχετιστεί με τα θειούχα αμινοξέα.
3. Η δράση της βιταμίνης Ε φαίνεται να σχετίζεται επίσης με **ψευδάργυρο, μαγγάνιο και χαλκό.**
4. Υψηλή πρόσληψη βιταμίνης Ε εμπλέκεται με τις δράσεις των άλλων λιποδιαλυτών βιταμινών. Σε δόσεις μεγαλύτερες του 1 mg η βιταμίνη Ε δρα ανταγωνιστικά στη δράση της βιταμίνης **Κ**. Η βιταμίνη Ε πιθανόν να αναστέλλει την οξειδωση της βιταμίνης Κ και να επηρεάζει το σχηματισμό προθρομβίνης. Επίσης μπορεί να επηρεάζει την απορρόφηση βιταμίνης Κ. Προβλήματα με την εναπόθεση αλάτων στα οστά στην οποία εμπλέκεται η βιταμίνη **Δ** έχουν αναφερθεί σε ζώα που προσελάμβαναν υψηλές δόσεις βιταμίνης Ε. Αλληλεπίδραση παρουσιάζεται και με τη βιταμίνη **Α**. Ελλείψει βιταμίνης Α, η βιταμίνη Ε χαμηλώνει το ρυθμό εξάντλησης της βιταμίνης Α στο ήπαρ. Επιπλέον η διάσπαση του **β-καροτενίου** σε

ρετινόλη απαιτεί την παρουσία βιταμίνης E (πιθανόν προστατεύει το υπόστρωμα από οξείδωση). Πάντως υψηλά ποσοστά βιταμίνης E μπορεί να αναστέλλουν την απορρόφηση **β-καροτενίου** και την μετατροπή του σε ρετινόλη.

5. Η βιταμίνη E σχετίζεται με τη διαιτητική πρόσληψη **PUFA** (όσο αυξάνει η πρόσληψη PUFA τόσο αυξάνουν οι ανάγκες σε βιταμίνη E).

Πίνακας 6.1

Συνθήκες που σχετίζονται με την οξειδωτική βλάβη :

• Γήρανση	• Ανοσία και μόλυνση
• Ατμοσφαιρική ρύπανση	• Φλεγμονώδης εντερική ασθένεια, ενδοκοιλιακή αιμορραγία
• Αρθρίτιδα και φλεγμονώδη ασθένεια	• Ισχαιμία αναδιάπλαση
• Καρκίνος	• Πνευματική ασθένεια
• Καρδιοαγγειακή νόσος	• Πολλαπλή σκλήρωση
• Καταρράκτης	• Παγκρεατιτίδα
• Διαβήτης	• Νόσος Πάρκινσον
• Αντιδράσεις φαρμάκων	• Νεφρική ασθένεια
• Σωματική άσκηση	• Δερματικές βλάβες

Πηγή : Gerald F. Combs, The Vitamins, 1998

ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ BITAMINΗ E**7.1 BITAMINΗ E ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.**

Η έλλειψη βιταμίνης E έχει βρεθεί ότι αυξάνει την ευαισθησία των πειραματόζωων σε παθολογικές συνέπειες του όζοντος και του διοξειδίου του αζώτου, ρυπαντικών της ατμόσφαιρας που αντιδρούν με PUFA για το σχηματισμό ελεύθερων ριζών. Δεδομένου ότι η βιταμίνη E αναστέλλει αυτήν την αντίδραση, υποδεικνύεται ότι τα συμπληρώματα βιταμίνης μπορούν να προστατεύσουν τους ανθρώπους από επιβλαβείς συνέπειες της χρόνιας έκθεσης σε όζον του νέφους.

7.2 BITAMINΗ ΚΑΙ ΑΡΘΡΙΤΙΔΑ

Θεωρείται ότι η ρευματοειδής αρθρίτιδα προκαλείται από αντιγονική εμφάνιση σε αρθρώσεις ακατάλληλων ανοσολογικών αντιδράσεων που οδηγούν σε χρόνια φλεγμονή. Έμμεσα στοιχεία υποδεικνύουν ότι η παραγωγή αντιδραστικών ειδών οξυγόνου κατά τη φλεγμονή οδηγεί σε οξείδωση λιπιδίων στο αρθρικό υγρό, που αυξάνει το ιξώδες του υγρού. Μελέτες σε ζωικά μοντέλα δείχνουν ότι τα συμπληρώματα βιταμίνης E μπορούν να μειώσουν το οίδημα των αρθρώσεων, ενώ καθεμία από τις εφτά κλινικές δοκιμές παρέμβασης με εικονικό φάρμακο για την εκτίμηση της βιταμίνης E στην αντιμετώπιση ασθενών με αρθρίτιδα έχει δείξει ότι τα υψηλά συμπληρώματα με βιταμίνη (100-600 IU ημερησίως) ανακουφίζουν τον πόνο και είναι αντιφλεγμονώδη.

7.3 BITAMINΗ E ΚΑΙ ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΑ ΝΟΣΗΜΑΤΑ.

Πολλές μελέτες παρουσιάζουν τον κίνδυνο καρδιαγγειακής νόσου να σχετίζεται αντιστρόφως με την πρόσληψη βιταμίνης E ή την περιεκτικότητα του πλάσματος σε βιταμίνη E. Μια επιδημιολογική μελέτη βρήκε ότι το επίπεδο της βιταμίνης E στο πλάσμα ευθύνεται για το 63% των διαφορών που έχουν παρατηρηθεί στη θνησιμότητα από ισχαιμική καρδιακή νόσο σε 16 Ευρωπαϊκούς πληθυσμούς. Η περιεκτικότητα του πλάσματος σε βιταμίνη E έχει βρεθεί ότι σχετίζεται αντιστρόφως με τον κίνδυνο

στηθάγχης . Δυο παράλληλες μελέτες, μια για τους άντρες και μια για τις γυναίκες παρέχουν ισχυρές αποδείξεις ότι η Βιταμίνη E προστατεύει από στεφανιαία καρδιακή νόσο . Κάθε μελέτη έδειξε ότι η πρόσληψη βιταμίνης E σχετίζεται αντίστροφα με τον κίνδυνο στεφανιαίας καρδιακής νόσου.

Τα προστατευτικά αποτελέσματα στην καρδιαγγειακή νόσο περιλαμβάνουν τη λειτουργία της ως προστατευτικό αντιοξειδωτικό στις LDL .

7.4 BITAMINH E, ANOSIA KAI MOLYNSEH

Η βιταμίνη E είναι απαραίτητη για τη φυσιολογική ανοσολογική λειτουργία, η οποία ενισχύεται από υπερθρεπτικά επίπεδα πρόσληψης. Φαίνεται ότι δρα ως βιολογικό αντιοξειδωτικό προστατεύοντας τα κύτταρα ανοσίας από αντιδραστικά είδη οξυγόνου που παράγονται κατά τη φλεγμονώδη διαδικασία. Τα είδη αυτά παράγονται κυρίως από τα φαγοκύτταρα που επιτίθενται στην περιοχή της βλάβης στον ιστό. Κατά τη συνάντηση ή την πρόσληψη ενός βακτηρίου ή άλλων ξένων σωματιδίων, τα ενεργοποιημένα ουδετερόφιλα και μακροφάγα παράγουν μεγάλες ποσότητες O_2 και H_2O_2 σε μια διαδικασία η οποία ονομάζεται αναπνευστική έκρηξη.

Η έλλειψη της βιταμίνης E σε πειραματόζωα και σε παιδιά φαίνεται ότι συμβιβάζει τη χημική και τη μέσω κυττάρων ανοσία. Τα άτομα με τέτοια έλλειψη παρουσιάζουν πολυμορφοπυρηνοκύτταρα με μειωμένη φαγοκυτταρική ικανότητα, υπό καταστολή οξειδωτική έκρηξη και βακτηριακή δράση και μειωμένες χημειοτακτικές αντιδράσεις. Σε γενικές γραμμές παρουσιάζουν παραγωγή λεμφοκυττάρων υπό καταστολή, μειωμένη λειτουργία κυττάρων T και μειωμένη παραγωγή αντισωμάτων . Η έλλειψη βιταμίνης E αυξάνει την ευαισθησία σε ιικές μολύνσεις, ενώ αυξάνει την τοξικότητα ορισμένων ιών που εισχωρούν μέσα από ξενιστές οι οποίοι στερούνται βιταμίνης E . Ως αποτέλεσμα, παρατηρείται απώλεια τόνου υπεροξειδίου, μειωμένη ρευστότητα κυτταρικής μεμβράνης και αυξημένη παραγωγή προσταγλανδίνης E_2 .

Η υπερθρεπτική πρόσληψη της βιταμίνης E έχει βρεθεί ότι διεγείρει πολλές ανοσολογικές λειτουργίες που περιλαμβάνουν παραγωγή αντισωμάτων. Μελέτες σε πειραματόζωα δείχνουν ότι τα αποτελέσματα αυτά καταλήγουν σε αυξημένη αντίσταση στη μόλυνση. Μια ελεγχόμενη κλινική μελέτη βρήκε ότι τα υψηλά επίπεδα βιταμίνης E (800IU ημερησίως) αυξάνουν τις αντιδράσεις μέσω κυττάρων T (υστερημένη υπερευαισθησία, μιτογένεση και παραγωγή ενδολευκίνης 2) και ότι μειώνουν την παραγωγή προσταγλανδίνης που ενισχύεται από ατελή

φωτοαιμοσυγκολλητίνη . Αυτές οι αντιδράσεις συνήθως μειώνονται με την ηλικία, παρουσιάζουν όμως βελτίωση αντίδρασης στη βιταμίνη E για την ενίσχυση ανοσίας. Οι ζωϊκές μελέτες βρήκαν ότι ορισμένου παράμετροι ανοσίας που απαιτούν πρόσληψη τουλάχιστον ενός μεγέθους μεγαλύτερου από τα επίπεδα της βιταμίνης που απαιτούνται για την πρόληψη κλινικών ενδείξεων έλλειψης, είναι ιδανικοί.

7.5 ΒΙΤΑΜΙΝΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΗΣ.

Ο καταρράκτης προκαλείται από τη συσσώρευση κατεστραμμένων πρωτεϊνών στο φακό, οι οποίες συγκεντρώνονται και καθιζάνουν με αποτέλεσμα οι φακοί να γίνουν αδιαφανείς. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της βλάβης περιλαμβάνει οξειδώσεις που χαρακτηρίζονται από την απώλεια θειώδων υδρυλίων, το σχηματισμό δισουλφιδικών και μη ομοιοπολικών δεσμών και την οξείδωση τρυπτοφανικών κατάλοιπων. Αρκετές επιδημιολογικές μελέτες έχουν βρεί ότι τα επίπεδα τοκοφερόλης στο πλάσμα ή στον ορό ή η πρόσληψη της βιταμίνης E συνδέονται αντιστρόφως με τον κίνδυνο καταρράκτη. Η βιταμίνη E μειώνει ή καθυστερεί τον καταρράκτη που ενισχύεται από θεραπεία με γαλακτόζη ή αμινοτριαζόλη και μειώνει τη φωτοϋπεροξείδωση των λιπιδίων των φακών. Τα παραπάνω αποτελέσματα περιλαμβάνουν την άμεση δράση της βιταμίνης ως αντιοξειδωτικό ή την έμμεση δράση της στη διατήρηση της γλουταθειόνης σε χαμηλά επίπεδα.

7.6 ΒΙΤΑΜΙΝΗ ΚΑΙ ΚΑΠΝΙΣΜΑ.

Το κάπνισμα αποτελεί οξειδωτικό βάρος στους πνεύμονες και σε άλλους ιστούς που οφείλεται σε συνεχή έκθεση σε ελεύθερες ρίζες σε μορφή πίσσας και αερίου από τον καπνό τσιγάρου. Παρατηρούνται αυξημένα επίπεδα παραγώγων υπεροξείδωσης στην κυκλοφορία (πχ. μηλονυλιοδιαλδεύδη και στην αναπνοή (πχ. αιθάνιο και πευτάνιο) και μειωμένα επίπεδα ασκορβικού οξέος στο πλάσμα, και λευκοκύτταρα και βιταμίνη E στο πλάσμα και ερυθροκύτταρα. Μια δοκιμή παρέμβασης βρήκε ότι οι μέτριες υπερθρεπτικές δόσεις της βιταμίνης E (μέχρι 560mg τοκοφερόλης ημερησίως) μειώνουν την προοπτική υπεροξείδωσης των λιπιδίων ερυθροκυττάρων για τους καπνιστές, όμως μια πολύ υψηλή δόση (1050mg ημερησίως) αυξάνει την ευαισθησία σε υπεροξείδωση για τους μη καπνιστές, υποδεικνύοντας ότι η βιταμίνη E μπορεί να έχει επίσης προ-οξειδωτικά αποτελέσματα σε πολύ υψηλές δόσεις.

7.7 BITAMINH E KAI DIABHTHS

Το οξειδωτικό στρες παίζει ρόλο στην παθογένεση των επιπλοκών του διαβήτη, γεγονός που επιβεβαιώνεται από το ότι, σε σύγκριση με ελέγχους, τα διαβητικά ερυθροκύτταρα παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερη λιπιδική υπεροξείδωση, η οποία με την τροποποίηση της ρευστότητας της μεμβράνης, θεωρείται ότι καθιστά τα ερυθροκύτταρα υπερ-εύπηκτα και πιο έτοιμα να προσκολληθούν σε ενδοθηλιακά κύτταρα. Η υπεροξείδωση λιπιδίων μεμβράνης σχετίζεται με την περιεκτικότητα των ερυθροκυττάρων σε γλυκολυόμενη αιμοσφαιρίνη, ενώ τα συμπληρώματα σε διαβητικούς που δεν λαμβάνουν ινσουλίνη με υψηλά επίπεδα βιταμίνης E έχουν βρεθεί ότι μειώνουν την καταστροφή αιμοσφαιρίνης. Μελέτες έχουν επίσης βρει ότι τα συμπληρώματα με βιταμίνη E σε υψηλά επίπεδα (πχ. 900mg RRR- α -τοκοφερόλης ημερησίως) ενισχύουν τη δράση της ινσουλίνης βελτιώνοντας την ικανότητα αντίδρασης στην ορμόνη τόσο σε υγιή όσο και σε διαβητικά άτομα. Παρά τα ευρήματα μιας δοκιμής παρέμβασης που απέτυχαν να παρουσιάσουν αποτελεσματικότητα της βιταμίνης E στην καθυστέρηση της ανάπτυξης διαβητικών αγγειακών επιπλοκών, τα παραπάνω αποτελέσματα υποδεικνύουν την πιθανότητα η βιταμίνη E να χρησιμεύει στην αντιμετώπιση της ασθένειας.

7.8 BITAMINH E KAI ΣΩΜΑΤΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ.

Δεδομένου ότι η άσκηση αυξάνει τον οξειδωτικό μεταβολισμό και την ενδογενή παραγωγή αντιδραστικών ειδών οξυγόνου, θεωρείται ότι οι βλάβες στις μεμβράνες των ιστών που προκαλούνται κατά την άσκηση, ίσως οφείλονται στην ενίσχυση των οξειδωτικών αντιδράσεων. Μελέτες δείχνουν ότι η άσκηση αυξάνει το μεταβολισμό της βιταμίνης E καθώς και άλλων συστατικών του κυτταρικού αντιοξειδωτικού αμυντικού συστήματος (πχ. ασκορβικό και ουρικό οξύ), που αυξάνονται σε φυσιολογικά ασκούμενους μύες. Δεδομένου ότι η άσκηση αυξάνει τον αριθμό μιτοχονδρίων, αναμένεται ότι οι ασκούμενοι μύες, οι οποίοι έχουν περισσότερα μιτοχόνδρια, παράγουν ελεύθερες ρίζες σε υψηλότερα επίπεδα σε σύγκριση με τους μη ασκούμενους. Μελέτες σε ποντίκια έχουν βρεί χαμηλότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνη E των ιστών των ασκούμενων ατόμων απ' ότι σε άτομα που διάγουν καθιστική ζωή. Οι μελέτες με ανθρώπους δεν είναι εκτενείς, ωστόσο δείχνουν ότι τα

συμπληρώματα βιταμίνης E είναι σε θέση να μειώσουν το οξειδωτικό στρες και τα λιπίδια που παράγονται κατά την εξαντλητική σωματική άσκηση. Μια μελέτη βρήκε ότι η ημερήσια χορήγηση 400 IU βιταμίνης E προλαμβάνει τη μείωση των αναερόβιων ουδών σε ορειβάτες υψηλού υψώματος. Όλα τα παραπάνω συμπτώματα υποστηρίζουν την άποψη ότι η έντονη σωματική άσκηση αυξάνει την ανάγκη για βιταμίνη E.

7.9 BITAMINΗ KAI NEYPOΛOΓIKΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ.

Αρκετά στοιχεία δικαιολογούν την ευαισθησία του νευρικού ιστού σε οξειδωτικό στρες. Οι νευρώνες περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες PUFA και σιδήρου, δε διαθέτουν όμως εκτεταμένα αντιοξειδωτικά αμυντικά συστήματα ενώ διαφοροποιούνται και δεν αναδιπλασιάζονται όταν καταστρέφονται. Η νευρική βλάβη που μοιάζει με την ασθένεια Πάρκινσον προκαλείται από οξειδοαναγωγικό κυκλικό φάρμακο που παράγει αντιδραστικά είδη οξυγόνου, από το μεταβολισμό της ντοπαμίνης από οξείδωση μονοαμίνης B σε νευρώνες ντοπαμίνης παράγει H_2O_2 , η έκθεση σε οξυγόνου μεγαλύτερου ειδικού βάρους μπορεί να προκαλέσει παροξυσμούς σε ανθρώπους και ζώα. Η έλλειψη της βιταμίνης E χαρακτηρίζεται από νευρολογικές ενδείξεις σε ζώα και ανθρώπους.

Ωστόσο, υπάρχουν κάποια στοιχεία θετικών αποτελεσμάτων της βιταμίνης E σε νευρολογικές διαταραχές. Μια τυχαία, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο δοκιμή σε ασθενείς με πρόωμη ασθένεια Πάρκινσον δεν παρουσίασε θετικά αποτελέσματα με τη χορήγηση 200IU βιταμίνης E ημερησίως. Μια άλλη, πολύ καλά σχεδιασμένη δοκιμή βρήκε ότι η καθυστερημένη έκβαση (πχ. θάνατος, νοσηλεία σε ίδρυμα, σοβαρή άνοια) σχετίζεται με την ίδια δόση βιταμίνης E που χορηγείται σε ασθενείς με Αλτσχάϊμερ. Ωστόσο, το παραπάνω αποτέλεσμα δεν εντοπίστηκε σε μη-προσαρμοσμένη ανάλυση. Μια μικρότερη μελέτη βρήκε ότι η θεραπεία με βιταμίνη E (400IU ημερησίως) μειώνει τη συχνότητα των παροξυσμών σε ανίατα παιδιά που λαμβάνουν αντιεπιληπτικά φάρμακα.

7.10 BITAMINΗ E KAI ΔΕΡΜΑΤΙΚΗ ΥΓΕΙΑ

Το δέρμα υπόκειται σε οξειδωτικές συνέπειες που οφείλονται στην έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία, η οποία παράγει αντιδραστικά είδη οξυγόνου από τη φωτόλυση ενδοκυτταρικού ύδατος. Μελέτες σε ζωικά μοντέλα έχουν δείξει ότι η

περιεκτικότητα σε τοκοφερόλη των δερματικών ιστών μειώνεται με υπεριώδη (UV) ακτινοβολία, πιθανώς λόγω οξειδωτικού στρες. Η τοπική αντιμετώπιση με βιταμίνη E παρέχει προστασία από δερματική βλάβη λόγω UV καθώς παρατηρείται μείωση στις αντιδράσεις ερυθρημάτων και καθυστερήσεις στην έναρξη ογκογένεσης. Μια μελέτη ανέφερε ότι η τακτική τοπική εφαρμογή της βιταμίνης E μείωσε το εύρος των ρυτίδων και την τραχύτητα του δέρματος σχεδόν στις μισές περιπτώσεις.

7.11 BITAMINH E KAI ALLES DIATAPAXES.

Η βιταμίνη E έχει συχνά αποδειχθεί αποτελεσματική από θεραπευτική άποψη σε αρκετές διαταραχές σε ανθρώπους, αν και μπορεί να μην εμπλέκεται έμεσα στην αιτιολογία τους. Περιλαμβάνει αιματολυτική αναιμία, διαλείποντες σπασμοί στα πόδια κατά τη νύχτα και χρόνια αιμόλυση σε ασθενείς με έλλειψη γλυκόζης-6-φωσφάτης διυδρογονάσης. Στην κτηνιατρική, η βιταμίνη E (που συχνά χορηγείται μαζί με σελήνιο) έχει αναφερθεί ως αποτελεσματική στην αντιμετώπιση πολλών διαταραχών μεταξύ των οποίων διακοπή σε άλογα και συγκράτηση του πλακούντα μετά από τη γέννα σε αγελάδες.

Άλλοτε η βιταμίνη E θεωρούνται ότι προστάτευε από πάθηση του αμφιβληστροειδούς του πρόωρου εμβρύου. Ωστόσο, μια ελεγχόμενη κλινική δοκιμή έχει δείξει ότι η χρήση της βιταμίνης απέτυχε να μειώσει την επικράτηση αυτού του συνδρόμου.

ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε - ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΕΛΛΕΙΨΗΣ - ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ.

8.1 ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε

Γενικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ανεπάρκεια βιταμίνης Ε είναι σπάνια διότι η βιταμίνη αυτή :

- α)Είναι πολύ πλατιά διαδεδομένη στις τροφές.
- β)Αποθηκεύεται σε όλους τους ιστούς του σώματος.
- γ)Παραμένει στο σώμα για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα .

Παρατηρείται σε πρόωρα νεογνά που τρέφονται με γάλα αγελάδος (το οποίο περιέχει 2-4 φορές λιγότερη ποσότητα βιταμίνης Ε από το μητρικό), σε άτομα που πάσχουν από σύνδρομο Kwashiorkor ή σε άτομα που πάσχουν από ασθένειες που προκαλούν δυσαπορρόφηση του λίπους όπως:

- α)Εντερικές παθήσεις
- β)Παθήσεις παγκρέατος (εξοκρινής παγκρετική ανεπάρκεια)
- γ)Παθήσεις ήπατος
- δ)Χειρουργική αφαίρεση μέρους στομάχου

ή ανωμαλία στη μεταφορά του λίπους (α -β-λιποπρωτεΐναιμία)

Όταν η συγκέντρωση της βιταμίνης Ε στο αίμα πέσει κάτω από ένα ορισμένο σημείο προκαλείται ρήξη των ερυθρών αιμοσφαιρίων με αποτέλεσμα τη διάχυση στο περιβάλλον του εσωτερικού τους, δηλαδή της αιμοσφαιρίνης. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αιμόλυση και προκαλείται από την οξείδωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων της μεμβράνης των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Παρατηρείται σε βρέφη που γεννήθηκαν πρόωρα, πριν τη μεταφορά της βιταμίνης Ε από τη μητέρα, η οποία λαμβάνει χώρα τις τελευταίες εβδομάδες της εγκυμοσύνης. Θεραπεύεται με χορήγηση βιταμίνης Ε .

Στο νευρομυϊκό σύστημα, η αβιταμίνωση Ε μπορεί να αναπτυχθεί σε 5-10 χρόνια . Κλινικά, εμφανίζεται ως: αδυναμία, δυσκολία στο βάδισμα, σοβαροί πόνοι στους μύες της γάμπας, απώλεια των αντανακλαστικών των τενόντων, αλλαγή στην ισορροπία και στο συντονισμό των κινήσεων, ατροφία των μυών κι ενοχλήσεις στην όραση. Παρατηρείται ακόμα αυξημένη αποβολή κρεατινίνης στα ούρα που υποδηλώνει μυϊκή βλάβη και μυϊκό καταβολισμό.Τα συμπτώματα υποχωρούν μετά από χορήγηση της

βιταμίνης. Αντιθέτως, παιδιά πάσχοντα από κληρονομική μυϊκή δυστροφία δε θεραπεύονται με χορήγησής της και συνήθως πεθαίνουν σε νεαρή ηλικία, όταν οι αναπνευστικοί μύες ατροφήσουν.

Εκτός αυτού, σε περιπτώσεις έλλειψης της βιταμίνης E παρατηρείται ανώμαλη συγκέντρωση λίπους στους μύες .

Σε επίπεδο κυττάρων, η έλλειψή της συνοδεύεται από αύξηση της οξειδωσης των λιπιδίων της κυτταρικής μεμβράνης. Σε περίπτωση που τα κύτταρα αυτά εκτεθούν σε οξειδωτικές στρες, θα παρουσιάσουν ταχύτατα βλάβες και νέκρωση .

Σε πειραματόζωα έχει παρατηρηθεί ότι ανεπάρκεια βιταμίνης E μπορεί να προκαλέσει έκτρωση στα θηλυκά κι εκφύλιση του σπερματικού επιθηλίου στα αρσενικά .

8.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΥΘΥΝΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ E

Η έλλειψη βιταμίνης E μπορεί να οφείλεται σε ανεπαρκή διαιτητική πρόσληψη της βιταμίνης ή σε ελλιπή απορρόφηση της βιταμίνης. Αρκετοί άλλου διατροφικοί παράγοντες επηρεάζουν την ανάγκη για βιταμίνη E. Από αυτούς δύο είναι οι πιο σημαντικοί : το σελήνιο και το PUFA. Το σελήνιο ενισχύει την ανάγκη για βιταμίνη E. Επομένως, τα ζώα που ακολουθούν διατροφή χαμηλή σε σελήνιο χρειάζονται σε γενικές γραμμές περισσότερη βιταμίνη E από τα ζώα που ακολουθούν την ίδια διατροφή με συμπληρώματα κατάλληλης πηγής σεληνίου. Αντίθετα, η διατροφική πρόσληψη των PUFA επηρεάζει άμεσα την ανάγκη για βιταμίνη E, ενώ τα ζώα που ακολουθούν διατροφή πλούσια σε PUFA χρειάζονται περισσότερη βιταμίνη E από αυτά που ακολουθούν διατροφή χαμηλή σε PUFA. Άλλοι παράγοντες που αναμένεται να αυξήσουν την ανάγκη για βιταμίνη E είναι η έλλειψη αμινοξέων που περιέχουν θείο, έλλειψη χαλκού, ψευδάργυρου και / ή μαγνήσιου και η έλλειψη ριβοφλαβίνης. Εναλλακτικά, η βιταμίνη E μπορεί να αντικατασταθεί από αρκετά λιποδιαλυτά αντιοξειδωτικά (π.χ. BHT, BHA, DPPD) και πιθανόν από βιταμίνη C.

Οι συνθήκες που περιλαμβάνουν την κακή απορρόφηση των λιπιδίων μπορούν επίσης να προκαλέσουν έλλειψη βιταμίνης E. (Πίνακας 8.1) Οι παραπάνω συνθήκες περιλαμβάνουν αυτές που καταλήγουν στην απώλεια παγκρεατικής απεκκριτικής λειτουργίας (πχ. Παγκρεατίτιδα, παγκρεατικός όγκος, θρεπτική παγκρεατική ατροφία σε σοβαρή έλλειψη σεληνίου), - αυτές που περιλαμβάνουν την δυσλειτουργία της χολής (π.χ. χολική στάση εξαιτίας μυκοτοξικότητας, χολική ατρησία) και αυτές που

οφείλονται σε ελλείψεις σε λιποπρωτεϊνικό μεταβολισμό (π.χ. αβεταλιποπρωτεϊνέμια). Τα έμβρυα που γεννιούνται πρόωρα και τα οποία δεν διαθέτουν την ικανότητα να χρησιμοποιήσουν διαιτητικά λίπη, διατρέχουν τον κίνδυνο έλλειψης της βιταμίνης E. Οι κλινικές ενδείξεις της έλλειψης της βιταμίνης E ποικίλλουν σημαντικά ανάμεσα στα είδη. Σε γενικές γραμμές, ωστόσο, πλήττονται το νευρομυϊκό, το αγγειακό και το αναπαραγωγικό σύστημα. Οι διάφορες ενδείξεις έλλειψης της βιταμίνης E θεωρούνται ως ένδειξη δυσλειτουργίας της μεμβράνης που οφείλεται στην οξειδωτική μείωση των πολυακόρεστων φωσφολιπιδίων μεμβράνης και/ή στη διακοπή άλλων σημαντικών κυτταρικών διαδικασιών. Πολλά σύνδρομα έλλειψης (π.χ. εγκεφαλομαλακία στα κοτόπουλα, ενδοκυτταρική αιμορραγία σε πρόωρο ανθρώπινο έμβρυο και τουλάχιστον ορισμένες μυοπάθειες) φαίνεται να περιλαμβάνουν τοπική κυτταρική ανοξία που προκαλείται από πρωταρχικές βλάβες του αγγειακού συστήματος. Άλλα σύνδρομα περιλαμβάνουν την έλλειψη προστασίας από οξειδωτικό στρες. Θεωρείται επίσης ότι μερικές συνέπειες (π.χ. ελλιπή κυτταρική λειτουργία ανοσίας) περιλαμβάνουν απώλεια ελέγχου του οξειδωτικού μεταβολισμού του αραχιδονικού οξέος κατά τη μετατροπή του σε λευκοτριένεις. Είναι γνωστό ότι η βιταμίνη E αναστέλλει τη 5'-λιποξυγένεση.

Πίνακας 8.1
Ενδείξεις έλλειψης της Βιταμίνης E

Οργανικό σύστημα	Ένδειξη	Αντιδρά σε :		
		Βιταμίνη E	Σελήνιο	Αντιοξειδωτικά
Γενικό	Απώλεια όρεξης	+	+	+
	Μειωμένη ανάπτυξη	+	+	+
Δερματολογικό	Καμία			
Μυϊκό	Μυοπάθειες			
	Ραβδωτός μυς	+	+	
	Καρδιακός μυς	+		
	Λεϊός μυς	+	+	
Σκελετικό	Καμία			
Ζωτικά όργανα	Ηπατική νέκρωση	+	+	
	Νεφρική δυσλειτουργία	+		+
Νευρικό Σύστημα	Εγκεφαλομαλακία	+		+
	Αταξία	+		
Αναπαραγωγικό	Εμβρυακός θάνατος	+	+	+
	Ορχική δυσλειτουργία	+	+	
Οφθαλμολογικό	Καταρράκτης	+		
	Αμφιβληστροειδούς	+?		
Αγγειακό	Αναιμία	+		
	Αιμόλυση	+		
	Εξιδρωτική διάθεση	+	+	
	Ενδοκοιλιακή αιμορραγία	+		

Πηγή : Gerald F. Combs, The Vitamins, 1998

8.3 ΧΑΜΗΛΗ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΜΙΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

Περιορισμένης έκτασης μελέτες δείχνουν ότι μεγάλο ποσοστό ατόμων από διάφορες πληθυσμιακές και ηλικιακές ομάδες λαμβάνουν ανεπαρκείς ποσότητες μικροθρεπτικών συστατικών που δεν συνδέονται με έκδηλα κλινικά σημεία ανεπαρκειών αλλά πιθανό να συνδέονται με την πρόωρη εμφάνιση χρόνιων νοσημάτων. Εθνική μελέτη σε αντιπροσωπευτικό δείγμα του ελληνικού πληθυσμού θα δείξει την έκταση του προβλήματος. Πριν από αυτή την μελέτη θα πρέπει να ολοκληρωθεί η ελληνική βάση σύνθεσης τροφίμων που άρχισε από την Κλινική Προληπτικής Ιατρικής του Πανεπιστημίου Κρήτης και τους συνεργάτες με ανάλυση 180 ελληνικών τροφίμων. Η βάση αυτή θα πρέπει να επεκταθεί σε περισσότερα τρόφιμα και με όλα τα γνωστά θρεπτικά συστατικά. Τα δεδομένα αυτά θα αποτελέσουν πολύτιμο υλικό για την ανάλυση των διαιτητικών δεδομένων της εθνικής μελέτης διατροφής και την αγωγή του πληθυσμού, ώστε να κάνει τις επιλογές εκείνες στην διατροφή του, οι οποίες θα διορθώσουν τις διαιτητικές ανεπάρκειες ή τις υπερβολές.

Πίνακας 8.2

Χαμηλή πρόσληψη μικροθρεπτικών συστατικών (≤67% RDA) από πληθυσμούς της Κρήτης (1997-2003) (διαιτητικό ιστορικό 24ώρου)

	Παιδιά/Εφηβοί ¹ (ηλικία 4-18)		Ενήλικες ² (ηλικία 19-65)		Ηλικιωμένοι ³ (ηλικία 66-94)
	Αγόρια (v=316)	Κορίτσια (v=396)	Ανδρας (v=974)	Γυναίκες (v=840)	Ανδρες (v=140)
Ασβέστιο	34	54	35	51	15
Σίδηρος	14	44	11	57	7
Μαγνήσιο	22	36	38	43	34
Φώσφορος	9	25	12	28	3
Βιταμίνη Α	58	67	53	53	24
Βιταμίνη Ε	45	51	39	44	34
Βιταμίνη C	20	29	15	21	4
Φυλλικό οξύ	47	62	60	75	77
Βιταμίνη Β1	4	10	19	21	11
Βιταμίνη Β2	9	10	19	23	11
Νιασίνη	21	27	25	36	25
Βιταμίνη Β6	24	30	36	42	45
Βιταμίνη Β12	16	21	22	32	27

Πληθυσμοί : ¹ Νήπια, παιδιά και έφηβοι σχολείων του νομού Ηρακλείου, 2003

² Νέοι ενήλικες: 951 φοιτητές Ιατρικής

Άτομα μέσης ηλικίας : Όλοι οι υπάλληλοι ΑΤΕ Κρήτης, οι δικηγόροι του νομού Ηρακλείου, αγρότες 40-60 ετών από χωριά που έγινε η μελέτη των «Επτά Χωρών», υπάλληλοι των Μινωϊκών γραμμών, υπάλληλοι του Πανεπιστημίου Κρήτης και του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Ηρακλείου

³ Ηλικιωμένοι: Πληθυσμός μελέτης «Επτά Χωρών» Κρήτης, 2000

Πηγή : Αντώνης Κοφάτος, 2003

8.4 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΩΝ

Το θέμα της ικανοποιητικής πρόσληψης μικροθρεπτικών συστατικών είναι ευρύτατο και καταλήγει πάντα σε συγκεκριμένες ερωτήσεις: υπάρχει σχέση μεταξύ συγκεκριμένων μικροθρεπτικών συστατικών (αντιοξειδωτικά) και θνησιμότητας ή κινδύνου εμφάνισης χρόνιων νοσημάτων όπως καρδιαγγειακά και καρκίνος; Μπορούν οι ΣΗΠ να προσλαμβάνονται από μία ισορροπημένη διατροφή; Είναι αξιοσημείωτο ότι οι απόψεις δίστανται αλλά και τα αποτελέσματα μελετών είναι αντικρουόμενα. Πιο συγκεκριμένα, από επιδημιολογικές και μεταβολικές μελέτες έχει υποδειχθεί ότι ένας σημαντικότερος παράγοντας στην εξέλιξη των καρδιαγγειακών νοσημάτων και των νεοπλασιών είναι ο βαθμός οξειδώσεων. Κλινικές μελέτες όμως, δεν υπέδειξαν συσχέτιση μεταξύ υψηλής πρόσληψης αντιοξειδωτικών και κινδύνου εμφάνισης αυτών των νόσων. Πιο συγκεκριμένα, στη μελέτη US Health Professionals παρατηρήθηκε ότι τα άτομα που βρίσκονταν στο υψηλότερο τεταρτημόριο πρόσληψης βιταμίνης Ε είχαν το μικρότερο κίνδυνο εμφάνισης στεφανιαίας νόσου, ενώ η μεγαλύτερη προστασία παρατηρήθηκε στα άτομα που προσλάμβαναν συμπληρώματα βιταμίνης Ε. Παρόμοια αποτελέσματα με την US Health Professionals Study είχε και η μελέτη Nurses Health Study όσον αφορά στην πρόσληψη βιταμίνης Ε. Υπάρχουν αποτελέσματα και άλλων προοπτικών μελετών παρατήρησης τα οποία συγκλίνουν ως προς το ότι υπάρχουν ευεργετικές επιδράσεις της βιταμίνης Ε. Αντίθετα, μεγάλες κλινικές μελέτες δεν επιβεβαίωσαν τα αποτελέσματα των επιδημιολογικών μελετών. Στην Primary Prevention Project δεν παρατηρήθηκε ευεργετική επίδραση με την πρόσληψη 300 mg / ημέρα α-τοκοφερόλης. Οι μελέτες Cambridge Heart Antioxidant Study (CHAOS), GISSI-Prevezione Trial και Heart Outcomes Prevention Evaluation (HOPE) δεν βρήκαν ευεργετική δράση της υψηλής πρόσληψης βιταμίνης Ε (300-800 mg!ημέρα) στην αντιμετώπιση της καρδιαγγειακής νόσου (δευτερογενής πρόληψη). Είναι

επομένως σημαντικό να περιμένουμε τα αποτελέσματα και άλλων μελετών όπως η Women's Health Study και η Women's Antioxidant Cardiovascular Disease Study στις ΗΠΑ, καθώς και η Supplementation Vitamins Minerals and Antioxidant Trial στη Γαλλία οι οποίες θα δώσουν επιπρόσθετες πληροφορίες.

Οι συστάσεις για τον Αμερικανικό πληθυσμό έχουν αυξηθεί για ορισμένες βιταμίνες όπως η βιταμίνη Ε και όπως προαναφέρθηκε επιδημιολογικές μελέτες έχουν υποδείξει ότι ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού δεν προσλαμβάνει της αναγκαίες ημερήσιες ποσότητες. Για τους λόγους αυτούς η θέση του Αμερικανικού Συλλόγου Διαιτολόγων είναι η ακόλουθη : « Η καλύτερη διατροφική πολιτική για την προαγωγή της υγείας μειώνοντας τον κίνδυνο χρόνιων παθήσεων είναι η συνετή επιλογή ενός εύρους τροφών. Επιπρόσθετες βιταμίνες και ιχνοστοιχεία από εμπλουτισμένα προϊόντα και/ή συμπληρώματα μπορούν να βοηθήσουν ορισμένους ανθρώπους ώστε να προσλαμβάνουν της αναγκαίες ημερήσιες ποσότητες».

8.5 ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΩΝ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε

Η βιταμίνη Ε να χορηγείται στον οργανισμό στις παρακάτω περιπτώσεις :

1. Ανεπαρκούς πρόσληψης ή μειωμένης απορρόφησης της τοκοφερόλης
2. Αιμολυτικής αναιμίας κι οπισθοφακικής ινοπλασίας βρεφών, ιδιαίτερα πρόωρων.(Η μέθοδος αυτή αμφισβητείται).
3. Α-β-λιποπρωτεϊναιμία (αδυναμία μεταφοράς βιταμίνης Α από το έντερο).
4. Ένδειας της βιταμίνης σε παιδιά με ατρησία των χοληφόρων οδών και συγγενή χολόσταση.
5. Αποκλειστικού θηλασμού με αποβουτυρωμένο γάλα αγελάδας.
6. Θεραπείας κυκλοφοριακών προβλημάτων στα κάτω άκρα.
7. Θεραπείας δρεπανοκυτταρικής αναιμίας.
8. Θεραπεία πνευμόνων εξαιτίας τοξικών επιδράσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης . Έχουν περιγραφεί και πολλές άλλες «ενδείξεις» όπως τονωτικό της σεξουαλικής λειτουργίας, εναντίον της γήρανσης κ.α, που στερούνται όμως επιστημονικής τεκμηρίωσης .

Απαραίτητα είναι η συμβουλή ιατρού πριν τη χορήγηση της βιταμίνης Ε στις παρακάτω περιπτώσεις :

1. Εάν ο ασθενής πάσχει από θρομβοφλεβίτιδα
2. Εάν πάσχει από ηπατική νόσο.

8.6 ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ Ε.

Η βιταμίνη Ε είναι μια από τις λιγότερο τοξικές βιταμίνες. Τόσο τα ζώα όσο και οι άνθρωποι είναι σε θέση να ανεχτούν μάλλον υψηλά επίπεδα βιταμίνης. Για τα ζώα, οι δόσεις μεγέθους τουλάχιστον δυο σειρών μεγαλύτερων από τις θρεπτικές ανάγκες πχ. μεταξύ 1000 και 2000 IU/ kg, δεν παρουσιάζουν δυσμενείς συνέπειες. Για τους ανθρώπους, οι ημερήσιες δόσεις που φτάνουν τα 400 IU μπορούν να θεωρηθούν αβλαβείς, ενώ πολύ υψηλές ημερήσιες δόσεις που φτάνουν τα 3200 IU δεν έχουν αποδειχθεί να επιφέρουν επιβλαβείς συνέπειες.

Ο τοξικολόγος διατροφής John N. Hatchcock PH.D. όρισε μη παρατηρούμενο επίπεδο ανεπιθύμητων ενεργειών (NOAEL) τις 1200 IU.

Ωστόσο, σε πολύ υψηλές δόσεις, η βιταμίνη Ε μπορεί να ανταγωνιστεί τη λειτουργία άλλων λιποδιαλυτών βιταμινών. Ετσι τα ζώα με υπερβολική βιταμίνη Ε παρουσιάζουν μειωμένη ορυκτοποίηση οστών, μειωμένη ηπατική αποθήκευση της βιταμίνης Α και μειωμένη πήξη αίματος. Σε κάθε περίπτωση οι παραπάνω ενδείξεις μπορούν να αντιμετωπιστούν με αυξημένα διαιτητικά συμπληρώματα κατάλληλης βιταμίνης (πχ. βιταμίνης D, Α και Κ, αντίστοιχα), καθώς ο ανταγωνισμός φαίνεται να βασίζεται στα επίπεδα απορρόφησης. Μεμονωμένες αναφορές αρνητικών συνεπειών σε ανθρώπους που προσλαμβάνουν ημερησίως μέχρι και 1000 IU βιταμίνης Ε περιλαμβάνουν πονοκέφαλο, κόπωση, ναυτία, διπλή όραση, μυϊκή αδυναμία, ήπια κρεατινουρία και γαστρεντερική διαταραχή.

Οι πιθανές επιβλαβείς μεταβολικές συνέπειες της υψηλού επιπέδου κατάστασης της βιταμίνης Ε περιλαμβάνουν αναστολή της υδρόλυσης ρετινολικού αιθέρα και καύσης άνθρακα εξαρτημένη από τη βιταμίνη Κ. Η πρώτη συνέπεια παρατηρείται σε ζώα, όπου καταλήγει σε μειωμένη ικανότητα μετακίνησης της βιταμίνης Α από τις ηπατικές δεξαμενές. Τα στοιχεία για την τελευταία συνέπεια είναι διαφορετικά για την κάθε περίπτωση, καθώς οι ασθενείς στους οποίους χορηγείται υψηλή δόση βιταμίνης Ε (πχ. 1200 IU ημερησίως) παρουσίασαν παρατεταμένη περίοδο πήξης του αίματος εξαιτίας της υποπροθρομβινεμίας. Το αποτέλεσμα αυτό ίσως αφορά μόνο τους ασθενείς υπό αντιπηκτική θεραπεία, καθώς μπορεί να έχει θεραπευτική χρησιμότητα. Αν και η μεταβολική βάση του αποτελέσματος δεν είναι σαφής, θεωρείται ότι περιλαμβάνει τοκοφερυλκινόνη, η οποία μπορεί να δράσει ως αναστολέας του μεταβολισμού της βιταμίνης Κ με την οποία παρουσιάζει δομικές ομοιότητες.

Οι μαζικές δόσεις (πχ. που ξεπερνούν κατά 30-300 φορές τα συνιστώμενα επίπεδα) βιταμίνης έχουν επίσης αναφερθεί ότι ενισχύουν την αρτηριογένεση σε λαγούς που τρέφονται με χοληστερόλη και στο σχηματισμό DNA στα ποντίκια. Παραμένει ασαφής η σημασία αυτών των αναφορών.

Σταυρούλα Σαββού, 1996.

1. Dorothea Bockemuhl, Olive oil Chemistry and Technology, AACC Press, 1996.

2. Αντιοξειδωτικά, Μιχαήλα, Παναγιώτης και Ιγνατία, Σημειώσεις μαθήματος, 2002.

3. Γιάννης Μπαλατσούρας, Το ελαιόλαδο, Τόμος δεύτερος, 1997.

4. Γ. Παναγιωτίδου, Σύγχρονη Διατροφή και Διατροφή, Τόμος δεύτερος, 1997.

5. Κ. Α. Δημόπουλος - Κ. Κ. Ανδρικοπούλου, Διατροφή, 1996.

6. Ιωάννα Τσιμεντή, Αποδοτικότητα βιταμινών, Πρακτική ομάδα, 2003.

7. Χριστοδώρα Χατζηραδίου, Μεταβολή των συστημάτων αντιοξειδωτικών διαφόρων ειδών λαίων κατά το επαναελαϊκανό της, Τόμος δεύτερος, Πρακτική ομάδα, 2003.

8. Α. Παπαδόπουλου, Αντιοξειδωτικά και καρδιακή Πρακτική ομάδα στο 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διατροφής Διατροφολόγων, Σελ. 70 Αθήνα 2000.

9. Α. Ζαμπίλης, Πρόσληψη βιταμινών και χρόνος υαλάρια, Αποδοτικότητα από διατροφή, αντιοξειδωτικά και κλινικές μελέτες, Πρακτική ομάδα στο 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διατροφής Διατροφολόγων, Σελ. 79-80 Αθήνα 2001.

10. Α. Καρίδης, Πρόσληψη μικροδοσοποιών συστατικών από τον ελληνικό ελαιόλαδο, Ανάπτυξη και επεξεργασία συστημάτων, Πρακτική ομάδα στο 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διατροφής Διατροφολόγων, Σελ. 82-84 Αθήνα 2001.

11. Ε. Φωτιάδου, Μ. Τσιμεντή, Α. Μιχαήλου, Το ελληνικό ελαιόλαδο ως πηγή βιταμίνης Ε Πρακτική ομάδα στο 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διατροφής Διατροφολόγων, Σελ. 162 Αθήνα 2000.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. Gerald F. Cambs. The Vitamins (Fundamental Aspects in nutrition and health). Second Edition. 1998.
2. Dimitrios Boskou. Olive oil Chemistry and Technology. Aocs Press. 1996.
3. Αντωνία Χίου. Μέταλλα, Βιταμίνες και Ιχνοστοιχεία. Σημειώσεις μαθήματος. 2002
4. Γιώργος Μπαλατσούρας. Το ελαιόλαδο. Τόμος δεύτερος. 1997.
5. Γ. Παπανικολάου. Σύγχρονη Διατροφή και διαιτολογία. Τέταρτη έκδοση. 1997.
6. Κ. Α. Δημόπουλος – Ν. Κ. Ανδρικόπουλος. Διατροφή. 1996.
7. Ιωάννα Τσομπάνη. Λιποδιαλυτές βιταμίνες. Πτυχιακή μελέτη . 2003.
8. Χαριστούλα Χατζηνικόλα. Μεταβολή των φυσικών αντιοξειδωτικών διαφόρων εδώδιμων ελαίων κατά το επαναλαμβανόμενο τηγάνισμα πατατών. Πτυχιακή μελέτη. 2000.
9. Α. Παπαλαζάρου. Αντιοξειδωτικά και καρκίνος. Πρακτικά ομιλίας στο 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διατροφής Διαιτολογίας. Σελ. 70. Αθήνα 2000.
10. Α. Ζαμπέλας. Πρόσληψη βιταμινών και χρόνια νοσήματα. Αποτελέσματα από διεθνείς επιδημιολογικές και κλινικές μελέτες. Πρακτικά ομιλίας στο 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διατροφής Διαιτολογίας. Σελ. 79-80 Αθήνα 2003.
11. Α. Καφάτος. Πρόσληψη μικροθρεπτικών συστατικών από τον ελληνικό πληθυσμό. Ανάγκη για καινούριες συστάσεις,. Πρακτικά ομιλίας στο 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διατροφής Διαιτολογίας. Σελ.82-84. Αθήνα 2003.
12. Ε. Ψωμιάδου, Μ. Τσιμίδου, Δ. Μπόσκου. Το ελληνικό παρθένο ελαιόλαδο ως πηγή βιταμίνης Ε Πρακτικά ομιλίας στο 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διατροφής Διαιτολογίας. Σελ.162. Αθήνα 2000.

13. N. Ανδρικόπουλος. Χημεία και Τεχνολογία Τροφίμων. Κεφάλαια θεωρίας. Τόμος Ι. 1999.
14. N. Andrikopoulos, M. Hassapidou, A. Manoukas. The Tocopherol Content of Greek. Olive oils. J Sci Food Agric 1989 : 46 : 503 – 509.
15. Eleni Psomiadou, Maria Tsimidou, Dimitrios Boskou a – Tocopherol Content of Greek Virgin Olive Oils. J Agric. Food Chem. 2000 : 48 : 1770 – 1775.
16. Clayiambe KJ, Meydani SN, Vitamin E and genome stability. Mutat Pes. 2001 ; 475 : 37 – 49.
17. Meagher EA, Barry OP, Lawsou SA, Rokack J, Fitz Gerald GA Effects of vitamin E on lipid peroxidation in healthy persons. JAMA 2001 : 285 : 1178 – 82.
18. Mokenge P, Malafa M.D, Leslie T. Neitzee M.S. Vitamin E Succinate Promotes Breast Cancer Tumor Dormancy Journal of Surgicie Research. 2000 : 93 : 163 – 170.
19. Koul N., Devaraj S., Jialal I. Alpha – Tocopherol and atherosclerosis. Exp Biol Med (Maywood) 2001 : 226 : 5 –12.
20. Vitamin E and Human Health Q Rationole for Determining Recommended Intake Levels. Nutrition. 1997 : 13.
21. Zang S. Hunter DJ. Forman MR. Rosner BA. Speizer FE. Colditz GA. Manson IE. Hankinson SE. Willett WC Dietary carotenoids and vitamin A, C, and E and risk of breast canser. I. Cancer Inst. 1999: 91: 547-556.
22. Zhu Parviainem M. Mannisto S. Pietinem P. Eskelinem M. Syrjanen K. Vitamin E concentration in breast adipose tissue of breast cancer patients (Kuopio. Finland). Cancer Causes Control 1996,7 : 591-595.
23. Heinonen OP., Albanes D, Virtamo J, Taylor PR, Huttunen JK, Hartaman AM, Haapakoski J, Malila N, Rautalahni M, Ripatti S, Maenspaa H, Teerenhovi L,

- Koss L, Vorolainen M, Edwards BK. Prostate cancer and supplementation with α -tocopherol and β -carotene Q Incidence and mortality in a controlled trial. *J Natl Cancer Inst* 1998; 90: 440-446.
24. Chan JM, Stampfer MJ, Ma J, Rimm EB, Willet WC, Giovannucci EL. Supplement of vitamin E intake and prostate cancer risk in large cohort of US men. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 1999 (in press).
 25. Eichhlzer M. Stahelin HB, Gey KF, Ludin E, Bernaxconi F, Prediction of male cancer mortality by plasma levels of interacting vitamins : 17-year follow-up of the prospective Basel study *Int J Cancer* 1996; 66:145-150.
 26. Taylor A. Role of nutrients in delaying cataracts. *Ann NY Acad Sci* 1992; 669:111-123.
 27. Seddom JM. Christen WG, Manson JE, et al. The use of vitamin supplements and the risk of cataract among U.S male physicians. *Am J Public Health* 1994; 84:788-792
 28. Jacques PF, Taylor A, Hankinson SE, et al. Long-term vitamin C supplements use and prevalence of early age-related lens opacities. *Am J Clin Nutr* 1997; 66:911-916.
 29. Rimm EB, Stampfer MJ, Ascherio A, et al. Vitamin E consumption and the risk of coronary heart disease in men. *New Eng J' Med* 1993; 328:1450-1456.
 30. Stampfer MJ, Hennekens CH, Manson JE, et al. Vitamin E consumption and the risk of coronary disease in women. *New Engl J Med* 1993; 328:1444-1449.
 31. Parthasarathy S, Steinberg D, Witztum JL. The role of oxidized low-density lipoproteins in the pathogenesis of atherosclerosis. *Ann Rev Med* 1992; 43:219-225
 32. Witztum JL and Steinberg D. role of oxidized low-density lipoprotein in atherosclerosis. *J Clin Invest* 1991;88:1785-1792.

33. Jaila I, Fuller CJ, Huet BA. The effect of alpha-tocopherol supplementation on LDL oxidation: a dose-response study. *Arteriosclerosis. Thrombosis & Vascular Biology* 1995. 15:190-198.
34. Hathcock JN. Vitamin and Mineral Safety. Council for Responsible Nutrition, Washington D. C. 1997a.

[illegible]

Οικονόμου Ν.

10155

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ

This image shows a full page of blank yellow graph paper. The paper features a uniform grid of thin black lines forming small squares across its entire surface. There are no margins, text, or other markings on the page.

€ 0.99

Παρατηρούμετα βιολόγους πτυοικ
Ε βα τροφία

Οικονόμου Ν.

13080

10155

**ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

BIBLIOΘΗΚΗ



★ 1 3 0 8 0 ★

80556

31221



5 201557 805567