



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

# Βιοχημεία Τροφίμων I

## Ενότητα 11<sup>η</sup>

## Φρούτα και Λαχανικά II

Όνομα καθηγητή: Έφη Τσακαλίδου

Τμήμα: Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής του Ανθρώπου



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





# Στόχοι ενότητας

- Κατανόηση της δομής, της βιοσύνθεσης και της αποικοδόμησης της χλωροφύλλης
- Κατανόηση της δομής, της βιοσύνθεσης και της αποικοδόμησης των καροτενοειδών



# Λέξεις - κλειδιά

- Λέξεις κλειδιά: Χλωροφύλλη, Καροτενοειδή, Δομή, Βιοσύνθεση, Αποικοδόμηση
- Key words: Chlorophyll, Carotenoids, Structure, Biosynthesis, Degradation

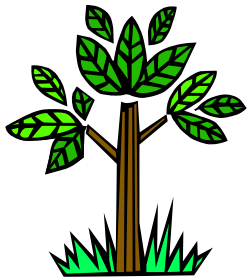


# Αλλαγές χρωμάτων





# Χλωροφύλλη (α)



ωρίμανση φυτικών ιστών



χλωροπλάστες

STOP

βιοσύνθεση  
χλωροφύλλης

υπάρχουσα χλωροφύλλη



αποικοδόμηση  
χλωροφύλλης

επικράτηση καροτενοειδών

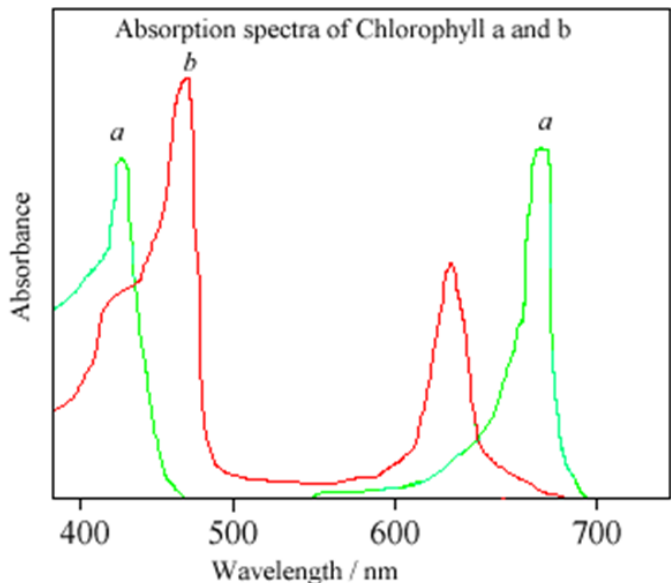
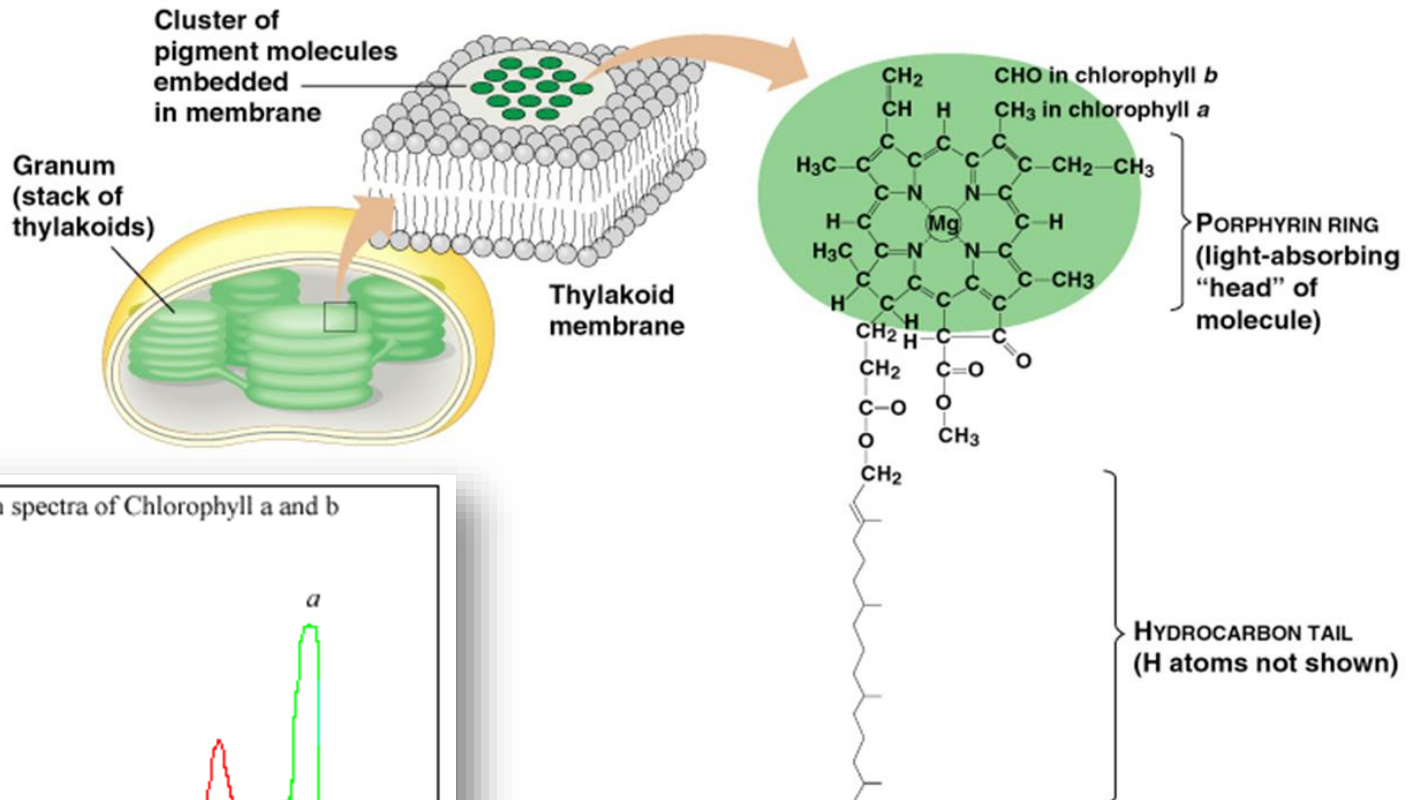
χρωμοπλάστες



βιοσύνθεση καροτενοειδών



# Χλωροφύλλη (β)



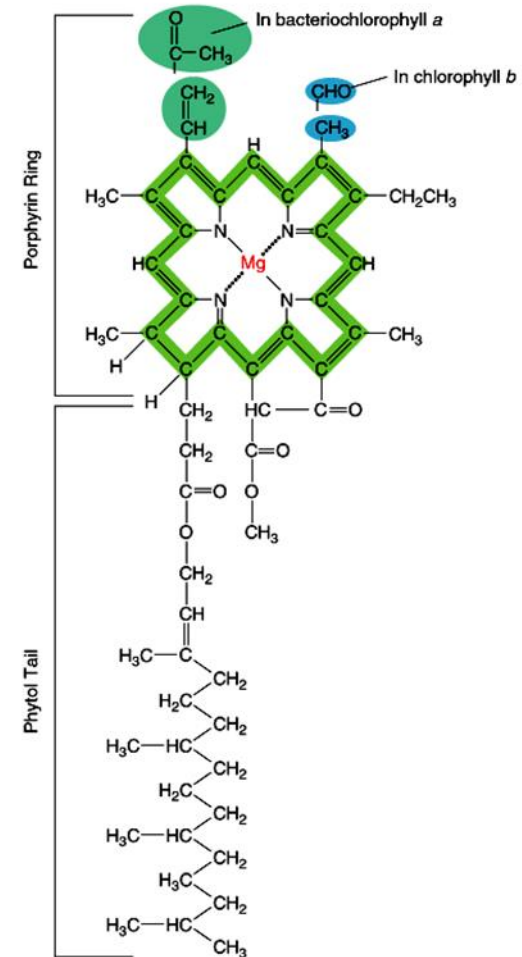
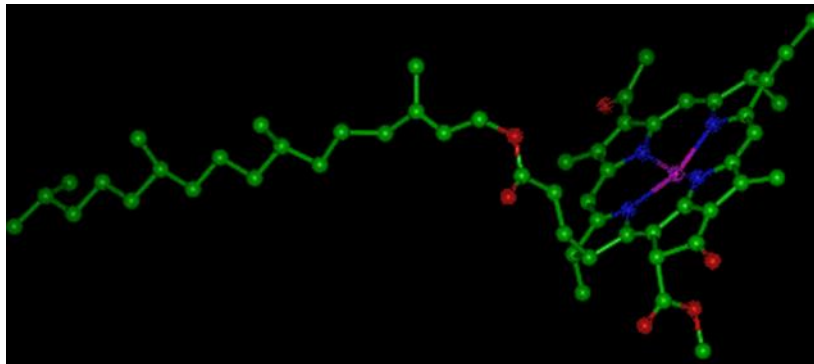




# Χλωροφύλλη (γ)

Συντμήσεις:

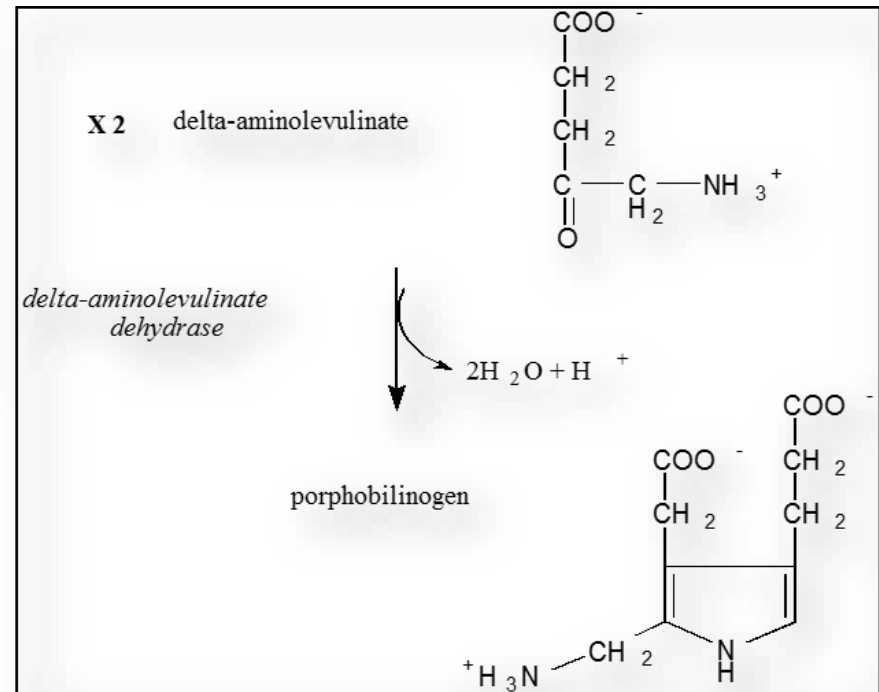
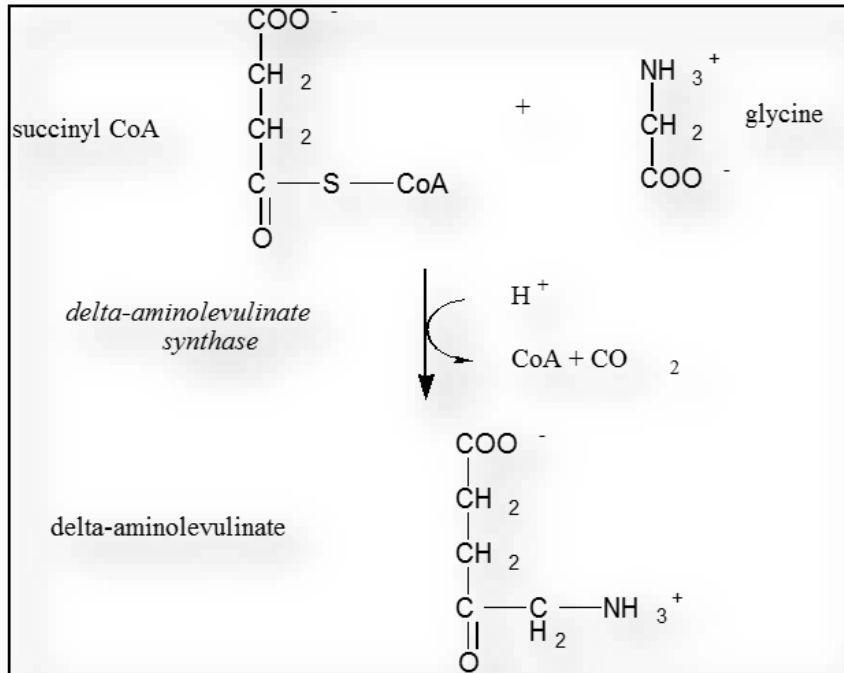
- A =  $-\text{CH}_2\text{COOH}$ ,
- E =  $-\text{CH}_2\text{CH}_3$ ,
- M =  $-\text{CH}_3$ ,
- P =  $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ,
- V =  $-\text{CH}=\text{CH}_2$ .



Chlorophyll a



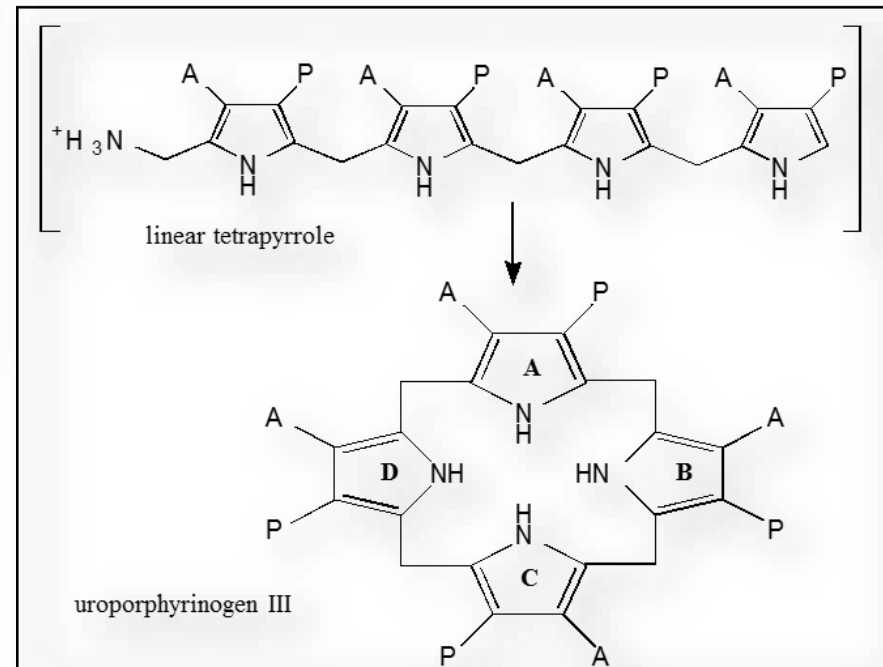
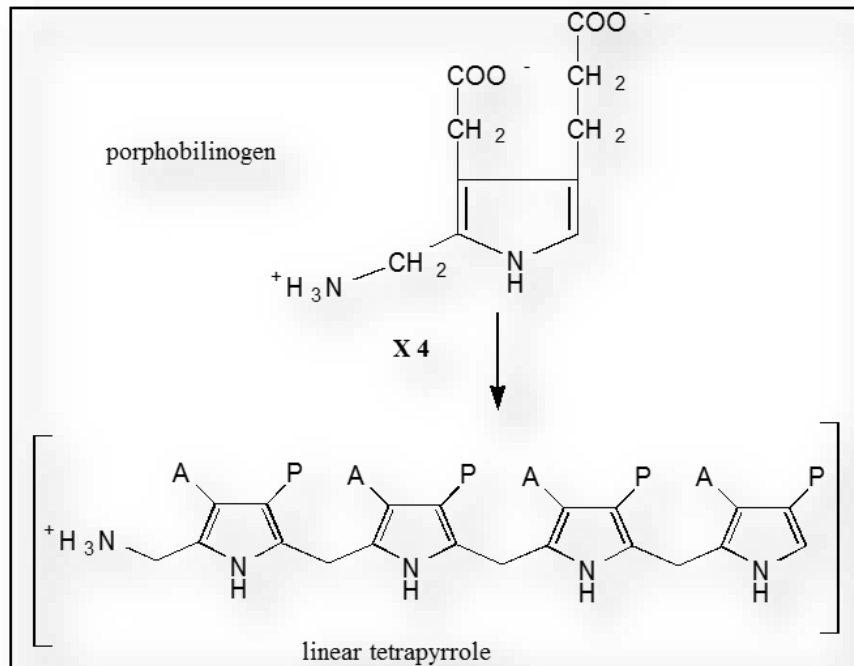
# Βιοσύνθεση χλωροφύλλης (α)





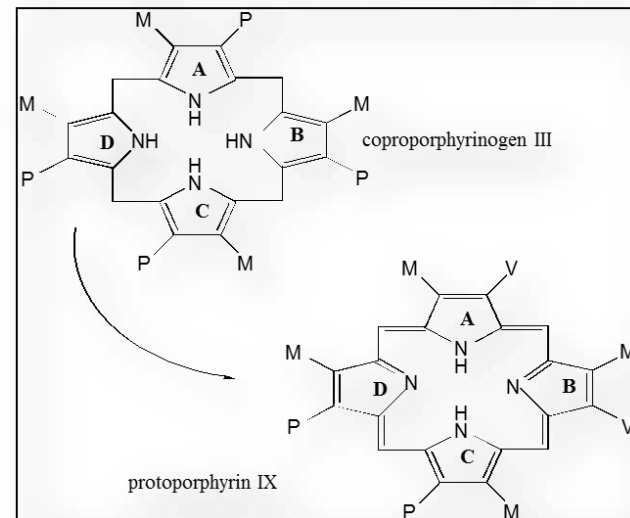
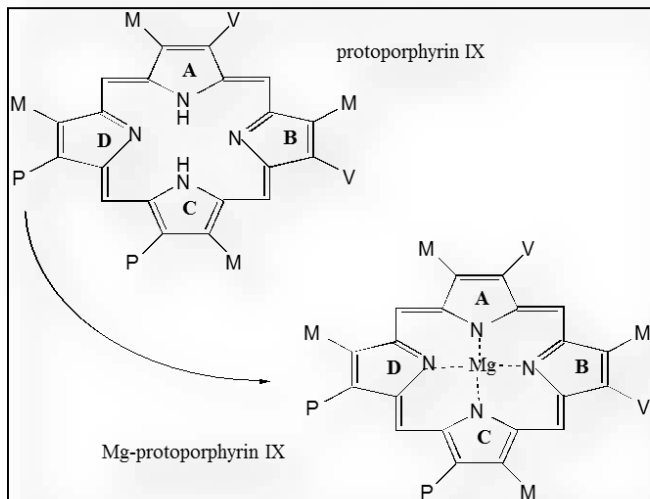
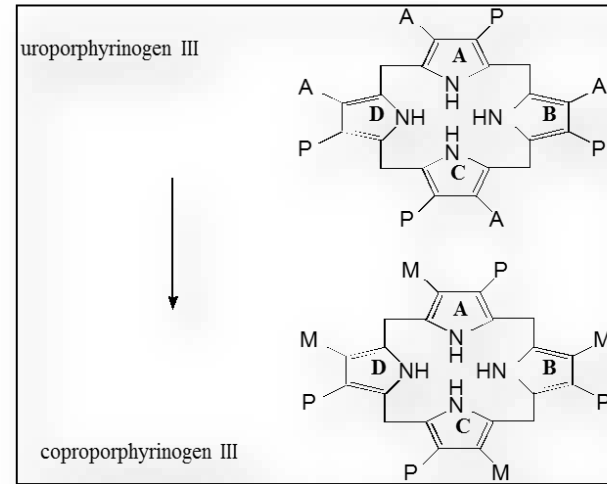
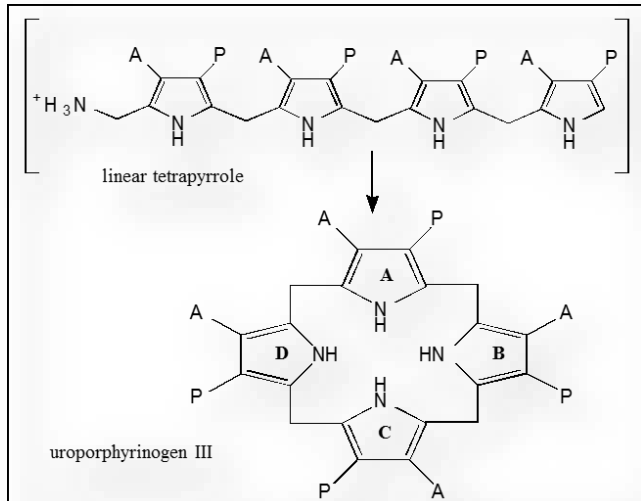


# Βιοσύνθεση χλωροφύλλης (β)



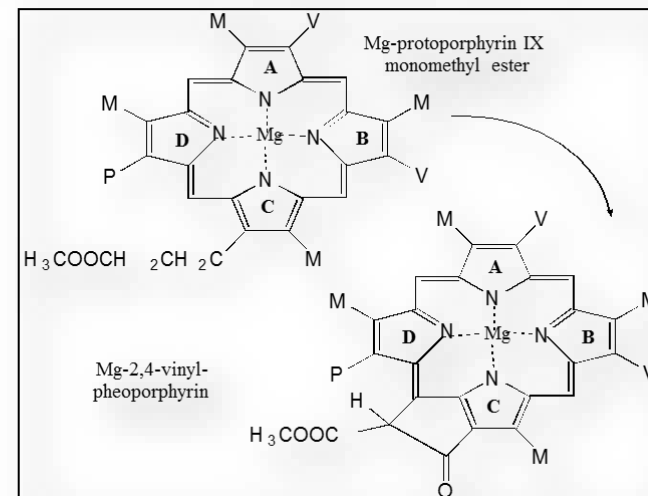
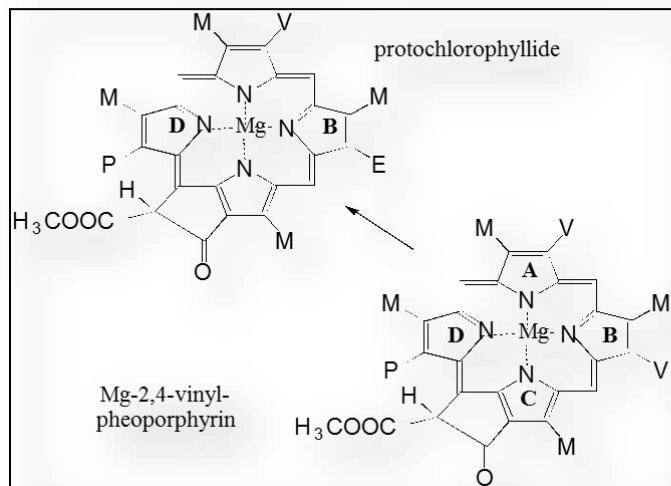
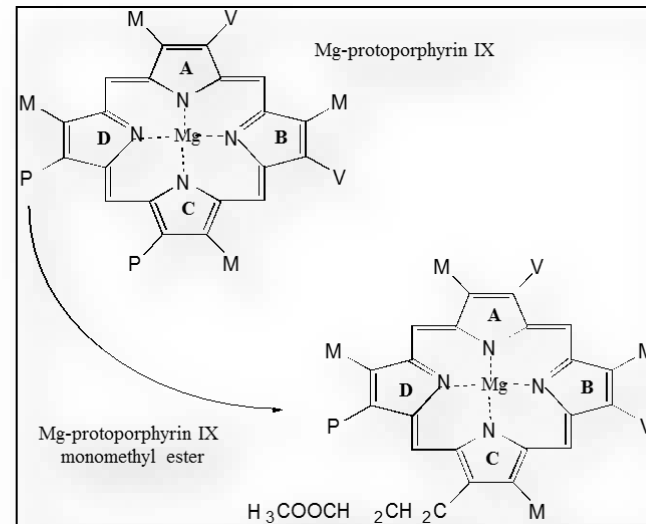
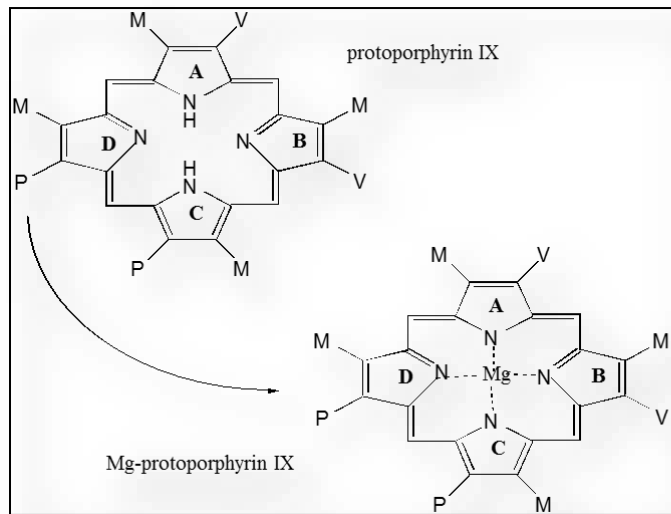


# Βιοσύνθεση χλωροφύλλης (γ)





# Βιοσύνθεση χλωροφύλλης (δ)



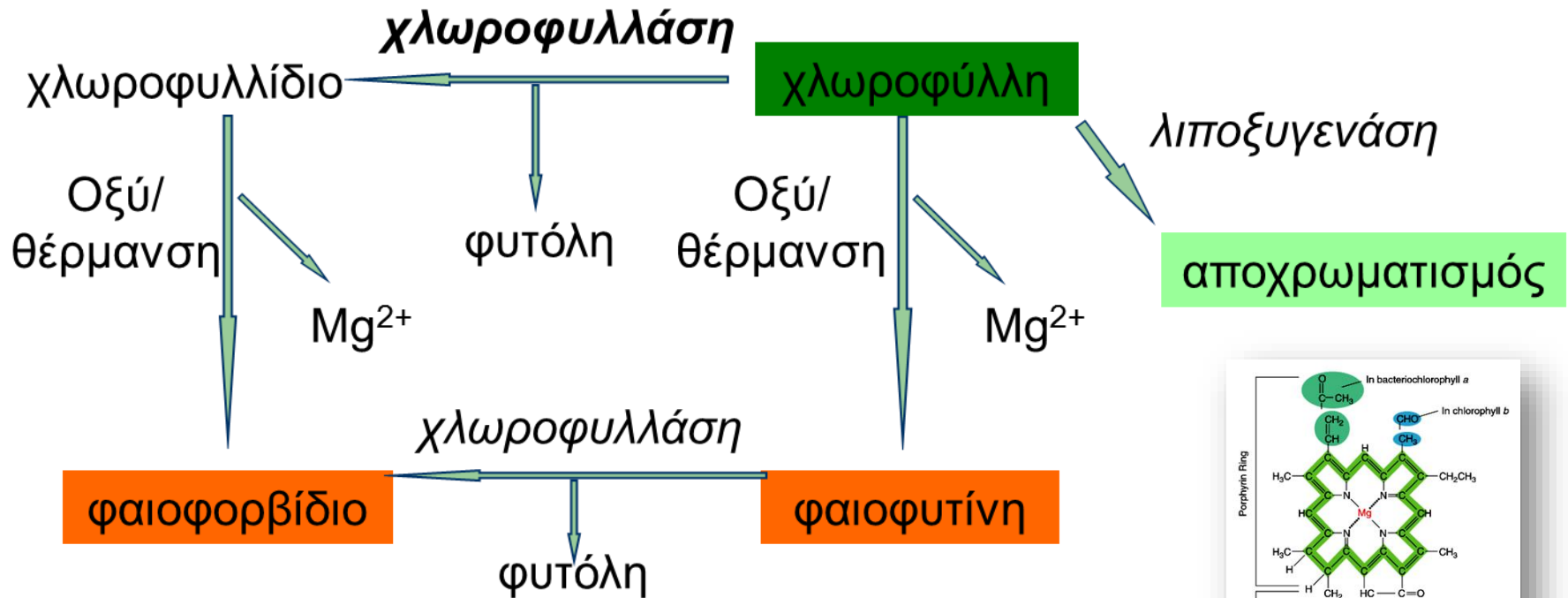


# Αποικοδόμηση χλωροφύλλης (α)

- αποικοδομείται σε άχρωμα προϊόντα.
- αποκαλύπτεται / κυριαρχεί το χρώμα των καροτενοειδών.
- συσχετίζεται με μετασυλλεκτικές δομικές αλλαγές φυτικών ιστών:
  - απελευθέρωση οργανικών οξέων.
  - απελευθέρωση υδρολυτικών ενζύμων.
- σε γηρασμένους φυτικούς ιστούς ολοκληρώνεται σε μικρό χρονικό διάστημα.
- δεν έχουν ταυτοποιηθεί *in vivo* όλα τα ενδιάμεσα / τελικά προϊόντα.

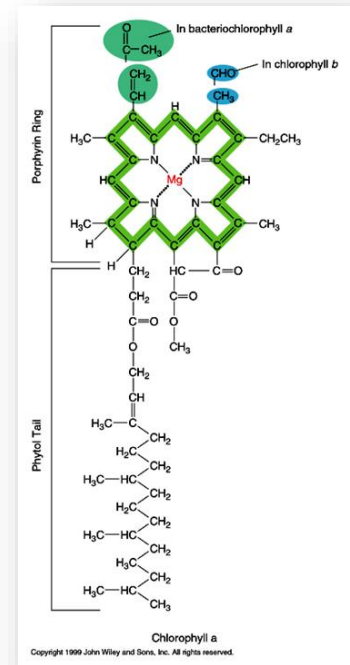


# Αποικοδόμηση χλωροφύλλης (β)



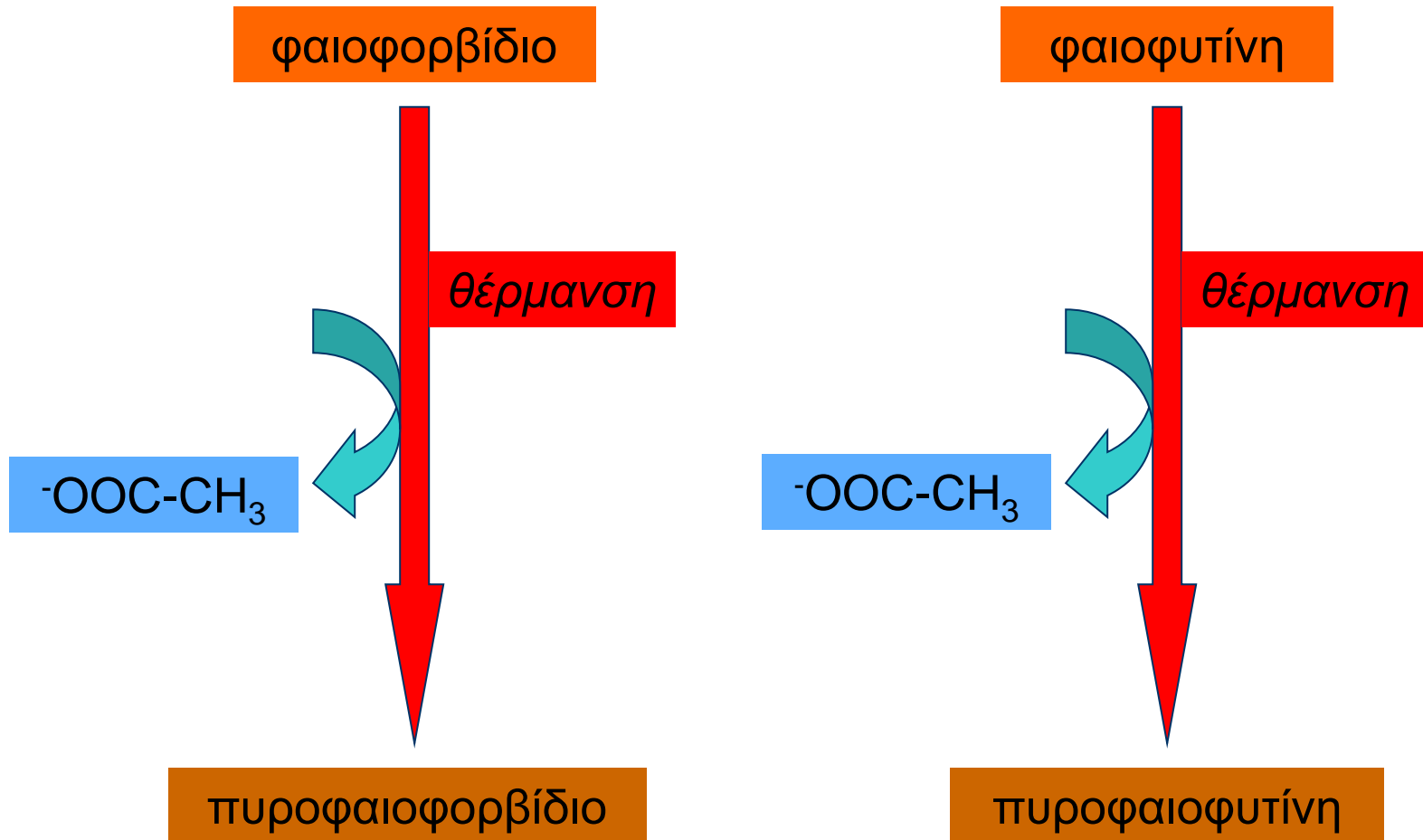
**Χλωροφυλλάση** = γλυκοπρωτεΐνη

- στις θυλακοειδείς μεμβράνες των χλωροπλαστών.
- δρα ως εστεράση.
- αποσπά την φυτόλη από την χλωροφύλλη.
- βέλτιστη θερμοκρασία 60 - 82°C.
- στους 100°C απενεργοποιείται.





# Αποικοδόμηση χλωροφύλλης (γ)





# Καροτενοειδή (α)

- οι πιο διαδεδομένες χρωστικές στην φύση.
- παραγωγή 100 εκατομμυρίων τόνων βιομάζας το χρόνο.
- οι μεγαλύτερες ποσότητες από τα άλγη των ωκεανών.
- στα ανώτερα φυτά συχνά καλύπτονται από την κυρίαρχη χλωροφύλλη.
- όταν αρχίζει η αποικοδόμηση της χλωροφύλλης αποκαλύπτεται το χρώμα των καροτενοειδών.

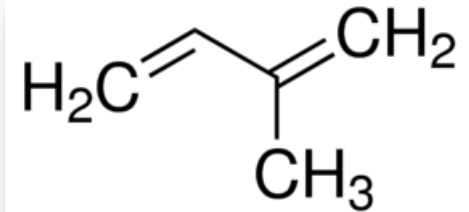
CAROTENE VERSUS CAROTENOID	
CAROTENE	CAROTENOID
An orange or red plant pigment found in carrots and many other plant structures	Any of a class of mainly yellow, orange, or red fat-soluble pigments, which give color to plant parts such as ripe tomatoes and autumn leaves
A type of carotenoid	The two types are carotene and xanthophyll
Orange color	Red, orange or yellow color
Does not contain oxygen atoms in the structure	Xanthophyll contain oxygen atoms in the structure
	Visit <a href="http://www.PEDIAA.com">www.PEDIAA.com</a>





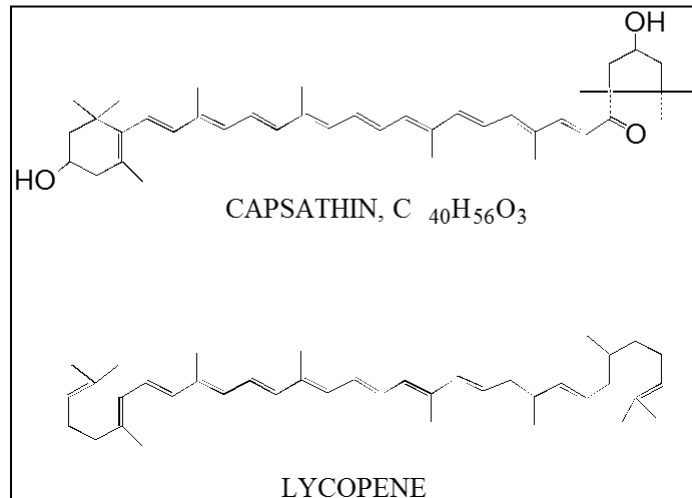
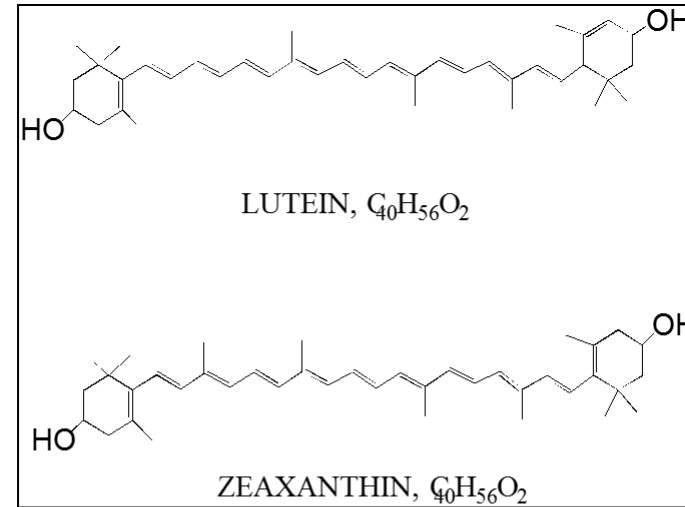
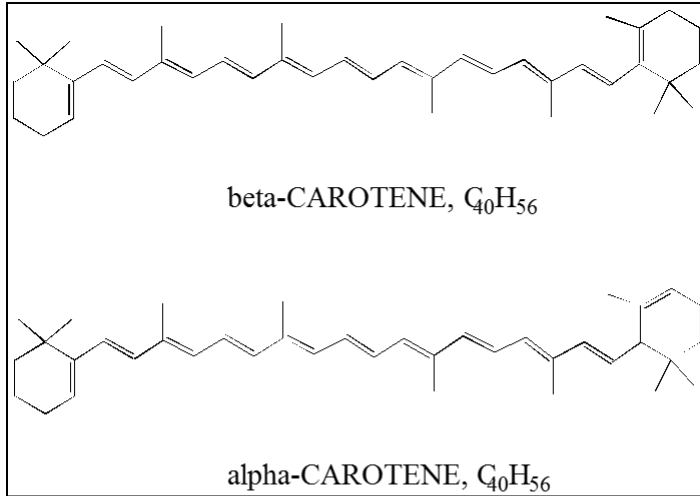
# Καροτενοειδή (β)

- C<sub>40</sub> ισοπρενοειδείς ενώσεις
- βασικός σκελετός:
  - μονάδες ισοπρενίου ενωμένες είτε κεφάλι-ουρά είτε ουρά-ουρά.
  - συμμετρικό μόριο με διπλούς δεσμούς εν συζυγία.
- καροτένια = υδρογονάνθρακες.
- ξανθοφύλλες = οξυγονωμένα παράγωγα καροτενίων:
  - υδρόξυ-, επόξυ-, αλδέϋδο- και κέτο-ομάδες, εστέρες





# Καροτενοειδή (γ)





# Καροτενοειδή (δ)

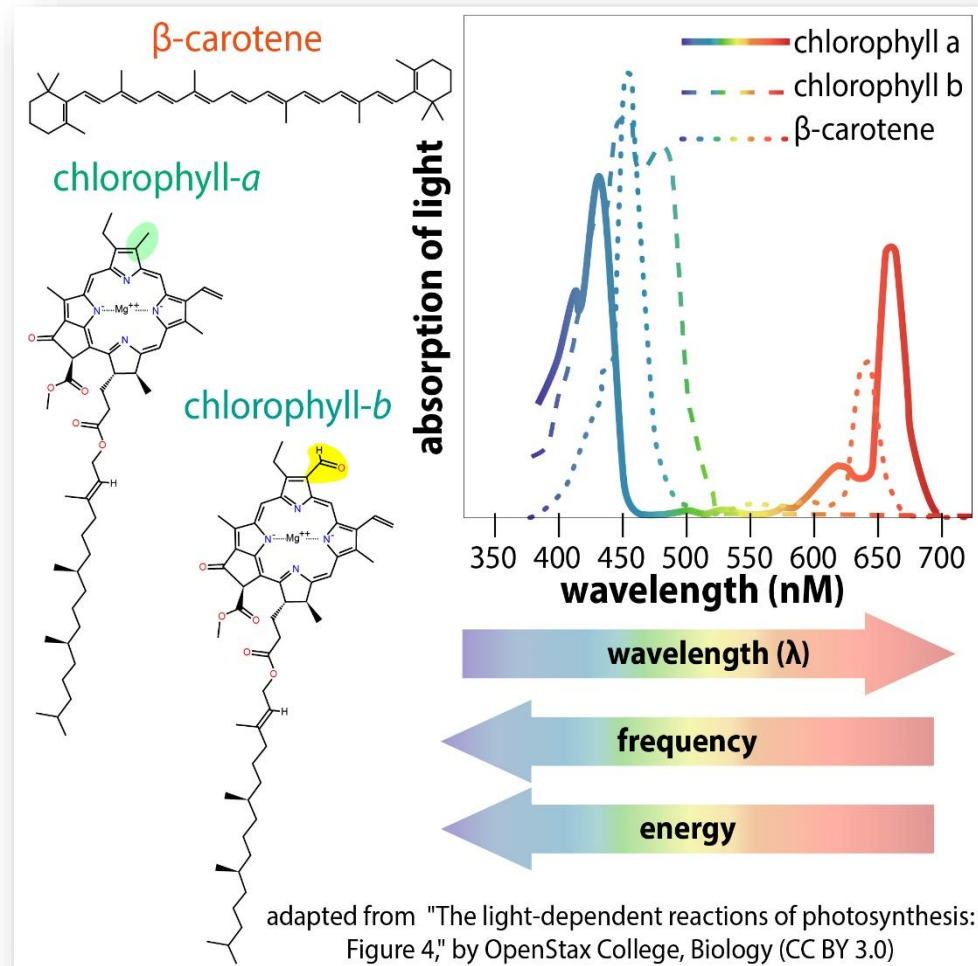
β-καροτένιο: το πιο συνηθισμένο, χρησιμοποιείται ως χρωστική στα τρόφιμα.

- α- και β-καροτένιο ⇒ καρότα.
- λυκοπένιο ⇒ ντομάτες.
- καψανθίνη ⇒ κόκκινο πιπέρι.
- λουτεΐνη ⇒ καλαμπόκι.
- ζεαξανθίνη ⇒ καλαμπόκι.
- ασταξανθίνη ⇒ σολωμός.
- ασταξανθίνη ⇒ γαρίδες.



# Καροτενοειδή (ε)

- βιολογικός ρόλος:
  - συμμετοχή στην φωτοσύνθεση.
  - συμπληρωματική δέσμευση φωτός.
  - προστασία των φυτικών ιστών από το φως.
  - πρόδρομες ενώσεις της βιταμίνης Α.
  - προϋπόθεση η ύπαρξη ρετινοειδούς δομής.
  - β-καροτένιο > α-καροτένιο > β-κρυπτοξανθίνη.



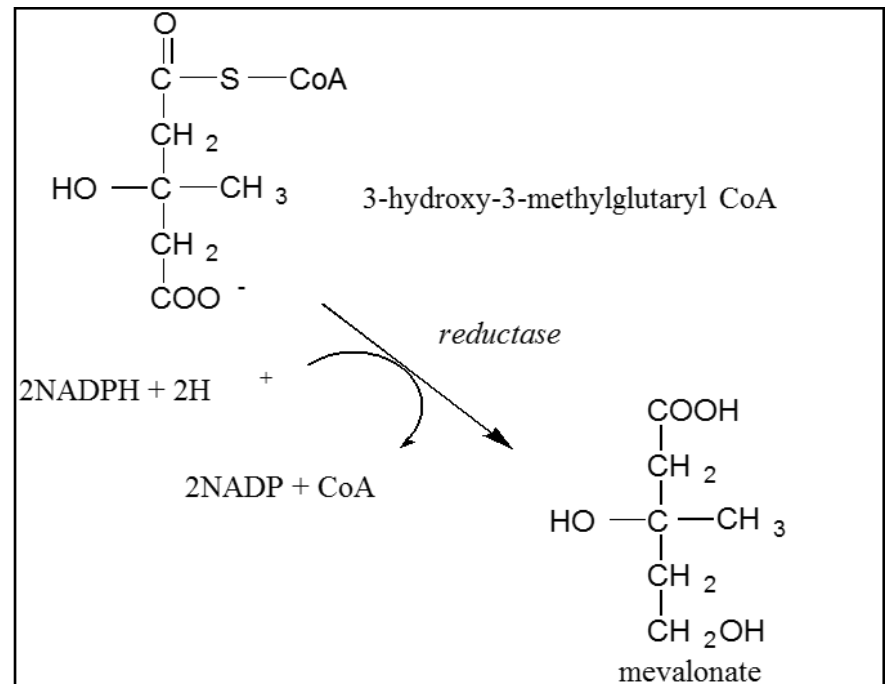
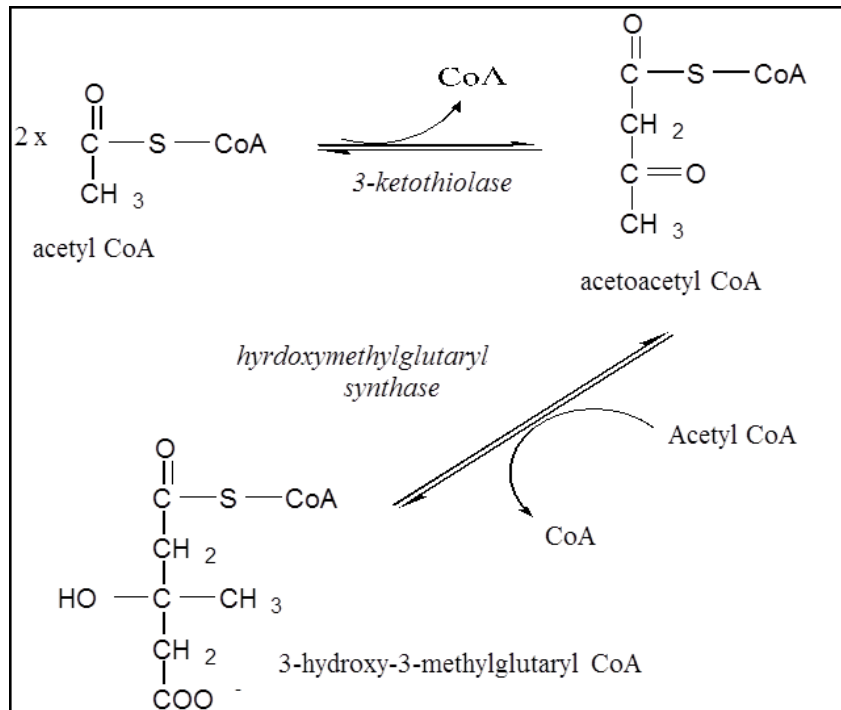


# Βιοσύνθεση καροτενοειδών (α)

- στους χλωροπλάστες κατά την ανάπτυξη πάνω στο μητρικό φυτό.
- συνεχίζεται και μετασυλλεκτικά κατά την διάρκεια της ωρίμανσης.
- η ωρίμανση συνοδεύεται:
  - από δομικές αλλαγές στα μεμβρανικά συστήματα.
  - οι χλωροπλάστες μεταπίπτουν σε χρωμοπλάστες.
- οι χρωμοπλάστες αναλαμβάνουν την βιοσύνθεση νέων καροτενοειδών.

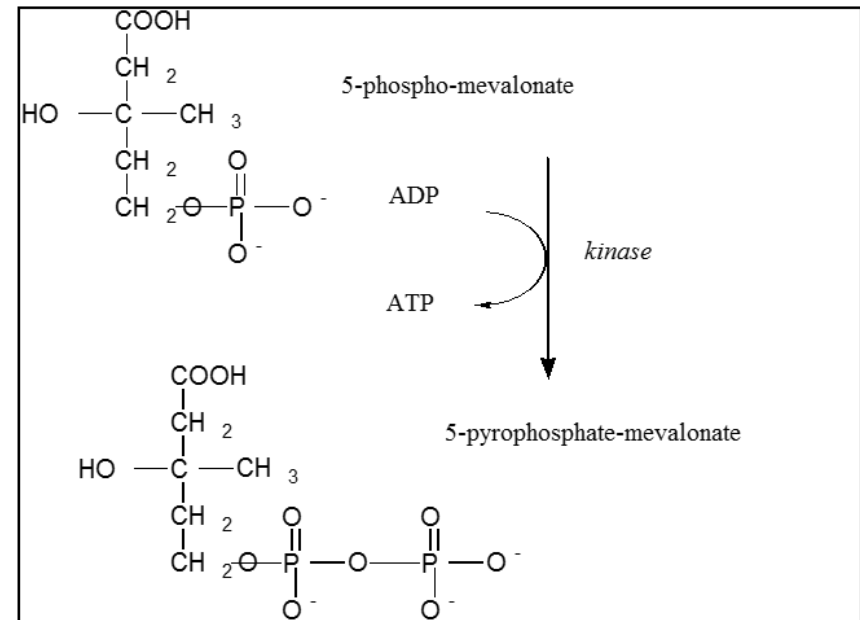
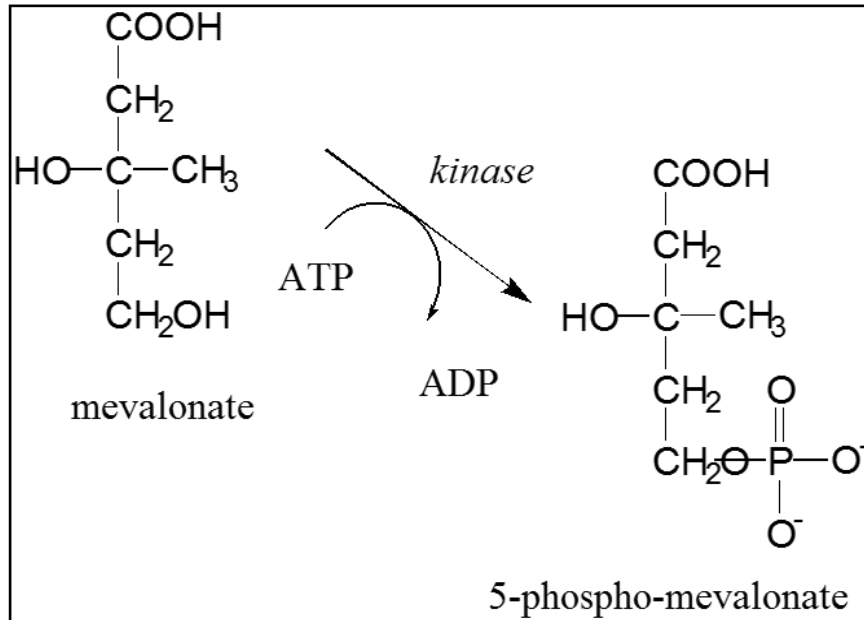


# Βιοσύνθεση καρτενοειδών (β)





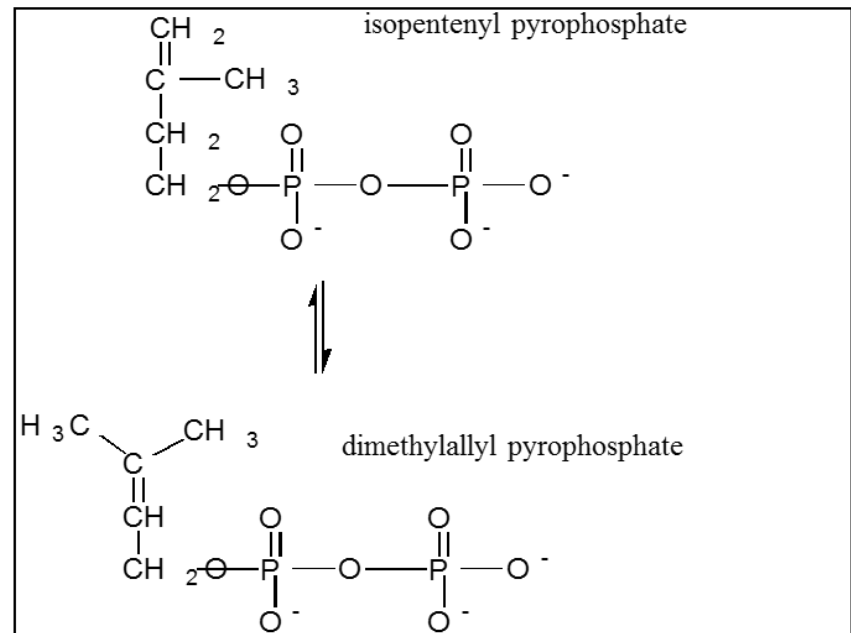
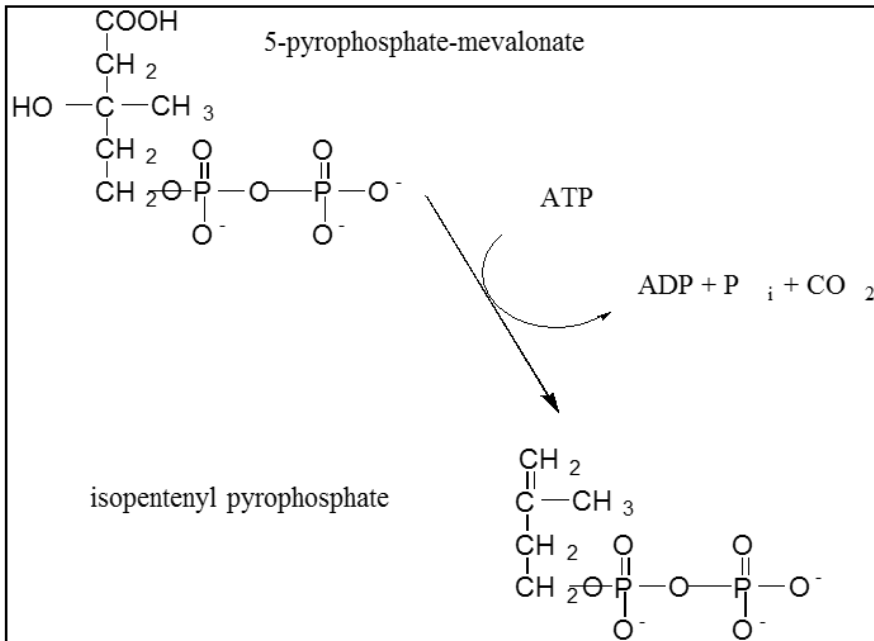
# Βιοσύνθεση καροτενοειδών (γ)





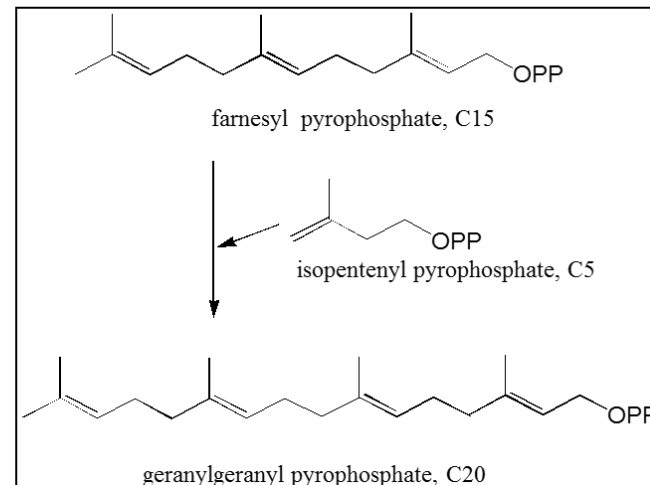
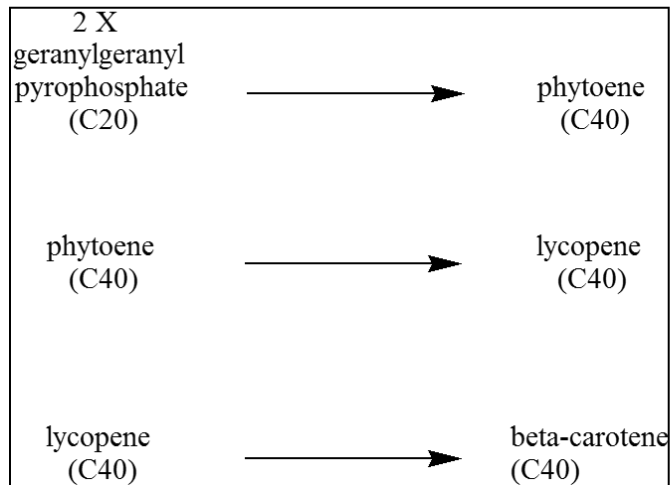
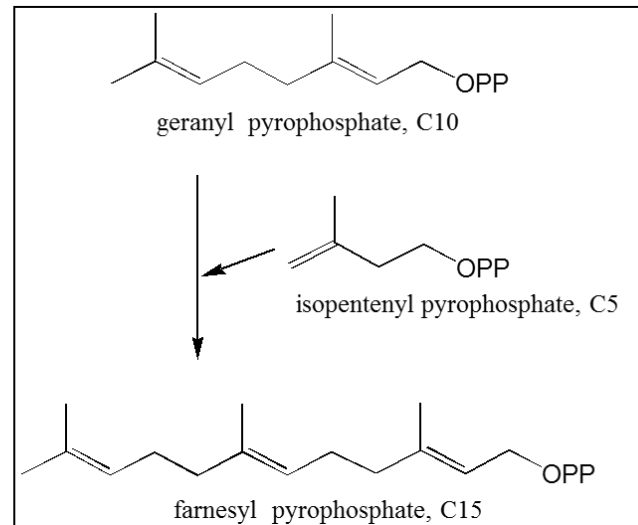
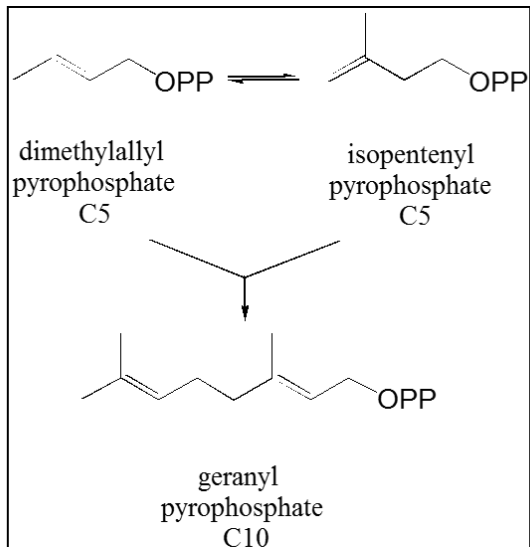


# Βιοσύνθεση καρτενοειδών (δ)





# Βιοσύνθεση καροτενοειδών (στ)





# Αποικοδόμηση καροτενοειδών (α)

- μετασυλλεκτικές δομικές αλλαγές των ιστών:
  - κατάργηση διαμερισματοποίησης κυττάρων.
- καροτενοειδή (πολυακόρεστες ενώσεις):
  - αποπροστατεύονται.
- χημικές αντιδράσεις:
  - ισομερίωσης, οξειδωσης, διάσπασης.
  - αποτέλεσμα η απώλεια του χρώματος.
- προϊόντα των αντιδράσεων:
  - πολλά, τα περισσότερα αταυτοποίητα.

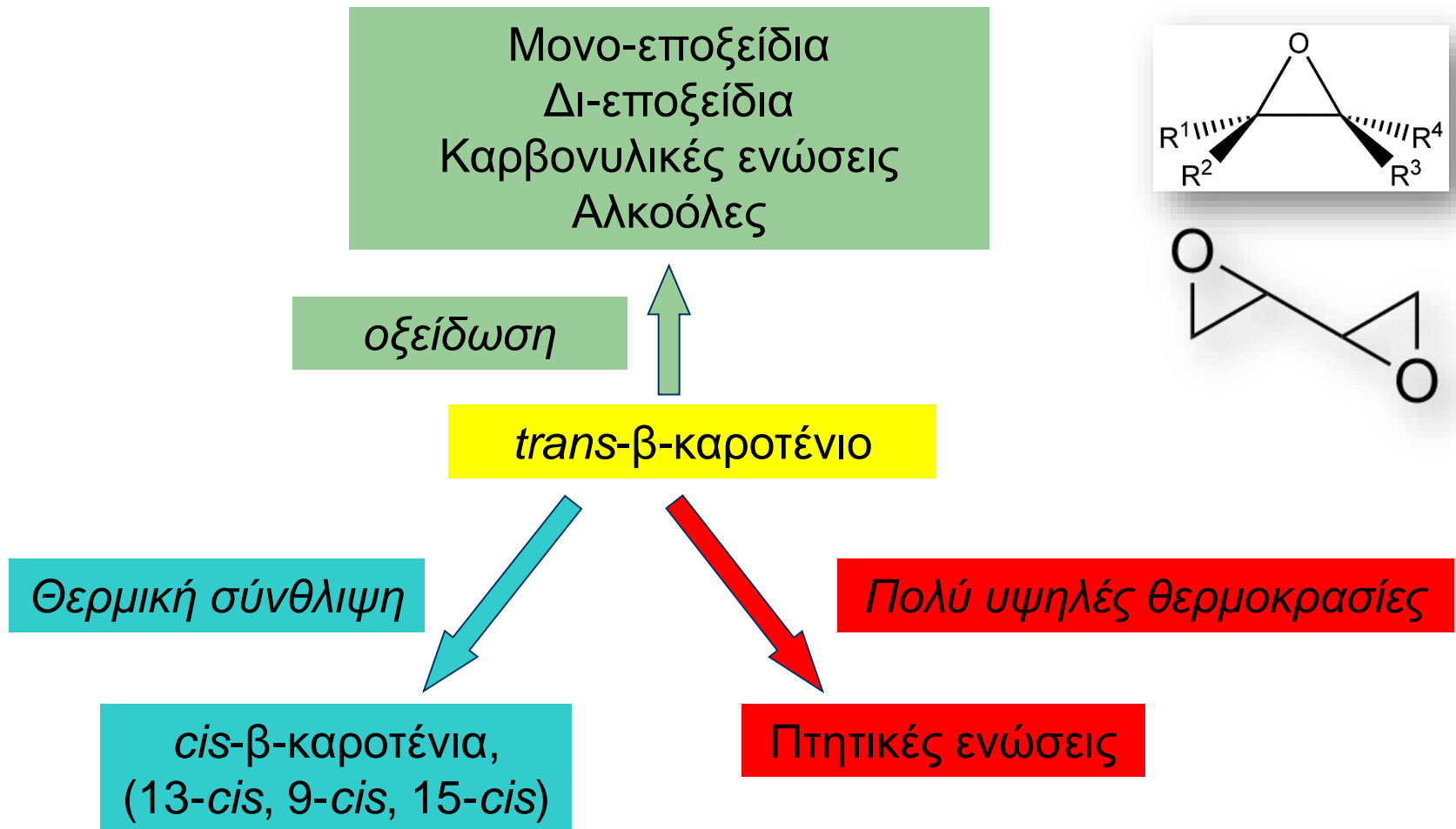


# Αποικοδόμηση καροτενοειδών (β)

- τα καροτενοειδή οξειδώνονται πολύ εύκολα:
  - δρουν αντιοξειδωτικά / προστατευτικά.
  - περιορισμός αθηροσκλήρυνσης, καρκίνου, καταρράκτη, διαδικασίας γήρανσης κυττάρων.
- τα καροτενοειδή σχετικά ανθεκτικά στην θέρμανση.
- η θερμική αποστείρωση:
  - επάγει την *cis / trans* ισομερίωση.
  - μείωση ενεργότητας προ-βιταμίνης Α.



# Αποικοδόμηση καροτενοειδών (γ)





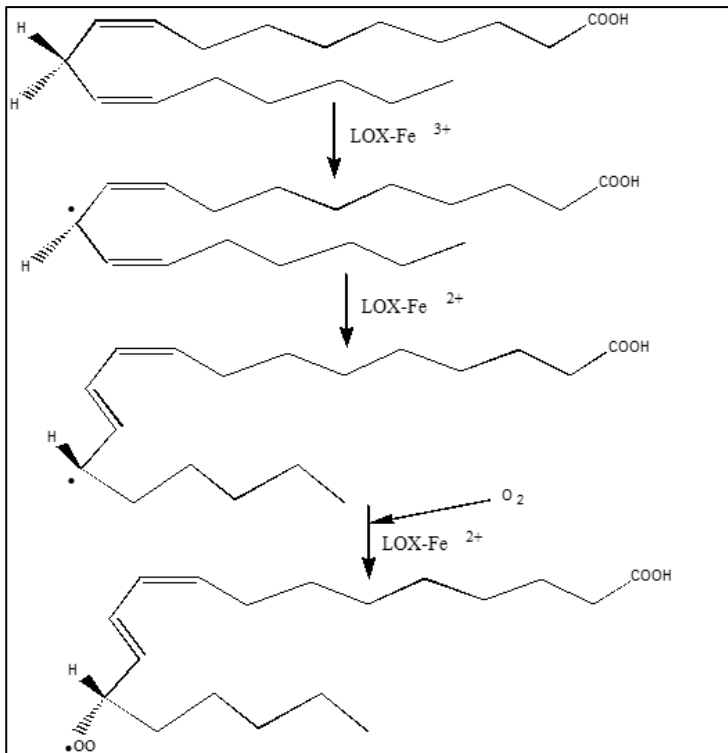
# Αποικοδόμηση καροτενοειδών (δ)

## Λιποξυγενάση

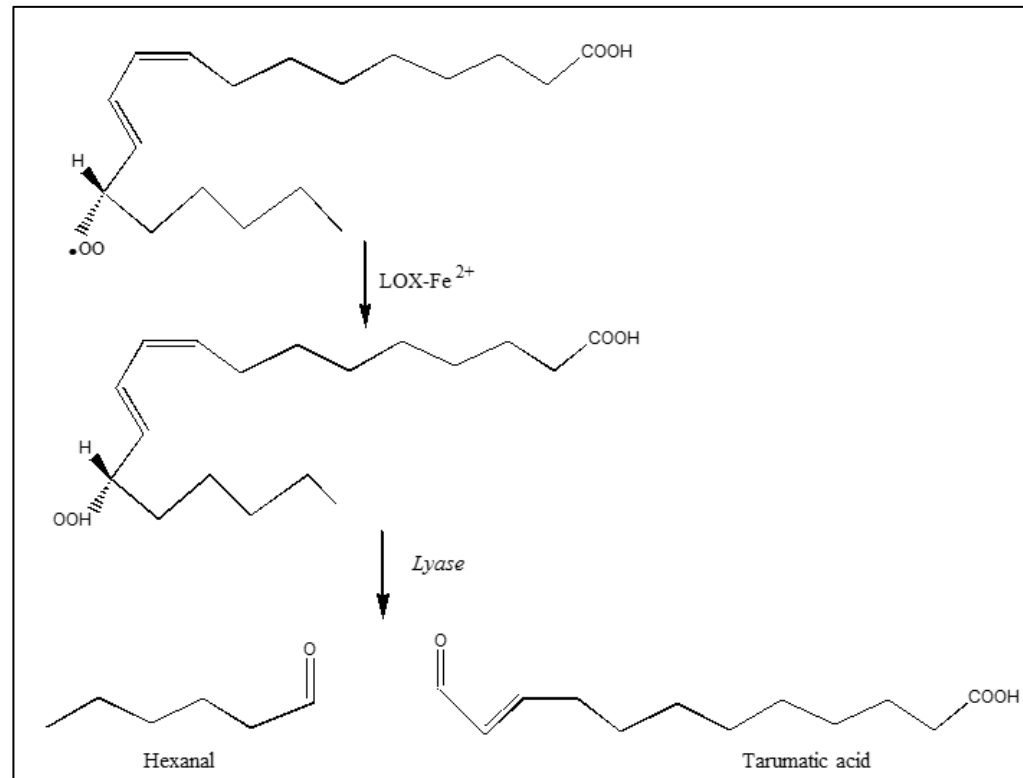
- ενζυμική οξείδωση καροτενοειδών
- καταλύει αρχικά την οξείδωση μονο- και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων προς υπεροξειδία
- τα υπεροξειδία οξειδώνουν τα καροτενοειδή



# Αποικοδόμηση καρτενοειδών (ε)



Η δράση της λιποξυγενάσης στο  
λινελαϊκό οξύ (C18:2)







# Βιβλιογραφία

- B.K. Simpson (2012) Food Biochemistry and Food Processing, Wiley-Blackwell
- M.J. Berg, L.J. Tymoczko, G.J. Gato, L. Stryer (2015) Βιοχημεία, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης