

ΧΗΜΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ: ΦΡΟΥΤΑ & ΛΑΧΑΝΙΚΑ



ΔΕΝ ΕΞΕΤΑΖΕΤΑΙ η ύλη διαφανειών με την ένδειξη «ΟΧΙ»

ΠΡΟΣΟΧΗ στις διαφάνειες με την ένδειξη «!»



Αργυρώ Μπεκατώρου

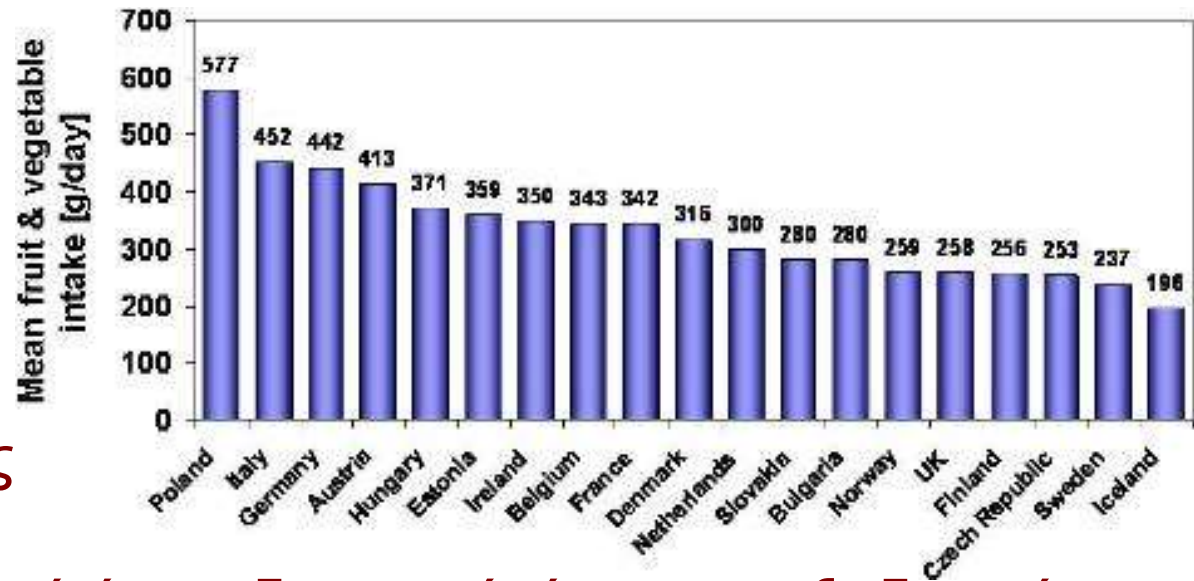
Καθηγήτρια Χημείας & Τεχνολογίας Τροφίμων

Τμήμα Χημείας, Παν/μιο Πατρών

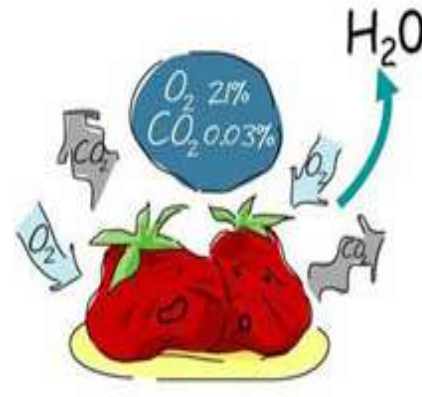
Πάτρα 2023

- Μεγάλη στροφή στην κατανάλωση φρούτων και προϊόντων τους λόγω:

- ✓ **Προβολή** της τεράστιας διατροφικής τους αξίας, που αποδίδεται σε συστατικά όπως διαιτητικές ίνες, αντιοξειδωτικά συστατικά, βιταμίνες, ιχνοστοιχεία και άλλα βιοδραστικά φυτοχημικά συστατικά
- ✓ **Διαθεσιμότητα** μεγάλης ποικιλίας φρούτων, όλη την διάρκεια του έτους, ακόμα και όσων θεωρούνταν εξωτικά και ήταν ακριβά
- ✓ **Κατανάλωση ως φρέσκα** προϊόντα ή ως συστατικά πολλών τύπων προϊόντων (χυμών, ποτών, παιδικών τροφών κ.α.)



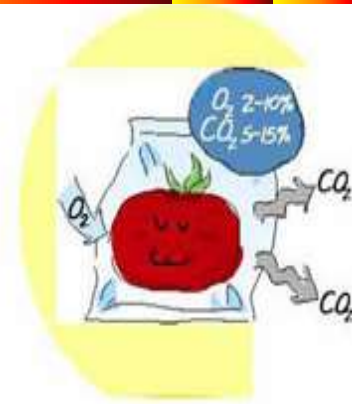
- Οι τάσεις αυτές επιβάλλουν τη στροφή από τις παραδοσιακές μεθόδους επεξεργασίας (**κονσερβοποίηση, κατάψυξη, αφυδάτωση**), στην παραγωγή **φρέσκων παρασκευασμάτων**



Normal Atmosphere



Normal Plastic Bag



EMAP Bag

- Έτσι, μέθοδοι όπως **ακτινοβόληση και συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (modified atmosphere packaging, MAP)**, χρησιμοποιούνται για την παράταση της ζωής και της ποιότητας των φρούτων
- Επίσης, λόγω της μεγάλης ζήτησης, οι βιομηχανίες τροφίμων χρησιμοποιούν τα φρούτα σαν **προστιθέμενα συστατικά** (ως απλά συμπυκνώματα ή πιο πολύπλοκα σκευάσματα) σε διάφορα προϊόντα

Τα διάφορα μέρη των φρούτων και λαχανικών περιέχουν πολλά συστατικά με σημαντικές διαφοροποιήσεις στη σύσταση.

Η **βασική σύσταση** των κύριων ομάδων εδώδιμων φυτών συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Ομάδα	Νερό %	Υδατάνθρακες %	Λιπίδια %	Πρωτεΐνες %
Φρούτα	80—90	5—20	0.1—0.5	0.5—3
Λαχανικά	80—90	2—20	0.1—0.3	5—7
Όσπρια, σπόροι	10—50	6—60	1—18	5—25
Ξηροί καρποί	3—50	10—40	2—70	3—25
Δημητριακά	12—14	65—75	2—6	7—12

ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Σύσταση πρωτεϊνών, λιπιδίων & υδατανθράκων σε διάφορα είδη καλλιεργήσιμων φυτών

ΟΜΑΔΑ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ	ΠΡΩΤΕΪΝΗ %	ΥΔΑΝΘΡΑΚΕΣ %	ΛΙΠΙΔΙΑ %
ΜΕΓΑΛΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΩΝ	Σιτάρι	12	80	2,0
	Καλαμπόκι	12	79	6,5
	Ρύζι	9	82	2,0
	Πατάτα	9	82	0,4
	Γλυκοπατάτα	9	82	1,0
	Ταπιόκα	4	85	1,0
ΜΕΓΑΛΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ	Κουκιά	26	57	1,6
	Φασόλια	21	58	1,6
	Φακές	26	56	1,0
	Μπιζέλια	25	70	2,0
	Ρεβύθια	21	71	5,0
ΜΕΓΑΛΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ & ΛΙΠΙΔΙΩΝ	Μπιζέλια	28	15	50
	Κράμβη	30	20	40
	Σόγια	35	25	21
	Ηλιανθος	35	5	45
	Βαμβάκι	50	12	30

Α. ΠΡΙΝ ΤΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

■ Γενετικοί:

- ✓ Ποικιλία
- ✓ Ρίζωμα

■ Κλιματολογικοί:

- ✓ Θερμοκρασία
- ✓ Φως
- ✓ Αέρας

■ Πρακτικές καλλιέργειας:

- ✓ Έδαφος
- ✓ Λίπασμα
- ✓ Πότισμα
- ✓ Έλεγχος Ζιζανίων
- ✓ Κλάδεμα

Β. ΩΡΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ & ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ

- Τα φρούτα συλλέγονται συνήθως **όχι πολύ ώριμα** για να αποφεύγονται μηχανικές αλλοιώσεις κατά ή μετά την συλλογή
- Έτσι είναι απαραίτητη η **επιλογή μεθόδου συγκομιδής** που να επιτρέπει την διατήρηση της ποιότητας κατά την αποθήκευση και μέχρι τη διανομή και κατανάλωση

Γ. ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

- **Περιβαλλοντολογικοί:**
 - ✓ Θερμοκρασία
 - ✓ Σχετική Υγρασία
 - ✓ Σύσταση Ατμόσφαιρας
- **Συστήματα μεταφοράς και μεταχείρισης** των φρούτων μέχρι να φτάσουν στον καταναλωτή ή τη μονάδα επεξεργασίας
- **Χρονικό διάστημα** μεταξύ συγκομιδής και κατανάλωσης

ΕΝΕΡΓΕΙΑ (ΘΕΡΜΙΔΕΣ)

Οι **υδατάνθρακες** και τα **λίπη** παρέχουν τις περισσότερες από τις θερμίδες που απαιτεί ο οργανισμός.

- **Υδατάνθρακες:** (πλούσια φρούτα/καρποί: μπανάνα, λωτός, σταφίδες, χουρμάδες)
- **Πρωτεΐνες & αμινοξέα:** (πλούσια φρούτα/καρποί: καρύδια, ξερά βερίκοκα, σύκα)
- **Λιπίδια:** (πλούσια φρούτα/καρποί: αβοκάντο, ελιές, καρύδια)

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ

- **Φρέσκα φρούτα & λαχανικά παρέχουν στην καθημερινή διαίτα:**
 - ✓ **91% βιταμίνης C** (ασκορβικό οξύ)
 - ✓ **48% βιταμίνης A** (ρετινοειδή & καροτενοειδή)
 - ✓ **27% βιταμίνης B₆** (πυριδοξίνη, πυριδοξάλη, πυριδοξαμίνη)
 - ✓ **17% βιταμίνης B₁** (θειαμίνη)
 - ✓ **15% βιταμίνης B₃** (νιασίνη)

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ

■ Κύριες πηγές βιταμινών:

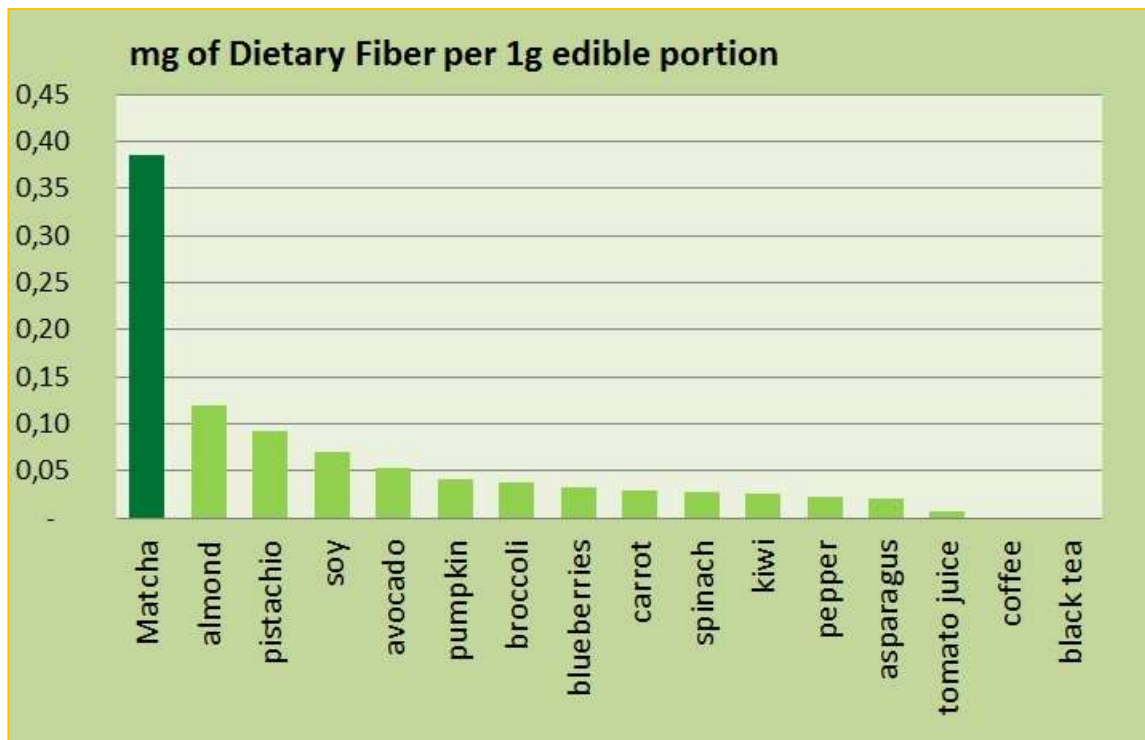
- ✓ **βιταμίνη Α:** βερύκοκο, ροδάκινο, κεράσι, πορτοκάλι, καρπούζι, πεπόνι
- ✓ **βιταμίνη C:** φράουλα, πορτοκάλι, γκρέϊπφρουτ, μπανάνα, μήλο, πεπόνι
- ✓ **νιασίνη:** ροδάκινο, μπανάνα, πορτοκάλι, βερίκοκο
- ✓ **ριβοφλαβίνη:** μπανάνα, ροδάκινο, πορτοκάλι, μήλο, αβοκάντο
- ✓ **θειαμίνη:** πορτοκάλι, μπανάνα, γκρέϊπφρουτ, μήλο

ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

- Όλα τα φρούτα & οι ξηροί καρποί παρέχουν διαιτητικές ίνες στη διαίτα, που προέρχονται κυρίως από τα κυτταρικά τοιχώματα και την επιδερμίδα:

- ✓ **Κυτταρίνη**
- ✓ **Ημικυτταρίνες**
- ✓ **Λιγνίνη**
- ✓ **Πηκτινικές ύλες**

- Οι διαιτητικές ίνες παίζουν σημαντικό ρόλο στην καλή λειτουργία του εντέρου και η κατανάλωσή τους συνδέεται με την προστασία από καρδιαγγειακές παθήσεις, καρκίνο του παχέως εντέρου, κ.α.



ΜΕΤΑΛΛΑ

- **Φρέσκα φρούτα & λαχανικά:** παρέχουν το **26% Mg & 19% Fe** της διατροφής
- Κύριοι προμηθευτές μεταλλικών στοιχείων της διατροφής:
 - ✓ **K:** μπανάνα, ροδάκινο, πορτοκάλι, μήλο, σταφίδες
 - ✓ **P:** μπανάνα, ροδάκινο, πορτοκάλι, σταφίδες, σύκα
 - ✓ **Ca:** μανταρίνι, γκρέϊπφρουτ, πορτοκάλι
 - ✓ **Fe:** φράουλα, μπανάνα, μήλο, πορτοκάλι

- Τα **φρούτα** περιέχουν **<1% πρωτεΐνες** (αντίθετα με **9-20%** που περιέχουν οι **ξηροί καρποί**)



- Τα **ένζυμα** που καταλύουν τις μεταβολικές διεργασίες στα φρούτα είναι απαραίτητα για την πραγματοποίηση των αντιδράσεων που σχετίζονται με την **ωρίμανση** και την **γήρανση**
- Μερικά από τα **ένζυμα** που έχουν μεγάλη σημασία για την ποιότητα των φρούτων και των προϊόντων τους είναι τα παρακάτω:

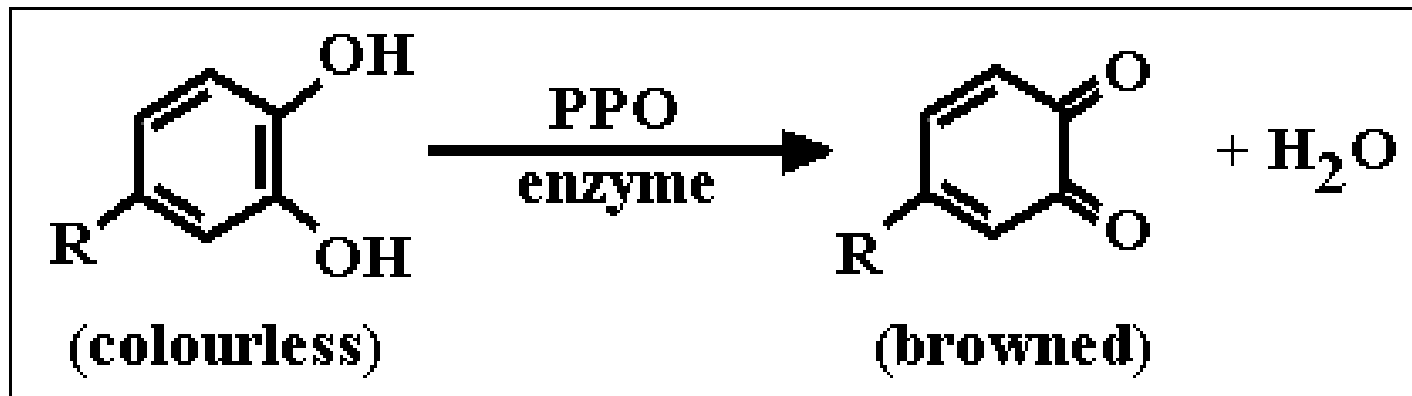


Ένζυμο



Πολυφαινολοξειδάση

Καταλύει την οξείδωση των φαινολών προς καστανά πολυμερή



ο-διφαινόλη

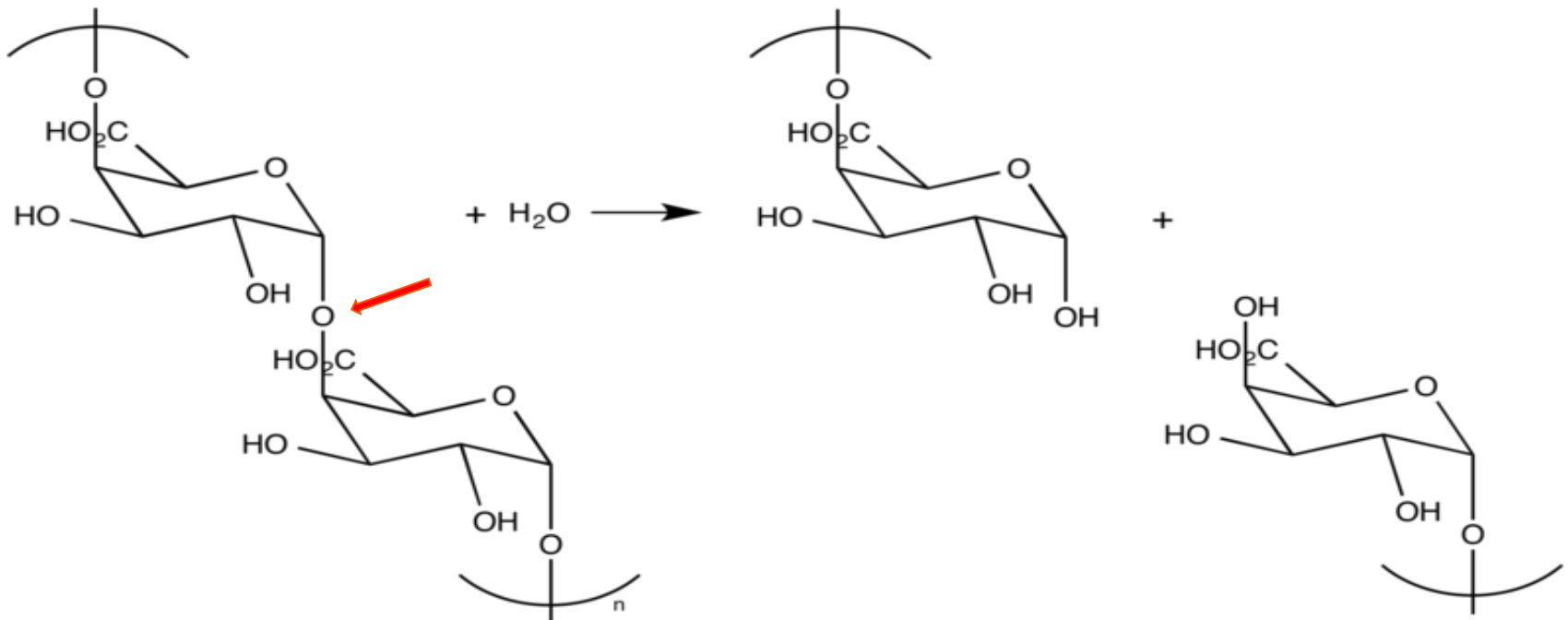
ο-βενζοκινόνη

Ένζυμο

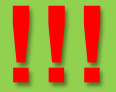


Πολυγαλακτουρονάση (PG)

Καταλύει την υδρόλυση των $\alpha(1\rightarrow4)$ γλυκοσιδικών δεσμών του πολυγαλακτουρονικού οξέος, οδηγώντας σε μείωση του μεγέθους της πηκτίνης και κάνοντας τους ιστούς πιο μαλακούς



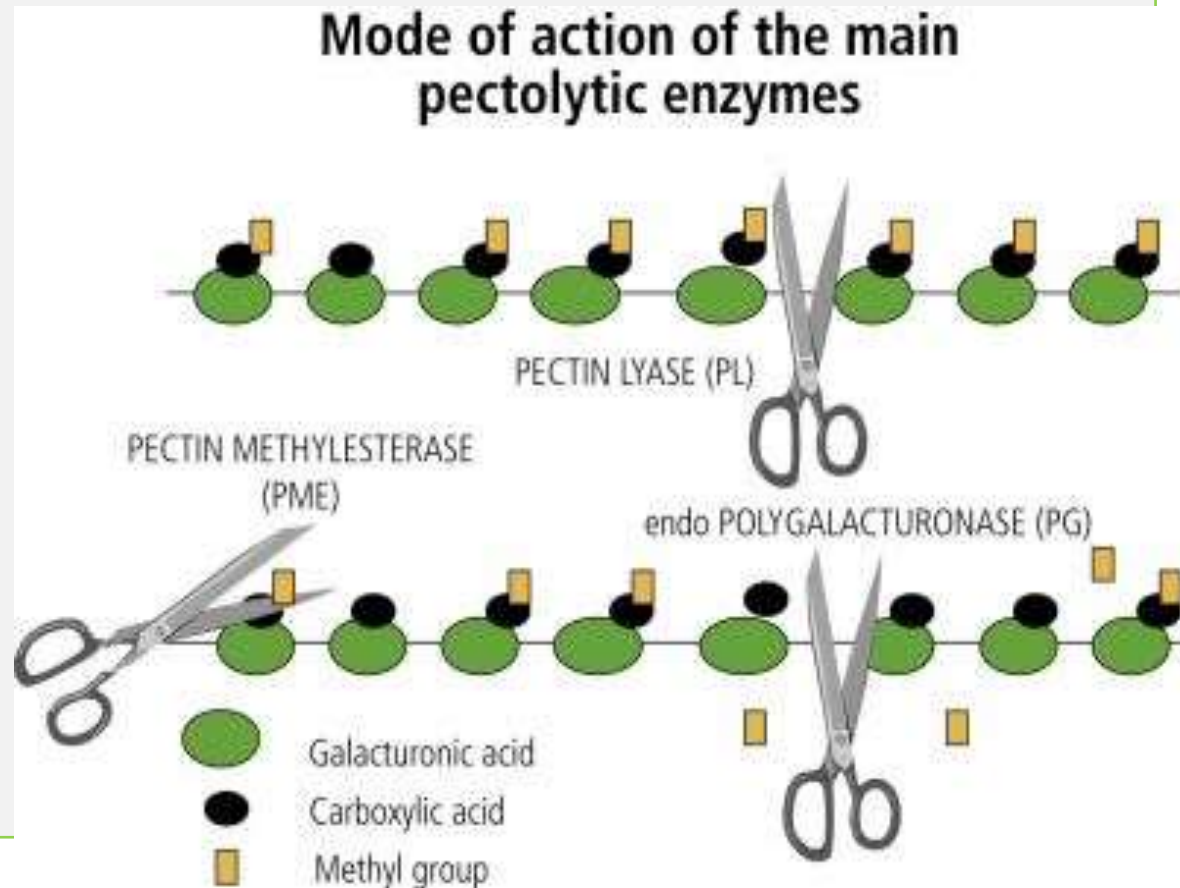
Ένζυμο



Πηκτική λυάση (PL)

Καταλύει την υδρόλυση των $\alpha(1 \rightarrow 4)$

γλυκοσιδικών δεσμών της πηκτίνης (δρα μετά από μονάδα μεθυεστέρα του γαλακτουρονικού οξέως)

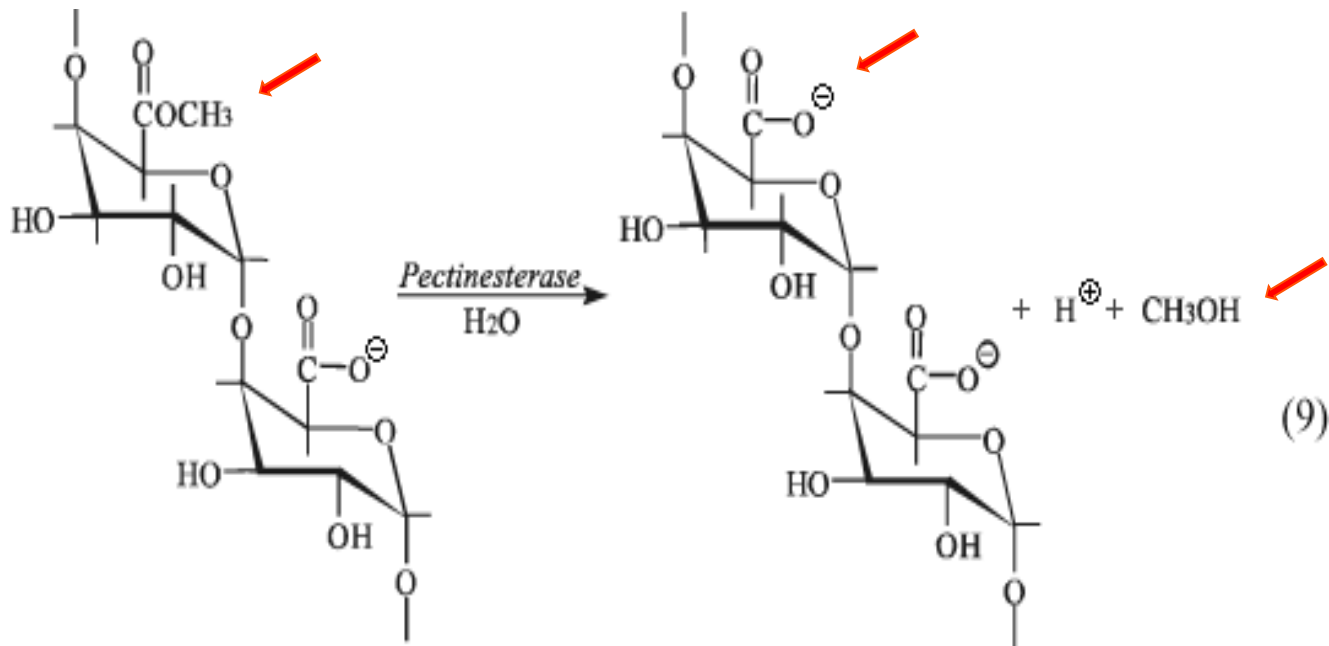


Ένζυμο

!!!

Πηκτινестεράση ΡΕ (ή πηκτινομεθυλεστεράση)

Καταλύει την μετεστεροποίηση
γαλακτουρονών σε πηκτίνη, οδηγώντας σε
σκλήρυνση των ιστών ή το αντίστροφο



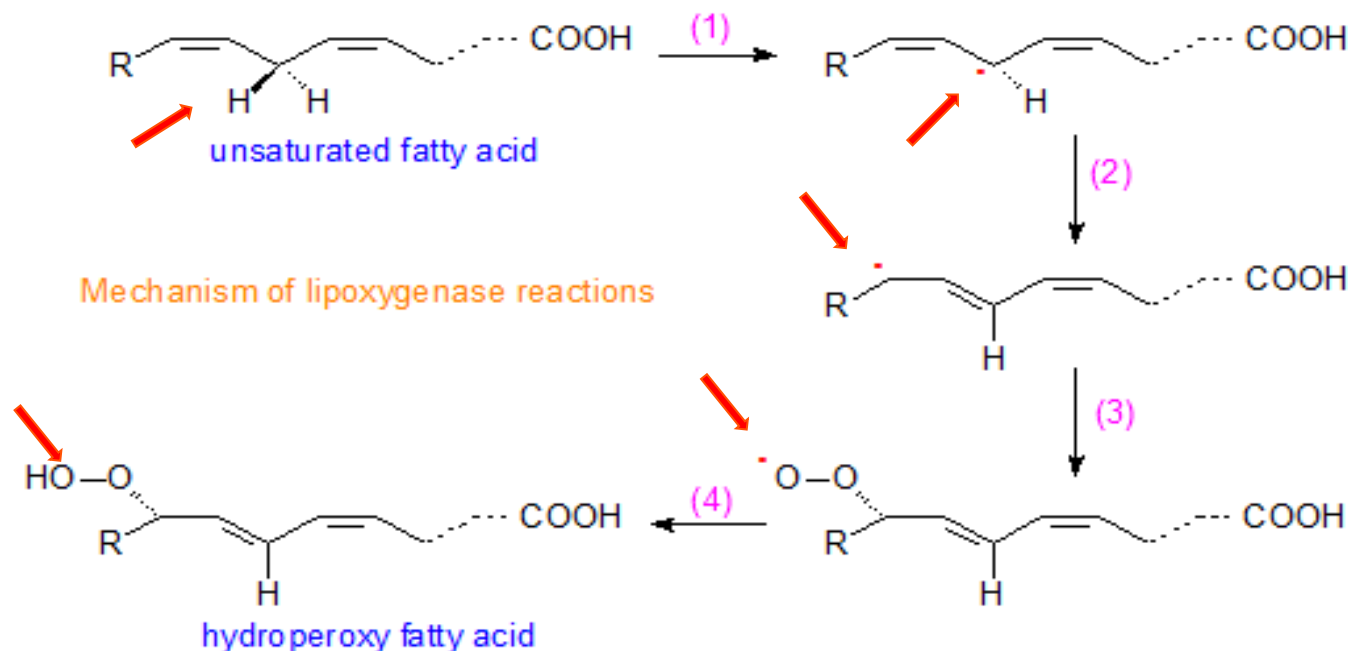
Ένζυμο

Δράση

!!!

Λιποξυγενάση

Καταλύει την **οξείδωση των λιπιδίων**, οδηγώντας στην δημιουργία **δυσάρεστων οσμών**

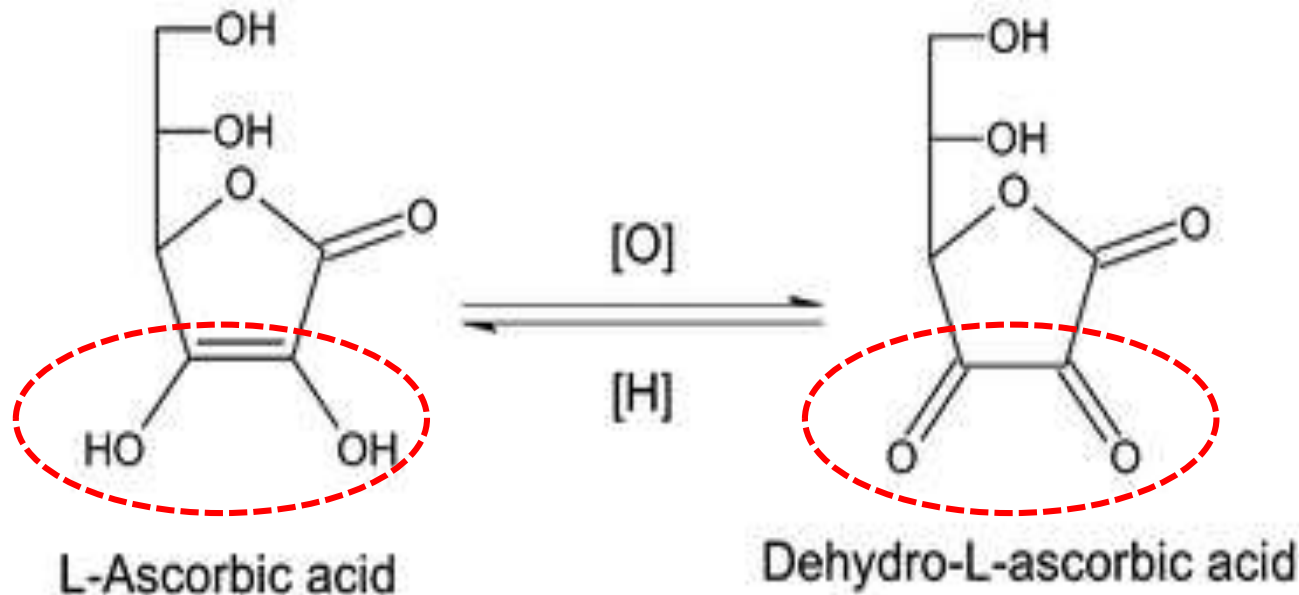




Ένζυμο

Οξειδάση του ασκορβικού

Καταλύει την οξείδωση του ασκορβικού οξέος, οδηγώντας σε μείωση της θρεπτικής αξίας



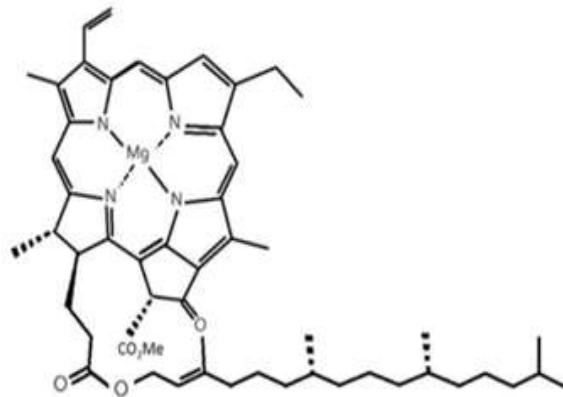
Ένζυμο

Δράση

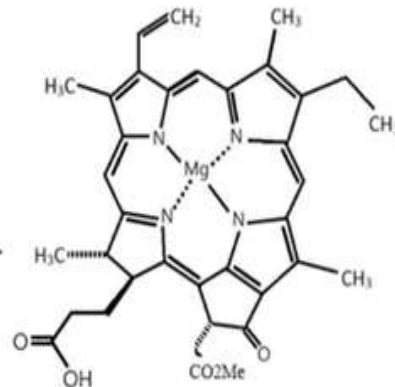
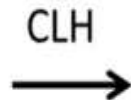
!!!

Χλωροφυλλάση. Καταλύει την διάσπαση της χλωροφύλλης σε χλωροφυλλίνη και φυτόλη, οδηγώντας σε απώλεια του πράσινου χρώματος

(A)

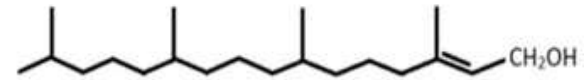


Χλωροφύλλη



Χλωροφυλλίνη

+

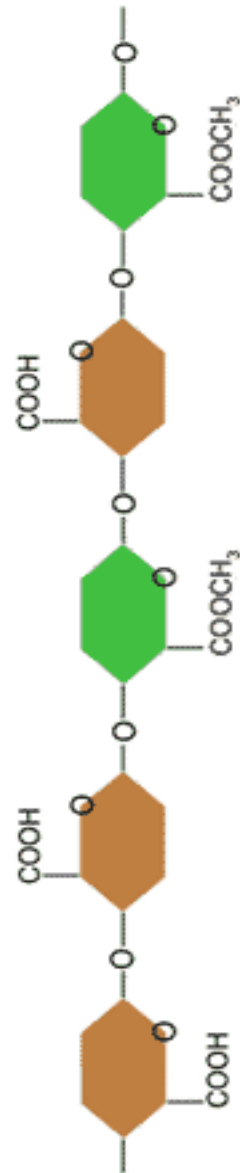


Φυτόλη

- Είναι το πιο **άφθονο και διαδεδομένο** συστατικό των τροφίμων φυτικής προέλευσης
- Η περιεκτικότητά τους ποικίλει στα φρέσκα φρούτα και γενικά κυμαίνεται μεταξύ **10-25%**
- **Σακχαρόζη, γλυκόζη & φρουκτόζη**, είναι τα κυριότερα σάκχαρα που απαντούν στα φρούτα – Βρίσκονται κυρίως στο **κυτταρόπλασμα** σε συγκεντρώσεις από 0,9% στα λεμόνια έως 16% στα φρέσκα σύκα
- Η **σακχαρόζη** περιέχεται σε ίχνη σε κεράσια, σταφύλια και ρόδια και **> 8%** σε ώριμες μπανάνες και ανανάδες επηρεάζοντας αναλόγως τη γεύση καθώς η φρουκτόζη είναι γλυκύτερη από την σακχαρόζη



- Το **άμυλο** εμφανίζεται με την μορφή μικρών **κόκκων** στα άγουρα φρούτα, και μετατρέπεται σε σάκχαρο όταν το φρούτο ωριμάζει
- Άλλοι πολυσακχαρίτες των φρούτων είναι η **κυτταρίνη**, **ημικυτταρίνη**, & **πηκτίνη**, που βρίσκονται κυρίως (**έως 50%**) στα κυτταρικά τοιχώματα
- Όταν διασπώνται (κυρίως οι πηκτίνες) σε μικρότερα και πιο διαλυτά συστατικά το φρούτο μαλακώνει
- Η μετατροπή των πηκτινών ελέγχεται κυρίως από τα ένζυμα **πηκτινεστεράση (PE)** και **πολυγαλακτουρονάση (PG)**



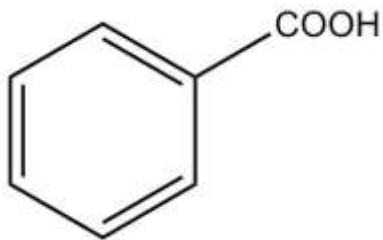
- Αποτελούν μόνο το **0,1-0,2%** των περισσότερων φρέσκων φρούτων & λαχανικών, εκτός των αβοκάντο, ελιών & ξηρών καρπών
- Είναι συστατικά των **κυτταρικών μεμβρανών** και της **κηρώδους επιφάνειας**, που συνεισφέρει στην εμφάνιση του φρούτου και την προστασία του από την εξάτμιση και τις ασθένειες
- Ο **βαθμός κορεσμού** των λιπαρών οξέων καθορίζει την ελαστικότητα των μεμβρανών (όσο μεγαλύτερος είναι, τόσο μικρότερη η ελαστικότητα)



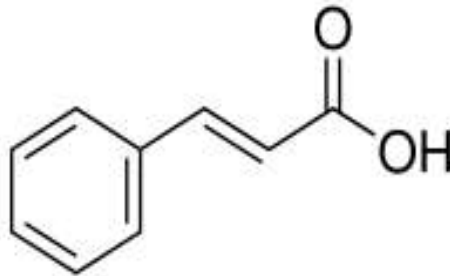
- Είναι σημαντικά ενδιάμεσα προϊόντα του μεταβολισμού
- Ο κύκλος του Krebs είναι η κύρια οδός οξειδωσης των **οργανικών οξέων** στα ζωντανά κύτταρα, και παρέχει την **ενέργεια** που χρειάζεται για την διατήρησή τους
- Μεταβολίζονται προς διάφορα συστατικά, όπως **αμινοξέα**, τους δομικούς λίθους των πρωτεϊνών
- Τα περισσότερα φρέσκα φρούτα είναι **όξινα** - Ορισμένα (π.χ. λεμόνια, λάϊμ) περιέχουν οξύ που φτάνει το 2-3% του ολικού υγρού βάρους τους
- Η περιεκτικότητα σε οξέα ελαττώνεται κατά την ωρίμανση **λόγο μετατροπής των οξέων σε σάκχαρα** ή της κατανάλωσής τους κατά την αναπνοή



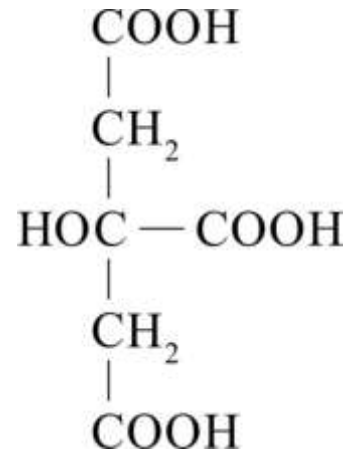
Το **μηλικό** και το **κιτρικό** οξύ είναι τα πιο άφθονα οξέα των φρούτων, εκτός από τα σταφύλια (όπου κυριαρχεί το **τρυγικό** οξύ) και τα ακτινίδια (όπου κυριαρχεί το **κουινικό οξύ**)



Βενζοϊκό οξύ
(Κάποια είδη μούρων)

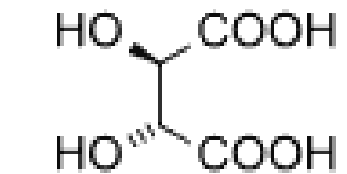
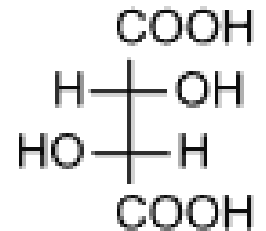


Κινναμωμικό οξύ
(Κανέλλα)

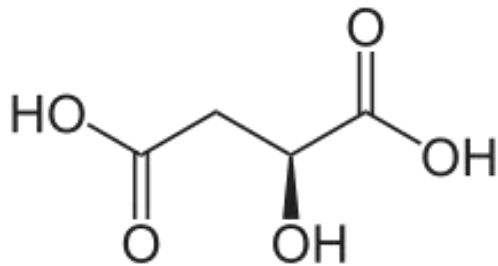


Κιτρικό οξύ
(Εσπεριδοειδή)

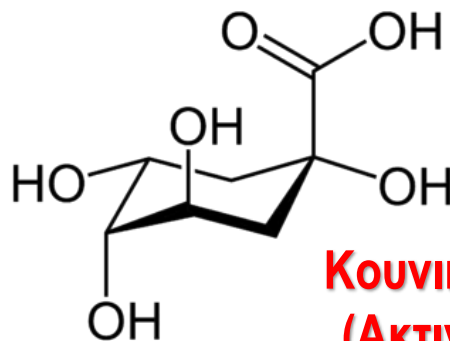
!!



L-(+)-τρυγικό οξύ
(σταφύλια)



L-μηλικό οξύ
(Μήλα, σταφύλια)



Κουινικό οξύ
(Ακτινίδια)

■ Τα **φαινολικά συστατικά** στα φυτά περιλαμβάνουν πολλά είδη ενώσεων με πολλές **λειτουργικές ιδιότητες** στα τρόφιμα:

!!

- ✓ **Οργανοληπτικές ιδιότητες & χρώμα** (κυρίως λόγω ενζυμικής αμαύρωσης)
- ✓ **Πιθανά οφέλη στην υγεία**
- ✓ **Αντιοξειδωτικές ιδιότητες**
- ✓ **Αντιμικροβιακή δράση**



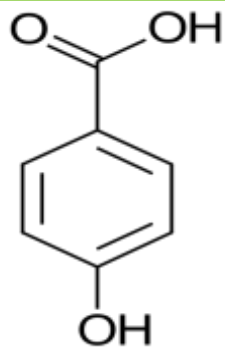


- Οι φαινολικές ενώσεις είναι υδροξυλιωμένα παράγωγα ενώσεων όπως η **φαινόλη**, **π-κρεσόλη** και **3-αιθυλοφαινόλη** και φαινολικών οξέων όπως το **καφεϊκό**, **κουμαρικό** και **φερουλικό**
- Το ολικό περιεχόμενο σε φαινολικά συστατικά είναι υψηλότερο στα άγουρα φρούτα (~ **0,1-2 g\100 g** νωπού βάρους)

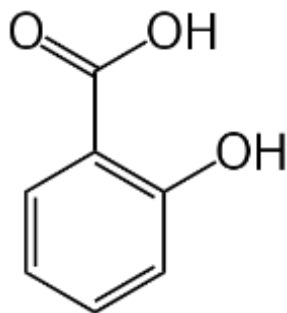


- Τα φαινολικά των φρούτων/λαχανικών περιλαμβάνουν τα:
 - ✓ Χλωρογενικό οξύ (παράγωγο του καφεϊκού οξέος, ευρύτατα διαδεδομένο στα φρούτα και κύριο υπόστρωμα ενζυμικής αμαύρωσης όταν κόβονται ή γενικά όταν οι ιστοί τους εκτίθενται στο οξυγόνο)
 - ✓ Φλαβονοειδή (όπως φλαβονόλες, κατεχίνη, επικατεχίνη, κυανιδίνη) **!!**
 - ✓ Ανθοκυάνες (γλυκοζίτες ανθοκυανιδινών)
 - ✓ Παράγωγα κινναμωμικού οξέος
 - ✓ Απλές φαινόλες

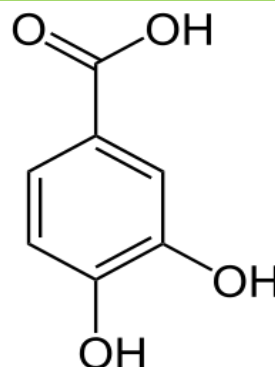




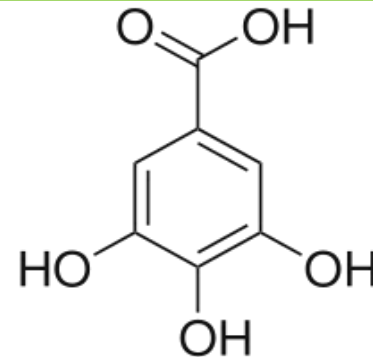
π-Υδροξυβενζοϊκό



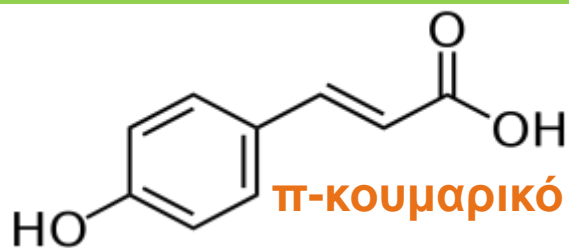
Σαλικυλικό



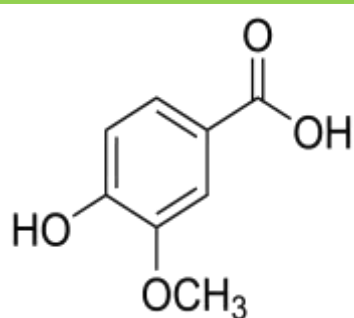
Πρωτοκατεχικό



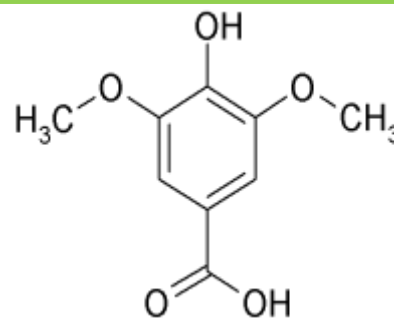
Γαλλικό οξύ



π-κουμαρικό

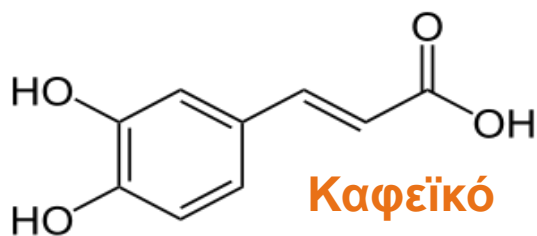


Βανιλλικό οξύ

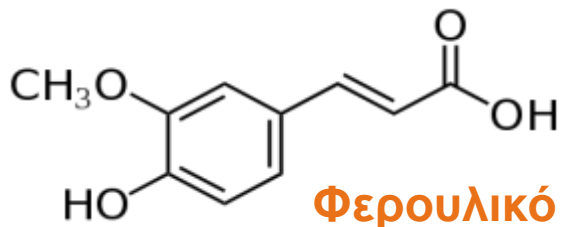


Συριγγικό

!!



Καφεϊκό



Φερουλικό



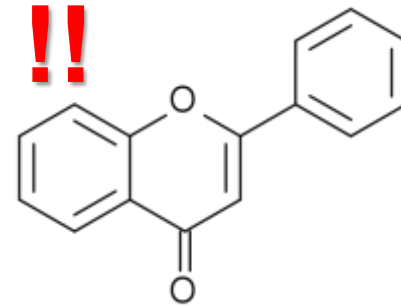
Χλωρογενικό

**Φαινολικά
οξέα**

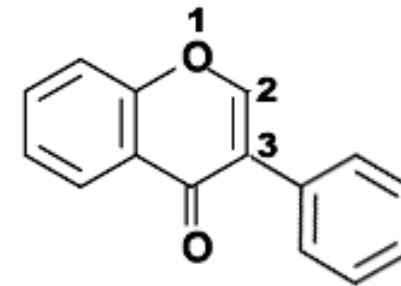
Φλαβονοειδή

Φλαβονοειδή (ή βιοφλαβονοειδή, ή Βιταμίνες P) (λατινική λέξη *flavus* = κίτρινος) είναι δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών (ισομερείς φαινυλ-βενζοπυρόνες). Κατά την IUPAC κατηγοριοποιούνται σε:

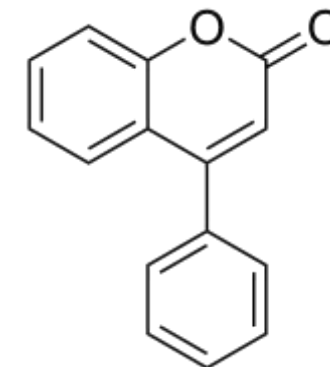
- **Φλαβονοειδή**: παράγωγα της 2-φαινυλ-χρωμεν-4-όνης (φλαβόνη) (**2-φαινυλ-1,4-βενζοπυρόνη**)
- **Ισοβλαβονοειδή**: παράγωγα της 3-φαινυλ-χρωμεν-4-όνης (**3-φαινυλ-1,4-βενζοπυρόνη**)
- **Νεοφλαβονοειδή**: παράγωγα της 4-φαινυλκουμαρίνης (**4-φαινυλ-1,2-βενζοπυρόνη**)



**2-φαινυλ-
χρωμεν-4-όνη
(φλαβόνη)**

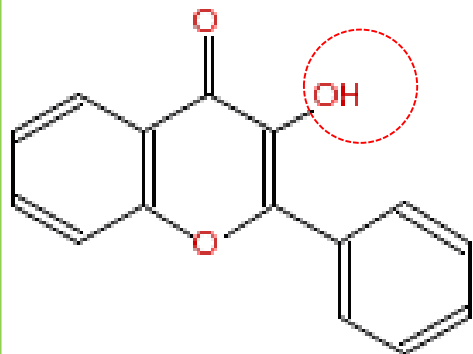


**3-φαινυλ-
χρωμεν-4-όνη**

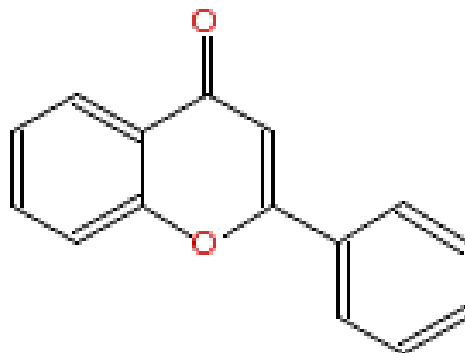


**4-φαινυλ-
κουμαρίνη**

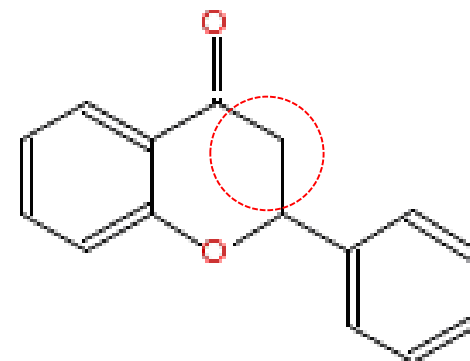
Φλαβονοειδή



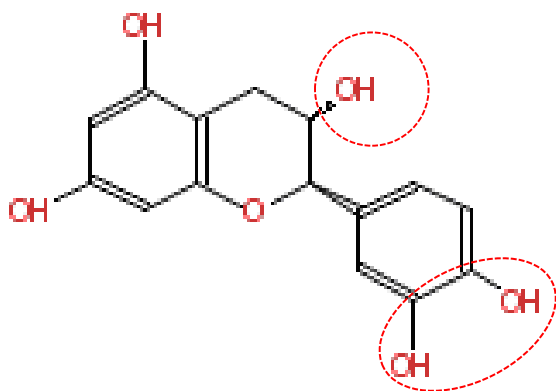
φλαβονόλη



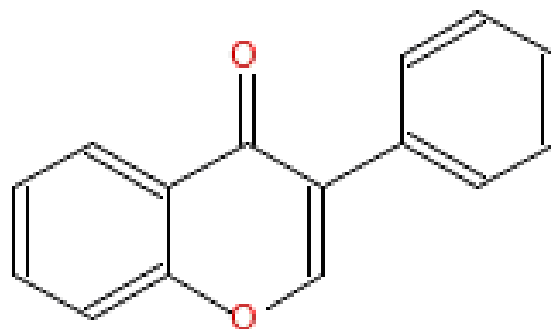
φλαβόνη



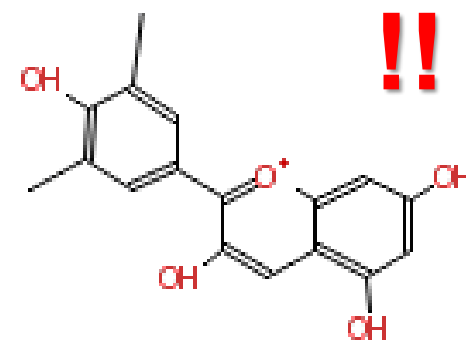
φλαβανόνη



φλαβανόλη (κατεχίνες)



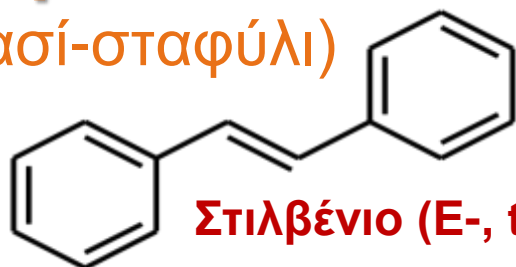
ισοφλαβόνη



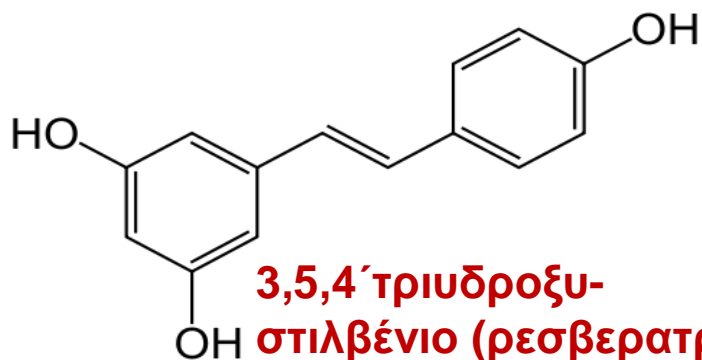
ανθοκυανιδίνη

Στιλβένια

(Κρασί-σταφύλι)

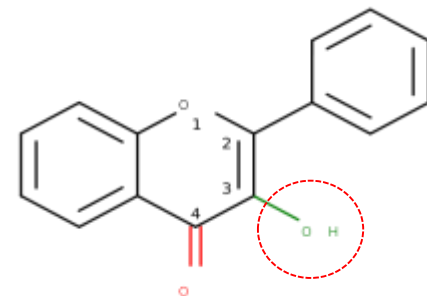


Στιλβένιο (E-, trans-)

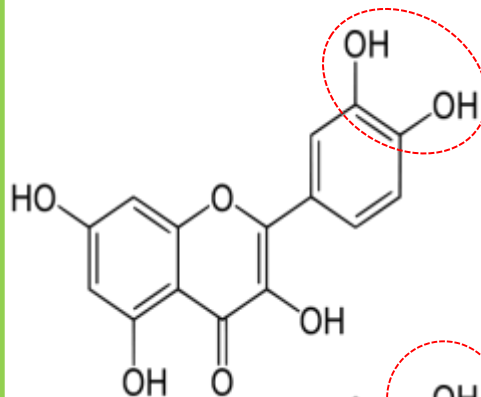


**3,5,4' τριυδροξυ-
στιλβένιο (ρεσβερατρόλη)**

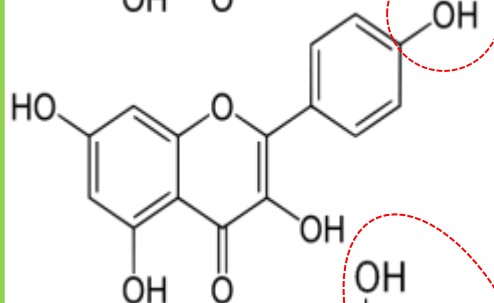
Φλαβανόλες



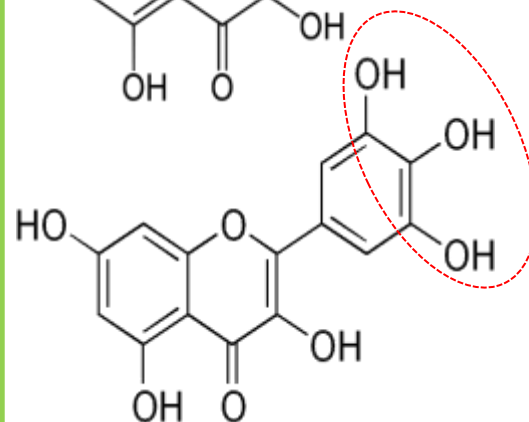
Κουερσετίνη



Καμφερόλη

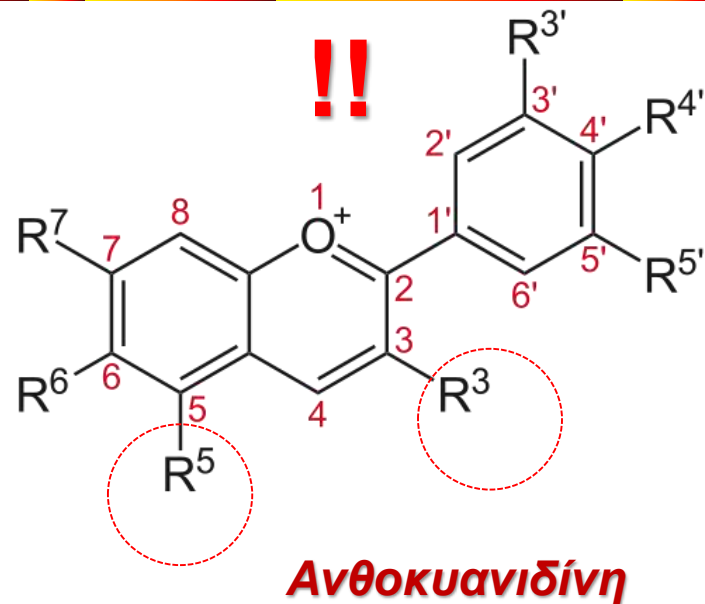


Μιρυσετίνη



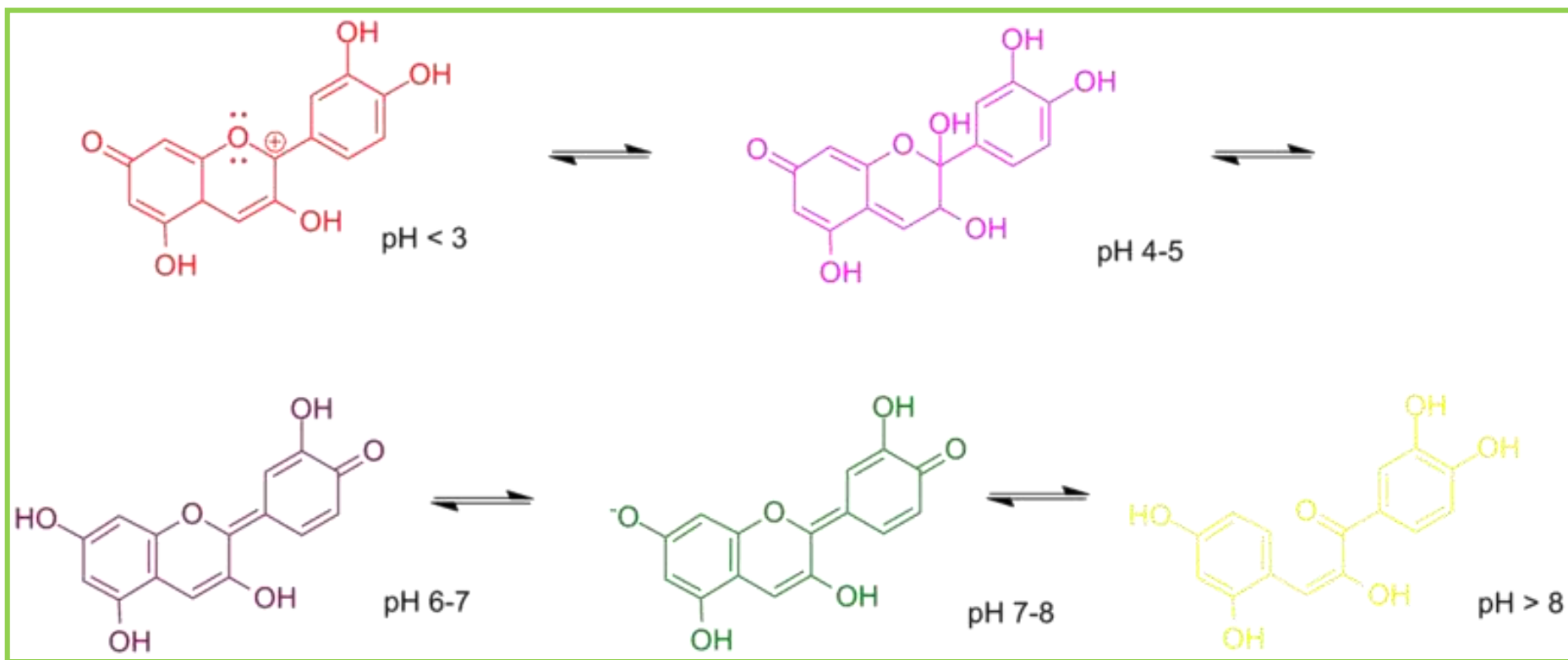
Ανθοκυάνες - ανθοκυανιδίνες

- Έγχρωμες χρωστικές (ερυθρές, μωβ, μπλε, αναλόγως pH)
- **Γλυκοζίτες των ανθοκυανιδινών** (στις θέσεις 3, 5)
- ✓ Π.χ. σε σταφύλια & κρασιά βρίσκονται συνήθως πέντε διαφορετικά μόρια:
 - **Δελφινιδίνη**
 - **Πετουνιδίνη**
 - **Μαλβιδίνη**
 - **Πεονιδίνη**
 - **Κυανιδίνη**



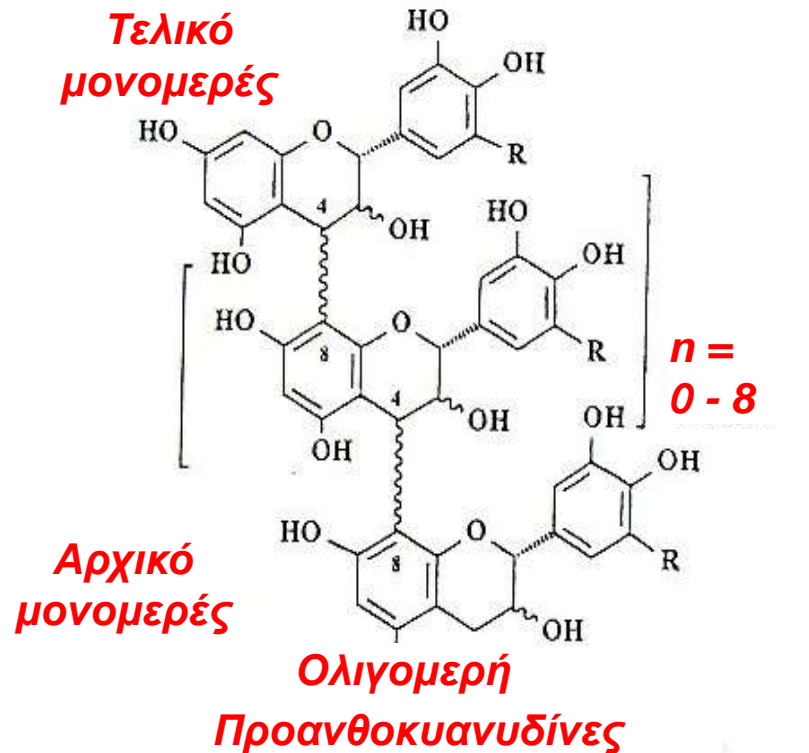
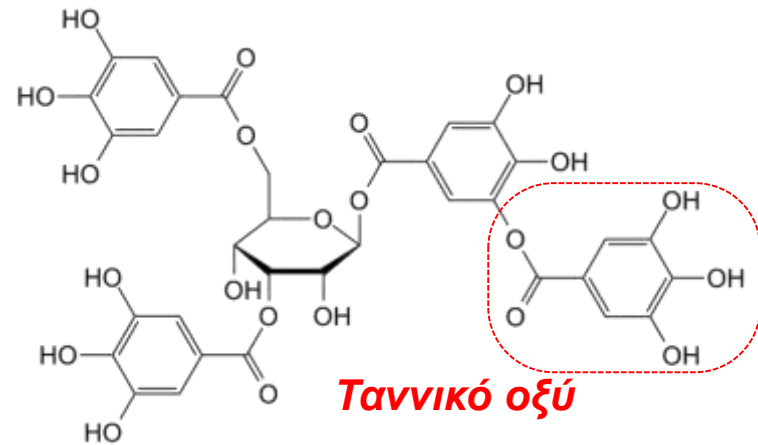
Ανθοκυανιδίνη	R ^{3'}	R ^{4'}	R ^{5'}	R ³	R ⁵	R ⁶	R ⁷
Κυανιδίνη	OH	OH	H	OH	OH	H	OH
Δελφινιδίνη	OH	OH	OH	OH	OH	H	OH
Μαλβιδίνη	OCH ₃	OH	OCH ₃	OH	OH	H	OH
Πεονιδίνη	OCH ₃	OH	H	OH	OH	H	OH
Πετουνιδίνη	OH	OH	OCH ₃	OH	OH	H	OH

Χρώμα & σταθερότητα των ανθοκυανιδινών με το pH

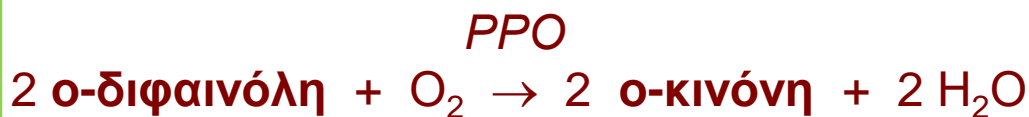
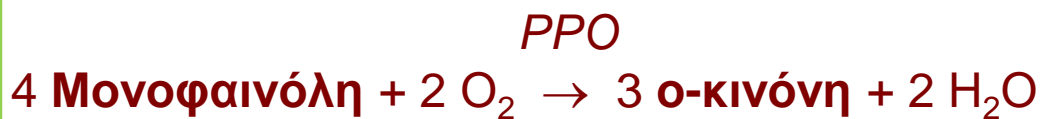


Ταννίνες

- Συσσωματώματα φαινολικών ουσιών που δημιουργούνται από πολυμερισμό
- Σχηματίζουν σταθερές ενώσεις με πρωτεΐνες και πολυσακχαρίτες



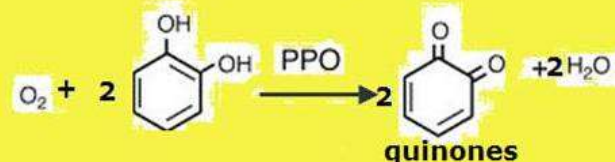
- Η ενζυμική αμάυρωση στα φυτικά προϊόντα είναι αποτέλεσμα της οξείδωσης των φαινολικών συστατικών και πραγματοποιείται, παρουσία O_2 , από το ένζυμο **πολυφαινολοξειδάση (PPO)** !!
- Το αρχικό προϊόν είναι συνήθως η **ο-κινόνη**, που είναι ασταθής και υφίσταται πολυμερισμό για να δώσει χρωστικές καστανού χρώματος, μεγαλύτερου μοριακού βάρους
- Η **πολυφαινολοξειδάση** καταλύει τις παρακάτω δύο αντιδράσεις:



aerobic oxidation of a monohydroxy phenol by PPO



aerobic oxidation of a dihydroxy phenol by PPO



- Η έκταση της αμαύρωσης εξαρτάται από το συνολικό ποσό των φαινολών στον ιστό και τη δραστικότητα της **πολυφαινολοξειδάσης**
- Η **στυφή γεύση** εξαρτάται άμεσα από φαινολικό φορτίο και συνήθως εξασθενεί με την ωρίμανση λόγω της μετατροπής των διαλυτών φαινολικών ενώσεων στην αδιάλυτη, μη στυφή μορφή
- Παρόλο που η ενζυμική αμαύρωση είναι επιθυμητή σε διεργασίες όπως η **ζύμωση τσαγιού & κακάο**, είναι ανεπιθύμητη στα φρούτα και λαχανικά γιατί προκαλεί δυσχρωματισμό



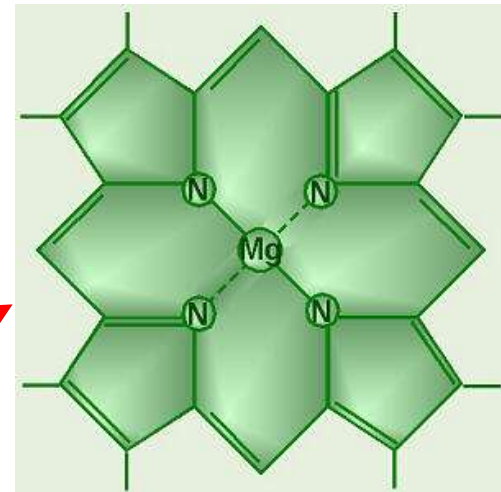
- Μέθοδοι για αποφυγή της ενζυμικής αμαύρωσης περιλαμβάνουν:

!!

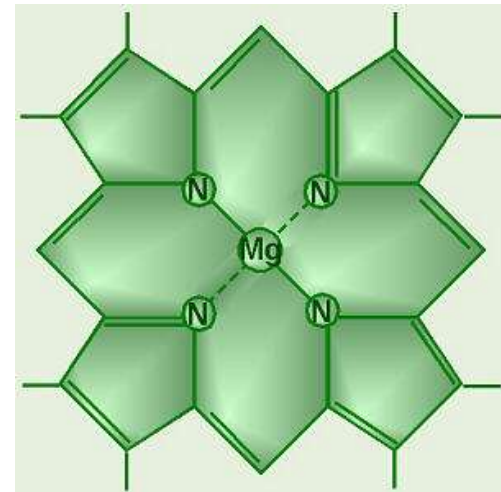
- ✓ Αποκλεισμό οξυγόνου
- ✓ Χρήση οξέων
- ✓ Απενεργοποίηση με θέρμανση (*blanching*)
- ✓ Χρήση θειωδών κ.α.



- Οι χημικές ουσίες που είναι υπεύθυνες για το χρώμα των φρούτων, υφίστανται πολλές αλλαγές κατά την ωρίμανση, οι οποίες περιλαμβάνουν:
- **Απώλεια χλωροφύλλης** (πράσινο χρώμα), που επηρεάζεται από μεταβολές του pH, οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, δράση ενζύμου **χλωροφυλλάση**
- **Δημιουργία ανθοκυανινών** (κόκκινα, μπλε & μώβ χρώματα)
- **Σύνθεση καροτενοειδών** (κίτρινα & πορτοκαλί χρώματα)



- ✓ Το **β-καροτένιο** αποτελεί πρόδρομη ένωση της βιταμίνης A
- ✓ Τα **καροτενοειδή** είναι πολύ σταθερά και παραμένουν ανέπαφα στους ιστούς ακόμα και μετά από προχωρημένη γήρανση
- ✓ Οι **ανθοκυανίνες** βρίσκονται υπό την μορφή **γλυκοζιτών** και είναι υδατοδιαλυτές, ασταθείς ενώσεις και υδρολύονται εύκολα από ένζυμα προς ελεύθερες ανθοκυανίνες, οι οποίες μπορούν να οξειδωθούν από φαινολοξειδάσες και να δώσουν καστανά προϊόντα οξείδωσης



- Οι **πτητικές ενώσεις** είναι υπεύθυνες για το χαρακτηριστικό άρωμα των φρούτων
- Είναι κυρίως **εστέρες, αλκοόλες, οξέα, αλδεΐδες, κετόνες**
- Απαντούν σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις (**<100 $\mu\text{g/g}$** νωπού βάρους)
- Το κύριο πτητικό συστατικό που παράγουν τα **κλιμακτηρικά φρούτα** είναι το **αιθυλένιο** (50-75% του ολικού C όλων των πτητικών) - δεν έχει δυνατό άρωμα και δεν συμβάλει στο τυπικό άρωμα των φρούτων
- Ένας τεράστιος αριθμός τους έχει ταυτοποιηθεί στα φρούτα με **αεριοχρωματογραφικές μεθόδους ανάλυσης**, ελάχιστες όμως, ενώσεις-κλειδιά, είναι σημαντικές για το συγκεκριμένο άρωμα ενός φρούτου

- **Υδατοδιαλυτές:**

βιταμίνη C, θειαμίνη, ριβοφλαβίνη, νιασίνη, βιταμίνη B₆, φολικό οξύ, βιταμίνη B₁₂, βιοτίνη, παντοθενικό οξύ

ΟΧΙ

- **Λιποδιαλυτές:**

βιταμίνες A, D, E & K (υφίστανται μικρότερη απώλεια στις μετά την συγκομιδή κατεργασίες)

- **Ασκορβικό οξύ:**

είναι η πιο ευαίσθητη βιταμίνη και καταστρέφεται όταν οι συνθήκες αποθήκευσης και κατεργασίας των φρούτων δεν είναι οι κατάλληλες

- Οι **βιταμίνες A & B** είναι λιγότερο ευαίσθητες μετά την συγκομιδή από την C, εκτός αν εκτεθούν σε υψηλές θερμοκρασίες, οπότε είναι πιθανό να διασπαστούν

ΟΧΙ

- **Απώλειες** οφείλονται σε
 - ✓ παρατεταμένο χρόνο αποθήκευσης
 - ✓ υψηλότερες θερμοκρασίες
 - ✓ χαμηλή σχετική υγρασία (που προκαλεί μαρασμό)
 - ✓ μηχανικές αλλοιώσεις και καταστροφή λόγω ψύξης

- Τα σημαντικότερα μέταλλα των φρούτων είναι στοιχεία που σχηματίζουν βάσεις (**Ca, Mg, Na, K**) και στοιχεία που σχηματίζουν οξέα (**P, Cl, S**)
- Μέταλλα που απαντούν σε μικροποσότητες (ιχνοστοιχεία) είναι τα **Fe, Cu, Co, Mn, Zn, I & Mo**
- Το **K** είναι το πιο άφθονο μέταλλο στα φρούτα και απαντά σε συνδυασμό με οργανικά οξέα
 - ✓ Υψηλό περιεχόμενο **K** σχετίζεται με αυξημένη οξύτητα και βελτιωμένο χρώμα

ΟΧΙ

- Το **Ca**, είναι το 2^ο πιο σημαντικό μέταλλο των φρούτων
- ✓ **Υψηλό περιεχόμενο Ca** μειώνει την ταχύτητα παραγωγής CO₂ & C₂H₂, καθυστερεί την ωρίμανση και μεγαλώνει το χρόνο αποθήκευσης των μήλων και άλλων φρούτων
- ✓ **Έλλειψη Ca** έχει συνδεθεί με διάφορες φυσιολογικές αλλοιώσεις, όπως η πικρή γεύση στα μήλα

ΟΧΙ

- Το **Mg** είναι ένα από τα συστατικά του μορίου της χλωροφύλλης και είναι υπεύθυνο για την ένταση του πράσινου χρώματος στα φρέσκα προϊόντα
- Ο **P** είναι συστατικό των πρωτεϊνών και έχει σπουδαίο ρόλο στον μεταβολισμό των υδατανθράκων και στην μεταφορά ενέργειας
- ✓ **Υψηλό περιεχόμενο P** έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της οξύτητας σε ορισμένα φρούτα

ΟΧΙ

ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΦΥΤΩΝ

**ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΣ
ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΓΕΝΙΚΑ**



ΚΑΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

ΑΝΑΒΟΛΙΣΜΟΣ



ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΦΥΤΩΝ

ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΦΥΤΩΝ



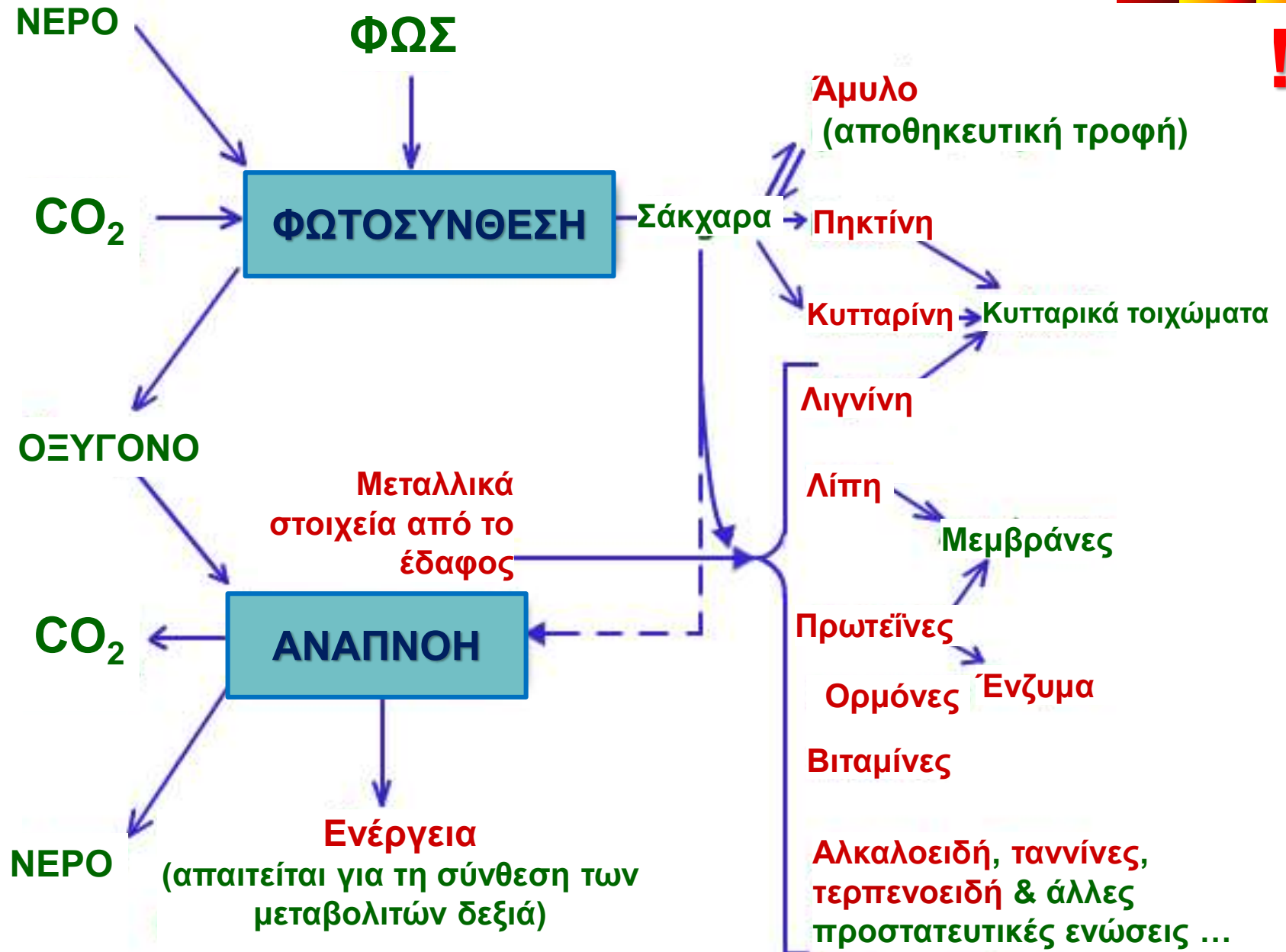
ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

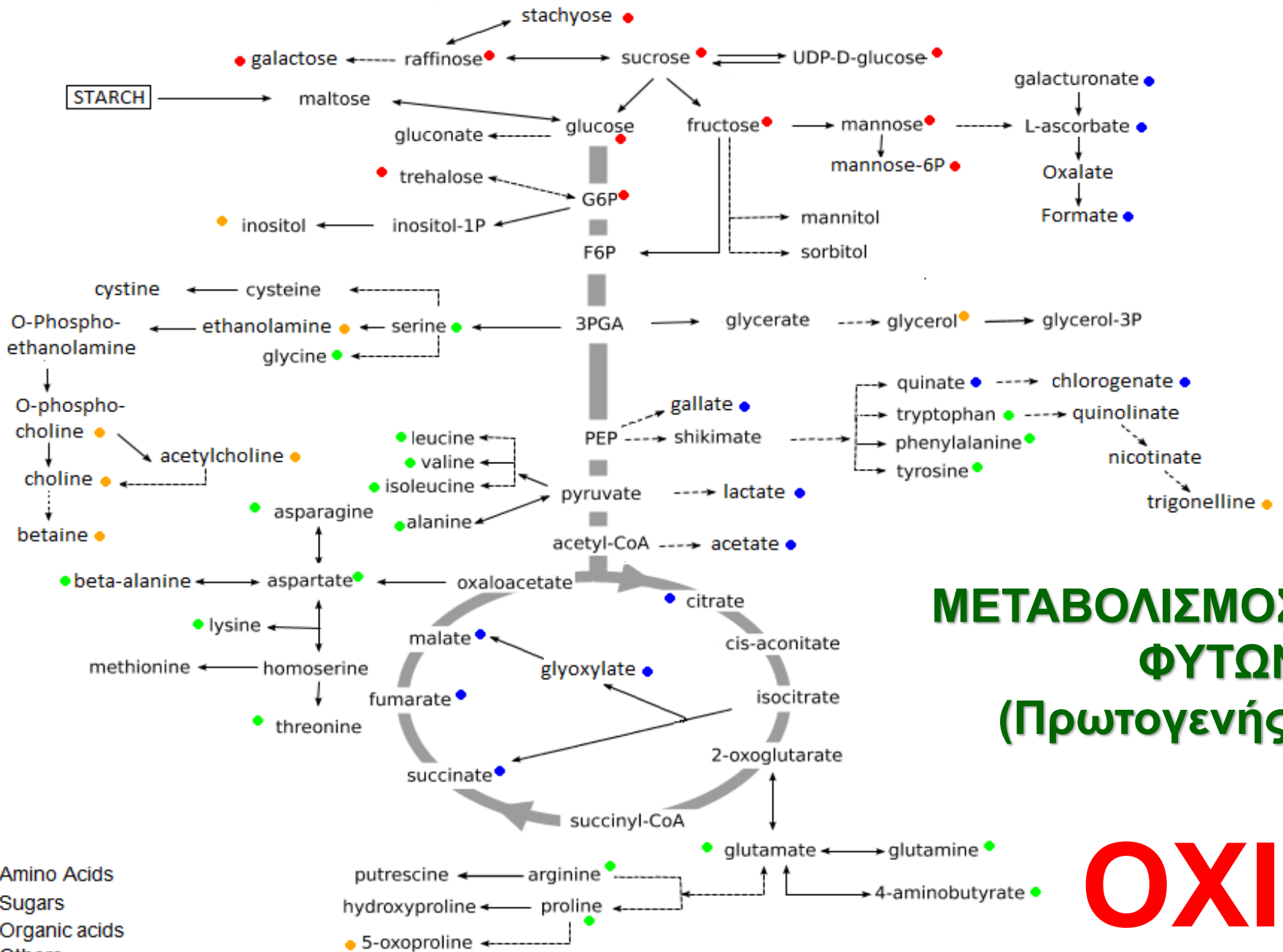
- ✓ Μεταβολίτες που είναι απαραίτητοι για την ανάπτυξη
- ✓ Υπάρχουν σε όλα τα φυτά

ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

- ✓ Μεταβολίτες που δεν είναι απαραίτητοι για την ανάπτυξη
- ✓ Διαφέρουν από φυτό σε φυτό
- ✓ Συμμετέχουν στην αλληλεπίδραση του φυτού με το περιβάλλον (χημική άμυνα)

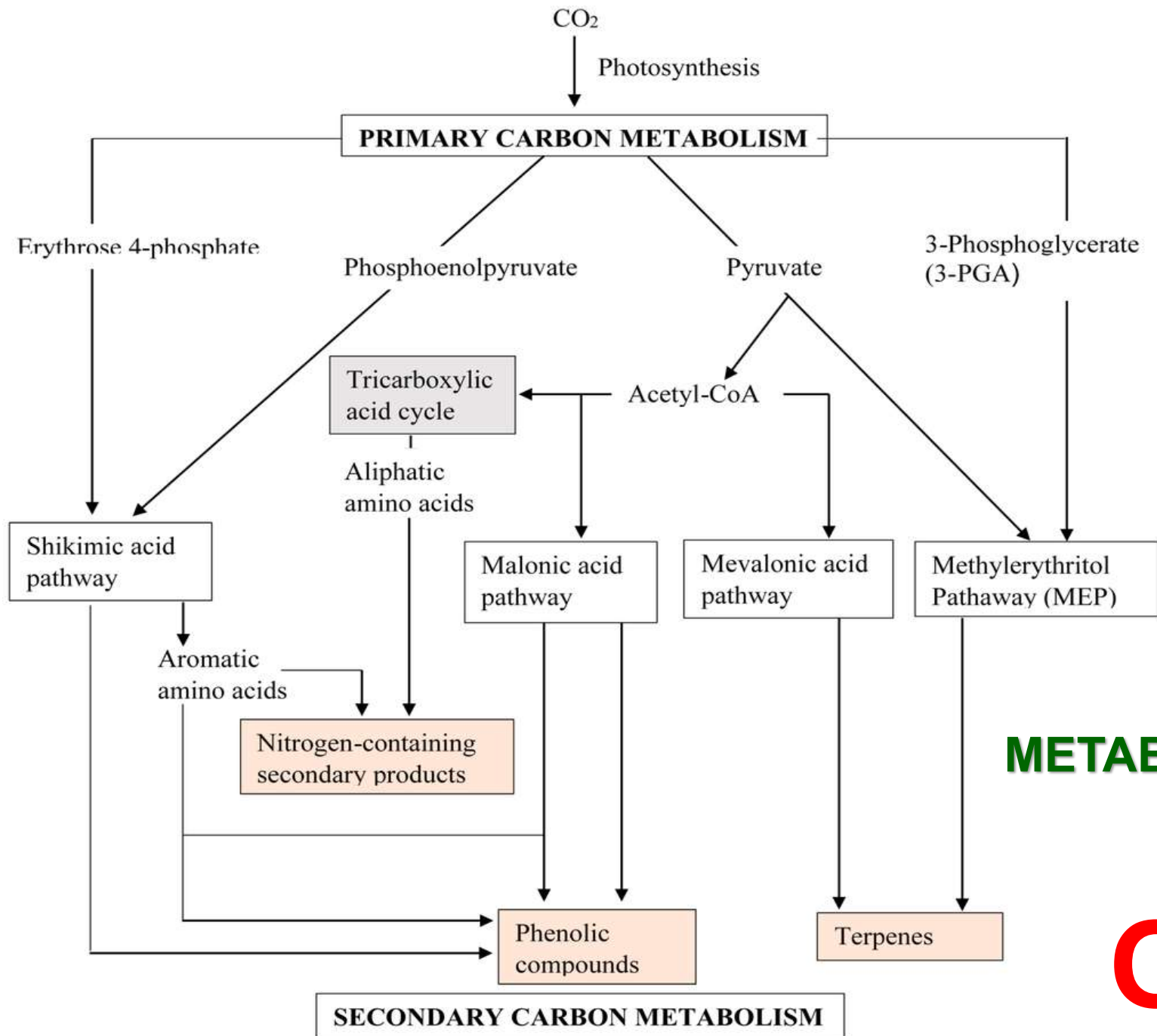
ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΦΥΤΩΝ





ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΦΥΤΩΝ (Πρωτογενής)

ΟΧΙ

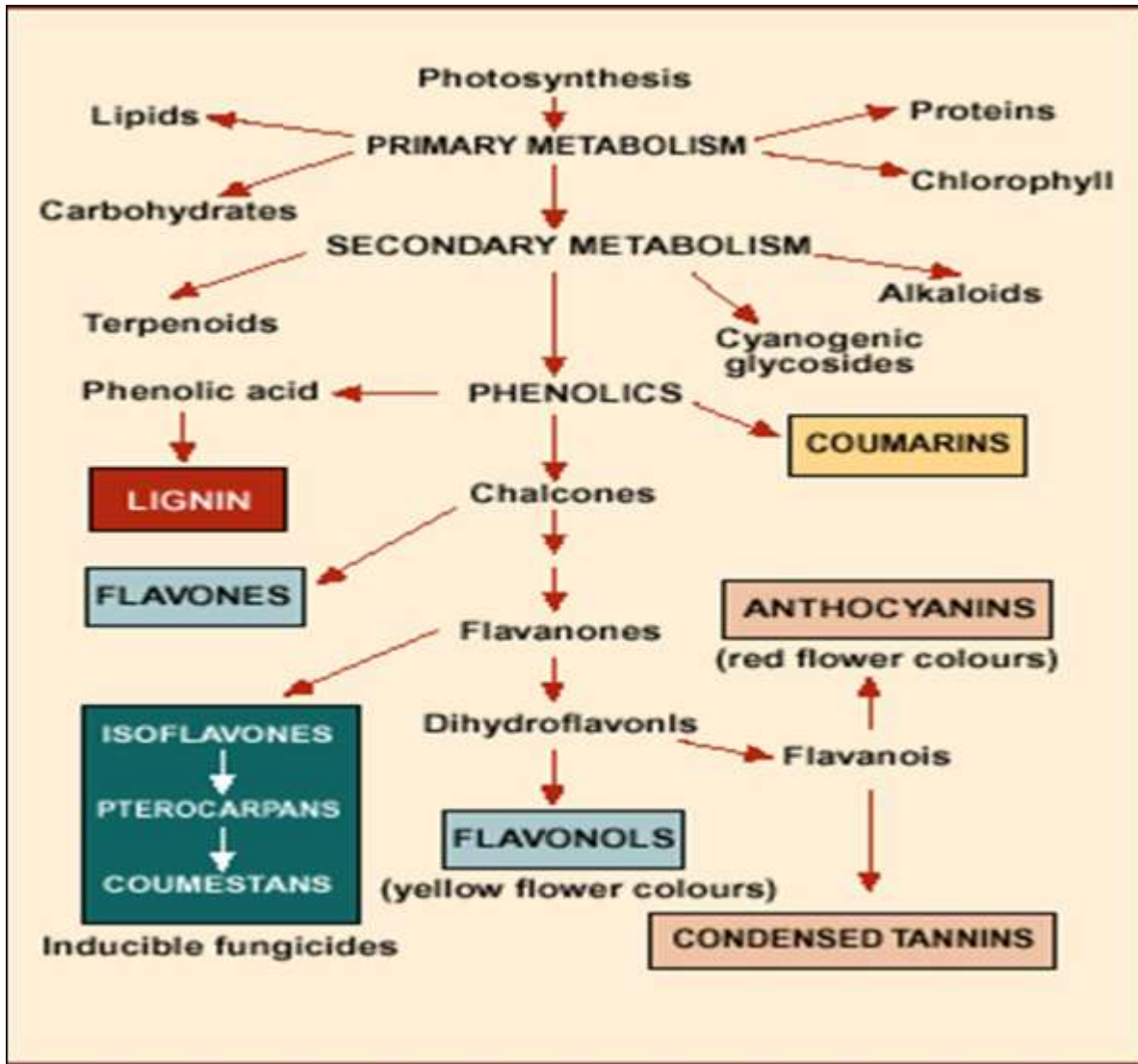


**ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ
ΦΥΤΩΝ**

OXI

ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΦΥΤΩΝ

Φαινολικές ενώσεις



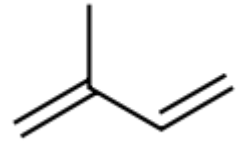
OXI

ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΦΥΤΩΝ

ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΕΣ (καταγεγραμμένοι >190.000) !

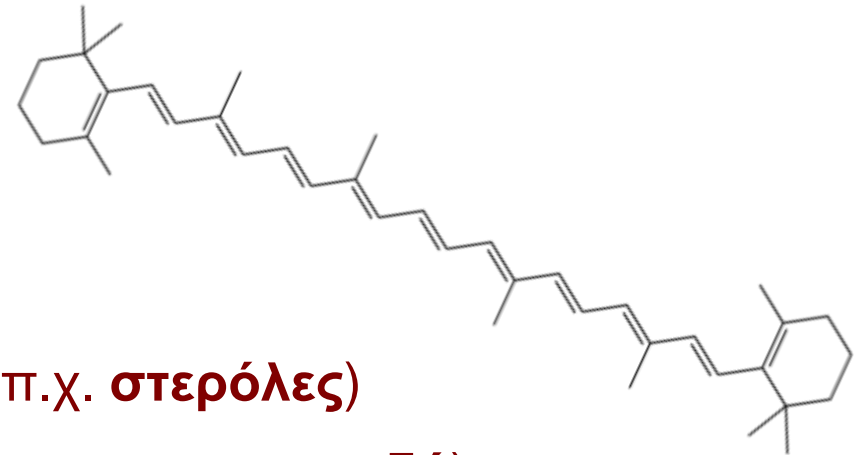
■ Τερπενοειδή

- Παράγωγα του **ισοπρενίου** (2-μεθυλ-1,3-βουταδιένιο)
- Υδρογονάνθρακες αλλά & οξυγονούχα παράγωγα
- Ευθείας αλυσίδας & κυκλικές δομές
- Ανάλογα με τις μονάδες ισοπρενίου διακρίνονται σε:



ισοπρένιο

- ✓ **Ημιτερπένια** (1 ισοπρ., 5C)
- ✓ **Μονοτερπένια** (2 ισοπρ., 10C)
- ✓ **Σεσκιτερπένια** (3 ισοπρ., 15C)
- ✓ **Διτερπένια** (4 ισοπρ., 20C)
- ✓ **Σεστερτερπένια** (5 ισοπρ., 25C)
- ✓ **Τριτερπένια** (6 ισοπρ., 30C) (π.χ. **στερόλες**)
- ✓ **Τετρατερπένια** (7 ισοπρ., 40C) (π.χ. **καροτενοειδή**)
- ✓ **Πολυτερπένια** (περισσότερα C)



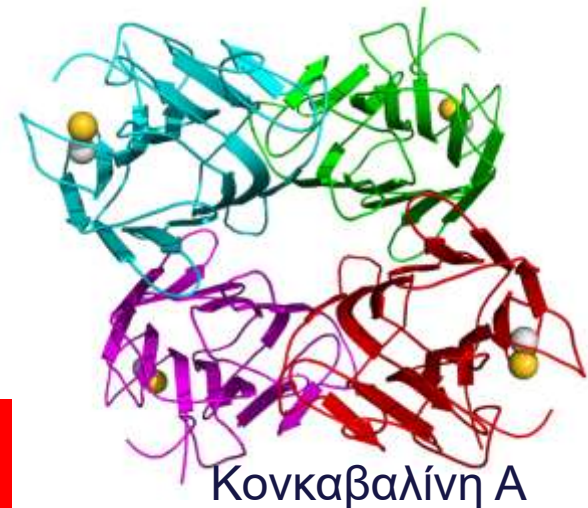
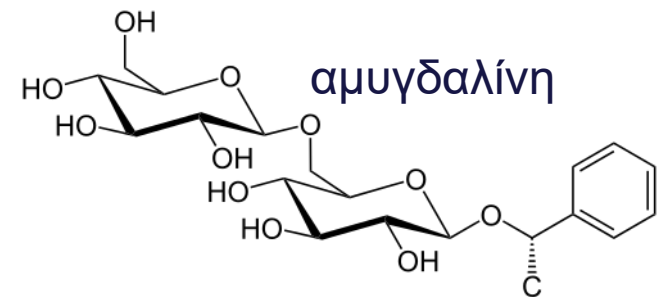
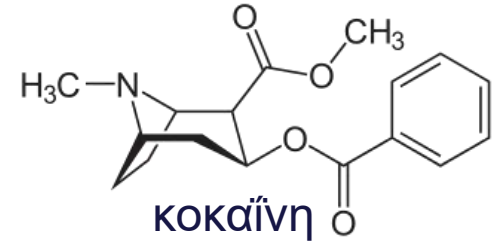
β-καροτένιο

ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΦΥΤΩΝ

ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΕΣ (καταγεγραμμένοι >190.000)

■ Αζωτούχες ενώσεις

- ✓ **Αλκαλοειδή** (κοκαΐνη, καφεΐνη, μορφίνη, κινίνη, νικοτίνη, ατροπίνη....)
- ✓ **Αμινοξέα που δεν απαντώνται σε πρωτεΐνες**
- ✓ **Αμίνες**
- ✓ **Κυανογόνα γλυκοσίδια (αμυγδαλίνη)**
- ✓ **Γλυκοσινολίδια (θειογλυκοσίδια)**
- ✓ **Αλκαμίδια**
- ✓ **Λεκτίνες (κονκαβαλίνη Α), Πεπτίδια, πολυπεπτίδια**



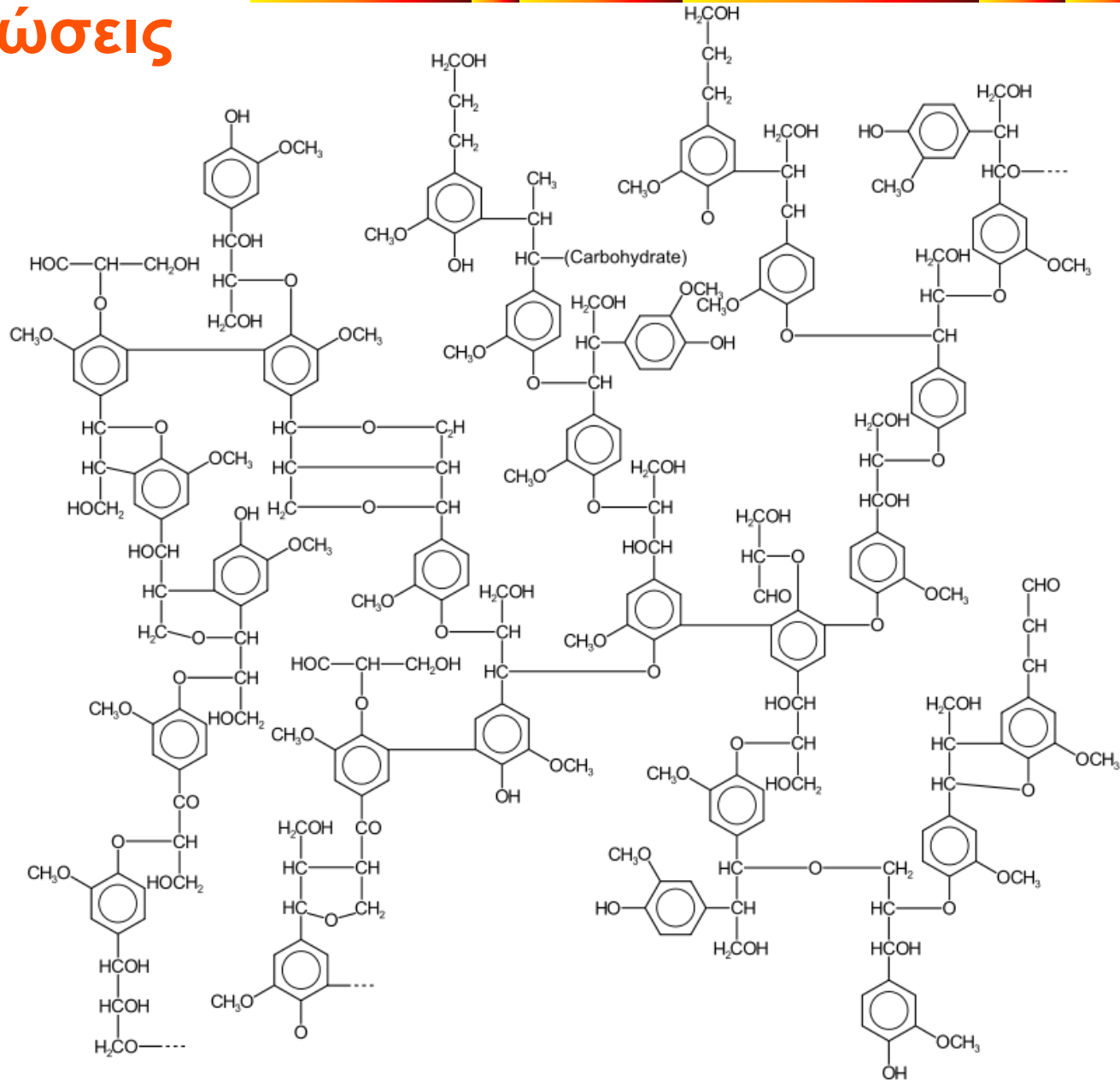
ΟΧΙ

ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΦΥΤΩΝ

■ Φαινολικές ενώσεις

ΟΧΙ

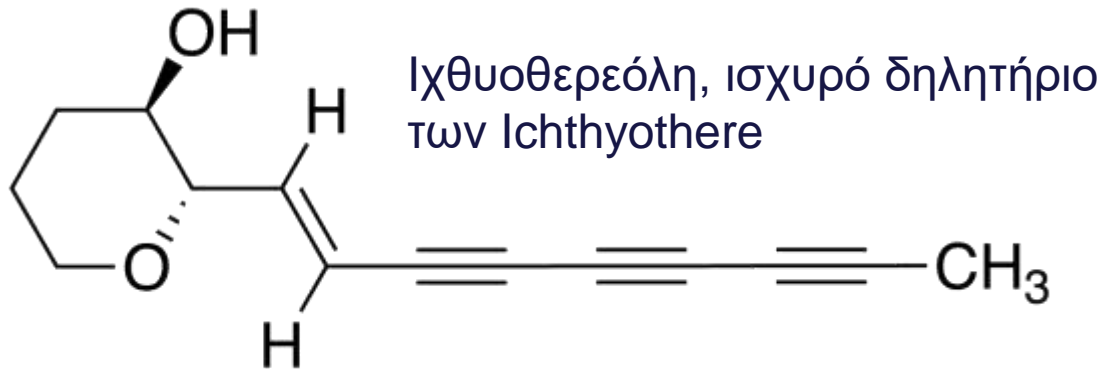
Λιγνίνη



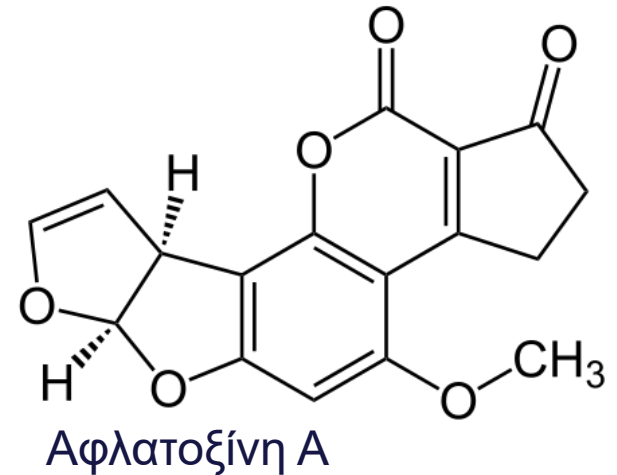
ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΦΥΤΩΝ

ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΕΣ (καταγεγραμμένοι >190.000)

- Πολυακετυλένια, λιπαρά οξέα & κηροί



- Πολυκετίδια (π.χ. μυκοτοξίνες)



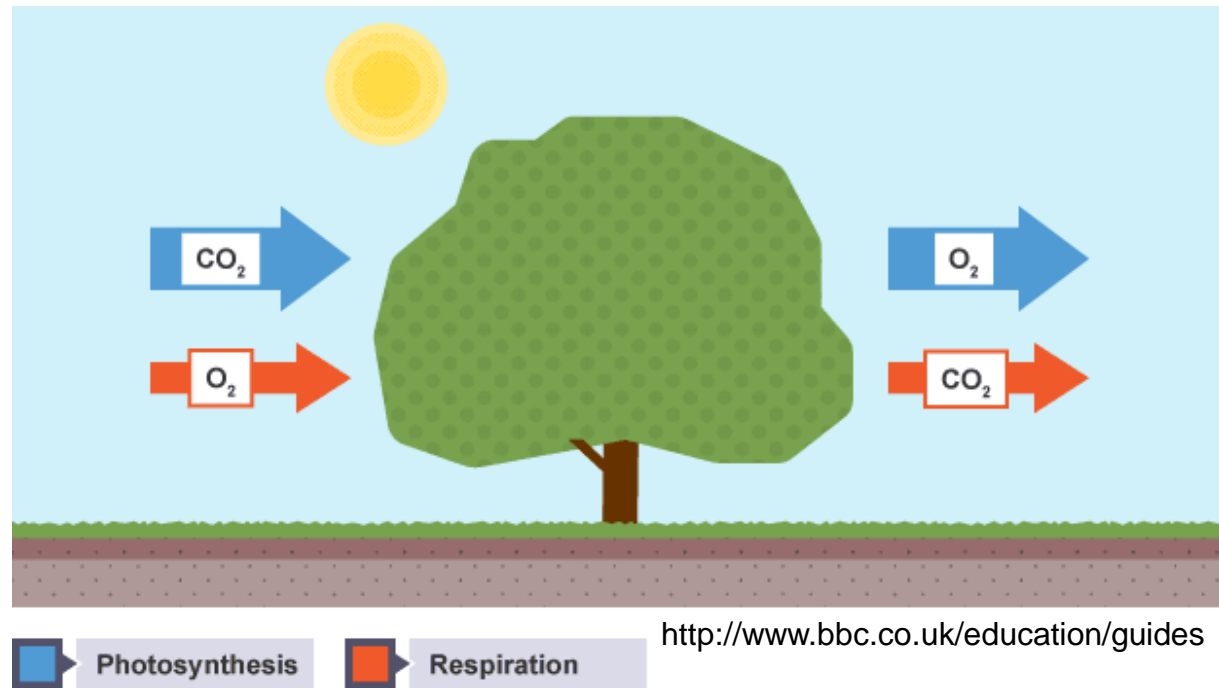
- Υδατάνθρακες (εστέρες σακχάρων, γλυκορητίνες...)

- Οργανικά οξέα

ΟΧΙ

ΑΝΑΠΝΟΗ

- Διαδικασία κατά την οποία οι αποθηκευμένες οργανικές ύλες (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη) διασπώνται σε απλά τελικά προϊόντα με κατανάλωση O_2 , παραγωγή $CO_2 - H_2O -$ ενέργεια:



ΑΝΑΠΝΟΗ

- Η απώλεια των ουσιών αυτών **επιταχύνει την αποσύνθεση**, αφού:
 - ✓ εξαφανίζονται τα ενεργειακά αποθέματα του φρούτου
 - ✓ χάνεται η διατροφική του αξία και η ποιότητα του αρώματος
 - ✓ μειώνεται η γλυκιά γεύση
 - ✓ η ενέργεια που απελευθερώνεται ως **θερμότητα** επηρεάζει την τεχνολογία της επεξεργασίας των φρούτων

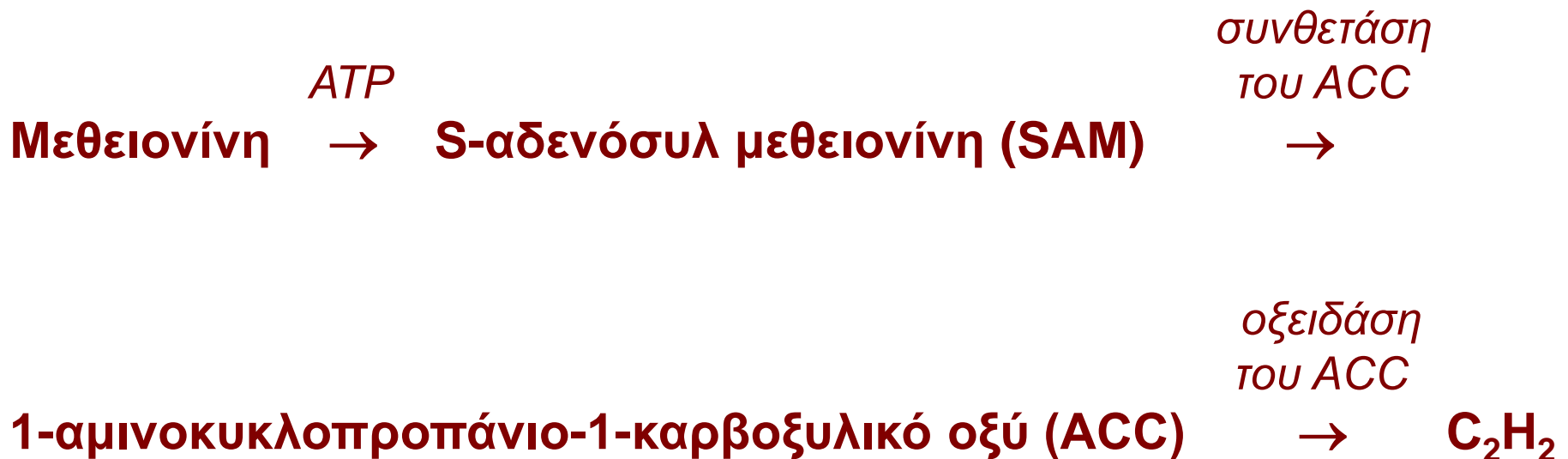
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ



- Είναι το μικρότερο οργανικό μόριο που επηρεάζει τις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών (**φυτική ορμόνη**)
- Αποτελεί **προϊόν του μεταβολισμού** τους και παράγεται από όλους τους ιστούς και από ορισμένους μικροοργανισμούς
- **Ρυθμίζει την ανάπτυξη & αποσύνθεση** του φρούτου ακόμη και σε ίχνη (< 0,1 ppm)

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ

■ Βιοσύνθεση:

**ΟΧΙ**

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ

Η **ταχύτητα παραγωγής** του εξαρτάται από το **είδος** του φρούτου και:

ΟΧΙ

- **Αυξάνεται με:**

- ✓ Ωρίμανση
- ✓ Φυσικές αλλοιώσεις
- ✓ Ασθένειες
- ✓ Αύξηση της θερμοκρασίας **>30°C**

- **Μειώνεται με:**

- ✓ Αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες
- ✓ Μείωση του O₂ (< 8%) ή/και
- ✓ Αύξηση του CO₂ (> 1%) στην ατμόσφαιρα των χώρων αποθήκευσης

ΔΙΑΠΝΟΗ- ΑΠΩΛΕΙΑ ΝΕΡΟΥ

- Το **επιδερμικό σύστημα** (εξωτερικά προστατευτικά στρώματα) ελέγχει την απώλεια νερού (**διαπνοή**) από τη σάρκα του φρούτου
- Η απώλεια νερού είναι η **κύρια αιτία αποσύνθεσης** γιατί έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια βάρους, αλλοίωση της εμφάνισης, υφής και διατροφικής αξίας των φρούτων

ΔΙΑΠΝΟΗ- ΑΠΩΛΕΙΑ ΝΕΡΟΥ

- Η διαπνοή επηρεάζεται από:
 - ✓ **εσωτερικούς** (μορφολογικά - ανατομικά χαρακτηριστικά)
 - ✓ **εξωτερικούς** παράγοντες (θερμοκρασία, ατμοσφαιρική πίεση, άνεμος)
- Μπορεί να ελεγχθεί με **κατεργασίες** όπως επικάλυψη με κηρούς ή πλαστικά φιλμ ή τροποποίηση του περιβάλλοντος χώρου (π.χ. υψηλή υγρασία & ελεγχόμενη ροή αέρα)

ΑΛΛΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

- **Φυσιολογικές αλλοιώσεις** που προκαλούνται από πάγωμα, θερμότητα ή και έλλειψη **ασβεστίου** και **οξυγόνου**. Συμπτώματα μπορεί να είναι:
 - ✓ αποχρωματισμός
 - ✓ ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών
 - ✓ σάπισμα
 - ✓ αφυδάτωση
 - ✓ κλπ.

ΑΛΛΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

- **Μηχανική καταπόνηση** (τραυματισμοί της επιφάνειας). Δημιουργεί:
 - ✓ Άσχημη εμφάνιση
 - ✓ Επιταχύνει απώλεια νερού
 - ✓ Αυξάνει ρυθμούς αναπνοής & παραγωγής αιθυλενίου
 - ✓ Αλλοιώνει άρωμα

- ❖ Οι μηχανικές αλλοιώσεις είναι τα κύρια σημεία **εισβολής μικροοργανισμών** σε υγιείς ιστούς που μπορεί να προκαλέσουν αποσύνθεση

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

- Ο κυριότερος περιβαλλοντολογικός παράγοντας που επηρεάζει την ταχύτητα αποσύνθεσης των φρούτων
- Για κάθε αύξηση **>10°C** πάνω από την βέλτιστη θερμοκρασία, η ταχύτητα αποσύνθεσης αυξάνει **2-3 φορές**
- Επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο δρουν το αιθυλένιο, O₂ & CO₂ καθώς και την ταχύτητα ανάπτυξης των παθογόνων μικροοργανισμών

ΑΕΡΑΣ

- επηρεάζει τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος και κατά συνέπεια την ταχύτητα απώλειας ύδατος από τα φρούτα

ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

- Μείωση O_2 ή αύξηση CO_2 είτε σκόπιμη (τροποποιημένη ατμόσφαιρα αποθήκευσης) ή τυχαία, μπορεί να έχει επιθυμητό ή όχι αποτέλεσμα όσον αφορά την αποσύνθεση
- Η επίδραση εξαρτάται από ποικιλία, ηλικία, επίπεδα O_2 & CO_2 , θερμοκρασία & χρόνο αποθήκευσης

ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

- Ο **ρυθμός απώλειας νερού** εξαρτάται από τη διαφορά τάσης ατμών ανάμεσα στο φρούτο και τον περιβάλλοντα χώρο
- Επηρεάζεται από την **θερμοκρασία**
- **Χαμηλή σχετική υγρασία** έχει ως αποτέλεσμα ανεπιθύμητη απώλεια νερού
- **Υγρασία ~100%** μπορεί να προκαλέσει εκτεταμένη ανάπτυξη μικροοργανισμών

ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ

!

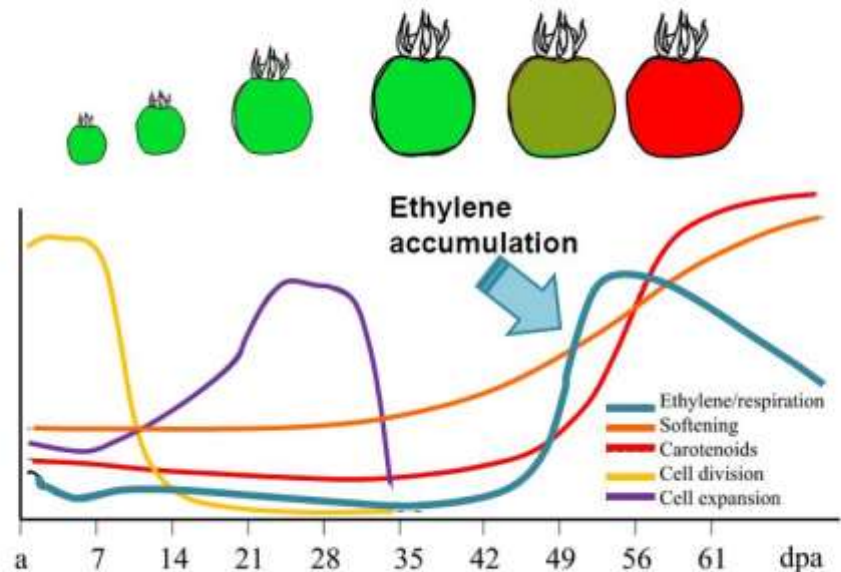
- Η επίδρασή του στα φρούτα μετά την συγκομιδή μπορεί να είναι επιθυμητή (**επιτάχυνση ωρίμανσης**) ή ανεπιθύμητη και εξαρτάται από τη θερμοκρασία, το χρόνο έκθεσης, και τη συγκέντρωση αιθυλενίου
 - ❖ Π.χ. ποσότητα **~50 ppb** επιταχύνει την ωρίμανση των ακτινιδίων και στους 0°C, ενώ και τα αβοκάντο είναι πολύ ευαίσθητα στην δράση του

ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ

- Έκθεση σε συγκέντρωση **1 ppm** αυξάνει τα συμπτώματα αλλοιώσεων σε χαμηλές θερμοκρασίες

❖ Η χρήση αιθυλενίου για το **κιτρίνισμα εσπεριδοειδών** μπορεί να επιταχύνει το σάπισμα και να υποβοηθήσει την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών

Ethylene synthesis increases dramatically during fruit ripening



Θέματα εξετάσεων

1. Τι είναι οι διαιτητικές (ή φυτικές) ίνες & ποια η διατροφική τους αξία;
2. Αναφέρατε τα ένζυμα που έχουν μεγάλη σημασία για την ποιότητα των φρούτων/λαχανικών και των προϊόντων τους.
3. Ποια είναι τα πιο συνήθη οργανικά οξέα των φρούτων/λαχανικών;
4. Ποιες είναι οι κύριες κατηγορίες φαινολικών ενώσεων των φρούτων/λαχανικών;
5. Τι είναι δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών; Τι είναι τα τερπένια;
6. Ο ρόλος του αιθυλενίου στα φυτά.



**ΔΕΝ ΕΞΕΤΑΖΕΤΑΙ ΥΛΗ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΧΕΙ
ΣΗΜΑΝΘΕΙ ΜΕ (!)**

ΧΗΜΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ: ΦΡΟΥΤΑ & ΛΑΧΑΝΙΚΑ

Ευχαριστώ!



Αργυρώ Μπεκατώρου

Καθηγήτρια Χημείας & Τεχνολογίας Τροφίμων

Τμήμα Χημείας, Παν/μιο Πατρών

Πάτρα 2023