



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

Βιοχημεία Τροφίμων Ι

Ενότητα 10^η

Φρούτα και Λαχανικά Ι

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 σύστασης φρούτων και λαχανικών
- Κατανόηση της αναπνοής και της κλιμακτηρικής αναπνοής στα φρούτα και τα λαχανικά
- Κατανόηση του ρόλου του αιθυλενίου στην κλιμακτηρική αναπνοή
- Κατανόηση της βιοσύνθεσης του αιθυλενίου



Λέξεις - κλειδιά

- Λέξεις κλειδιά: Φρούτα, Λαχανικά, Σύσταση, Αναπνοή, Κλιμακτηρική Αναπνοή, Αιθυλένιο, Βιοσύνθεση
- Key words: Fruits, Vegetables, Composition, Respiration, Climacteric Respiration, Ethylene, Biosynthesis



Φυτικής προέλευσης τρόφιμα (α)

- Η συστηματική βοτανική κατατάσσει τους εδώδιμους φυτικούς ιστούς σε τέσσερις κατηγορίες:
 - τα **ριζώματα**,
 - τους **βολβούς**,
 - τα **φύλλα**
 - τα **φρούτα**.
- Τα φυτικής προέλευσης τρόφιμα ομαδοποιούνται και με βάση την εμπορική τους χρήση, π.χ. σε φρούτα, λαχανικά, ξηρούς καρπούς, σιτηρά κλπ.



Φυτικής προέλευσης τρόφιμα (β)

- Στην κατηγορία των **ριζωμάτων** ανήκουν:
 - τα σακχαρότευτλα, οι γλυκοπατάτες, η κάσσαβα.
- Στην κατηγορία των **βολβών** ανήκουν:
 - οι πατάτες, τα κρεμμύδια, το σκόρδο, το σακχαροκάλαμο, το σπαράγγι.
- Στην κατηγορία των **φύλλων** ανήκουν:
 - το μαρούλι, το σπανάκι, το λάχανο, το τσάι, το σινάπι.
- Στην κατηγορία των **φρούτων** ανήκουν:
 - η ντομάτα, τα πράσινα φασολάκια, το αγγούρι.





Σύσταση εδώδιμων φυτών (α)

Η σύσταση των πιο συνηθισμένων ομάδων εδώδιμων φυτών.

	H ₂ O (%)	Υδατάνθρακες (%)	Λίπος (%)	Πρωτεΐνες (%)
Φρούτα	80-90	5-20	0.1-0.5	0.5-3
Φρέσκα Λαχανικά	80-90	2-20	0.1-0.3	5-7
Όσπρια	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



Σύσταση εδώδιμων φυτών (β)

- **Το νερό:**
 - το κύριο συστατικό φρούτων και λαχανικών (μέχρι το 90% του βάρους).
 - επηρεάζει την ποιότητα και την αποσύνθεση τους.
 - η σκληρότητα βασικός παράγοντας ποιότητας.
 - η απώλεια μετασυλλεκτικά σχετίζεται με την μείωση της ποιότητας.
- **Οι υδατάνθρακες:**
 - η συγκέντρωση ποικίλει ανάλογα με το είδος.
 - τα κυριότερα απλά σάκχαρα είναι η γλυκόζη, η φρουκτόζη, η σακχαρόζη και η μαλτόζη.
 - το άμυλο αποτελεί τον κύριο αποθηκευτικό πολυσακχαρίτη.
 - η κυτταρίνη τον κύριο δομικό πολυσακχαρίτη.



Σύσταση εδώδιμων φυτών (γ)

● Διαιτητικές ίνες:

- τα φρούτα και τα λαχανικά θεωρούνται οι κύριες πηγές διαιτητικών ινών.
- συγκεντρώσεις από 0.5 ως 1.5%.
- κυτταρίνη, ημικυτταρίνες, πηκτίνες και λιγνίνη.
- χάρις στην υψηλή ικανότητα κατακράτησης νερού:
 - συμβάλλουν στην περισταλτική κίνηση του εντέρου.
 - θεωρείται ότι μειώνουν τον κίνδυνο του καρκίνου του εντέρου και των καρδιαγγειακών παθήσεων



Σύσταση εδώδιμων φυτών (δ)

● Οι πρωτεΐνες:

- σε χαμηλές συγκεντρώσεις.
- στην σόγια φτάνουν το 3.5%, στους ξηρούς καρπούς το 25%.
- θεωρούνται χαμηλότερης θρεπτικής αξίας από τις ζωικές.
- συχνά είναι ελλειμματικές σε ένα ή περισσότερα απαραίτητα αμινοξέα (π.χ. το σιτάρι σε λυσίνη και η σόγια σε μεθειονίνη).
- ένζυμα, όπως η χλωροφυλλάση, η κυτταρινάση, η πολυγαλακτουρονάση, η λιποξυγενάση, η πολυφαινυλοξειδάση κλπ, εμπλέκονται στην ωρίμανση και την αποσύνθεση φρούτων και λαχανικών.



Σύσταση εδώδιμων φυτών (ε)

● Το λίπος:

- σε χαμηλά επίπεδα.
- εξαίρεση οι ελιές, το αβοκάντο και οι ξηροί καρποί.
- συνίσταται από:
 - αποθηκευτικά τριγλυκερίδια
 - τα φωσφολιπίδια των κυτταρικών μεμβρανών.
 - τους κηρούς της επιφάνειας (λαμπερή εμφάνιση των φρούτων), (προστασία από απώλεια νερού και προσβολή από παθογόνους).
- σημαντικός ρόλος στο άρωμα και τη γεύση των φρούτων.
 - στο κομμένο φρούτο η λιποξυγενάση έρχεται σε άμεση επαφή με τα υποστρώματα της (ακόρεστα λιπαρά οξέα) και οδηγεί στην παραγωγή πτητικών ενώσεων, σε κάποιες περιπτώσεις όμως και δυσάρεστων οσμών.



Σύσταση εδώδιμων φυτών (στ)

● Βιταμίνες:

- τα φρούτα και τα λαχανικά κύριες πηγές των περισσότερων βιταμινών.
- σε μια ισορροπημένη διαίτα η συμβολή των φρούτων και των λαχανικών στη ημερήσια πρόσληψη:
 - βιταμίνη Α 50%.
 - θειαμίνη (B1) 60%.
 - ριβοφλαβίνη (B2) 30%.
 - νιασίνη (B3) 50%.
 - βιταμίνη C 100%.
- απώλειες βιταμινών κατά την επεξεργασία (πλύσιμο, λεύκανση, κονσερβοποίηση).



Σύσταση εδώδιμων φυτών (ζ)

- **Μεταλλικά στοιχεία:**

- Κ (κυρίαρχο), Ca και Mg,
- σε μικρότερες ποσότητες Mn, Zn, Fe, Cu, Co, Mo, I.

- **Χρωστικές και φαινολικές ενώσεις:**

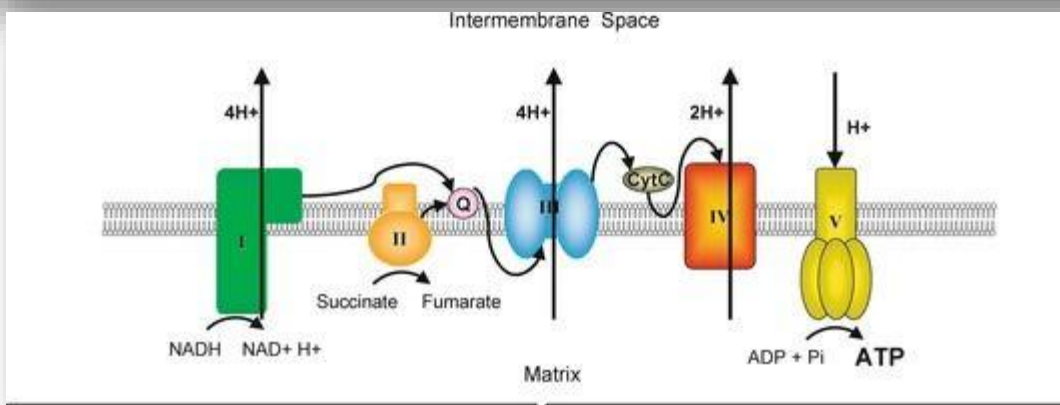
- χλωροφύλλη, καροτενοειδή, ανθοκυανίνες.
- υπεύθυνες για το χρώμα προσυλλεκτικά & μετασυλλεκτικά



Αναπνοή (α)

Πίνακας 18.2 Συστατικά της μιτοχονδριακής αλυσίδας μεταφοράς ηλεκτρονίων

Ενζυμικό σύμπλοκο	Μάζα (kd)	Υπομονάδες	Προσθετική ομάδα	Οξειδωτικό ή αναγωγικό		
				Πλευρά μήτρας	Εσωτερικό μεμβράνης	Διαμεμβρανικός Χώρος
Οξειδοαναγωγή του ζεύγους NADH-Q	>900	46	FMN Fe-S	NADH	Q	
Αναγωγή του ζεύγους ηλεκτρικού-Q	140	4	FAD Fe-S	Ηλεκτρικό	Q	
Οξειδοαναγωγή του ζεύγους Q-κυτοχρώματος c	250	11	Αίμη b_H Αίμη b_L Αίμη c_1 Fe-S		Q	Κυτόχρωμα c
Οξειδάση του κυτοχρώματος c	160	13	Αίμη a Αίμη a_3 Cu _A και Cu _B			Κυτόχρωμα c



<https://www.youtube.com/watch?v=39HTpUG1MwQ>

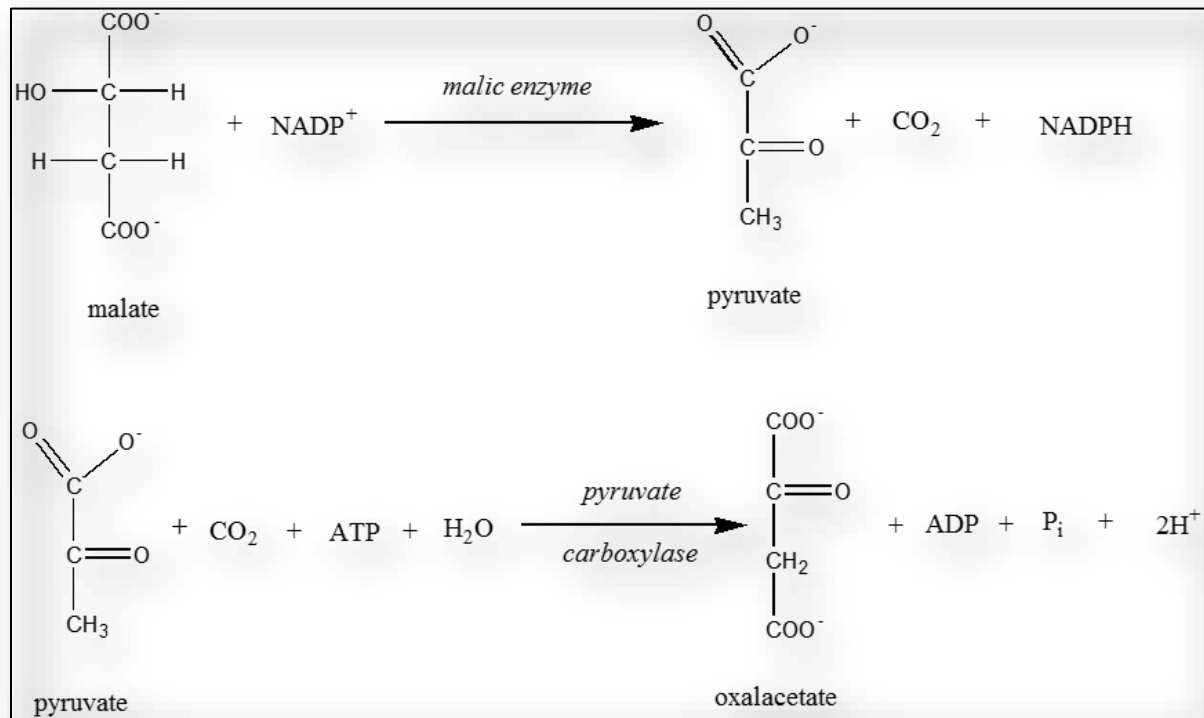
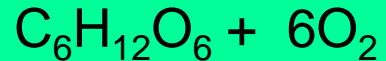


Αναπνοή (β)

- θεμελιώδης μεταβολική διεργασία
- πρωταρχικού ρόλου στην μετασυλλεκτική φυσιολογία
- Στα ανώτερα φυτά τα κύρια αποθηκευτικά μόρια (σακχαρόζη και άμυλο) οξειδώνονται σε CO_2 και H_2O
- η κατανάλωση O_2 & η παραγωγή CO_2 ποικίλουν ανάλογα με:
 - την οξείδωση
αναπνευστική αλυσίδα = κατανάλωση O_2 & παραγωγή CO_2
 - την αποκαρβοξυλίωση
λιπαρών οξέων, οργανικών οξέων, αμινοξέων



Κλάσμα αναπνοής (α)





Κλάσμα αναπνοής (β)

Κλάσμα αναπνοής (Respiratory Quotient, **RQ**):

- μέτρο μετασυλλεκτικών αλλαγών στα μεταβολικά μονοπάτια που εμπλέκονται άμεσα στην αναπνοή.
- δείκτης λειτουργίας μη αναπνευστικών συστημάτων οξείδωσης ή αποκαρβοξυλίωσης που συνεισφέρουν έμμεσα στην αναπνοή.

$$RQ = \frac{\text{όγκος εκλυόμενου } CO_2}{\text{όγκος καταναλισκόμενου } O_2}$$



Κλάσμα αναπνοής (γ)

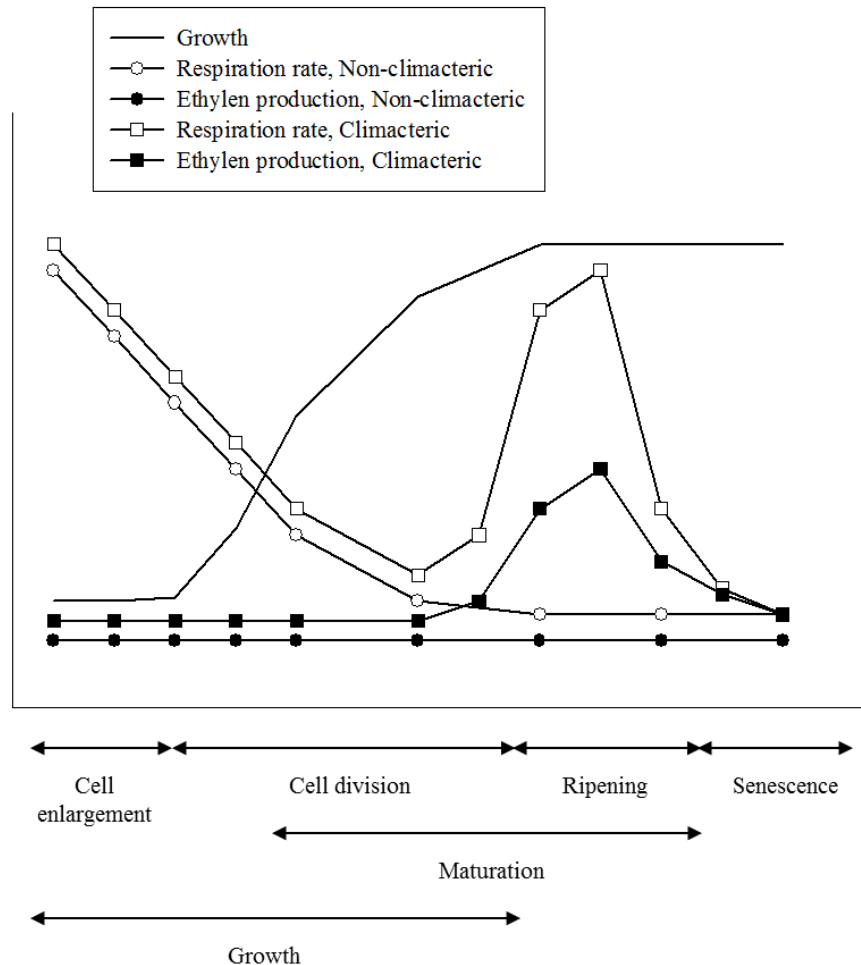
Κλάσμα αναπνοής (RQ) σε μετασυλλεκτικούς φυτικούς ιστούς.

Ιστός	Κλάσμα αναπνοής (RQ)
Φύλλα πλούσια σε υδατάνθρακες	1.00
Βλαστώνων σπόρος δημητριακού	1.00
Βλαστώνων σπόρος δημητριακού σε 5-20% O_2	0.95
Μήλο σε προκλιμακτηρική φάση	1.00
Μήλο σε κλιμακτηρική φάση	1.50
Μήλο σε μετακλιμακτηρική φάση	1.30
Μήλο παρουσία HCN	2.00
Μήλο παρουσία $CHCl_3$	0.25



Κλιμακτηρική αναπνοή (α)

Ανάπτυξη, αναπνοή και παραγωγή αιθυλενίου κλιμακτηριακών και μη κλιμακτηριακών φυτών.

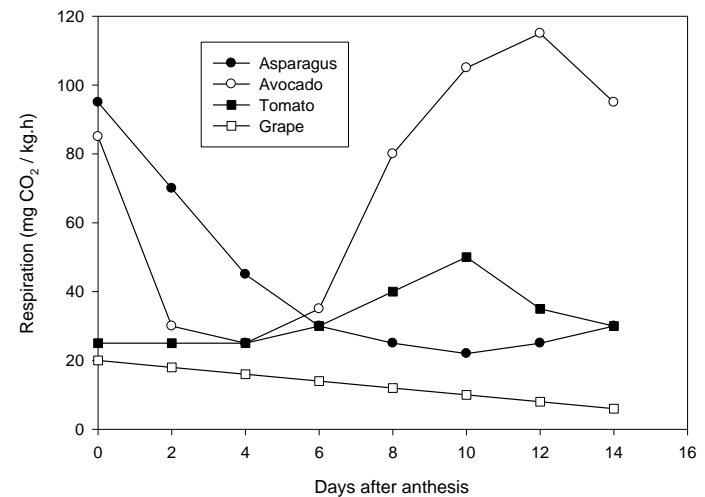




Κλιμακτηρική αναπνοή (β)

Κλιμακτηρική αύξηση αναπνοής:

- μετασυλλεκτική αύξηση ταχύτητας αναπνοής.
- συμπίπτει με αλλαγές στο χρώμα, την γεύση και την δομή.
- σηματοδοτεί:
 - το τέλος της ωρίμανσης.
 - την έναρξη της αποσύνθεσης.
- φρούτα:
 - ⇒ κλιμακτηρικά.
 - ⇒ μη κλιμακτηρικά.
- λαχανικά ⇒ μη κλιμακτηρικά.
- μη κλιμακτηρικά φρούτα & λαχανικά:
 - σταθερή μείωση μετασυλλεκτικής αναπνοής.





Κλιμακτηρική αναπνοή (γ)

Ταξινόμηση των εδώδιμων φρούτων με βάση την κλιμακτηριακή αύξηση της αναπνοής:

● Κλιμακτηρικά:

- Μήλο.
- Ροδάκινο.
- Βερίκοκο.
- Μπανάνα.
- Καρπούζι.
- Αβοκάντο.
- Ντομάτα.

● Μη κλιμακτηρικά:

- Πορτοκαλί.
- Λεμόνι.
- Γκρέϊπφρουτ.
- Σταφύλι.
- Πεπόνι.
- Ανανάς.
- Φράουλα.

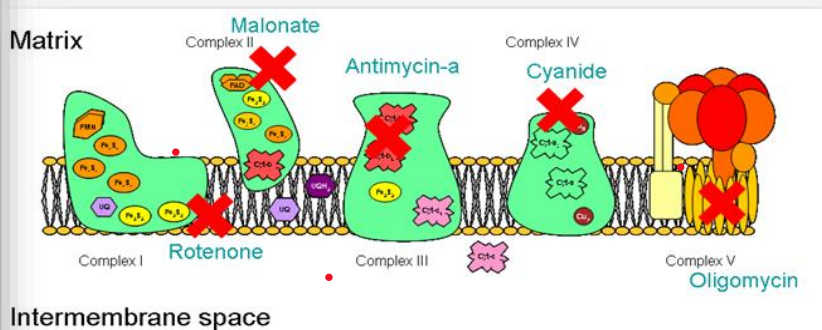
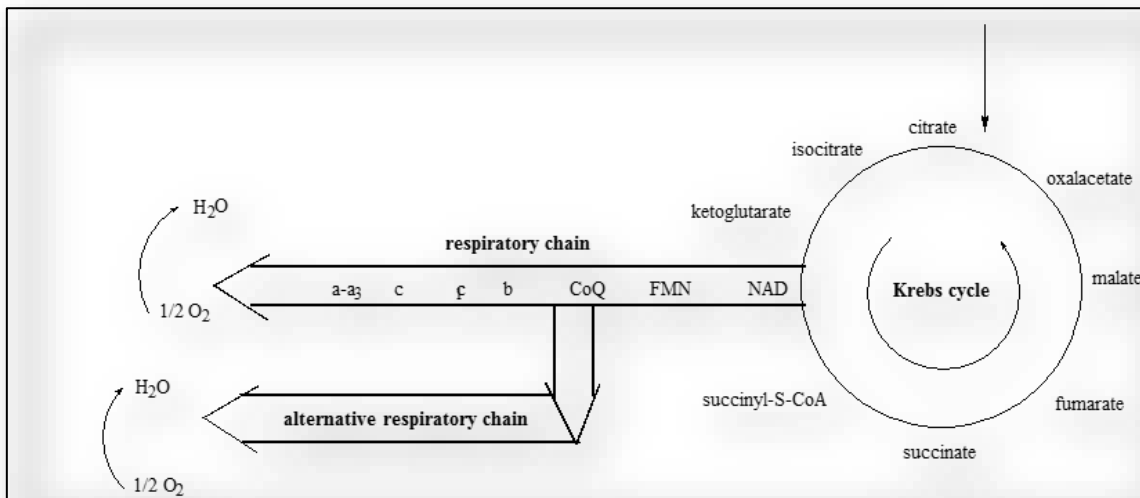
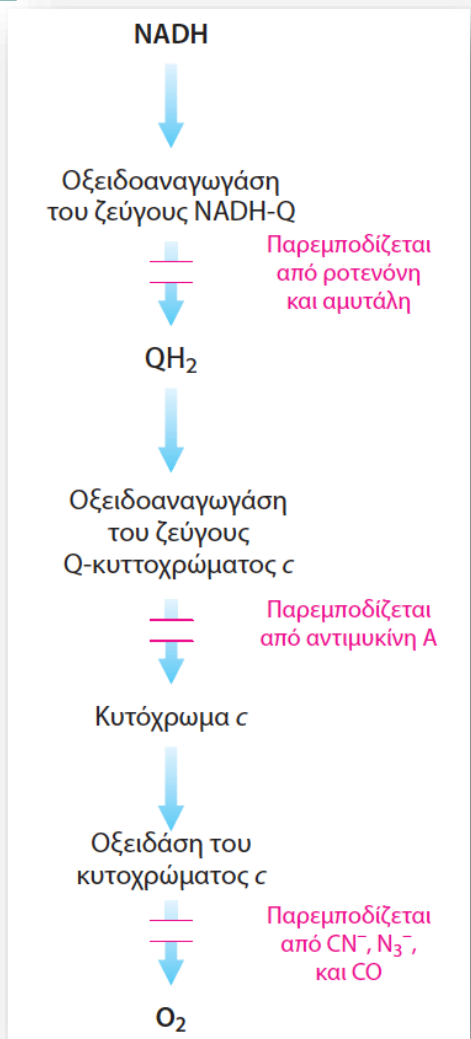


Κλιμακτηρική αναπνοή (δ)

- θερμογενής αναπνοή
- εναλλακτικό μιτοχονδριακό σύστημα μεταφοράς e^-
- δεν είναι ευαίσθητο στα CN^- , τα οποία
 - παράγονται κατά την βιοσύνθεση του $CH_2=CH_2$
 - ρυθμίζουν την βιοσύνθεση του $CH_2=CH_2$
 - ευνοούν το εναλλακτικό σύστημα μεταφοράς e^-



Κλιμακτηρική αναπνοή (ε)



Η κανονική αναπνευστική αλυσίδα



Κλιμακτηρική αναπνοή (στ)

Κλιμακτηρική αναπνοή

- Οξειδάση κυτοχρώματος C μη ευαίσθητη στο CN⁻
- Δύο υπομονάδες:
 - οξειδωμένη μορφή (δισουλφιδικοί δεσμοί), ⇒ λιγότερο ενεργή.
 - ανηγμένη μορφή (μη ομοιοπολικές αλληλοεπιδράσεις), ⇒ πιο ενεργή.
- Δεν υπάρχει σύζευξη με την οξειδωτική φωσφορυλίωση,
 - άρα όχι σύνθεση ATP, αντίθετα παραγωγή θερμότητας
- Ενεργοποίηση σε υψηλή συγκέντρωση NADH
(άρα περίσσειας μεταβολιτών)



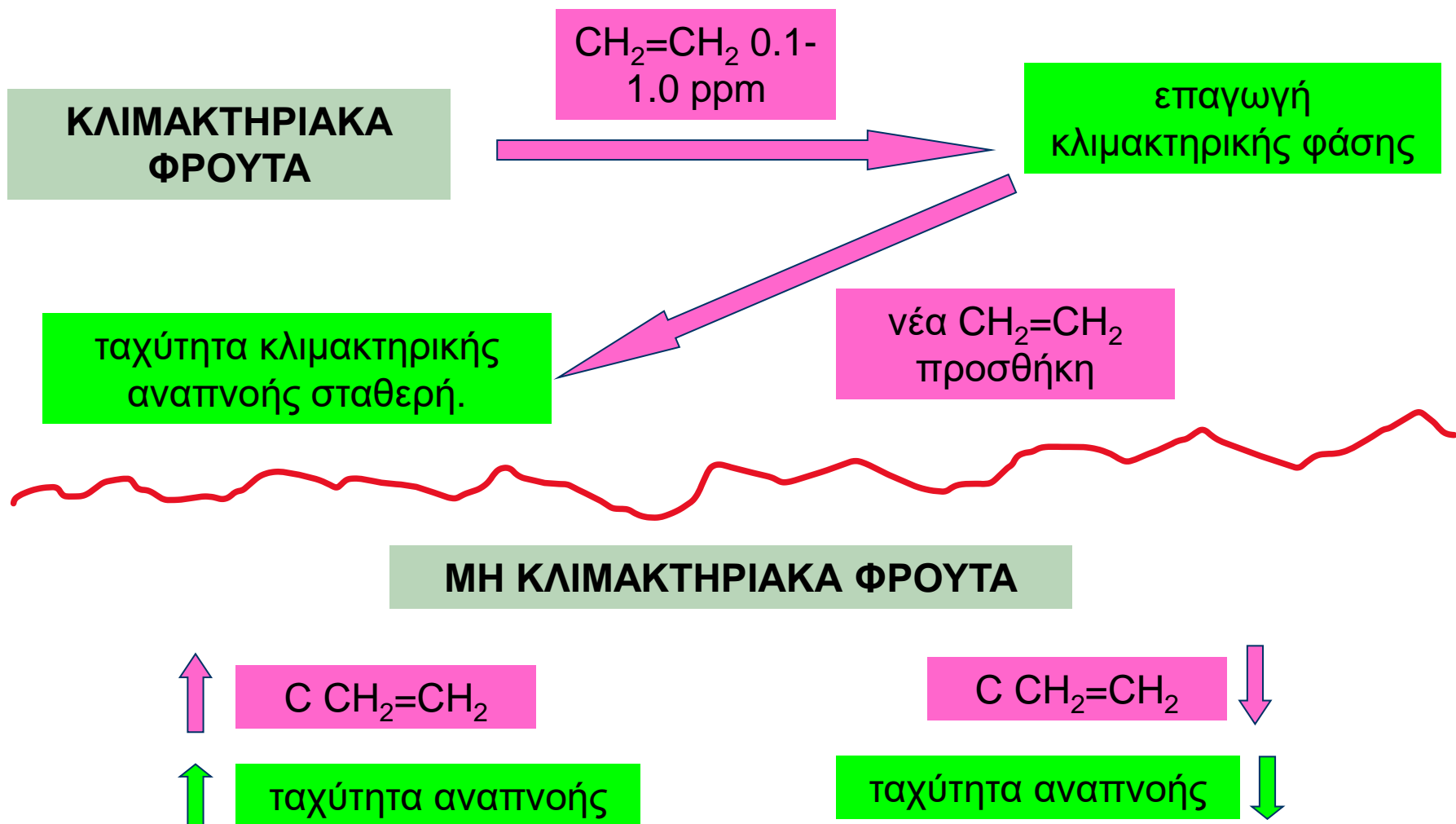
Το αιθυλένιο

Το αιθυλένιο ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$):

- λειτουργεί ως φυτική ορμόνη.
- η αποτελεσματικότητα του εξαρτάται από:
 - τον $\log C$ (συγκέντρωση).
 - την διάρκεια εφαρμογής.
 - την χρονική στιγμή της εφαρμογής.
- φρούτο πάνω το μητρικό φυτό \Rightarrow μικρότερη ευαισθησία στο $\text{CH}_2=\text{CH}_2$.
- όσο ωριμάζει το φρούτο τόσο μειώνεται η ευαισθησία του στο αιθυλένιο.

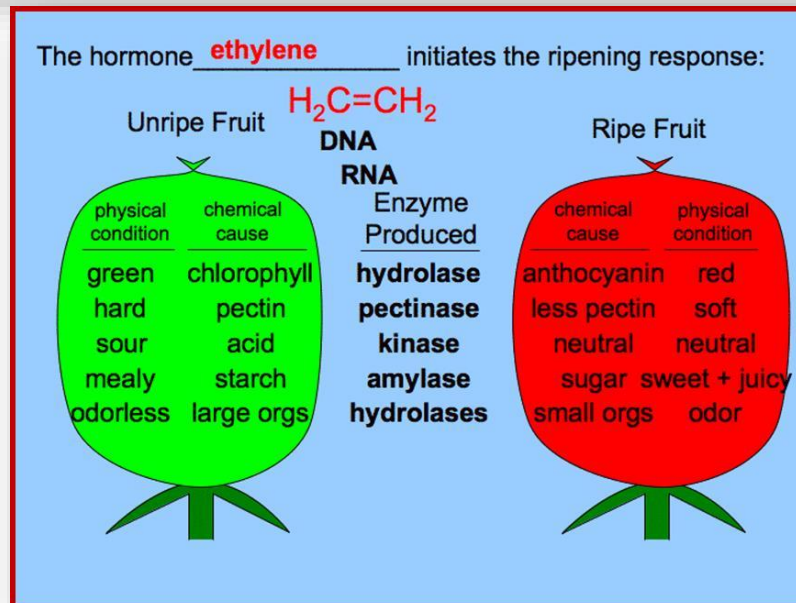
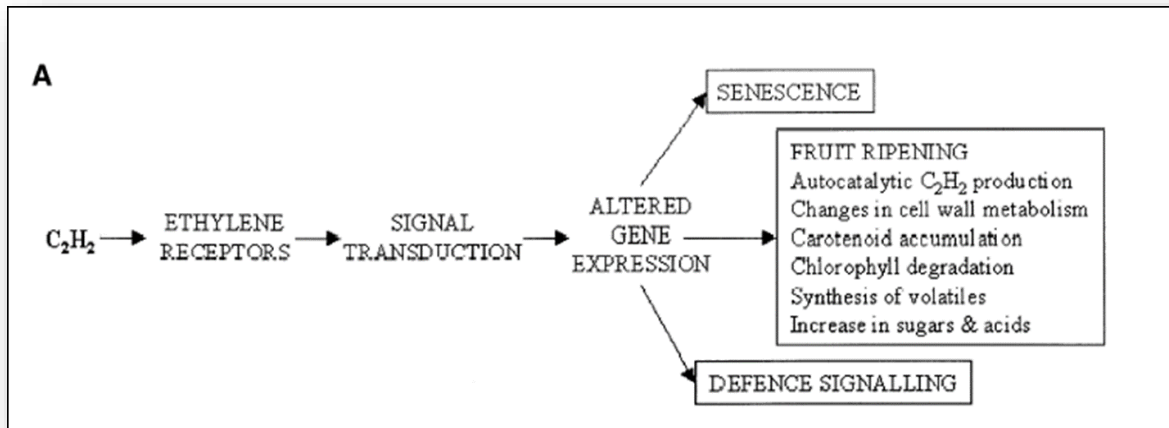


Τρόπος δράσης αιθυλενίου (α)



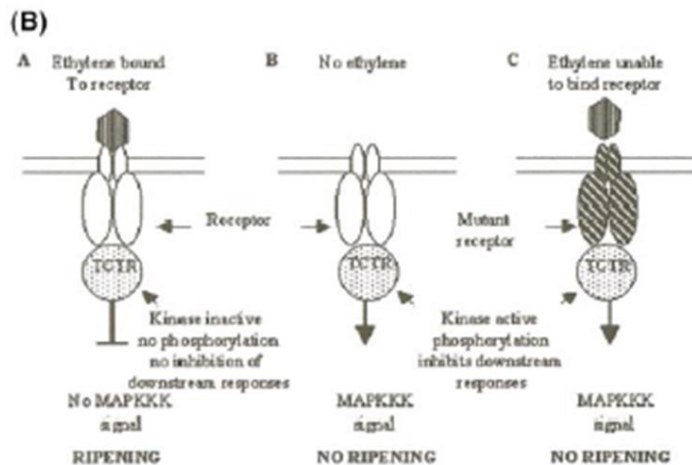
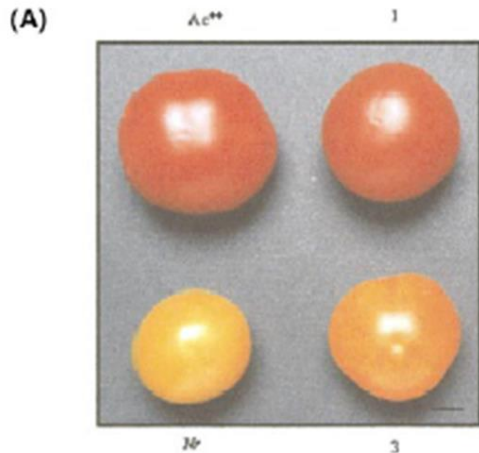


Τρόπος δράσης αιθυλενίου (β)





Τρόπος δράσης αιθυλενίου (γ)



<https://www.youtube.com/watch?v=OzpfYQbvTYc>

<https://www.youtube.com/watch?v=1gFdrDkWYu8>

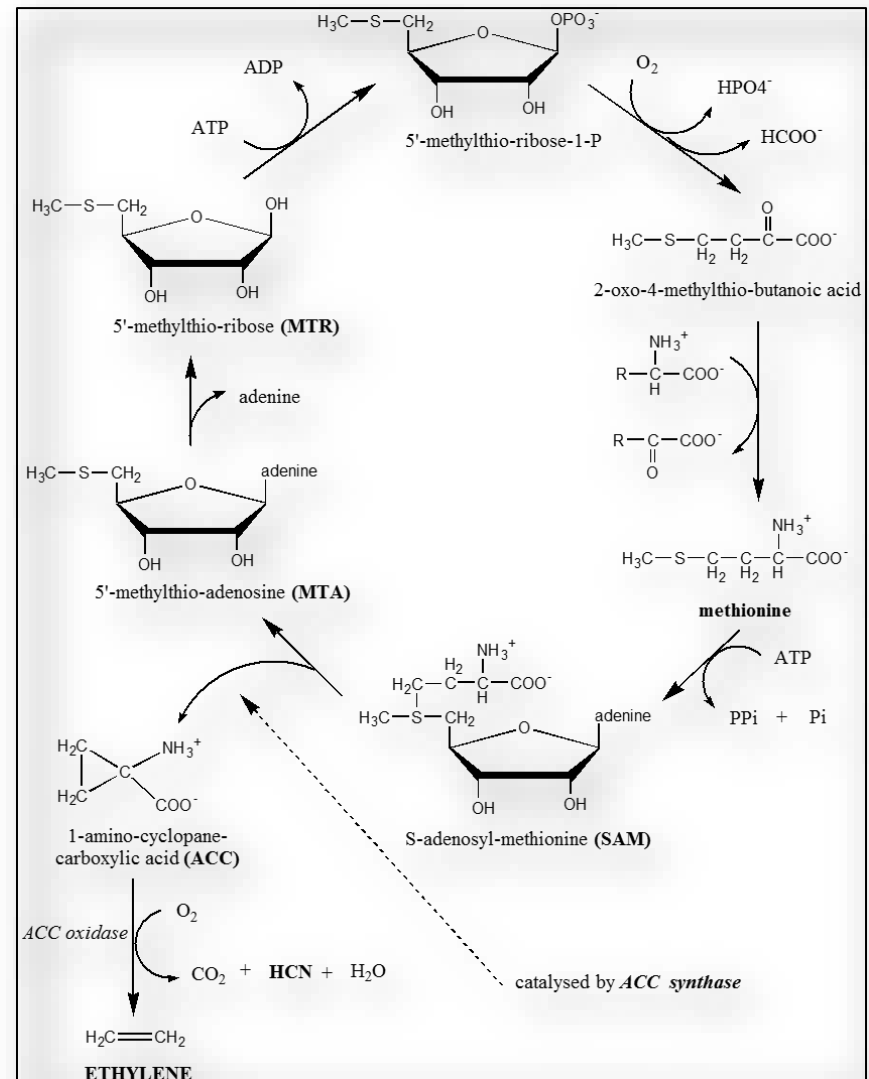


Βιοσύνθεση αιθυλενίου (α)

● Τα κυανιούχα ιόντα:

- ρυθμίζουν την βιοσύνθεση του αιθυλενίου.
- ευνοούν την λειτουργία του εναλλακτικού μιτοχονδριακού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρονίων.

<https://www.youtube.com/watch?v=OzpfYQbvTYc>





Βιοσύνθεση αιθυλενίου (β)

● Ρύθμιση:

- συνθάση του ACC.
 - παρεμποδίζεται υπό αναερόβιες συνθήκες.
 - παρεμποδίζεται σε θερμοκρασίες $> 35^{\circ}\text{C}$.
 - παρεμποδίζεται παρουσία ιόντων κοβαλτίου.
 - χαμηλή ενεργότητα στην προκλιμακτηριακή φάση.
 - μέγιστη ενεργότητα κατά την κλιμακτηριακή φάση.
 - μείωση στο υπερώριμο φρούτο.
- βιολογική και μηχανική καταπόνηση του φρούτου, επάγουν την δράση της συνθάσης του ACC.
- οξειδάση του ACC, μικρότερος βαθμός ρύθμισης



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