



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

# Βιοχημεία Τροφίμων Ι

## Ενότητα 10<sup>η</sup>

### Φρούτα και Λαχανικά Ι (μέρος β)

Όνομα καθηγητή: Έφη Τσακαλίδου

Τμήμα: Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής του Ανθρώπου



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
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.



# Αναπνοή (α)

- θεμελιώδης μεταβολική διεργασία.
- πρωταρχικού ρόλου στην μετασυλλεκτική φυσιολογία.
- περιλαμβάνει διάφορα μεταβολικά μονοπάτια.
- Στα ανώτερα φυτά τα κύρια αποθηκευτικά μόρια (σακχαρόζη και άμυλο) οξειδώνονται σε  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ .
- η κατανάλωση  $\text{O}_2$  και η παραγωγή  $\text{CO}_2$  ποικίλει ανάλογα με:
  - την οξείδωση,
  - την αποκαρβοξυλίωση
    - λιπαρών οξέων,
    - αμινοξέων,
    - οργανικών οξέων.

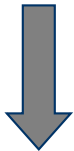


# Αναπνοή (β)



ενέργεια γλυκόζης (2870 kJ/mole)

θεωρητικά



60% θερμότητα  
+ 40% ATP

στην πράξη



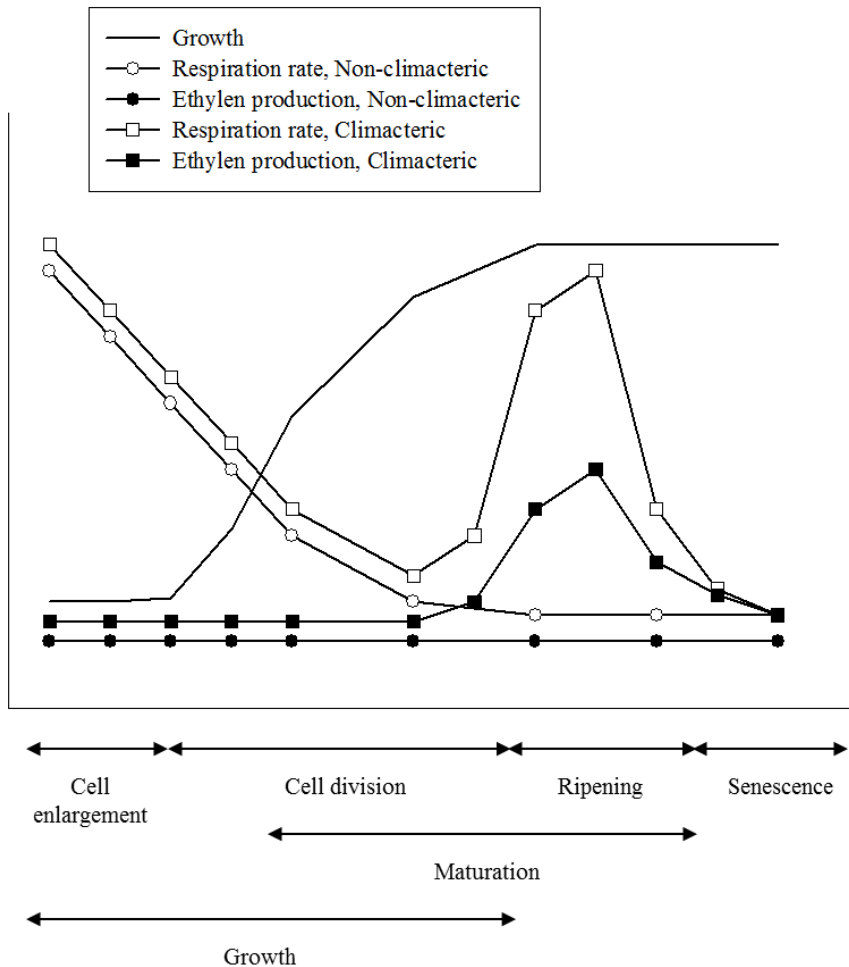
90% θερμότητα  
+ 10% ATP

μετασυλλεκτική αναπνοή κρίσιμη για τον σχεδιασμό συνθηκών  
συντήρησης των φρούτων και των λαχανικών



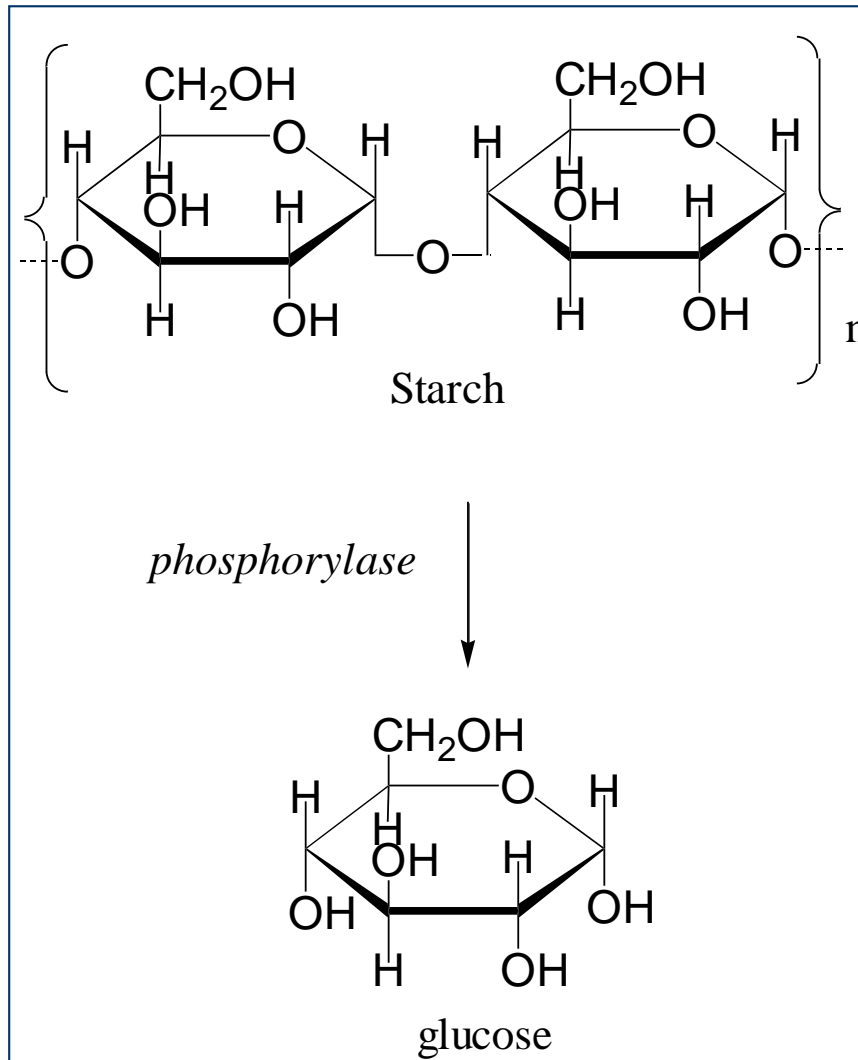
# Αναπνοή (γ)

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





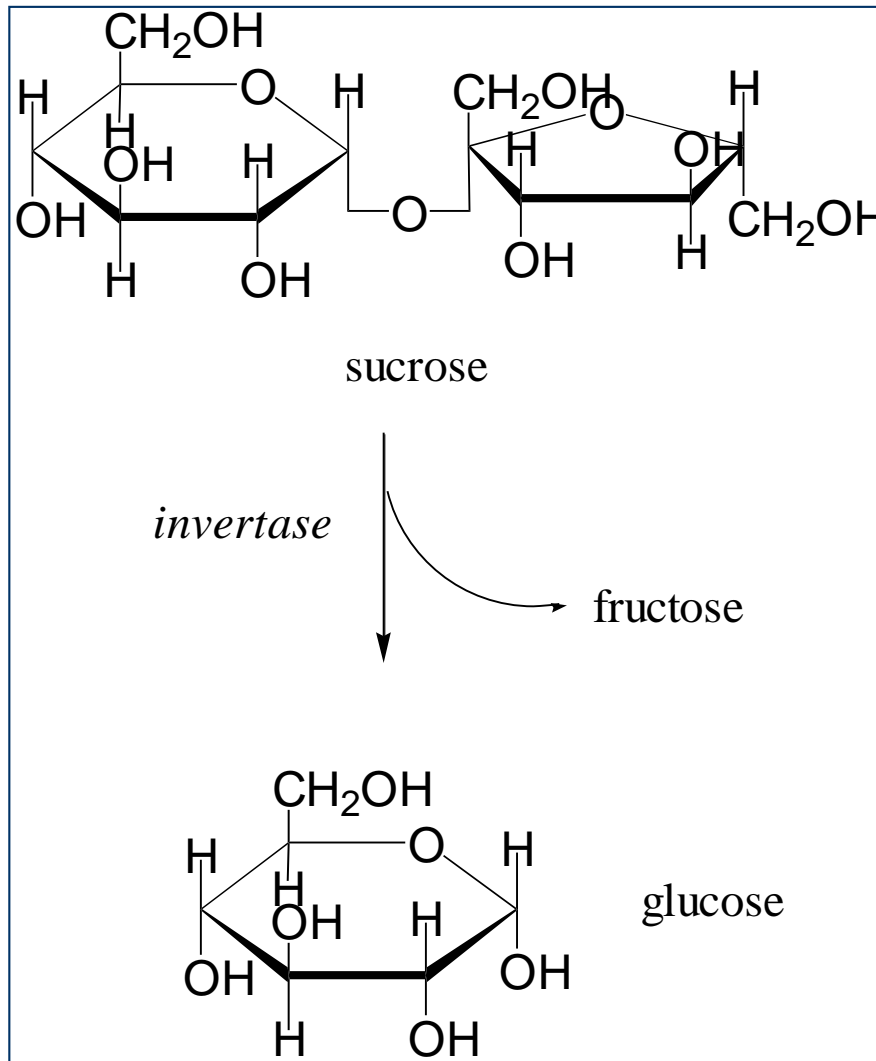
# Αναπνοή (δ)



Η αντίδραση  
υδρόλυσης  
του αμύλου.



# Αναπνοή (ε)

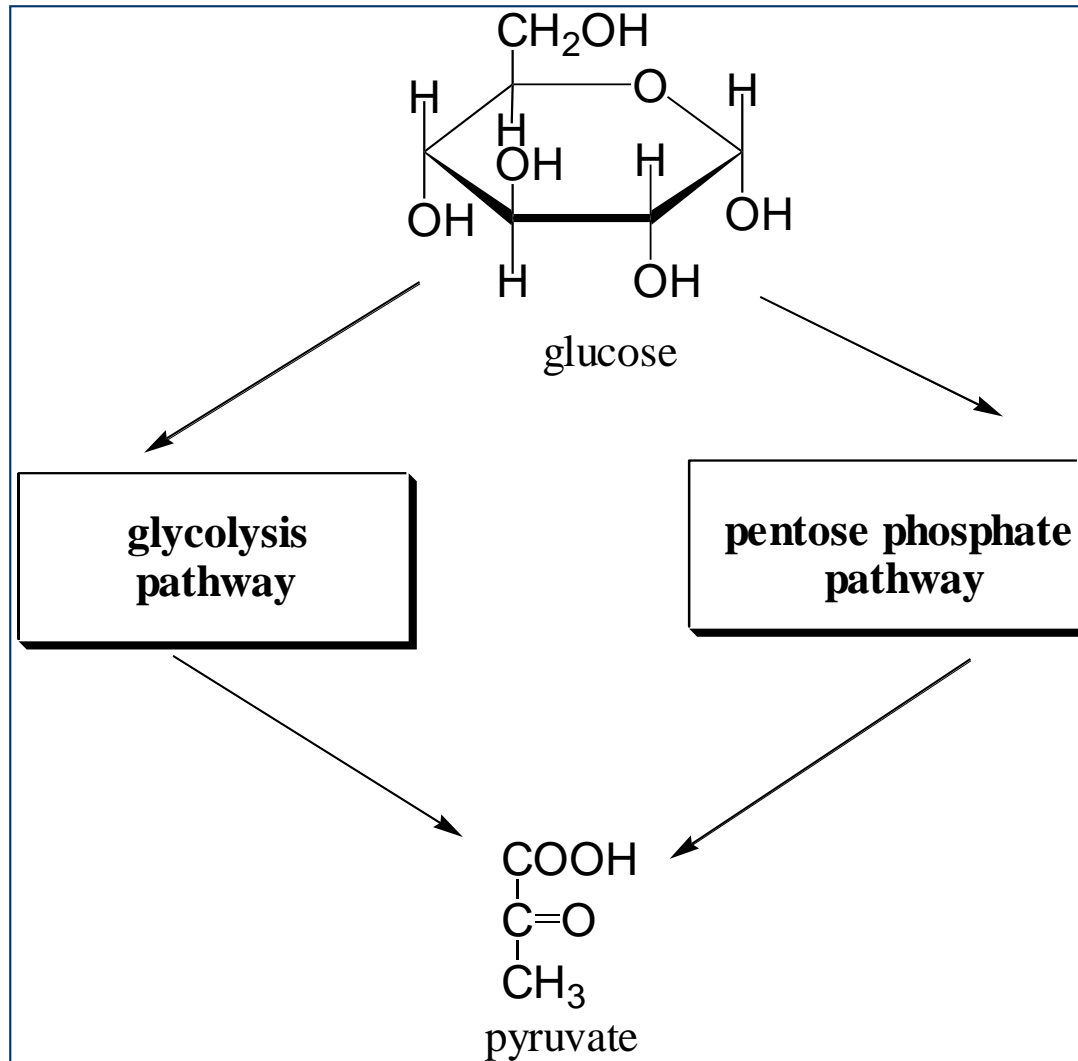


Η αντίδραση της υδρόλυσης της σακχαρόζης.





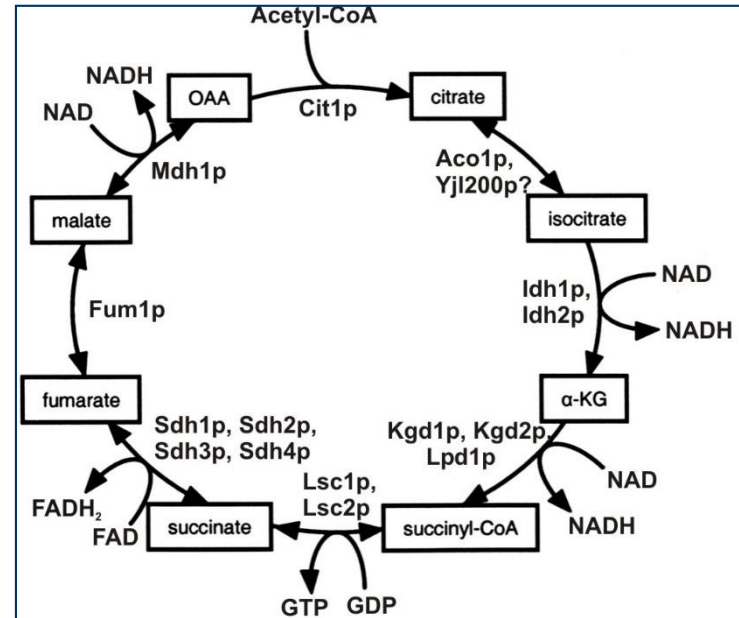
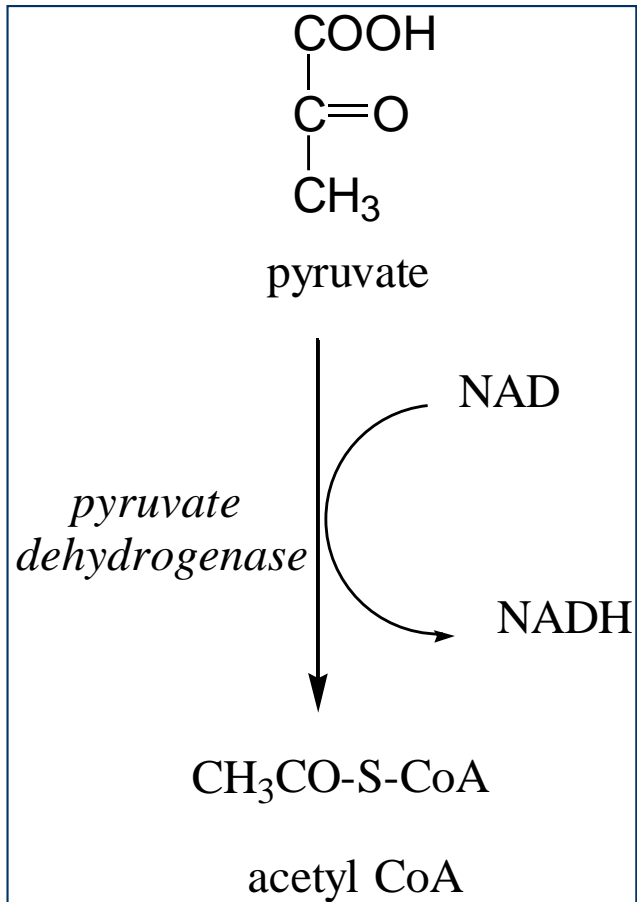
# Αναπνοή (στ)



Σχηματική απεικόνιση του καταβολισμού της γλυκόζης.



# Αναπνοή (ζ)



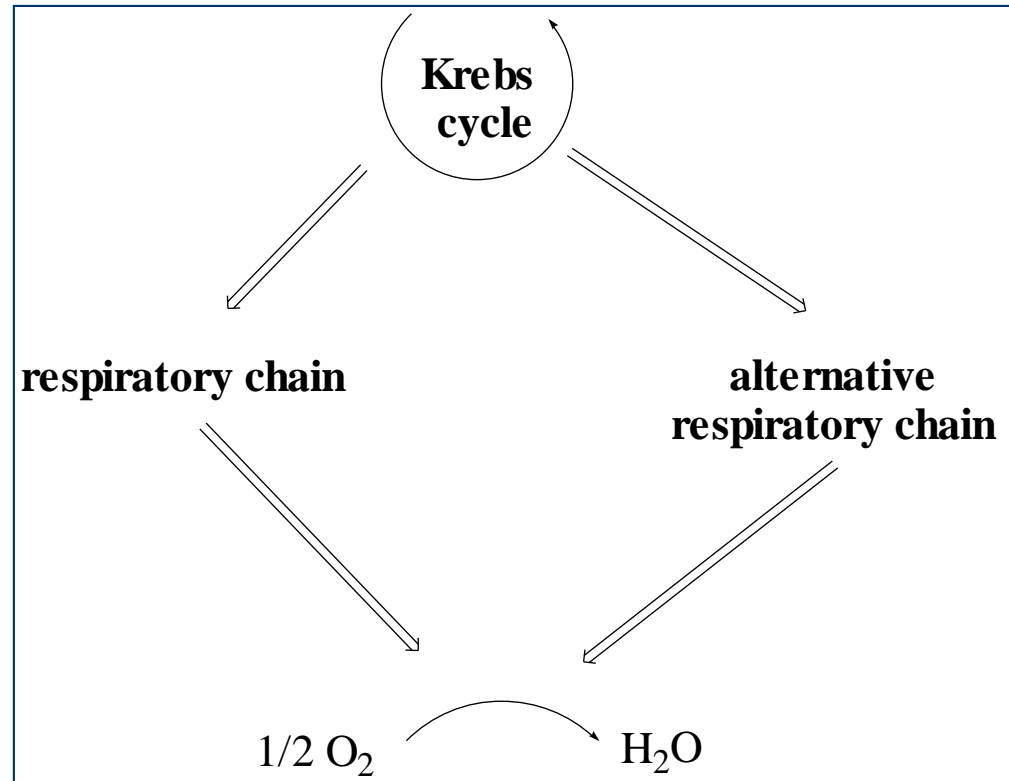
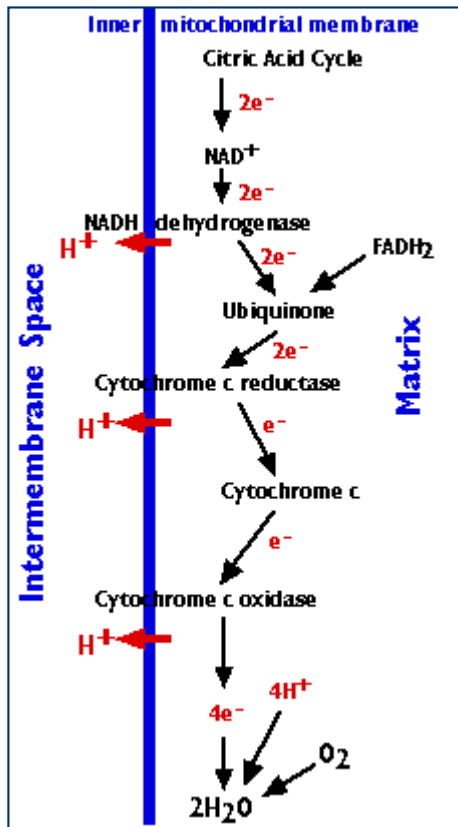
Ο κύκλος του Krebs.

Η οξείδωση του πυροσταφυλικού οξέος σε ακέτυλο-CoA.



# Αναπνοή (η)

Η αναπνευστική αλυσίδα.





# Κλάσμα αναπνοής (α)

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

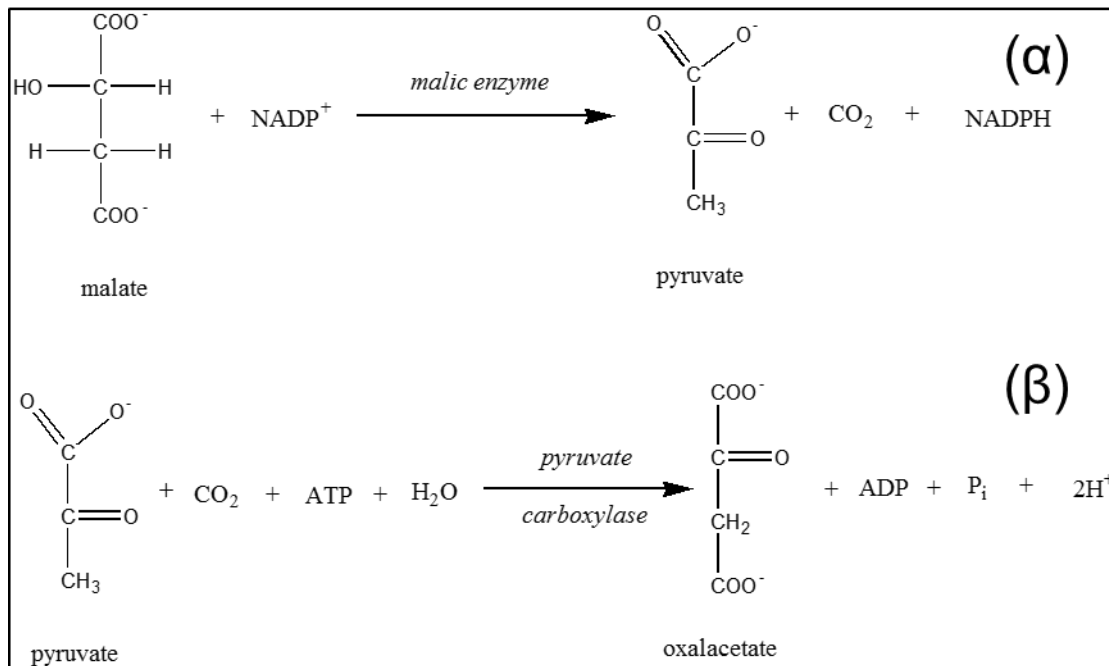
- μέτρο μετασυλλεκτικών αλλαγών στα μεταβολικά μονοπάτια που εμπλέκονται άμεσα στην αναπνοή.
- δείκτης λειτουργίας μη αναπνευστικών συστημάτων οξειδωσης ή αποκαρβοξυλίωσης που συνεισφέρουν έμμεσα στην αναπνοή.

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



# Κλάσμα αναπνοής (β)

(α) Η αντίδραση μετατροπής του μηλικού οξέος σε πυροσταφυλικό οξύ και (β) η αντίδραση μετατροπής του πυροσταφυλικού οξέος σε οξαλοξικό οξύ.





# Κλάσμα αναπνοής ( $\gamma$ )

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)

## Κλιμακτηρική αύξηση αναπνοής:

- μετασυλλεκτική αύξηση ταχύτητας αναπνοής.
- συμπίπτει με εμφανείς αλλαγές στο χρώμα, τη γεύση και τη 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 (β)

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

- **Κλιμακτηρικά:**

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





# Κλιμακτηρική αναπνοή (γ)

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

- **Μη κλιμακτηρικά:**

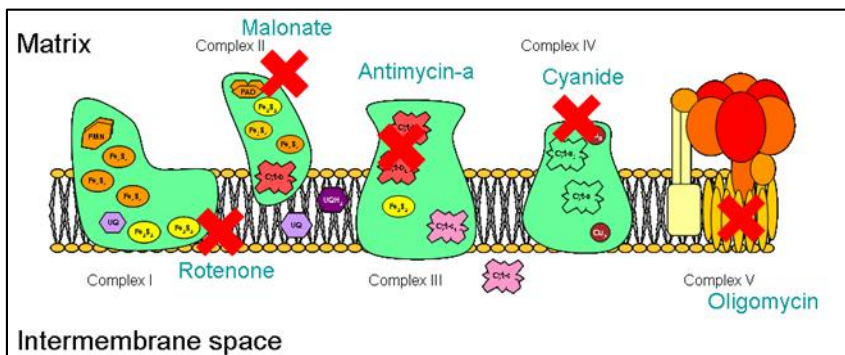
- Πορτοκαλί.
- Λεμόνι.
- Γκρέϊπφρουτ.
- Σταφύλι.
- Πεπόνι.
- Ανανάς.
- Φράουλα.



# Κλιμακτηρική αναπνοή (δ)

## Κλιμακτηρική αναπνοή:

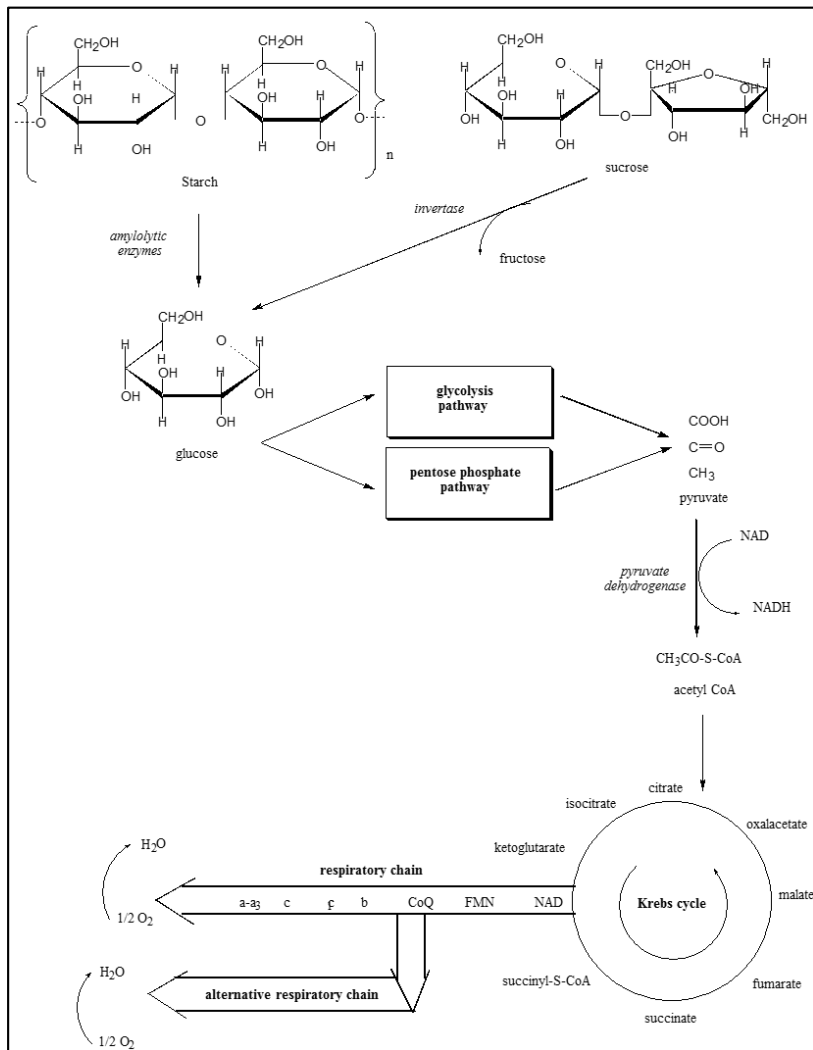
- λειτουργία θερμογενούς αναπνοής.
- εναλλακτικό μιτοχονδριακό σύστημα μεταφοράς  $e^-$ .
- δεν είναι ευαίσθητο στα  $CN^-$ .
- ιόντα  $CN^-$ :
  - παράγονται κατά την βιοσύνθεση του  $CH_2=CH_2$ ,
  - ρυθμίζουν την βιοσύνθεση του  $CH_2=CH_2$ ,
  - ευνοούν το εναλλακτικό σύστημα μεταφοράς  $e^-$ .



Σχηματική απεικόνιση της αναπνευστικής αλυσίδας.



# Κλιμακτηρική αναπνοή (ε)



Σχηματική απεικόνιση της πλήρους οξείδωσης του αμύλου/της σακχαρόζης: υδρόλυση αμύλου/υδρόλυση σακχαρόζης - καταβολισμός γλυκόζης (μονοπάτι γλυκόλυσης & μονοπάτι φωσφορικών πεντοζών) - κύκλος του Krebs - αναπνευστική αλυσίδα.



# Κλιμακτηρική αναπνοή (στ)

## Κλιμακτηρική αναπνοή: (συνέχεια)

- Οξειδάση κυτοχρώματος μη ευαίσθητη στο  $\text{CN}^-$ .
- Δύο υπομονάδες:
  - οξειδωμένη μορφή (δισουλφιδικοί δεσμοί),  $\Rightarrow$  λιγότερο ενεργή.
  - ανηγμένη μορφή (μη ομοιοπολικές αλληλοεπιδράσεις),  $\Rightarrow$  πιο ενεργή.
- Δεν υπάρχει σύζευξη με την οξειδωτική φωσφορυλίωση,
  - άρα όχι σύνθεση ATP.
  - θερμογενής αναπνοή.
- Ενεργοποίηση όταν συγκέντρωση NADH (άρα περίσσεια μεταβολιτών) υψηλή.



# Το αιθυλένιο (α)

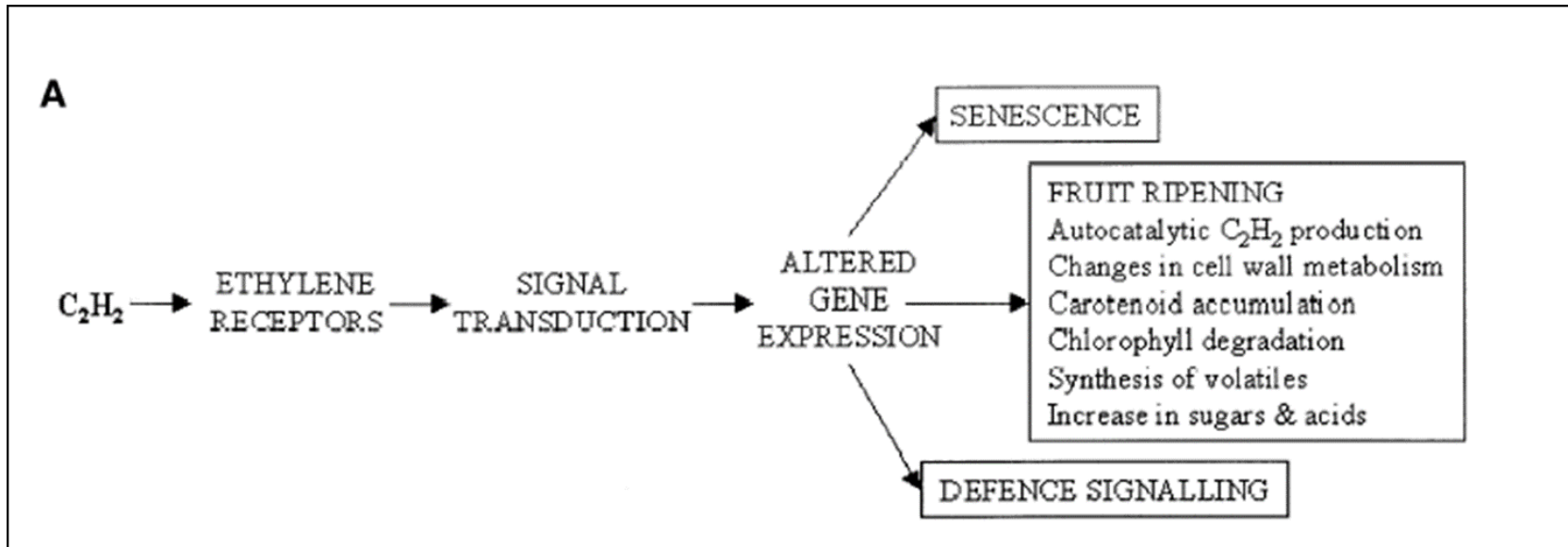
Το αιθυλένιο ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ):

- λειτουργεί ως φυτική ορμόνη.
- η αποτελεσματικότητα 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.



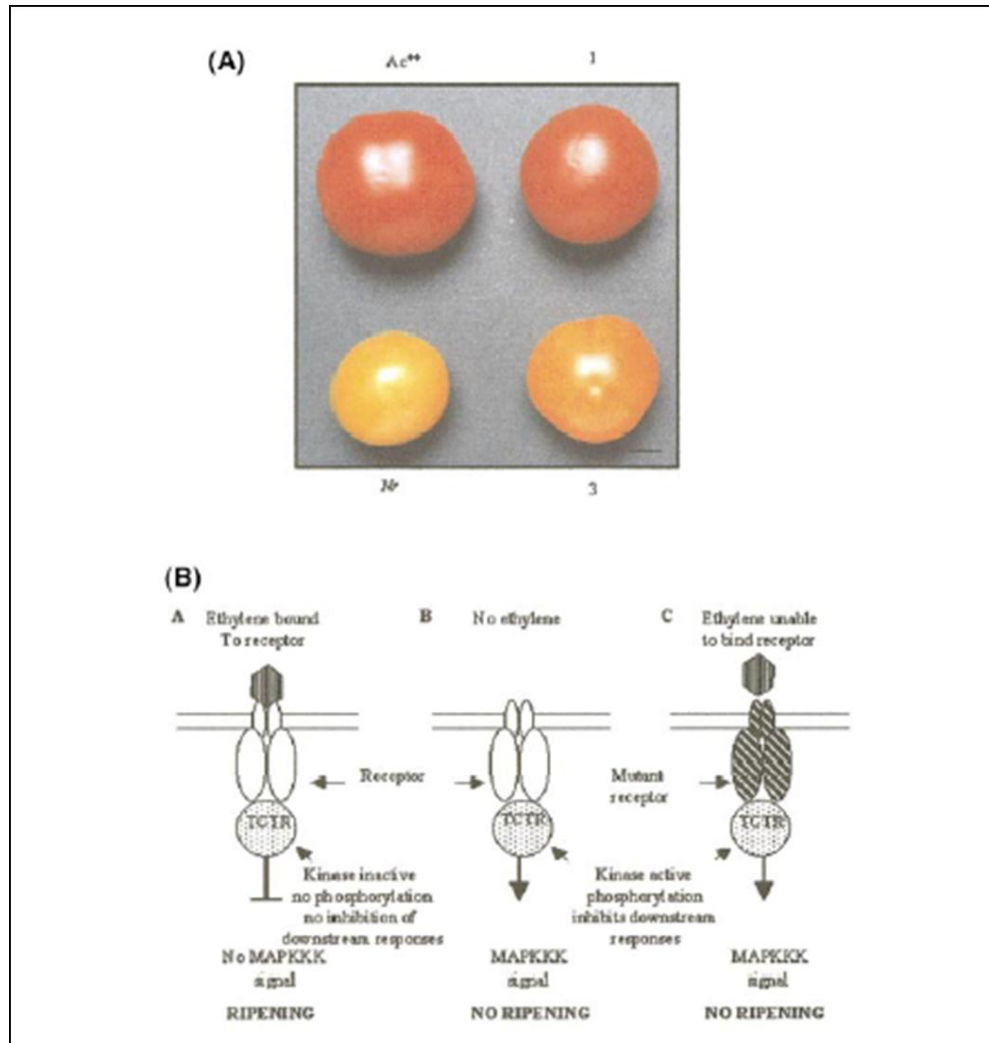
# Το αιθυλένιο (β)

Σχηματική απεικόνιση της δράσης του αιθυλενίου ως ορμόνη.





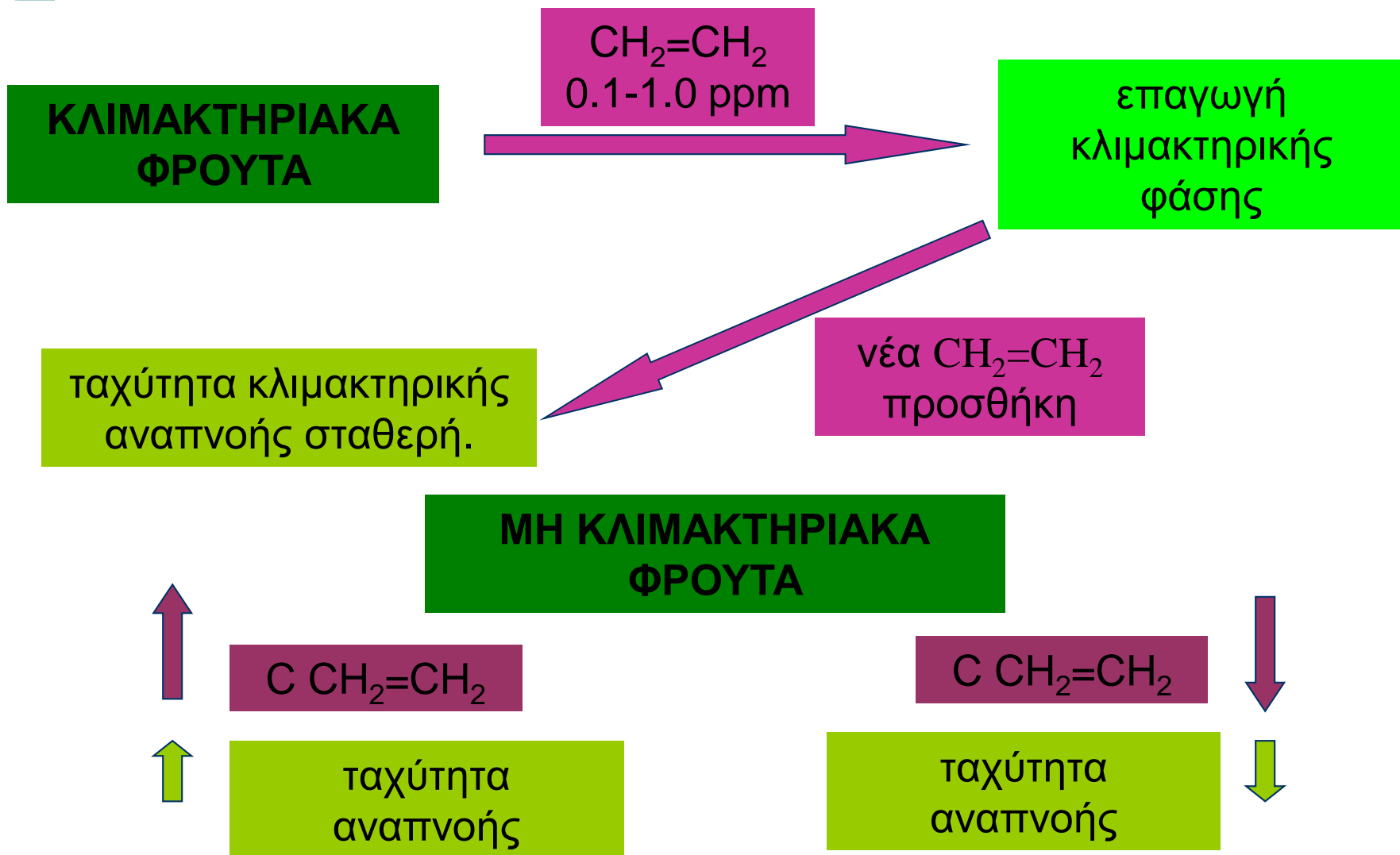
# Το αιθυλένιο (γ)



Σχηματική απεικόνιση της δράσης του αιθυλενίου ως ορμόνη.



# Τρόπος δράσης αιθυλενίου







# Βιοσύνθεση αιθυλενίου (α)

## ● Ρύθμιση:

- οξείδωση του ACC.
- συνθετάση 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 συνθετάσης του ACC.

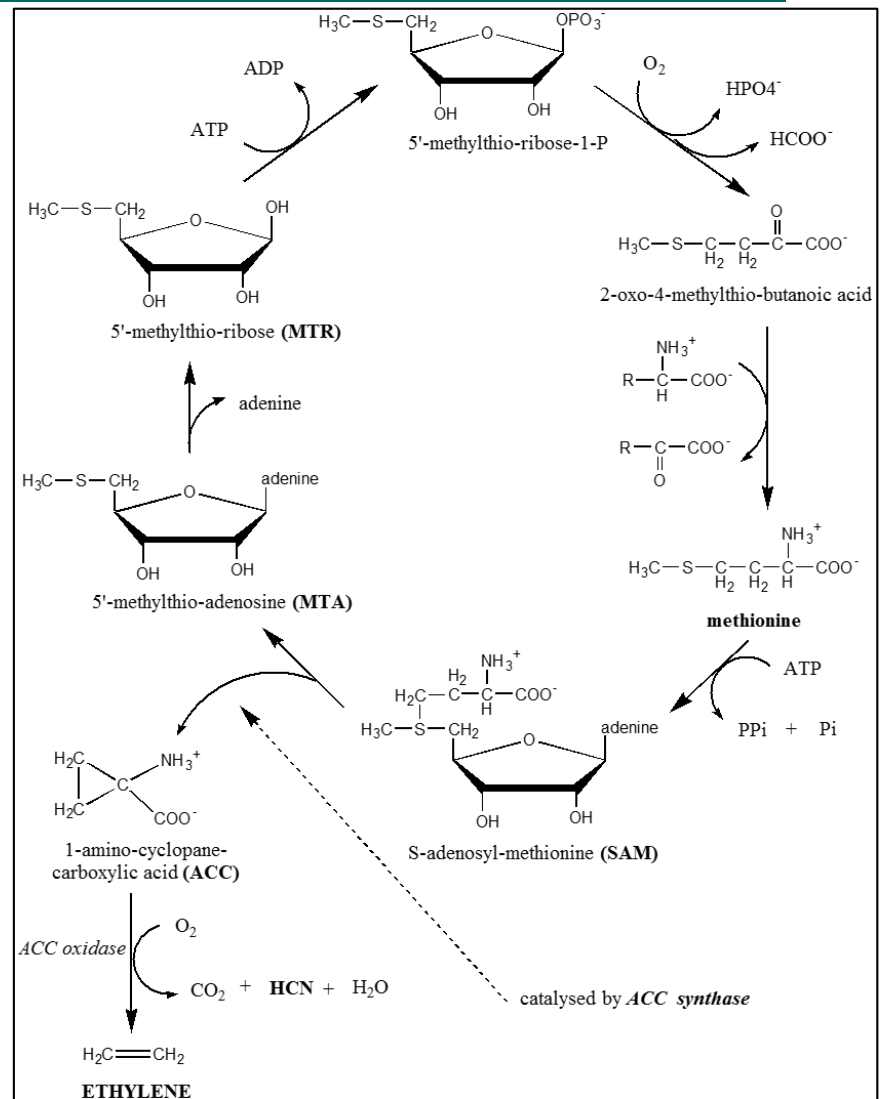


# Βιοσύνθεση αιθυλενίου (β)

## ● Τα κυανιούχα ιόντα:

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

Το μονοπάτι της βιοσύνθεσης του αιθυλενίου.





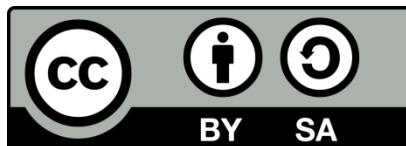
# Βιβλιογραφία

- B.K. Simpson (2012) Food Biochemistry and Food Processing, Wiley-Blackwell (ISBN 081380874X).
- M.J. Berg, L.J. Tymoczko, L. Stryer (2011) Βιοχημεία, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης (ISBN 978-960-524-190-2).



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



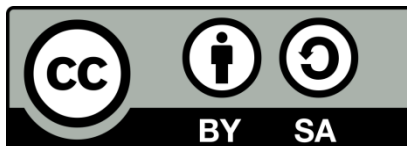
# Σημείωμα Αναφοράς

- Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Τσακαλίδου Έφη, «Βιοχημεία Τροφίμων Ι». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<https://mediasrv.aua.gr/eclass/courses/OCDFSHN109/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων, π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Η άδεια αυτή ανήκει στις άδειες που ακολουθούν τις προδιαγραφές του Ορισμού Ανοικτής Γνώσης [2], είναι ανοικτό πολιτιστικό έργο [3] και για το λόγο αυτό αποτελεί ανοικτό περιεχόμενο [4].

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

[2] <http://opendefinition.org/okd/ellinika/>

[3] <http://freedomdefined.org/Definition/EI>

[4] <http://opendefinition.org/buttons/>



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.