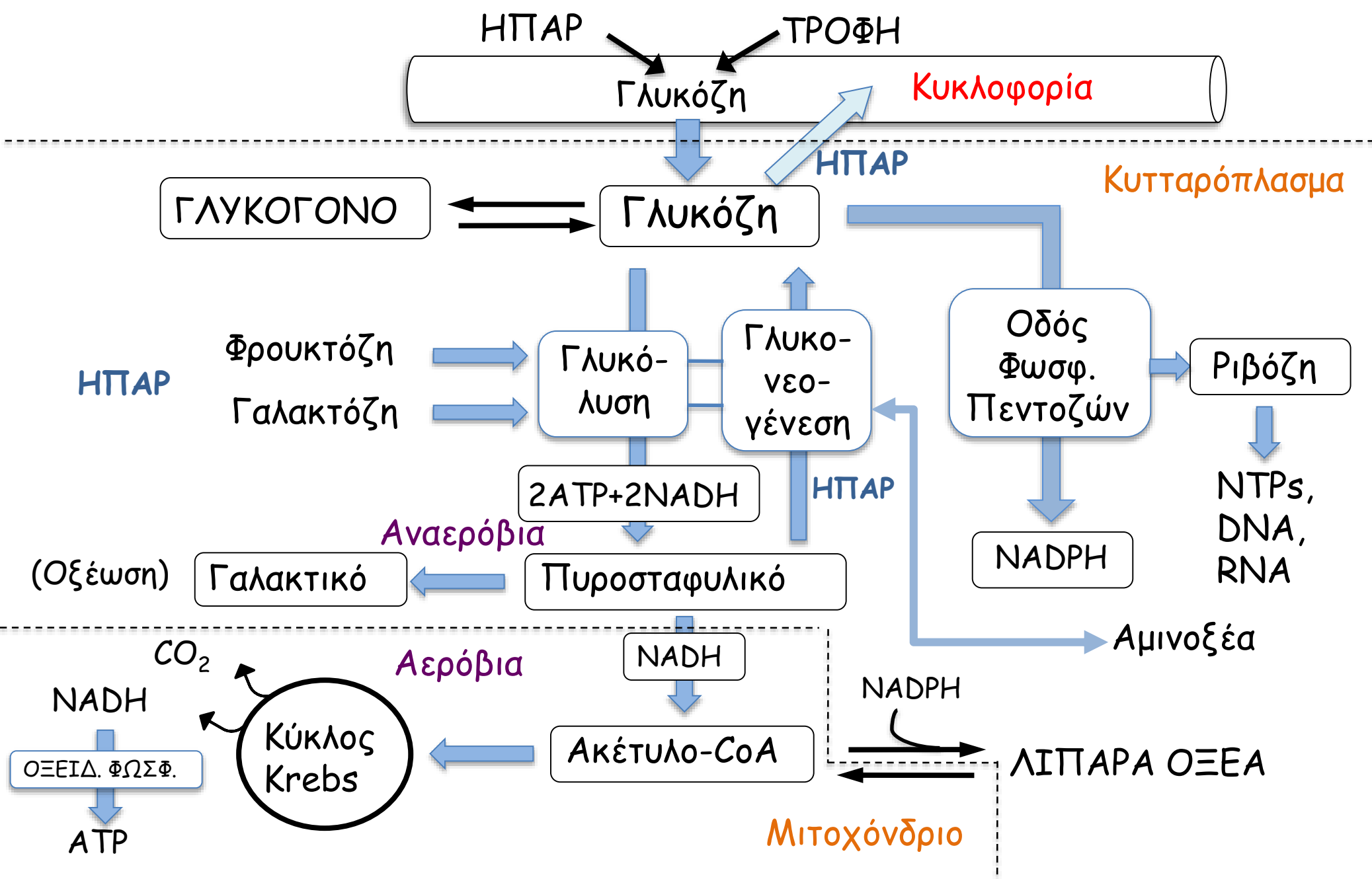
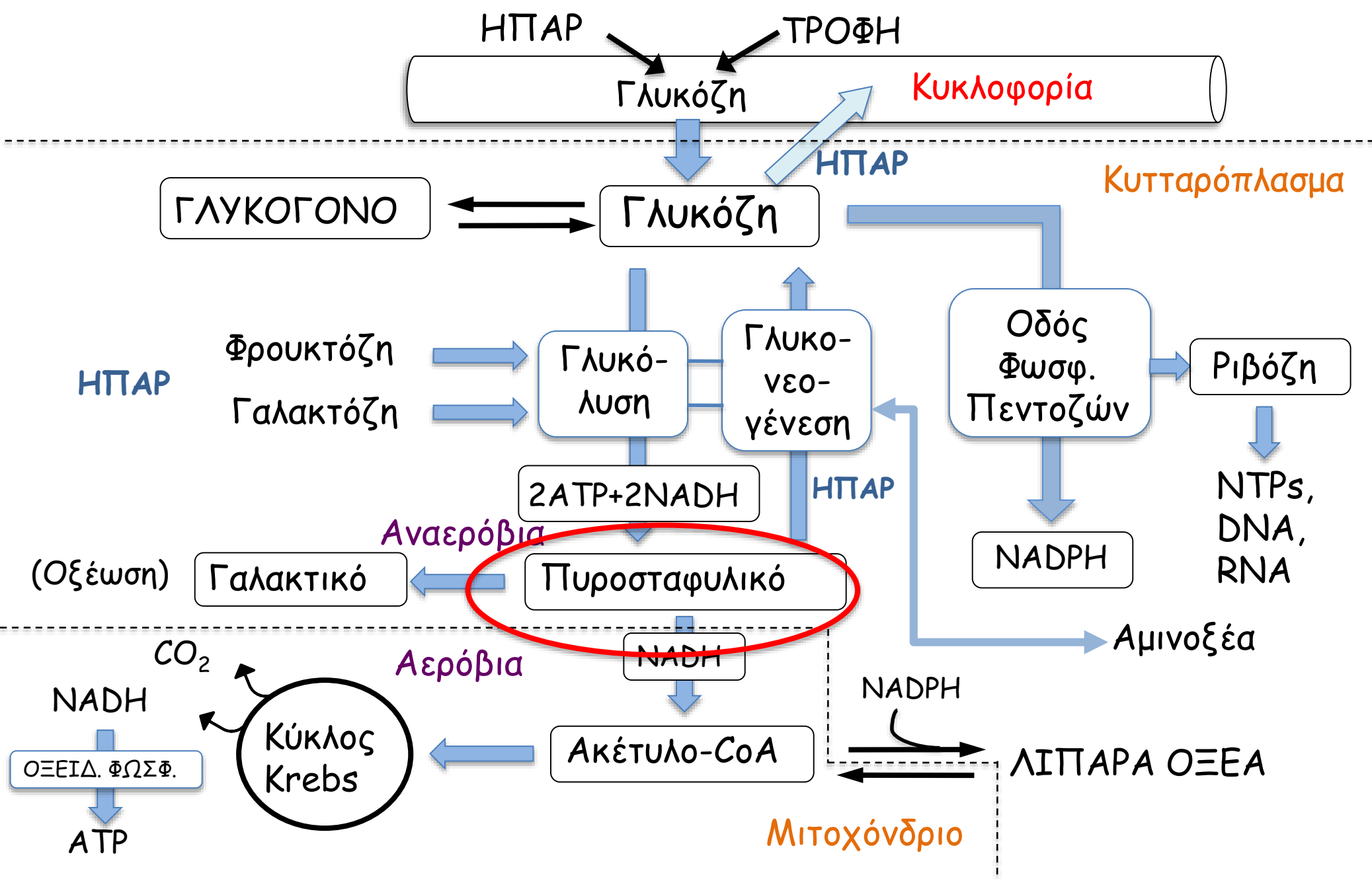


ΓΛΥΚΟΛΥΣΗ ΙΙ

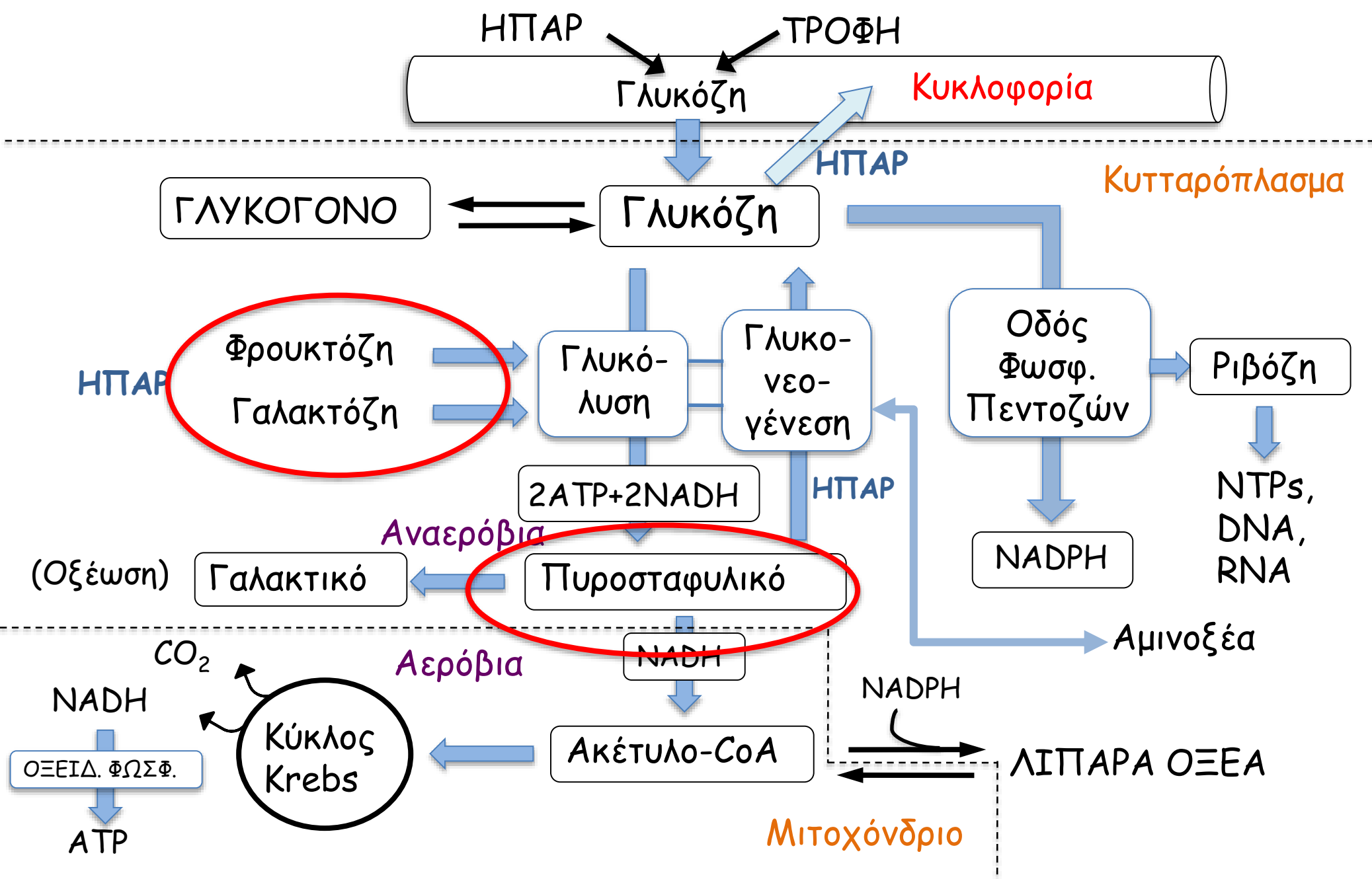
# Ανασκόπηση μεταβολισμού υδατανθρακών



# Ανασκόπηση μεταβολισμού υδατανθρακών



# Ανασκόπηση μεταβολισμού υδατανθρακών



Μεταβολικές τύχες του πυροσταφυλικού

Μετατροπή σε αιθανόλη - Αλκοολική ζύμωση ( $\text{NADH} \rightarrow \text{NAD}^+$ )

Αποκαρβοξυλάση - Αφυδρογονάση

Μετατροπή σε γαλακτικό - Γαλακτική ζύμωση ( $\text{NADH} \rightarrow \text{NAD}^+$ )

Γαλακτική αφυδρογονάση

Διατήρηση του ισοζυγίου οξειδοαναγωγής

Αναγέννηση  $\text{NAD}^+$ , αναερόβια γλυκόλυση

Κύκλος Cori

Μετατροπή σε ακετυλο-CoA (μιτοχόνδρια, αερόβια)

Μεταβολική τύχη φρουκτόζης

Φρουκτοκινάση  $\rightarrow$  1-Φωσφορική φρουκτόζη ( $-\text{ATP}$ ),

Αλδολάση (Δυσανεξία στη φρουκτόζη)  $\rightarrow$

Γλυκεραλδεΐδη + Φωσφορική Διυδροξυακετόνη

Κινάση  $\rightarrow$  3-Φωσφορική γλυκεραλδεΐδη ( $-\text{ATP}$ )

Μεταβολική τύχη γαλακτόζης

Γαλακτοκινάση  $\rightarrow$  1-Φωσφορική γαλακτόζη ( $-\text{ATP}$ ),

Ουριδυλομεταφοράση (Γαλακτοζαιμία)  $\rightarrow$

UDP-Γαλακτόζη + 1-Φωσφορική γλυκόζη

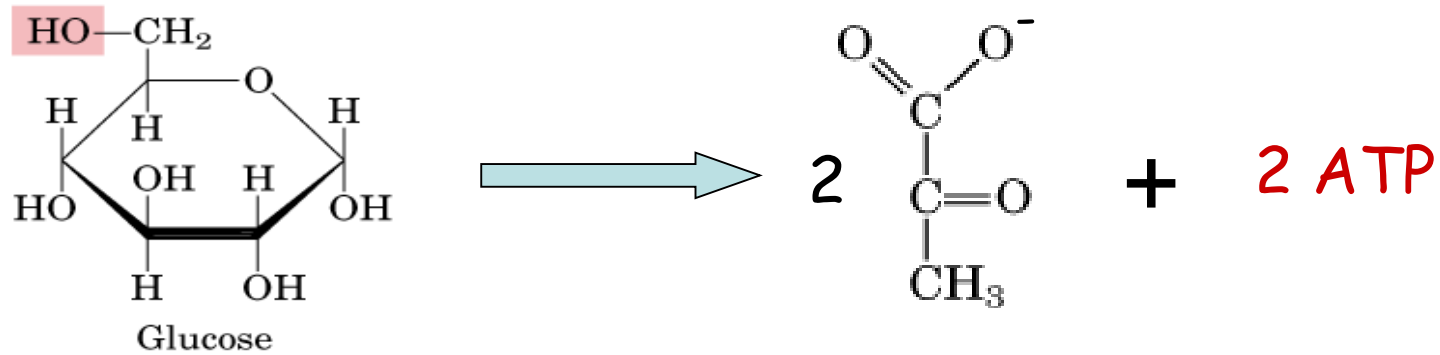
Φωσφογλυκομουτάση

6-Φωσφορική γλυκόζη

Δυσανεξία λακτόζης (υπολακτασία)

# ΓΛΥΚΟΛΥΣΗ

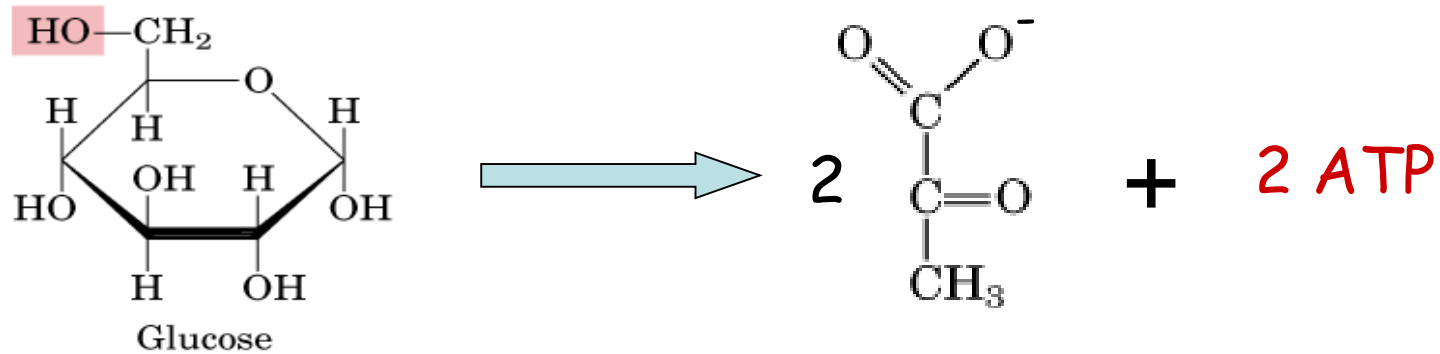
Μερική οξείδωση της γλυκόζης προς πυροσταφυλικό



Η γλυκόλυση συμβαίνει σε **όλους** τους ιστούς ακόμη και **απουσία οξυγόνου** (αναερόβια)

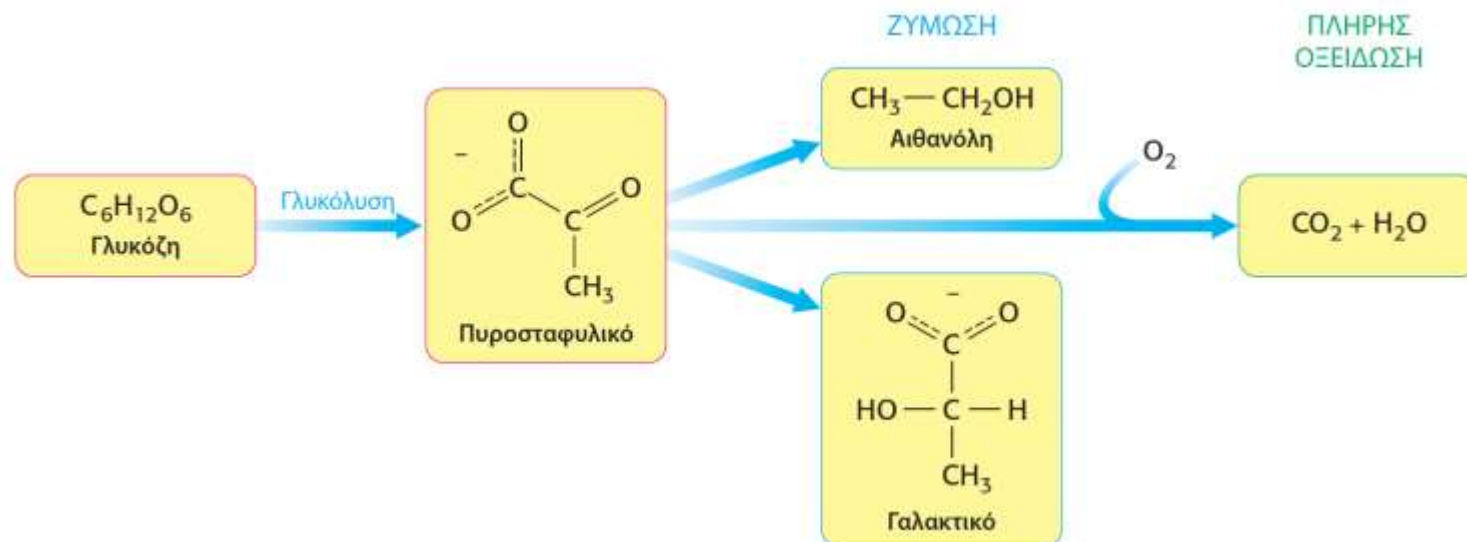
# ΓΛΥΚΟΛΥΣΗ

Μερική οξείδωση της γλυκόζης προς πυροσταφυλικό

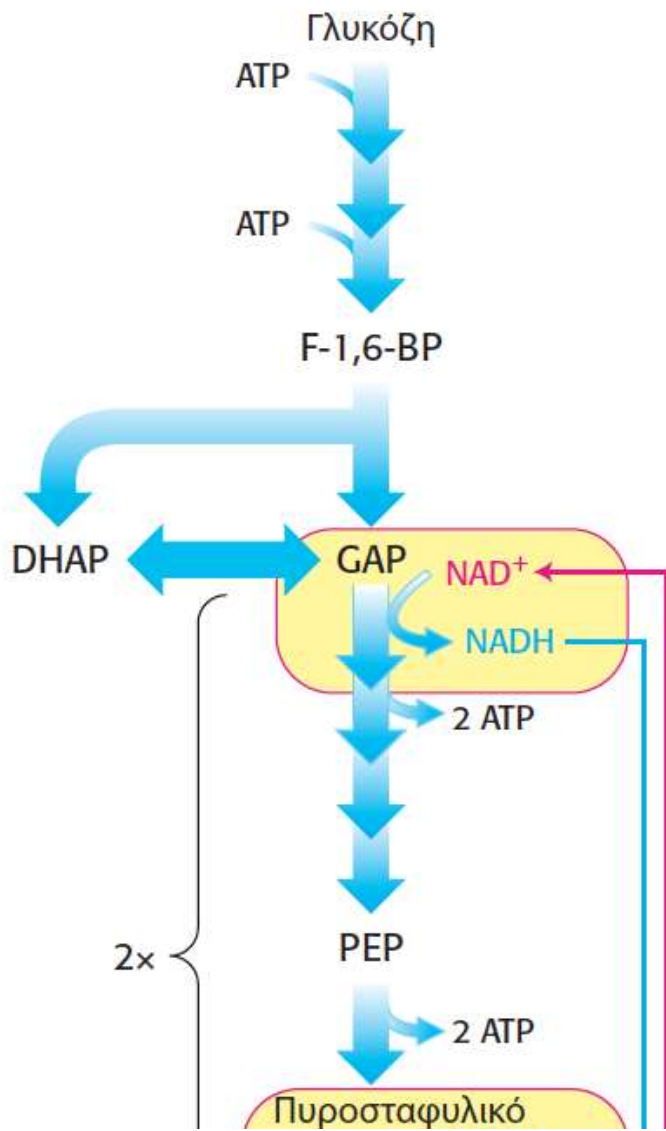


Η γλυκόλυση συμβαίνει σε **όλους** τους ιστούς ακόμη και **απουσία οξυγόνου** (αναερόβια)

Το πυροσταφυλικό είτε **οξειδώνεται πλήρως** παρουσία οξυγόνου είτε **ζυμώνεται** απουσία οξυγόνου προς γαλακτικό (μυς, ερυθροκύτταρα, μικροοργανισμοί) ή αιθανόλη (μικροοργανισμοί)



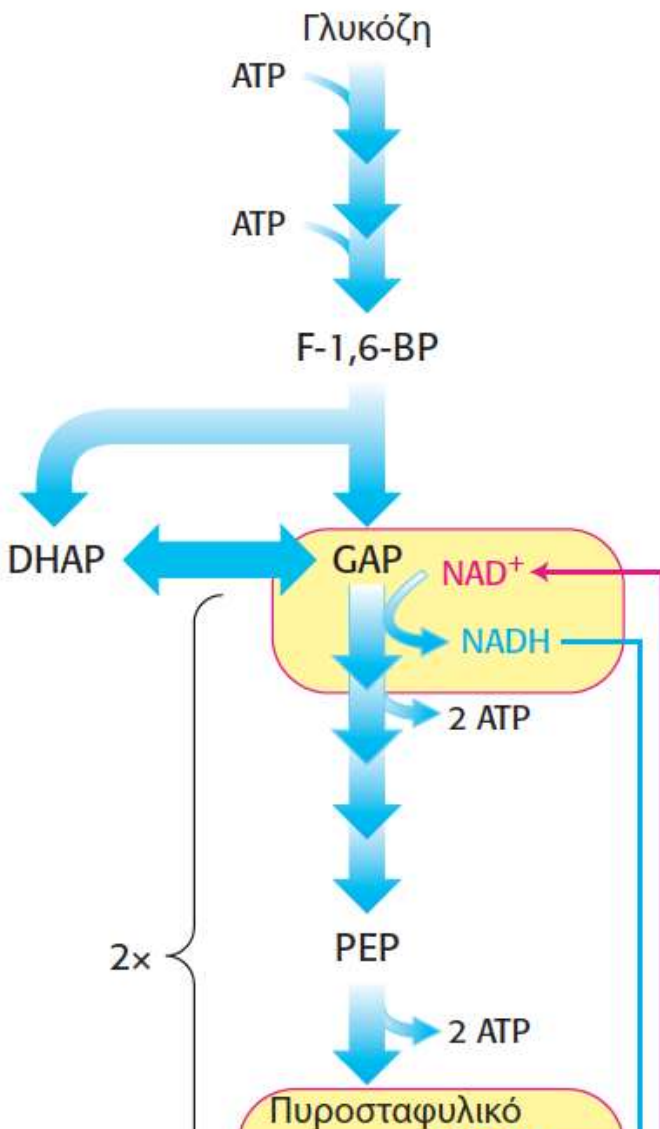
# Διατήρηση του ισοζυγίου οξειδοαναγωγής



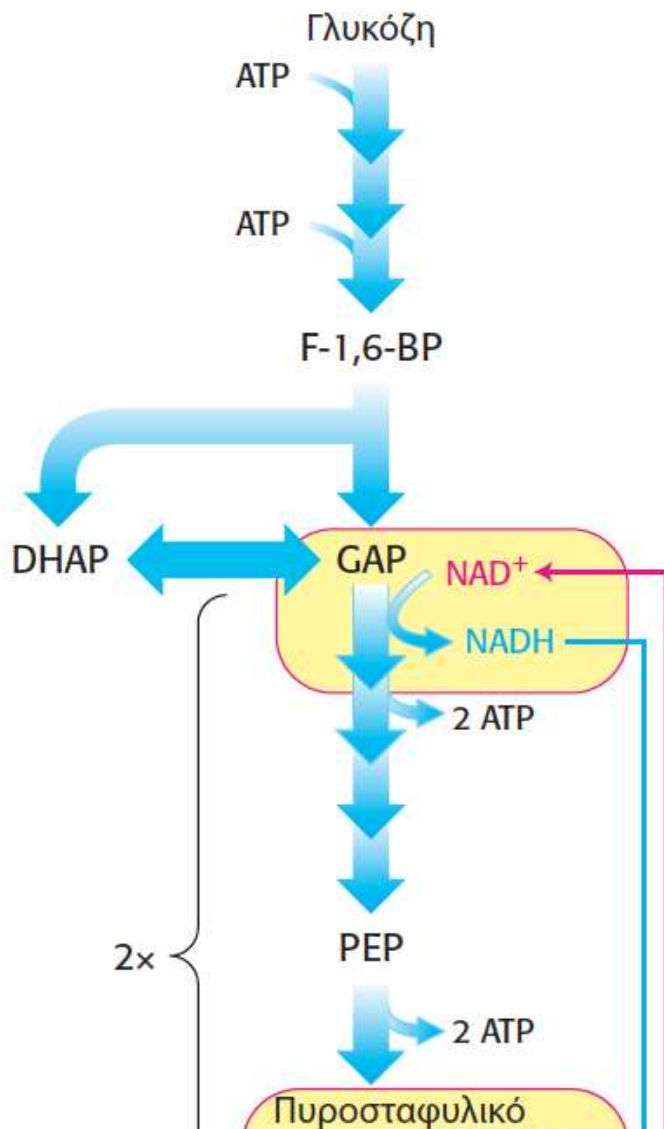


## Διατήρηση του ισοζυγίου οξειδοαναγωγής

- ❖ Η πρόοδος της γλυκόλυσης κάτω από αναερόβιες συνθήκες απαιτεί συνεχή τροφοδοσία με  $\text{NAD}^+$  που καταναλίσκεται προς  $\text{NADH}$

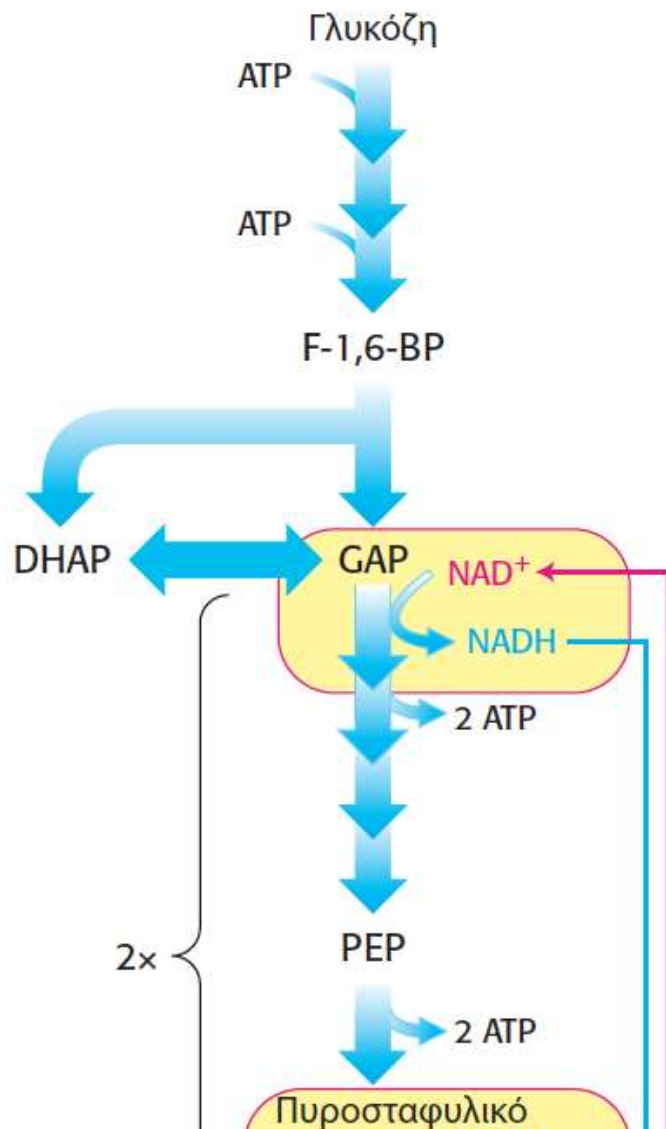


## Διατήρηση του ισοζυγίου οξειδοαναγωγής



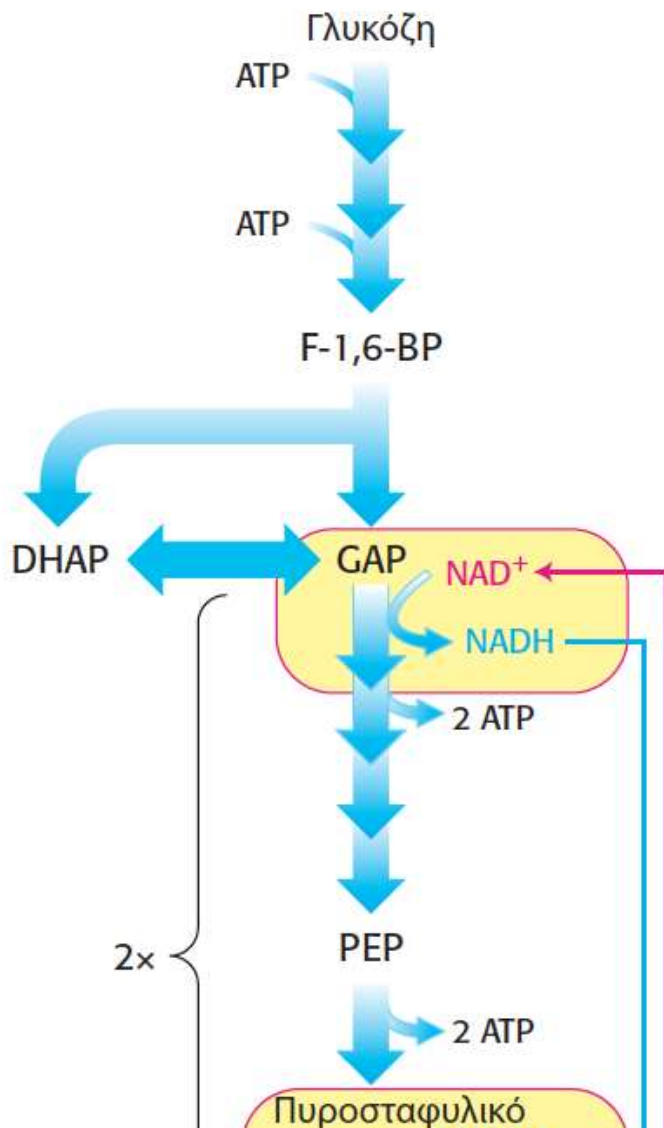
- ❖ Η πρόοδος της γλυκόλυσης κάτω από αναερόβιες συνθήκες απαιτεί συνεχή τροφοδοσία με  $\text{NAD}^+$  που καταναλίσκεται προς  $\text{NADH}$
- ❖ Είναι απαραίτητη η αναγέννηση του  $\text{NAD}^+$  από  $\text{NADH}$

## Διατήρηση του ισοζυγίου οξειδοαναγωγής



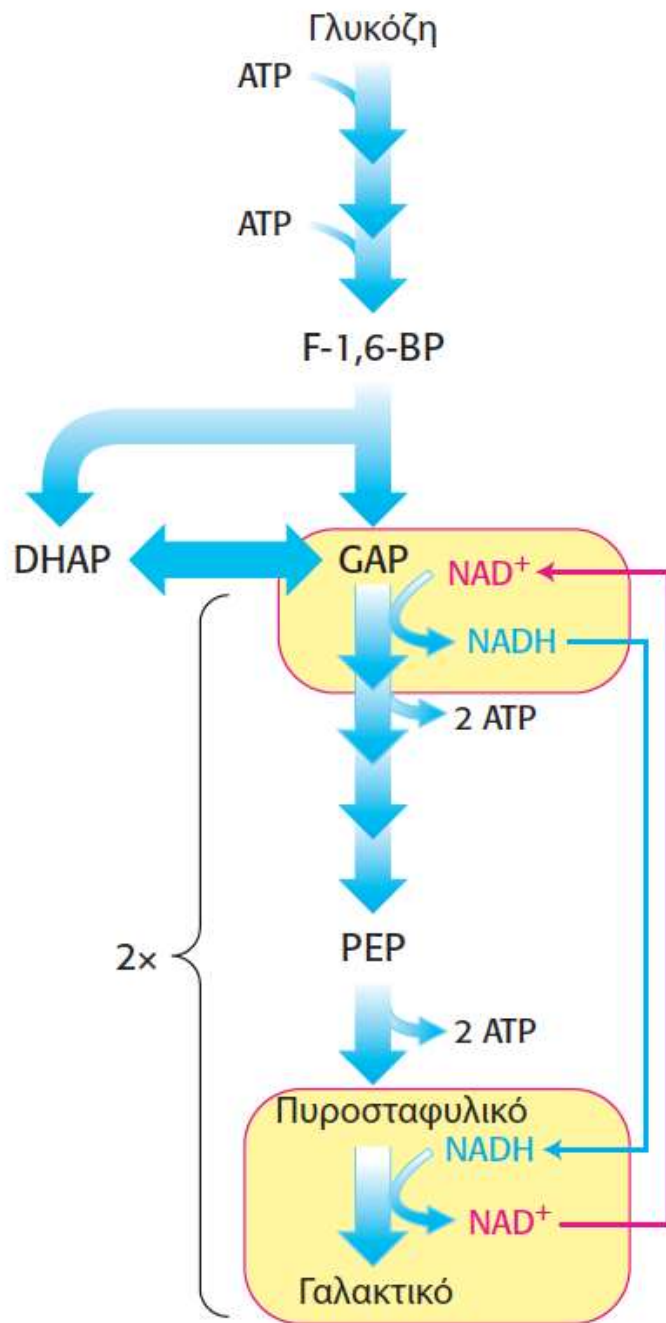
- ❖ Η πρόοδος της γλυκόλυσης κάτω από αναερόβιες συνθήκες απαιτεί συνεχή τροφοδοσία με  $\text{NAD}^+$  που καταναλίσκεται προς  $\text{NADH}$
- ❖ Είναι απαραίτητη η αναγέννηση του  $\text{NAD}^+$  από  $\text{NADH}$
- ❖ Η οξείδωση του  $\text{NADH}$  προς  $\text{NAD}^+$  σε αερόβιες συνθήκες γίνεται στα μιτοχόνδρια μέσω της αναπνευστικής αλυσίδας

## Διατήρηση του ισοζυγίου οξειδοαναγωγής



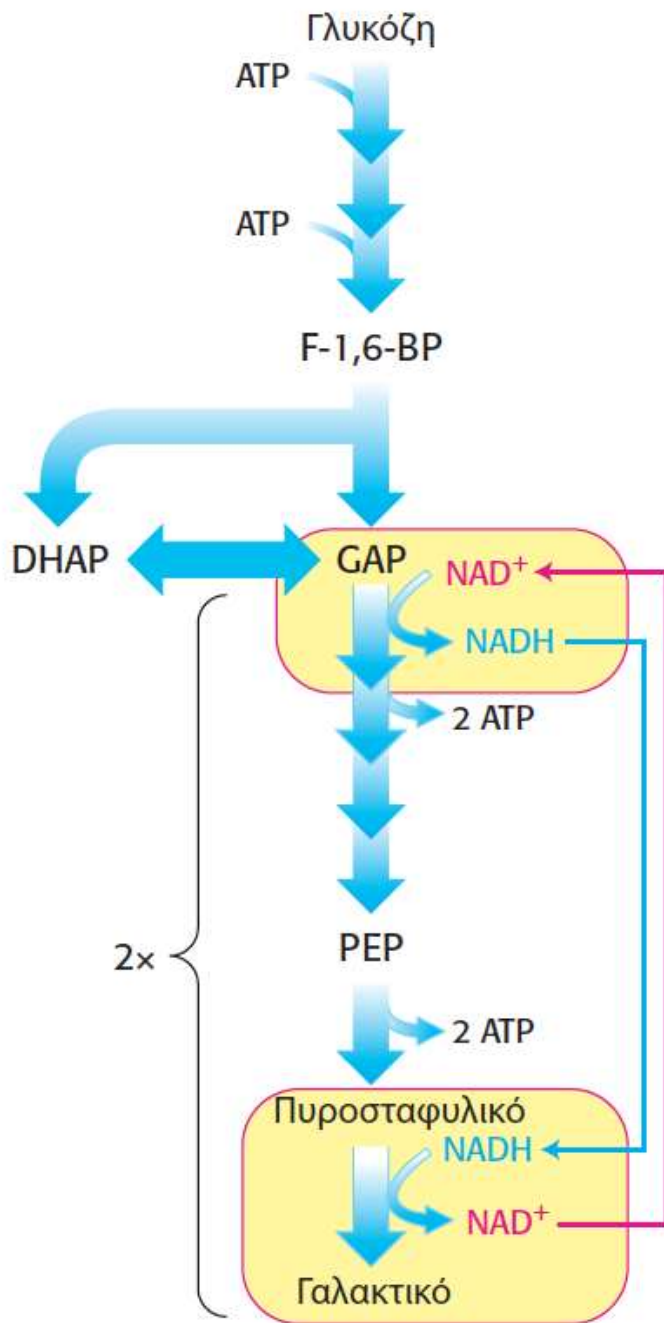
- ❖ Η πρόοδος της γλυκόλυσης κάτω από αναερόβιες συνθήκες απαιτεί συνεχή τροφοδοσία με  $\text{NAD}^+$  που καταναλίσκεται προς  $\text{NADH}$
- ❖ Είναι απαραίτητη η αναγέννηση του  $\text{NAD}^+$  από  $\text{NADH}$
- ❖ Η οξείδωση του  $\text{NADH}$  προς  $\text{NAD}^+$  σε αερόβιες συνθήκες γίνεται στα μιτοχόνδρια μέσω της αναπνευστικής αλυσίδας
- ❖ Κάτω από αναερόβιες συνθήκες η οξείδωση του  $\text{NADH}$  προς  $\text{NAD}^+$  γίνεται μέσω αναγωγής του πυροσταφυλικού

## Διατήρηση του ισοζυγίου οξειδοαναγωγής



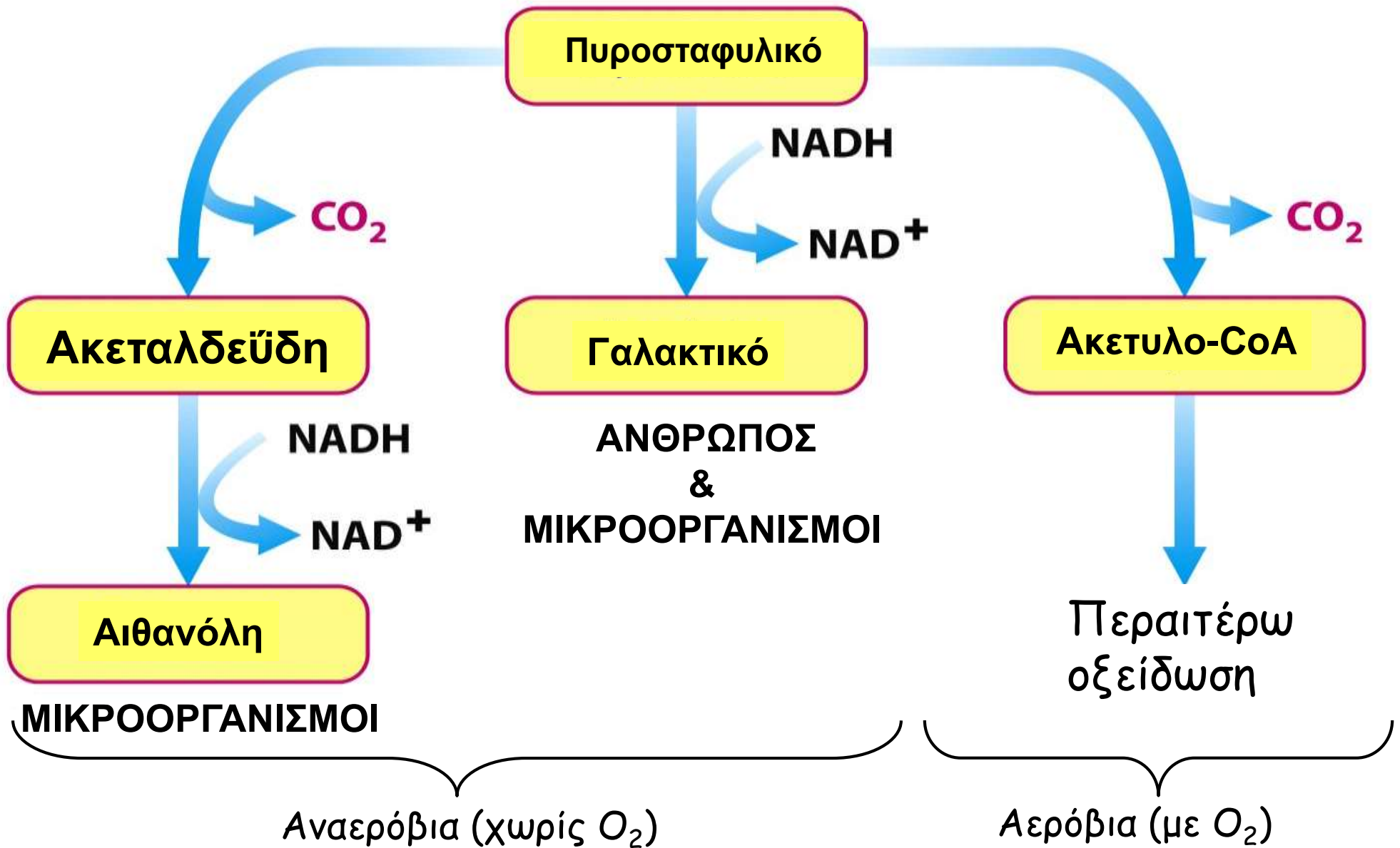
- ❖ Η πρόοδος της γλυκόλυσης κάτω από αναερόβιες συνθήκες απαιτεί συνεχή τροφοδοσία με NAD<sup>+</sup> που καταναλίσκεται προς NADH
- ❖ Είναι απαραίτητη η αναγέννηση του NAD<sup>+</sup> από NADH
- ❖ Η οξείδωση του NADH προς NAD<sup>+</sup> σε αερόβιες συνθήκες γίνεται στα μιτοχόνδρια μέσω της αναπνευστικής αλυσίδας
- ❖ Κάτω από αναερόβιες συνθήκες η οξείδωση του NADH προς NAD<sup>+</sup> γίνεται μέσω αναγωγής του πυροσταφυλικού

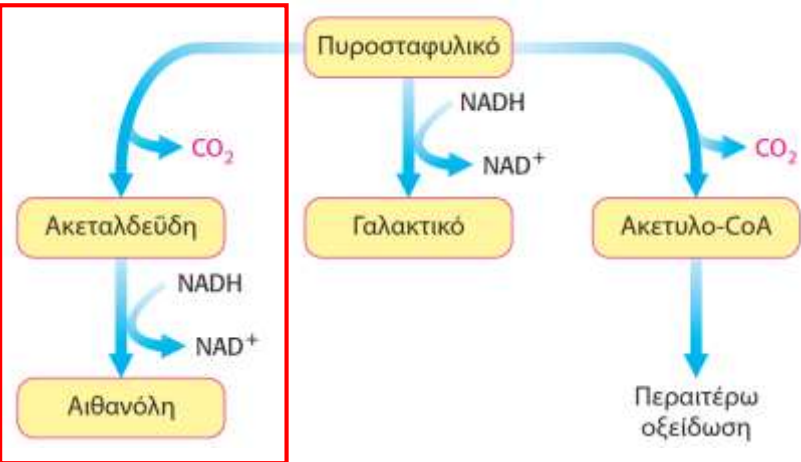
## Διατήρηση του ισοζυγίου οξειδοαναγωγής



- ❖ Η πρόοδος της γλυκόλυσης κάτω από αναερόβιες συνθήκες απαιτεί συνεχή τροφοδοσία με NAD<sup>+</sup> που καταναλίσκεται προς NADH
- ❖ Είναι απαραίτητη η αναγέννηση του NAD<sup>+</sup> από NADH
- ❖ Η οξείδωση του NADH προς NAD<sup>+</sup> σε αερόβιες συνθήκες γίνεται στα μιτοχόνδρια μέσω της αναπνευστικής αλυσίδας
- ❖ Κάτω από αναερόβιες συνθήκες η οξείδωση του NADH προς NAD<sup>+</sup> γίνεται μέσω αναγωγής του πυροσταφυλικού
- ❖ Η τύχη του πυροσταφυλικού ποικίλλει αναλογα με τον οργανισμό, τον ιστό και τις συνθήκες

# Οι μεταβολικές τύχες του πυροσταφυλικού



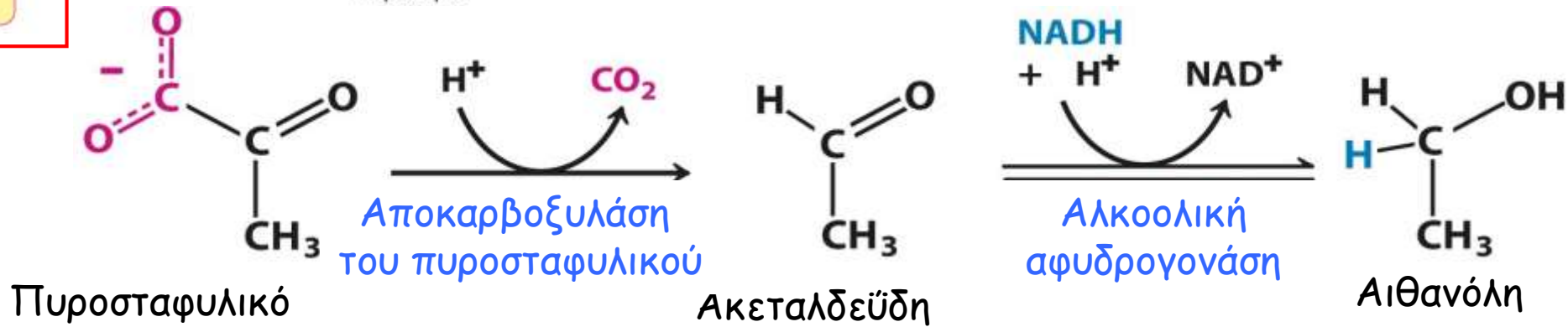
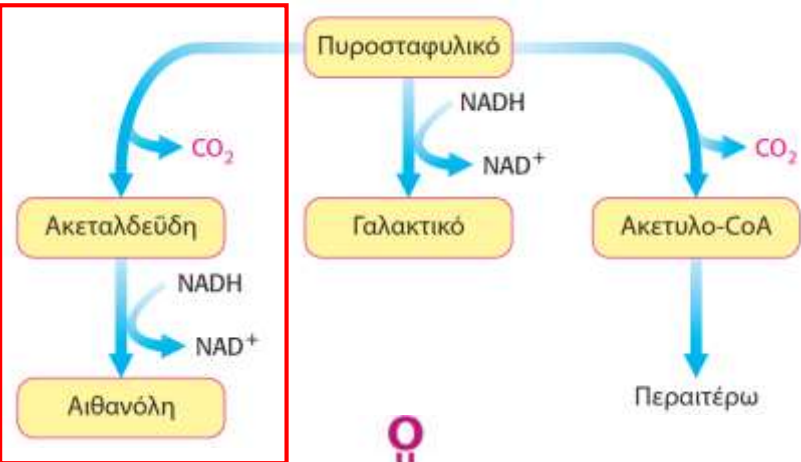


1.

Παραγωγή αιθανόλης  
(αλκοολική ζύμωση)

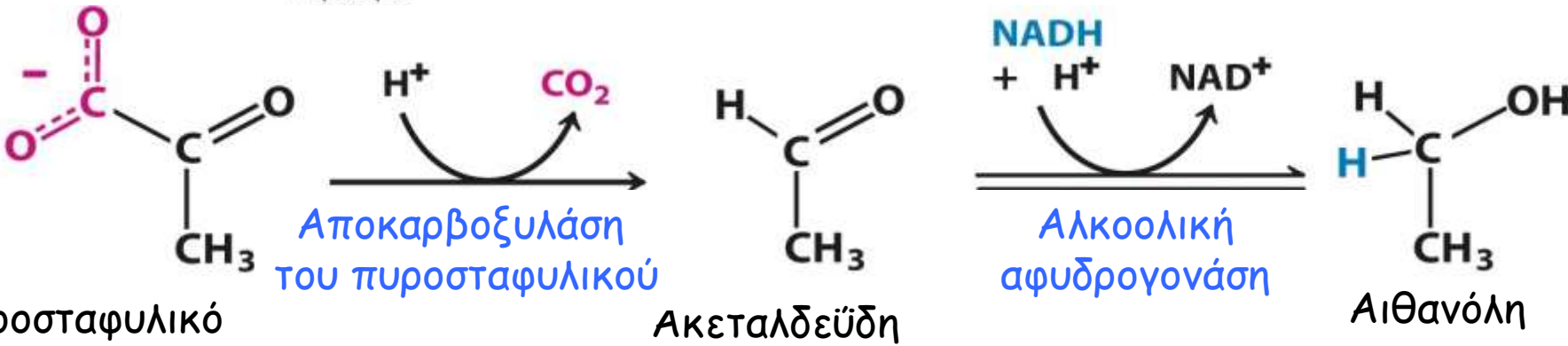
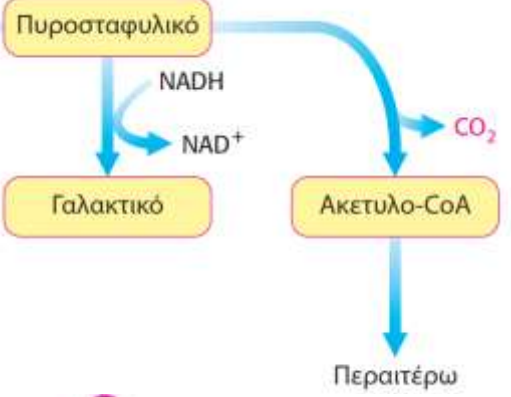
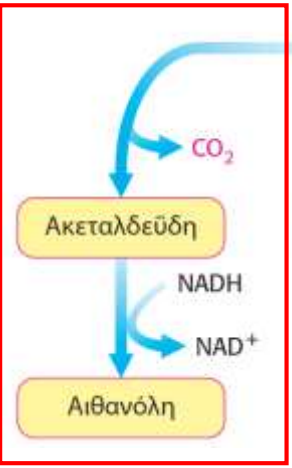


# 1. Παραγωγή αιθανόλης (αλκοολική ζύμωση)

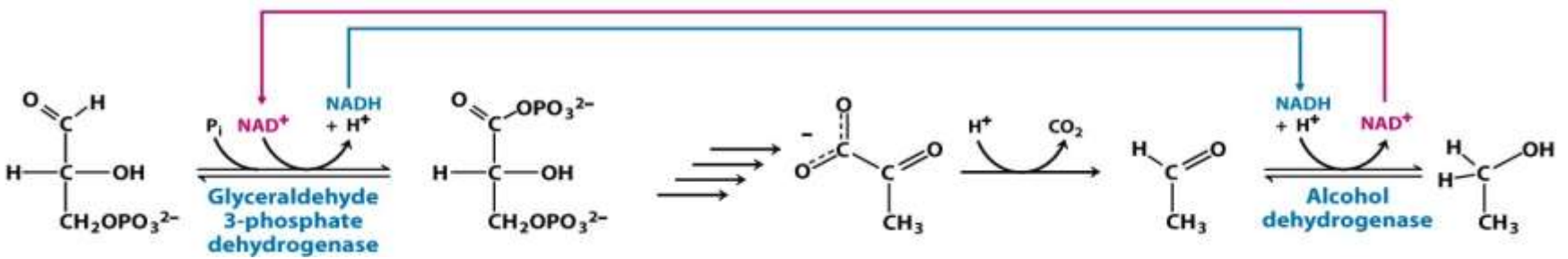
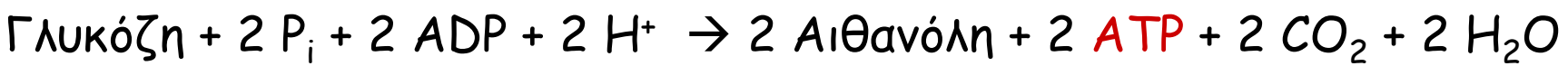


1.

# Παραγωγή αιθανόλης (αλκοολική ζύμωση)



- Συμβαίνει στους ζυμομύκητες και άλλους μικροοργανισμούς
- Συνένζυμο αποκαρβοξυλάσης: πυροφωσφορική θειαμίνη (από βιτ. B<sub>1</sub>)
- Αναγέννηση του NAD<sup>+</sup> και αναερόβια πορεία:



### Πίνακας 16.3 Σημεία έναρξης και τερματισμού διάφορων ζυμώσεων

---

Γλυκόζη	→	γαλακτικό
Γαλακτικό	→	οξικό
Γλυκόζη	→	αιθανόλη
Αιθανόλη	→	οξικό
Αργινίνη	→	διοξείδιο του άνθρακα
Πυριμιδίνες	→	διοξείδιο του άνθρακα
Πουρίνες	→	μυρμηκικό
Αιθυλενο- γλυκόλη	→	οξικό
Θρεονίνη	→	προπιονικό
Λευκίνη	→	2-αλκυλοξικό
Φαινυλαλανίνη	→	προπιονικό

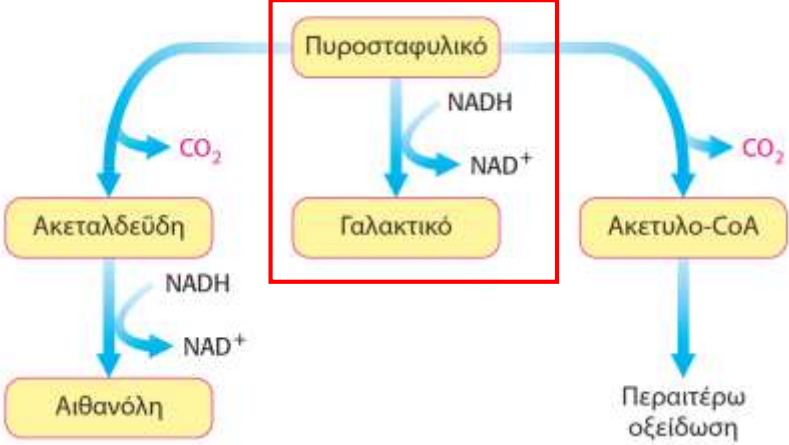
---

Σημείωση: Τα προϊόντα μερικών ζυμώσεων είναι υποστρώματα για άλλες ζυμώσεις.

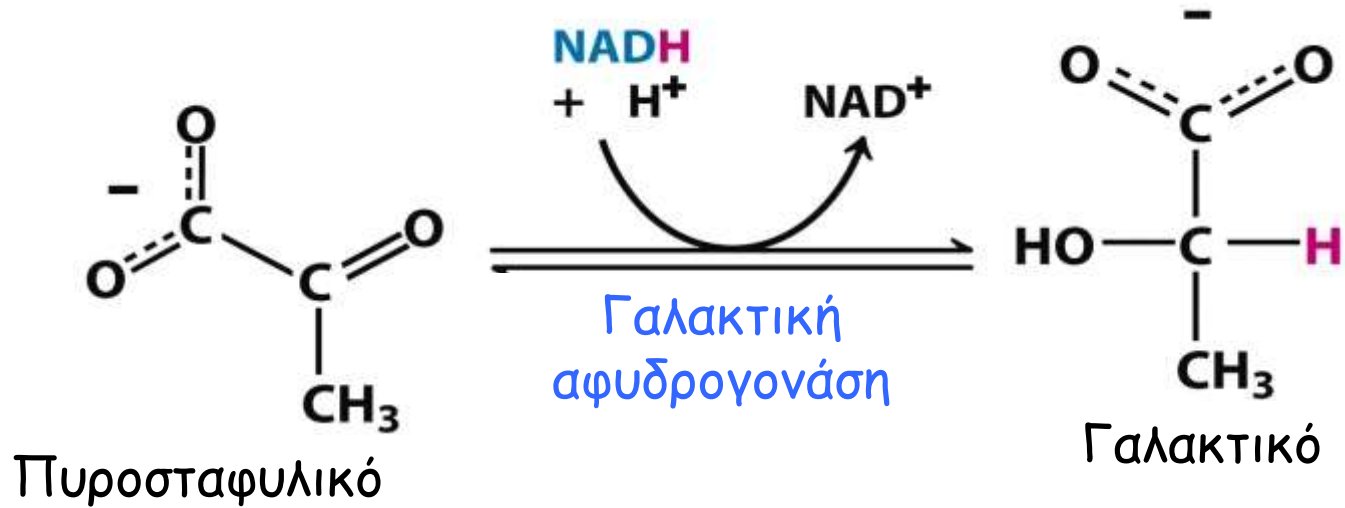
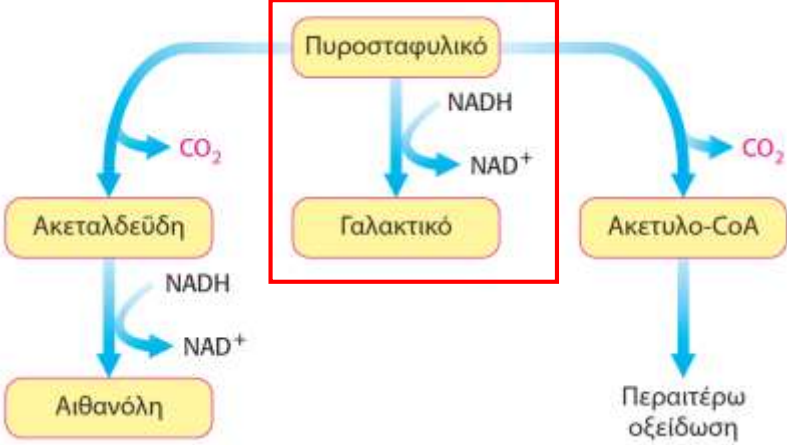
Οι ζυμώσεις (διεργασίες οξείδωσης και παραγωγής ATP απουσία οξυγόνου) από μικροοργανισμούς χρησιμοποιούνται για τη παρασκευή τροφίμων και είναι η μοναδική πηγή ενέργειας για τους αναερόβιους οργανισμούς.

2.

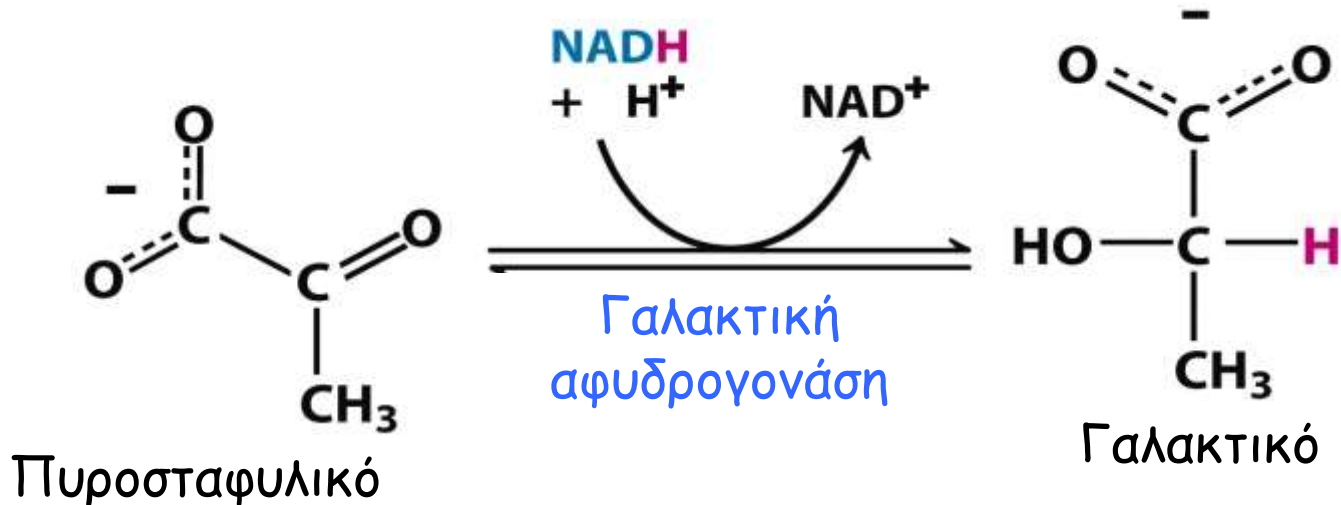
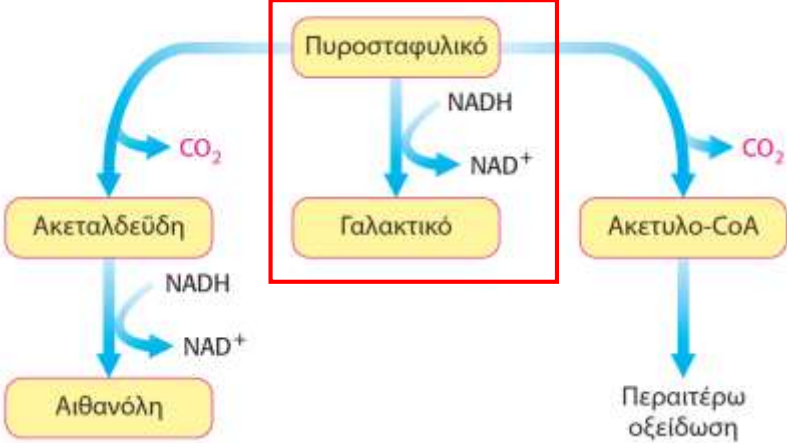
## Παραγωγή γαλακτικού (γαλακτική ζύμωση)



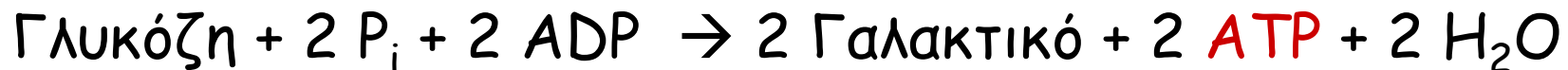
## 2. Παραγωγή γαλακτικού (γαλακτική ζύμωση)



## 2. Παραγωγή γαλακτικού (γαλακτική ζύμωση)

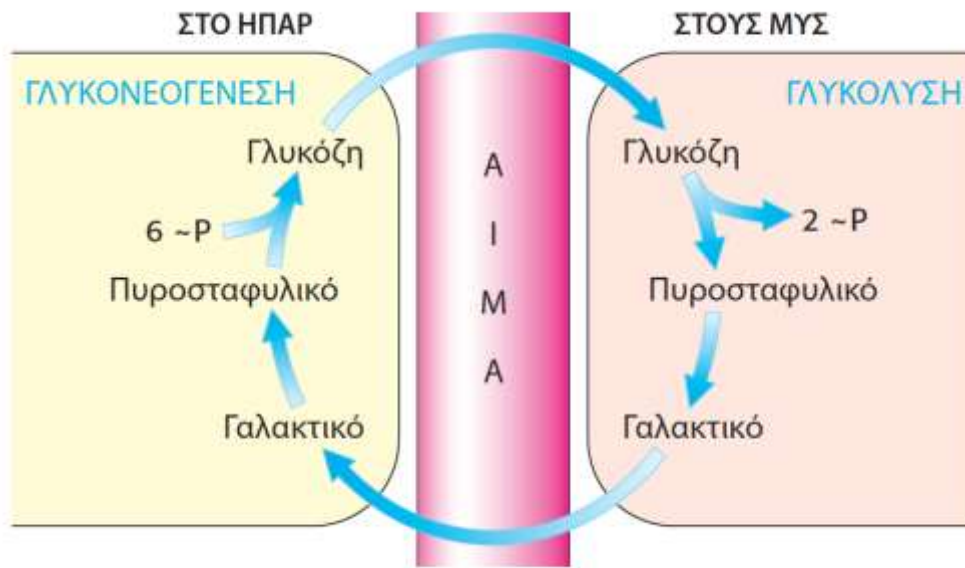


- Συμβαίνει σε μικροοργανισμούς αλλά και σε ανθρώπινα κύτταρα: ερυθροκύτταρα ή όταν λείπει το οξυγόνο (έντονη μυϊκή δραστηριότητα)
- Αναγέννηση του NAD<sup>+</sup> και αναερόβια πορεία:



# Η διαχείριση του γαλακτικού από τον ανθρώπινο οργανισμό

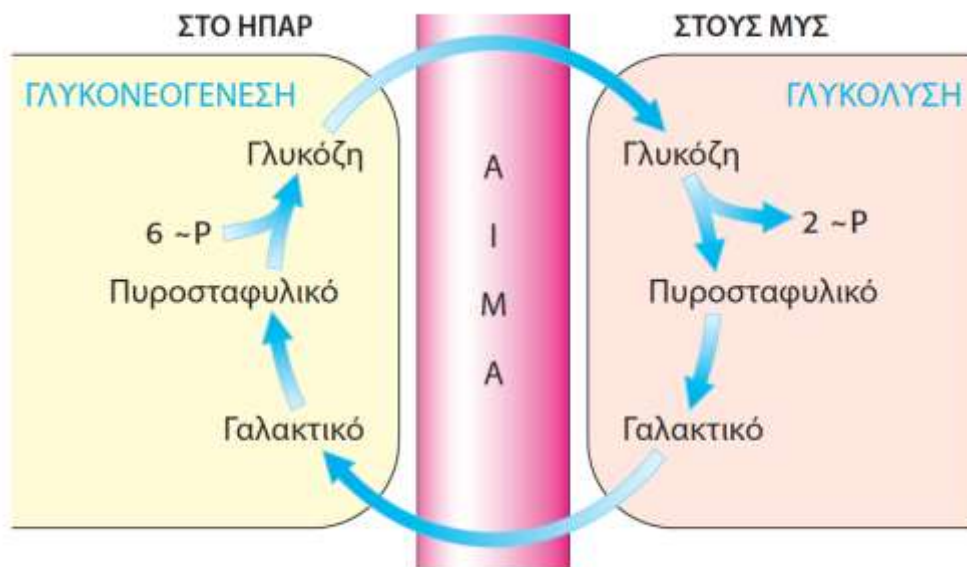
## Ο κύκλος του Cori





# Η διαχείριση του γαλακτικού από τον ανθρώπινο οργανισμό

## Ο κύκλος του Cori

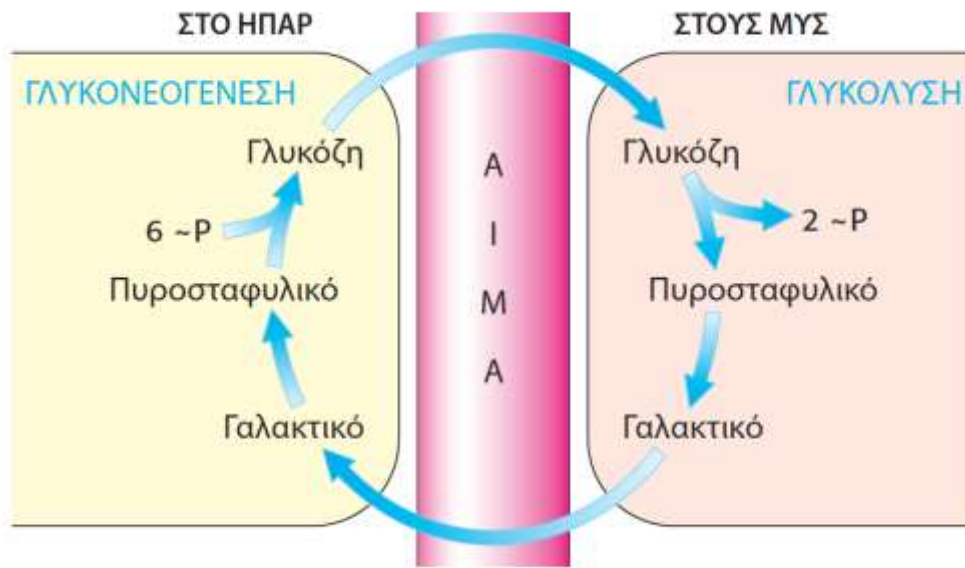


- ❖ Το γαλακτικό είναι μεταβολικό αδιέξοδο και ο σχηματισμός του εξυπηρετεί μόνο τη την αναγέννηση του  $\text{NAD}^+$  και τη συνέχιση της γλυκόλυσης στους αναερόβιους μύς και στα ερυθροκύτταρα.
- ❖ Για την απομάκρυνση/αξιοποίηση του γαλακτικού και την αποφυγή της γαλακτικής οξέωσης απαιτείται η συνεργασία διαφόρων οργάνων.



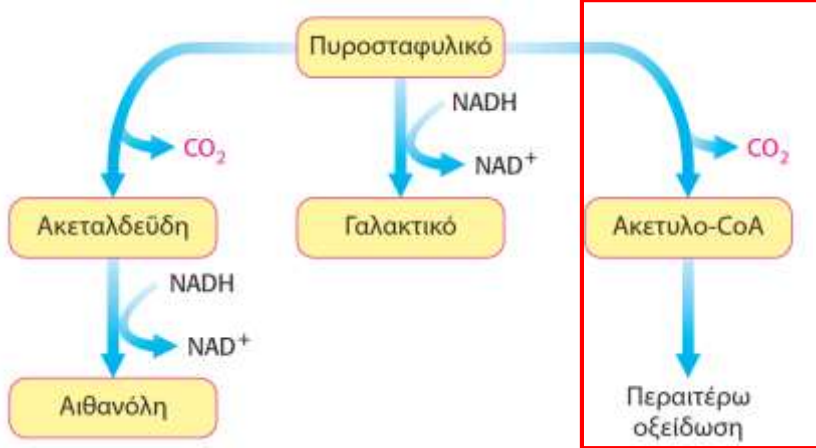
# Η διαχείριση του γαλακτικού από τον ανθρώπινο οργανισμό

## Ο κύκλος του Cori

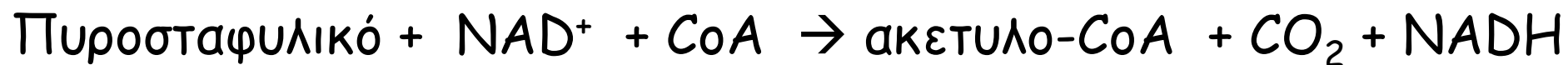


- ❖ Το γαλακτικό είναι μεταβολικό αδιέξοδο και ο σχηματισμός του εξυπηρετεί μόνο τη την αναγέννηση του  $\text{NAD}^+$  και τη συνέχιση της γλυκόλυσης στους αναερόβιους μυς και στα ερυθροκύτταρα.
- ❖ Για την απομάκρυνση/αξιοποίηση του γαλακτικού και την αποφυγή της γαλακτικής οξέωσης απαιτείται η συνεργασία διαφόρων οργάνων.

- ❖ Σε καλά οξυγονωμένα όργανα (ήπαρ), το γαλακτικό μετατρέπεται ξανά σε πυροσταφυλικό και μπορεί να οξειδωθεί για την παραγωγή ενέργειας ή να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή γλυκόζης.
- ❖ Η χρησιμοποίηση του γαλακτικού εξοικονομεί γλυκόζη για τους ενεργούς μυς (μετατόπιση του μεταβολικού φορτίου).
- ❖ Η γαλακτική αφυδρογονάση έχει πολλά ισοένζυμα:  $\text{H}_4$ ,  $\text{H}_3\text{M}$ ,  $\text{H}_2\text{M}_2$ ,  $\text{HM}_3$ ,  $\text{M}_4$  (H: καρδιά, M: Μυς). Το  $\text{H}_4$  οξειδώνει το γαλακτικό προς πυροσταφυλικό και εξυπηρετεί τον καρδιακό μυ που λειτουργεί αερόβια. Το  $\text{M}_4$  λειτουργεί αντίστροφα και εξυπηρετεί τους σκελετικούς μυς κατά την έντονη άσκηση.

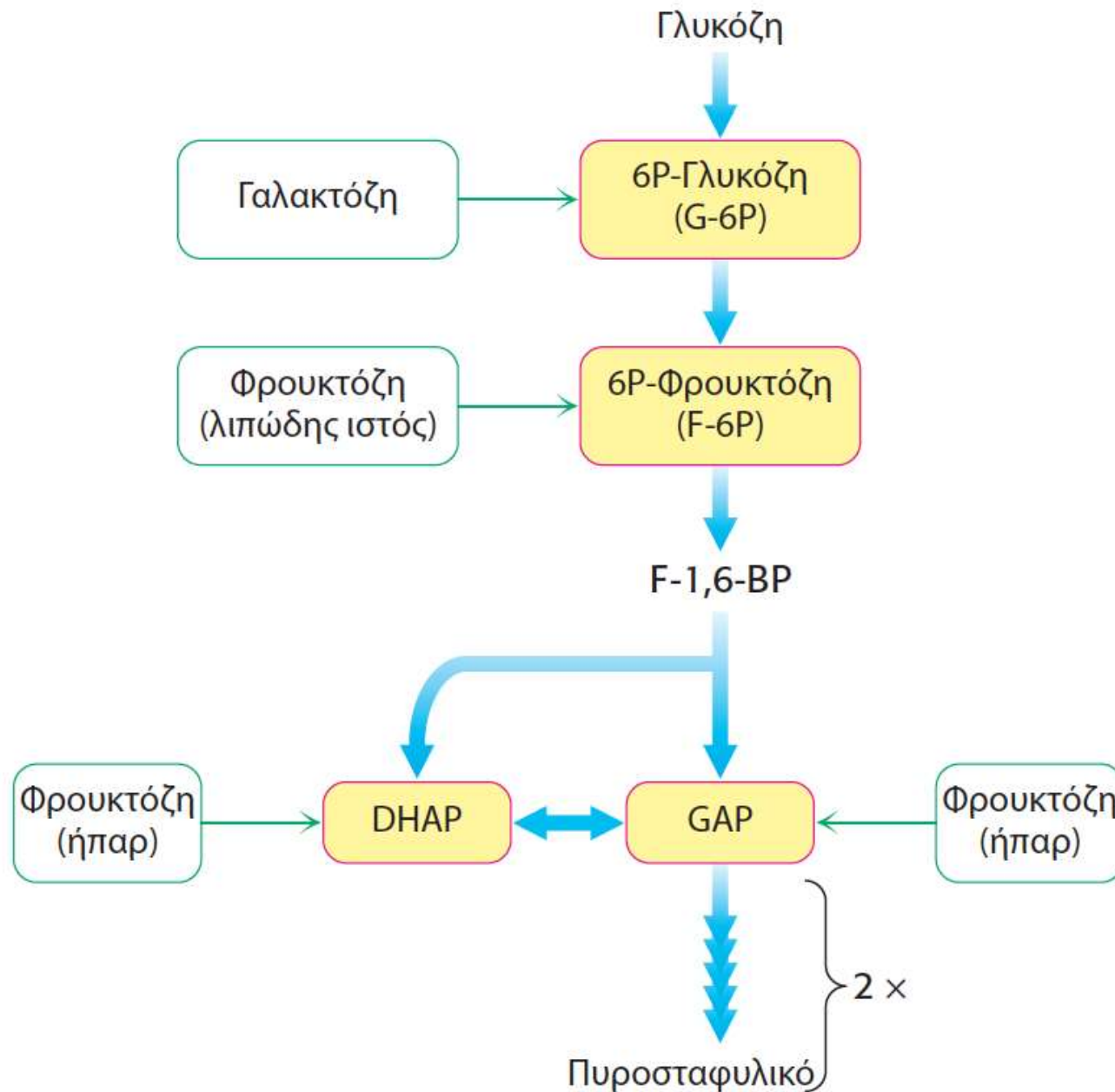


### 3. Οξειδωτική αποκαρβοξυλίωση του πυροσταφυλικού (στα μιτοχόνδρια)



- ❖ Μόνο παρουσία οξυγόνου
- ❖ Το ακετυλο-CoA μπαίνει στον κύκλο του κιτρικού οξέος για την πλήρη οξείδωση των ατόμων άνθρακα (σε  $\text{CO}_2$ ) και την παραγωγή ενέργειας.
- ❖ Το  $\text{NAD}^+$  που απαιτείται αναγεννιέται με την μεταφορά των ηλεκτρονίων στο οξυγόνο στην αναπνευστική αλυσίδα των μιτοχονδρίων.

# Η είσοδος της φρουκτόζης και της γαλακτόζης στη γλυκόλυση



# Ο μεταβολισμός της φρουκτόζης στο ήπαρ

Φρουκτόζη

Φρουκτοκινάση

ATP

ADP

1-Φωσφορική φρουκτόζη

Αλδολάση της  
1-φωσφορικής  
φρουκτόζης

Γλυκεραλδεΐδη

+

Φωσφορική  
διυδροξυακετόνη

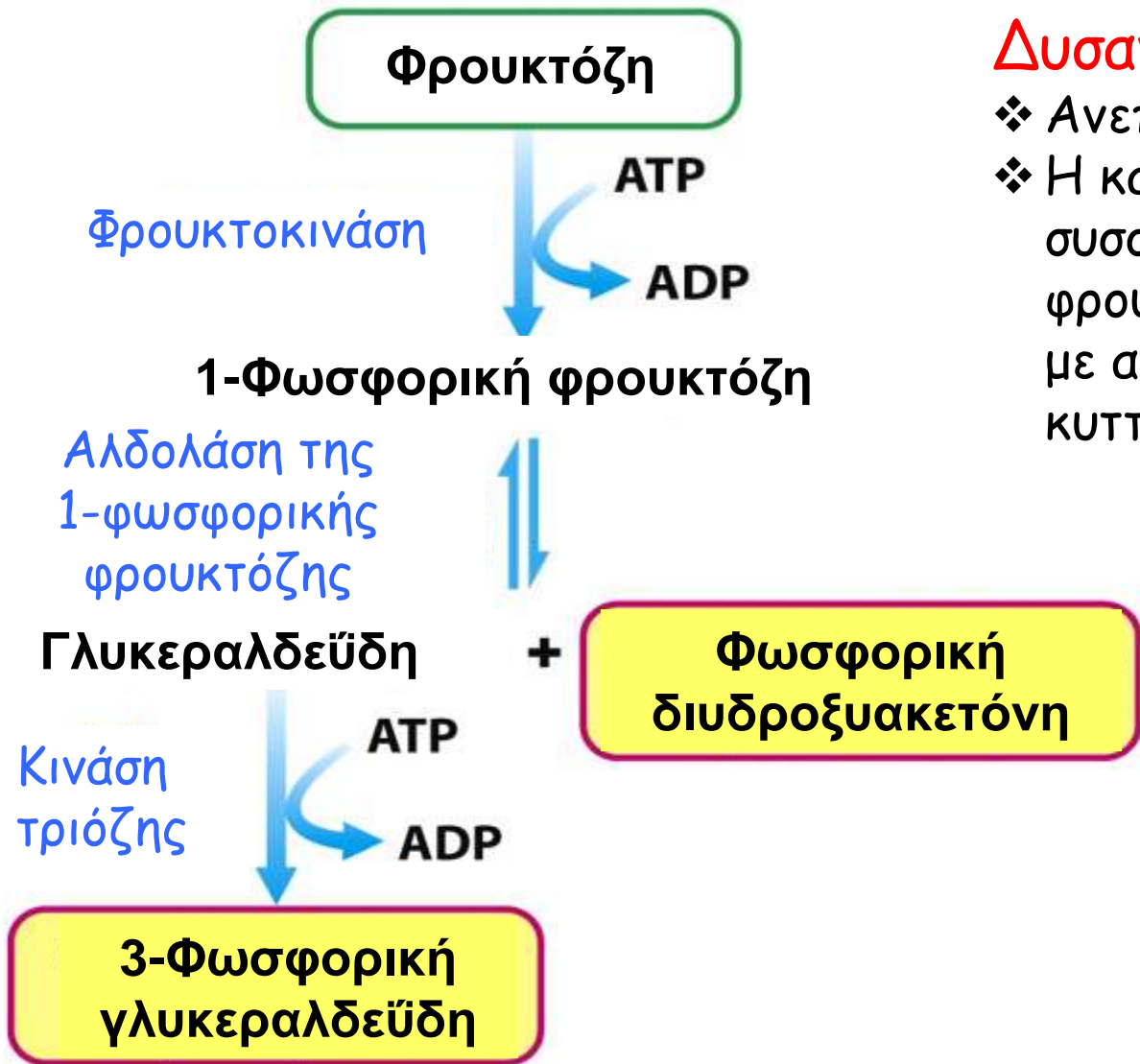
Κινάση  
τριόζης

ATP

ADP

3-Φωσφορική  
γλυκεραλδεΐδη

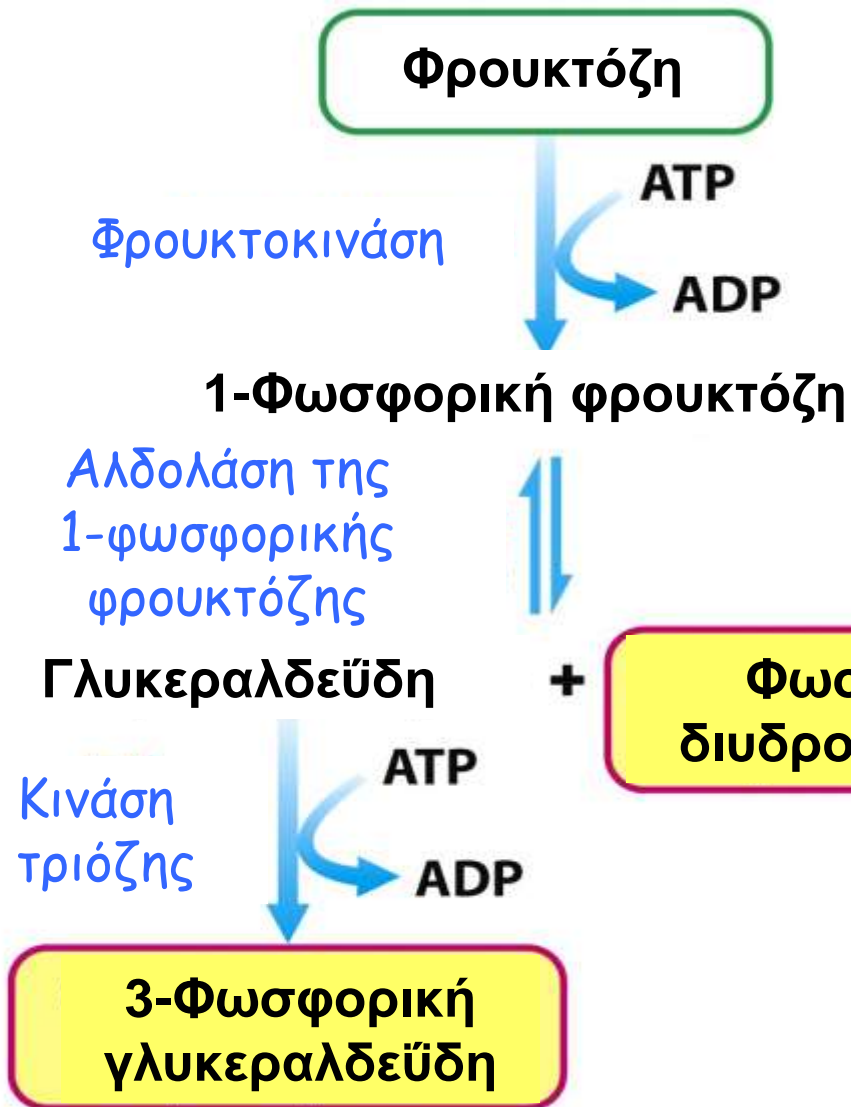
# Ο μεταβολισμός της φρουκτόζης στο ήπαρ



## Δυσανεξία στη φρουκτόζη:

- ❖ Ανεπάρκεια της αλδολάσης στο ήπαρ
- ❖ Η κατανάλωση φρουκτόζης προκαλεί συσσώρευση 1-φωσφορικής φρουκτόζης και εξάντληση  $P_i$  και ATP με αποτέλεσμα τη καταστροφή των κυττάρων του ήπατος

# Ο μεταβολισμός της φρουκτόζης στο ήπαρ

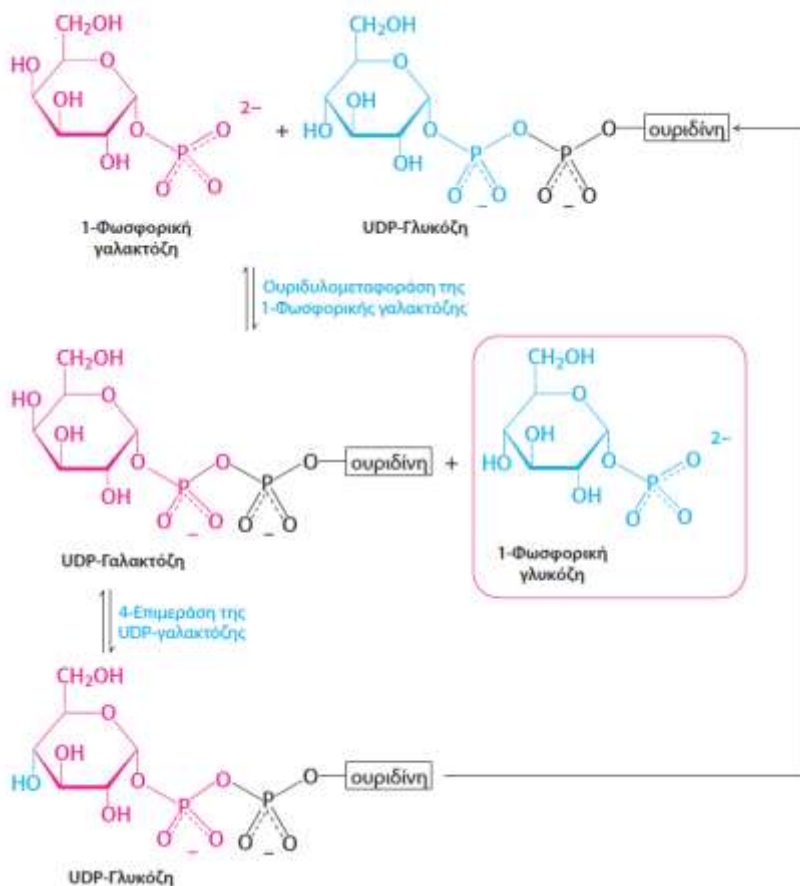
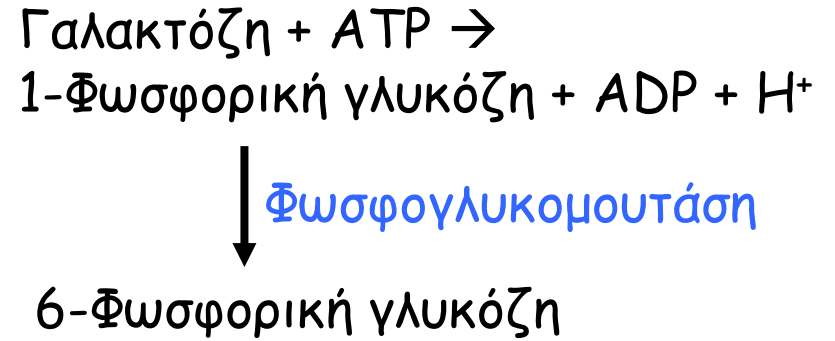
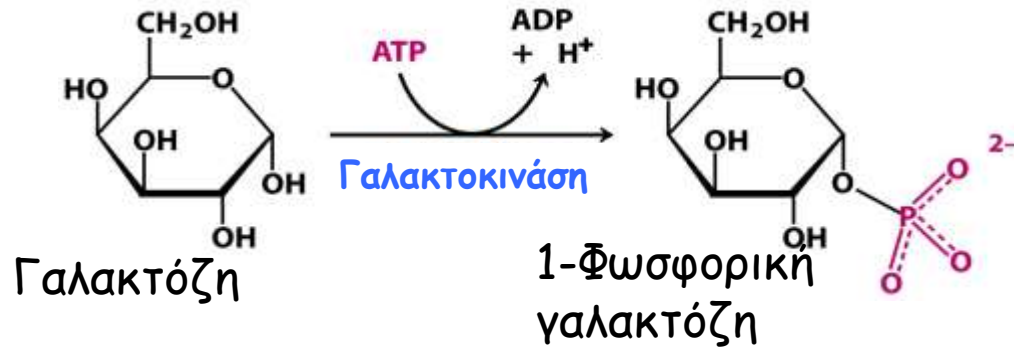


## Δυσανεξία στη φρουκτόζη:

- ❖ Ανεπάρκεια της αλδολάσης στο ήπαρ
- ❖ Η κατανάλωση φρουκτόζης προκαλεί συσσώρευση 1-φωσφορικής φρουκτόζης και εξάντληση  $P_i$  και ATP με αποτέλεσμα τη καταστροφή των κυττάρων του ήπατος

- ❖ Τα ίδια καταστροφικά αποτελέσματα μπορεί να έχει και η υπερκατανάλωση φρουκτόζης σε αντικατάσταση της γλυκόζης

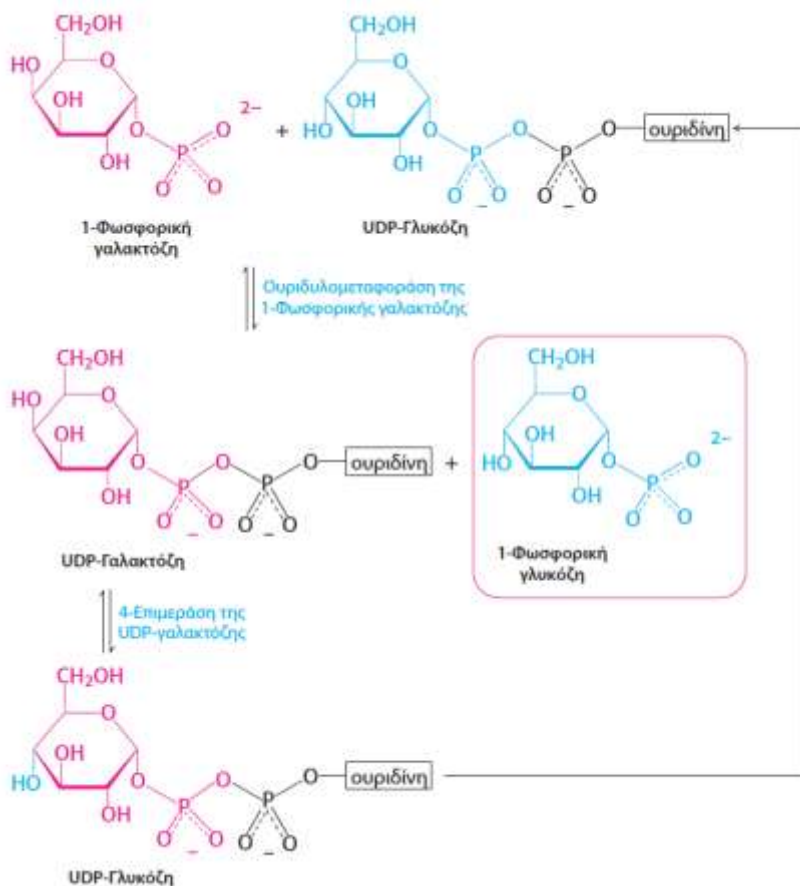
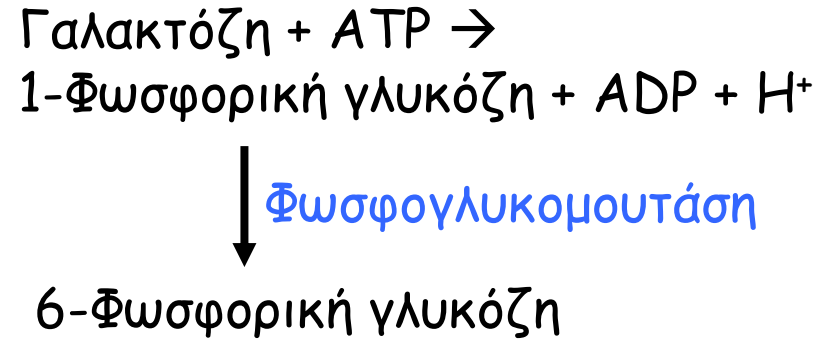
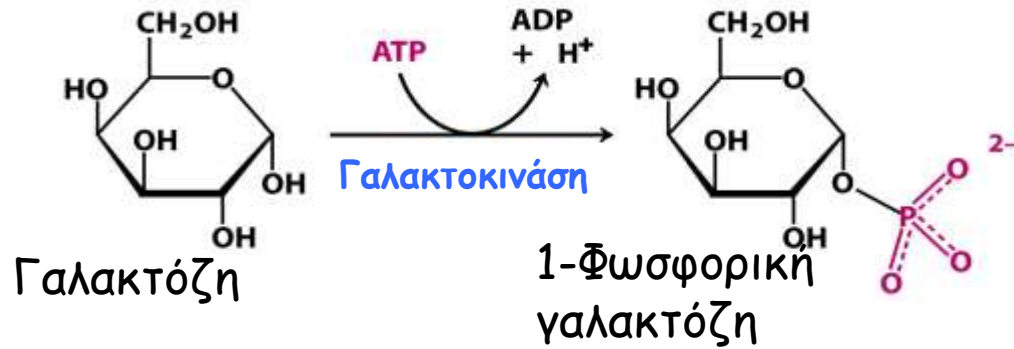
# Ο μεταβολισμός της γαλακτόζης



Πολύπλοκοι  
πολυσακχαρίτες  
&  
Γλυκοπρωτεΐνες



# Ο μεταβολισμός της γαλακτόζης



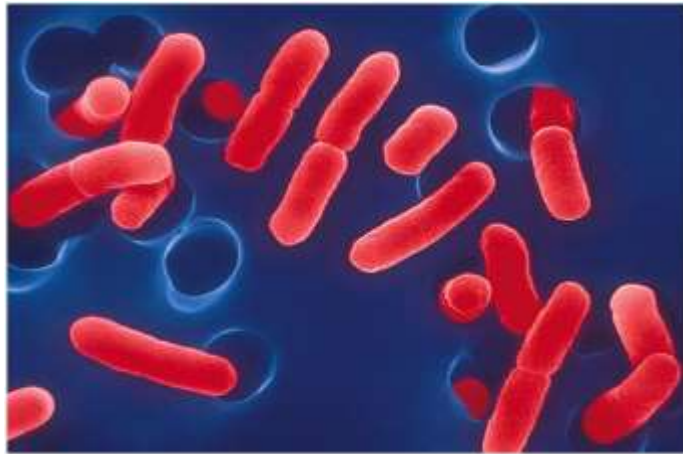
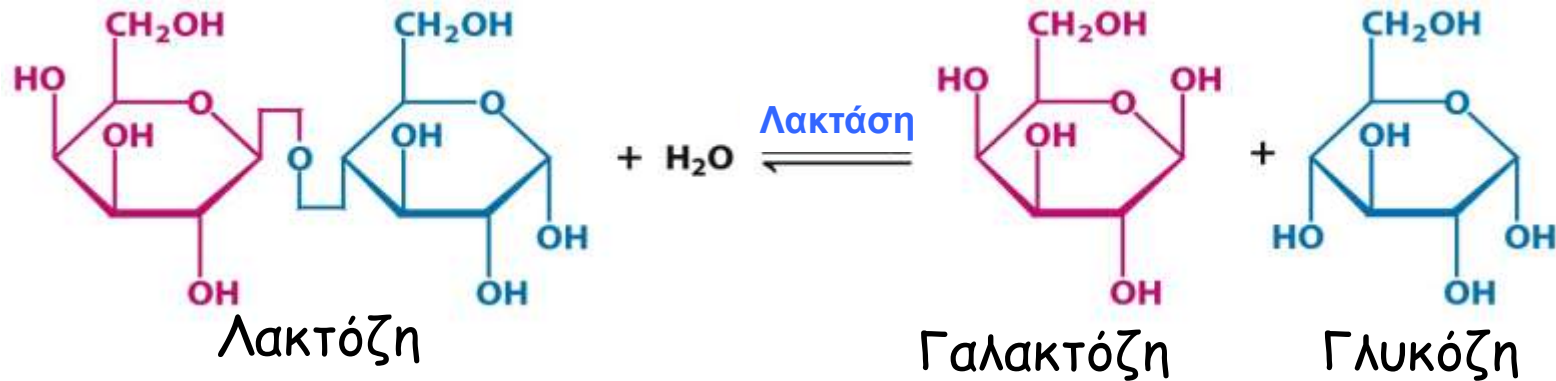
## Γαλακτοζαιμία:

- ❖ Ανεπάρκεια της ουριδυλομεταφοράς της 1-φωσφορικής γαλακτόζης
- ❖ Κατανάλωση γάλακτος προκαλεί εμετό, διάρροια βλάβη του ήπατος, ίκτερο, καταρράκτη, πνευματική καθυστέρηση
- ❖ Ακόμη και αν δεν καταναλώνεται γαλακτόζη, οι ασθενείς παρουσιάζουν δυσλειτουργία του ΚΝΣ και ωθητική ανεπάρκεια

Πολύπλοκοι  
 πολυσακχαρίτες  
 &  
 Γλυκοπρωτεΐνες



## Δυσανεξία λακτόζης (υπολακτασία)



*Lactobacillus*

- ❖ Ανεπάρκεια της λακτάσης στο έντερο.
- ❖ Η λακτόζη ζυμώνεται από τα βακτήρια του εντέρου προς γαλακτικό, μεθάνιο και υδρογόνο.
- ❖ Προκαλείται δυσφορία («φούσκωμα»), είσοδος νερού στο έντερο και διάρροια.

Μεταβολικές τύχες του πυροσταφυλικού

Μετατροπή σε αιθανόλη - Αλκοολική ζύμωση ( $\text{NADH} \rightarrow \text{NAD}^+$ )

Αποκαρβοξυλάση - Αφυδρογονάση

Μετατροπή σε γαλακτικό - Γαλακτική ζύμωση ( $\text{NADH} \rightarrow \text{NAD}^+$ )

Γαλακτική αφυδρογονάση

Διατήρηση του ισοζυγίου οξειδοαναγωγής

Αναγέννηση  $\text{NAD}^+$ , αναερόβια γλυκόλυση

Κύκλος Cori

Μετατροπή σε ακετυλο-CoA (μιτοχόνδρια, αερόβια)

Μεταβολική τύχη φρουκτόζης

Φρουκτοκινάση  $\rightarrow$  1-Φωσφορική φρουκτόζη ( $-\text{ATP}$ ),

Αλδολάση (Δυσανεξία στη φρουκτόζη)  $\rightarrow$

Γλυκεραλδεΐδη + Φωσφορική Διυδροξυακετόνη

Κινάση  $\rightarrow$  3-Φωσφορική γλυκεραλδεΐδη ( $-\text{ATP}$ )

Μεταβολική τύχη γαλακτόζης

Γαλακτοκινάση  $\rightarrow$  1-Φωσφορική γαλακτόζη ( $-\text{ATP}$ ),

Ουριδυλομεταφοράση (Γαλακτοζαιμία)  $\rightarrow$

UDP-Γαλακτόζη + 1-Φωσφορική γλυκόζη

Φωσφογλυκομουτάση

6-Φωσφορική γλυκόζη

Δυσανεξία λακτόζης (υπολακτασία)

Ποιο είναι λάθος σχετικά με την πρώτη αντίδραση της γλυκόλυσης;

A. Είναι αντιστρεπτή.

B. Καταναλώνει ATP.

Γ. Καταλύει την φωσφορυλίωση της γλυκόζης.

Δ. Καταλύεται από την εξοκινάση.

E. Είναι εξεργονική.

Ποιο είναι λάθος σχετικά με την πρώτη αντίδραση της γλυκόλυσης;

A. Είναι αντιστρεπτή.

B. Καταναλώνει ATP.

Γ. Καταλύει την φωσφορυλίωση της γλυκόζης.

Δ. Καταλύεται από την εξοκινάση.

E. Είναι εξεργονική.

Ποιο είναι λάθος σχετικά με την πρώτη αντίδραση της γλυκόλυσης;

A. Είναι αντιστρεπτή.

B. Καταναλώνει ATP.

Γ. Καταλύει την φωσφορυλίωση της γλυκόζης.

Δ. Καταλύεται από την εξοκινάση.

E. Είναι εξεργονική.

Η δυσανεξία στη φρουκτόζη οφείλεται σε:

A. Ανεπάρκεια της φρουκτοκινάσης.

B. Ανεπάρκεια εντερικών ενζύμων.

Γ. Υπερβολική κατανάλωση γάλακτος.

Δ. Συσσώρευση γλυκεραλδεΐδης.

E. Ανεπάρκεια της αλδολάσης της 1-φωσφορικής φρουκτόζης.

Ποιο είναι λάθος σχετικά με την πρώτη αντίδραση της γλυκόλυσης;

- A. Είναι αντιστρεπτή.
- B. Καταναλώνει ΑΤΡ.
- Γ. Καταλύει την φωσφορυλίωση της γλυκόζης.
- Δ. Καταλύεται από την εξοκινάση.
- Ε. Είναι εξεργονική.

Η δυσανεξία στη φρουκτόζη οφείλεται σε:

- A. Ανεπάρκεια της φρουκτοκινάσης.
- B. Ανεπάρκεια εντερικών ενζύμων.
- Γ. Υπερβολική κατανάλωση γάλακτος.
- Δ. Συσσώρευση γλυκεραλδεΐδης.
- E. Ανεπάρκεια της αλδολάσης της 1-φωσφορικής φρουκτόζης.

Ποιο είναι λάθος σχετικά με την πρώτη αντίδραση της γλυκόλυσης;

- A. Είναι αντιστρεπτή.
- B. Καταναλώνει ΑΤΡ.
- Γ. Καταλύει την φωσφορυλίωση της γλυκόζης.
- Δ. Καταλύεται από την εξοκινάση.
- Ε. Είναι εξεργονική.

Η δυσανεξία στη φρουκτόζη οφείλεται σε:

- A. Ανεπάρκεια της φρουκτοκινάσης.
- B. Ανεπάρκεια εντερικών ενζύμων.
- Γ. Υπερβολική κατανάλωση γάλακτος.
- Δ. Συσσώρευση γλυκεραλδεΐδης.
- E. Ανεπάρκεια της αλδολάσης της 1-φωσφορικής φρουκτόζης.