



# Αρχές Βιοτεχνολογίας Τροφίμων

## Ενότητα 3:

Εφαρμογές Βιομηχανικής  
Βιοτεχνολογίας: Στοιχεία  
Μικροβιακού  
Μεταβολισμού(2/3), 2ΔΩ

Τμήμα: Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Διδάσκων: Δρ. Σεραφείμ Παπανικολαου



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





# Μαθησιακοί Στόχοι

- Βιοτεχνολογικά Προϊόντα και Εφαρμογές
- Στοιχεία Μικροβιακού Μεταβολισμού
- Παράγοντες που επιδρούν στη Μικροβιακή Αύξηση



# Λέξεις Κλειδιά

- Βιοτεχνολογικά Προϊόντα
- Μικροβιακή Βιοχημεία
- Καταβολισμός – Αναβολισμός
- Μικροβιακή αύξηση



# Καταβολισμός Σακχάρων 1/3

Ο καταβολισμός των σακχάρων και των αντίστοιχων ουσιών διακρίνεται σε:

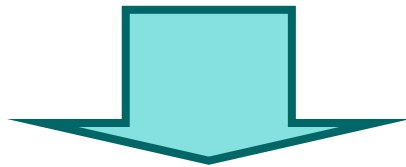
1) Αερόβιο (αναπνοή)

2) Αναερόβιο (ζύμωση)



# Καταβολισμός Σακχάρων 2/3

## Αερόβιος (αναπνοή)

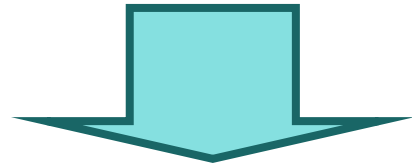


- Τελικός αποδέκτης  $e^-$  το  $O_2$
- ATP από 2ο και 3ο στάδιο καταβολισμού
- Τελικό προϊόν  $CO_2$  και  $H_2O$



# Καταβολισμός Σακχάρων 3/3

## Αναερόβιος (ζύμωση)



- Τελικός αποδέκτης  $e^-$  ενδιάμεσος μεταβολίτης
- ATP από 2ο στάδιο καταβολισμού
- Τελικό προϊόν οργανικό μόριο



# Αναβολισμός & Καταβολισμός





# Ετερότροφοι και Αυτότροφοι Μικροοργανισμοί

- **Ετερότροφοι:** χρησιμοποιούν οργανικές ουσίες ως πηγή ενέργειας και C.  
Διακρίνουμε δυο βασικούς τύπους μεταβολισμού, τον αναπνευστικό (οξειδωτικό) και το ζυμωτικό.
- **Αυτότροφοι:** Χρησιμοποιούν το  $\text{CO}_2$  ως πηγή C και ως πηγές ενέργειας είτε απλές ανόργανες ή οργανικές ουσίες (χημειοαυτότροφοι), είτε το φως (φωτοαυτότροφοι).





# Το Οξυγόνο στην Μικροβιακή Αύξηση

## 1/2

### Οι Περισσότεροι Αερόβιοι Μικροοργανισμοί Χρησιμοποιούν Ως Τελικό Αποδέκτη $e^-$ $O_2$

- Εναλλακτικά, μερικοί μικροοργανισμοί μπορούν να χρησιμοποιούν ως αποδέκτες  $e^-$  αμμωνία, νιτρώδη ιόντα ή ιόντα σιδήρου, όταν το περιβάλλον στο οποίο αυξάνονται είναι πλούσιο στα συστατικά αυτά, και επομένως μπορούν να αυξάνονται απουσία οξυγόνου.
- Στις περιπτώσεις όμως που οι μικροοργανισμοί στερούνται της ικανότητας χρήσης των αποδεκτών αυτών, τότε, απουσία  $O_2$ , δεν υπάρχει δυνατότητα παραγωγής ενέργειας στο μικροβιακό κύτταρο μέσω οξειδωτικών διεργασιών.
- Οι μικροοργανισμοί που ακολουθούν ζυμωτικό μεταβολισμό δεν χρησιμοποιούν  $O_2$  στις αντιδράσεις μεταβολισμού και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως **αναερόβιοι**.



# Το Οξυγόνο στην Μικροβιακή Αύξηση

## 2/2

- Η Αντίδραση των Οργανικών Ουσιών με το Οξυγόνο είναι Εξώθερμη
- Οι αερόβιοι μικροοργανισμοί καταβολίζουν σχετικά μικρές ποσότητες οργανικών ουσιών για να στηρίξουν ένα δεδομένο επίπεδο αναβολισμού (κυτταρικής αύξησης).
- Αντίθετα, η καταβολική δραστηριότητα των αναερόβιων μικροοργανισμών είναι δυσανάλογη της αναβολικής αφού η στήριξη ενός συγκεκριμένου επιπέδου αναβολισμού πραγματοποιείται μέσω χαμηλής ενεργειακής απόδοσης αντιδράσεων.

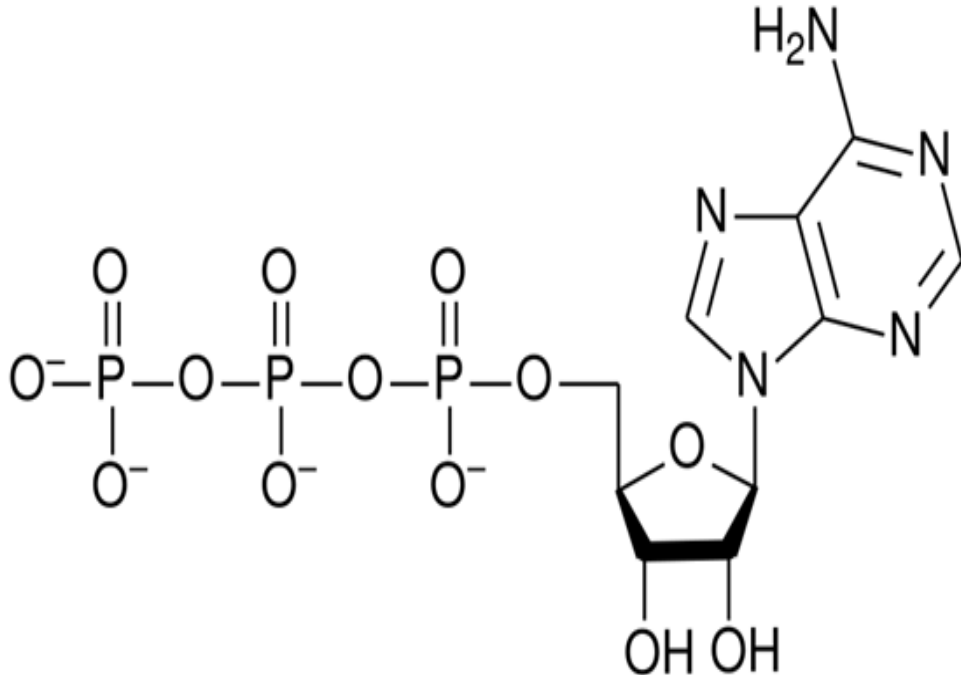


# Σύνδεση Καταβολισμού-Αναβολισμού

- Πραγματοποιείται μέσω μορίων που χρησιμοποιούνται ως αποθήκες της ενέργειας καταβολισμού και τροφοδότες ενέργειας των αναβολικών αντιδράσεων.
- Το σπουδαιότερο μόριο-κλειδί είναι το ATP που περιέχει δύο πλούσιους σε ενέργεια φωσφορικούς δεσμούς.
- Το ATP υδρολυόμενο απελευθερώνει την ενέργεια των φωσφορικών δεσμών που χρησιμοποιείται σε αντιδράσεις βιοσύνθεσης.



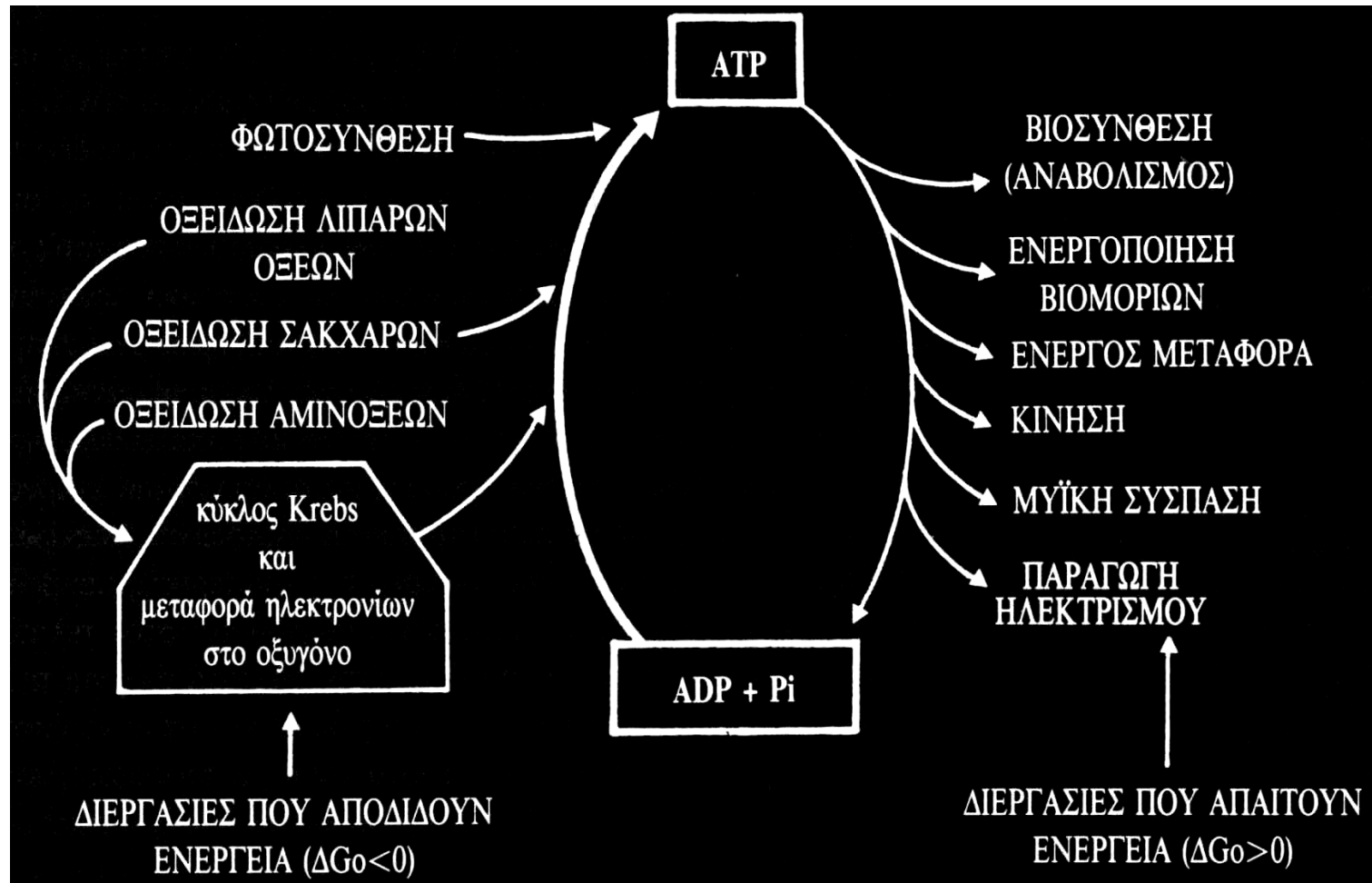
# ATP: Το Ενεργειακό Νόμισμα 1/2



- Το ATP συμμετέχει στη φωσφορυλίωση των ενδιάμεσων παραγώγων του μεταβολισμού.
- Τα φωσφορυλιωμένα παράγωγα είναι περισσότερο ενεργά των προδρόμων ενώσεων.

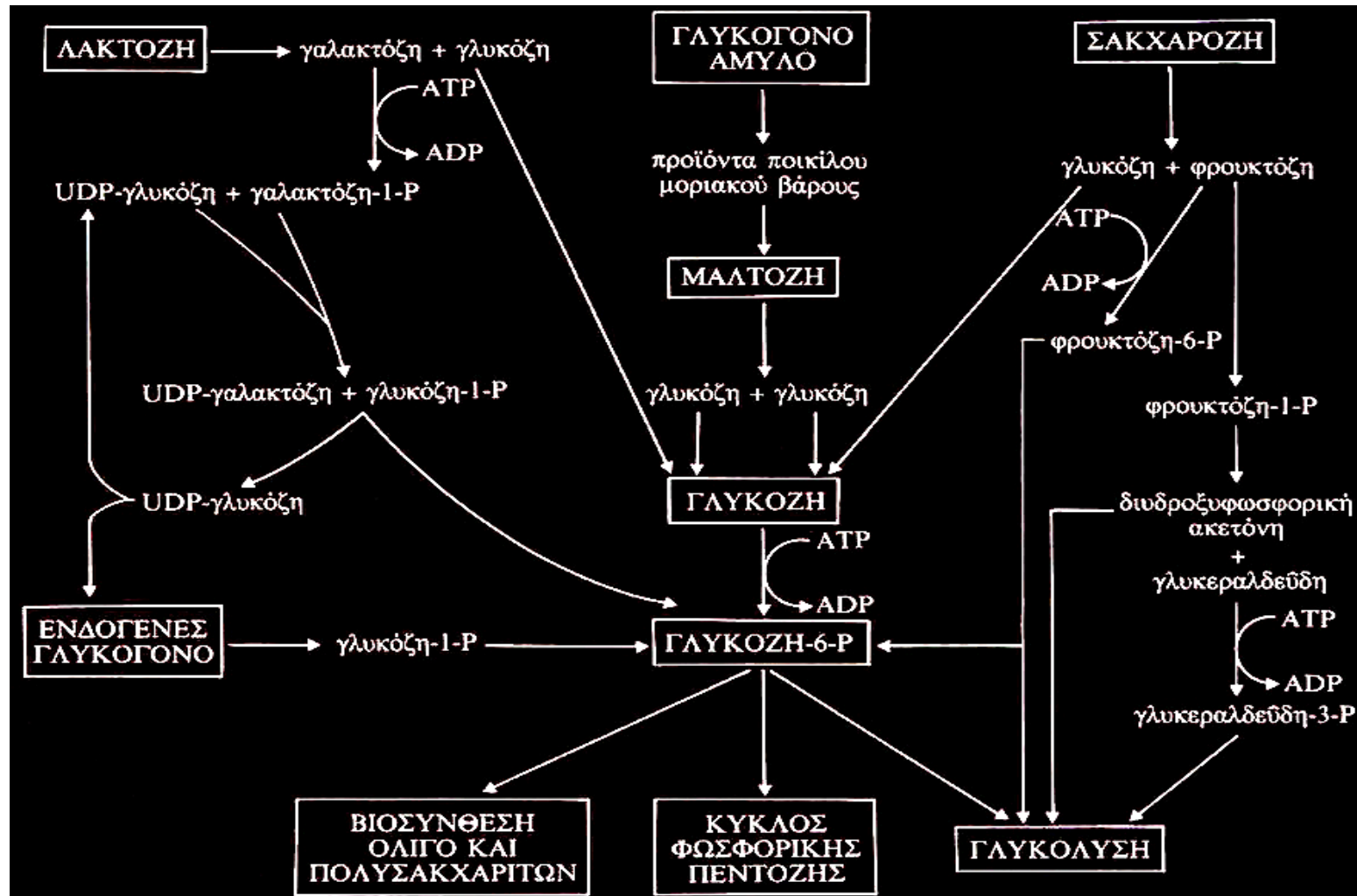


# ΑΤΡ: Το Ενεργειακό Νόμισμα 2/2



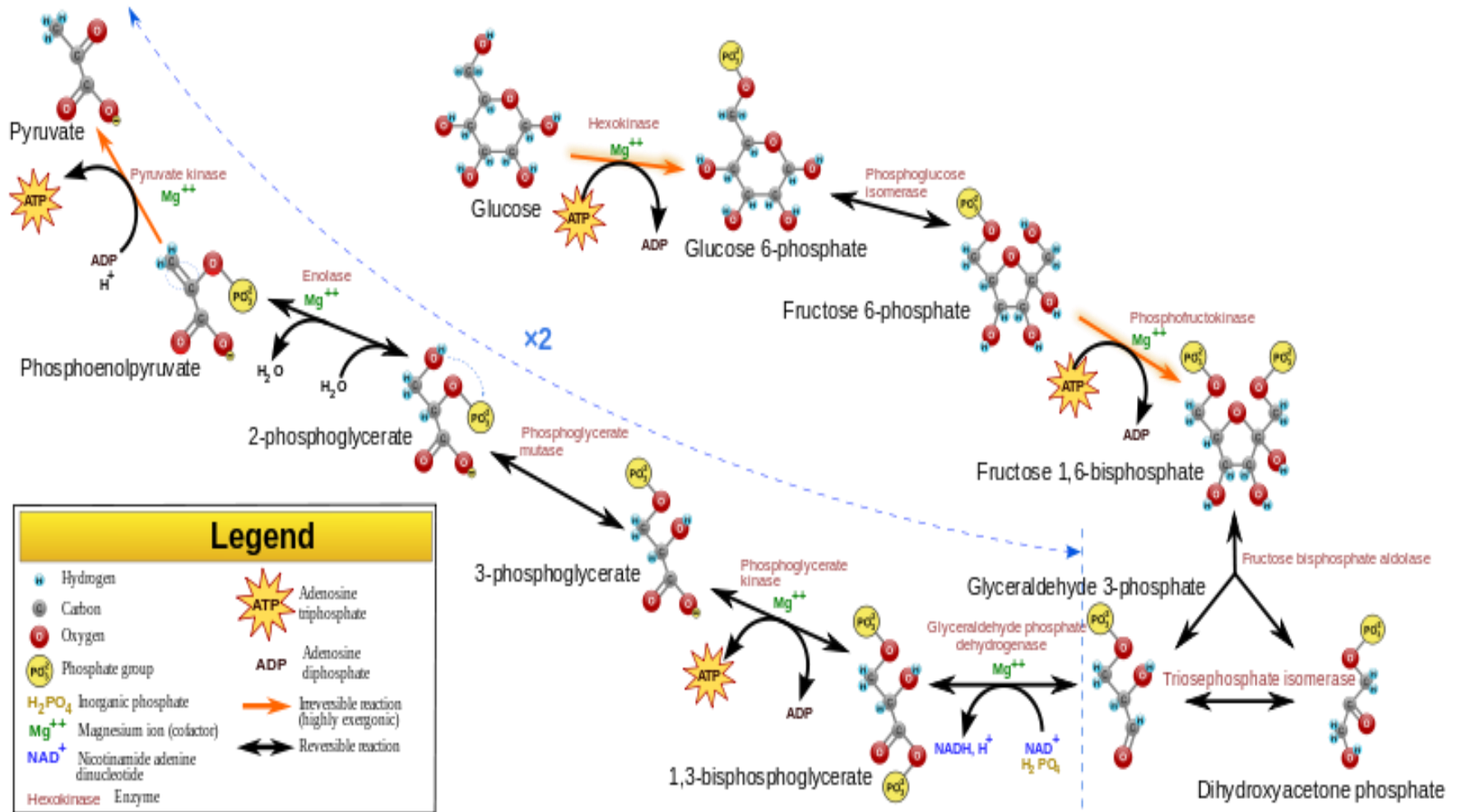


# Διάσπαση Σακχάρων





# Η Γλυκόλυση EMP 1/3





# Η Γλυκόλυση EMP 2/3

## Embden-meyerhoff-parnas (Ευκαρυωτικοί, Πολλά Βακτήρια)

1. Φωσφορυλίωση Glc προς G-6-P (δαπάνη ATP - ΗΚ ή PEP)
2. Φωσφορυλίωση της 6-P-Fr προς 1,6-δι-P-Fr (PFK)
3. Η 1,6-δι-P-Fr, διασπάται προς δύο τριόζες (αλδολάση)
4. Φωσφορυλίωση της 3-P-γλυκεριναλδεΐδης προς 1,3-δι-P-γλυκεριναλδεΐδη (ενσωμάτωση Pi)
5. Η 1,3-δι-P-γλυκεριναλδεΐδη μετατρέπεται προς 3-P-γλυκερινικό οξύ (παραγωγή ATP)
6. Το 3-P-γλυκερινικό οξύ μετατρέπεται προς PEP και αυτό με τη σειρά του προς πυροσταφυλικό





# Η Γλυκόλυση EMP 3/3

## Σχόλια επί του Γλυκολυτικού Σχήματος

- Για κάθε μόριο καταβολιζόμενης γλυκόζης έχουμε 2 μόρια παραγόμενου ATP.
- Υπάρχει το C6 και C3 μονοπάτι του σχήματος.
- Παράγονται 2 αναγωγικά συνένζυμα τα οποία θα ανακυκλωθούν είτε μέσω της ζύμωσης είτε μέσω της αναπνοής.

## Συνολική Αντίδραση Του Γλυκολυτικού

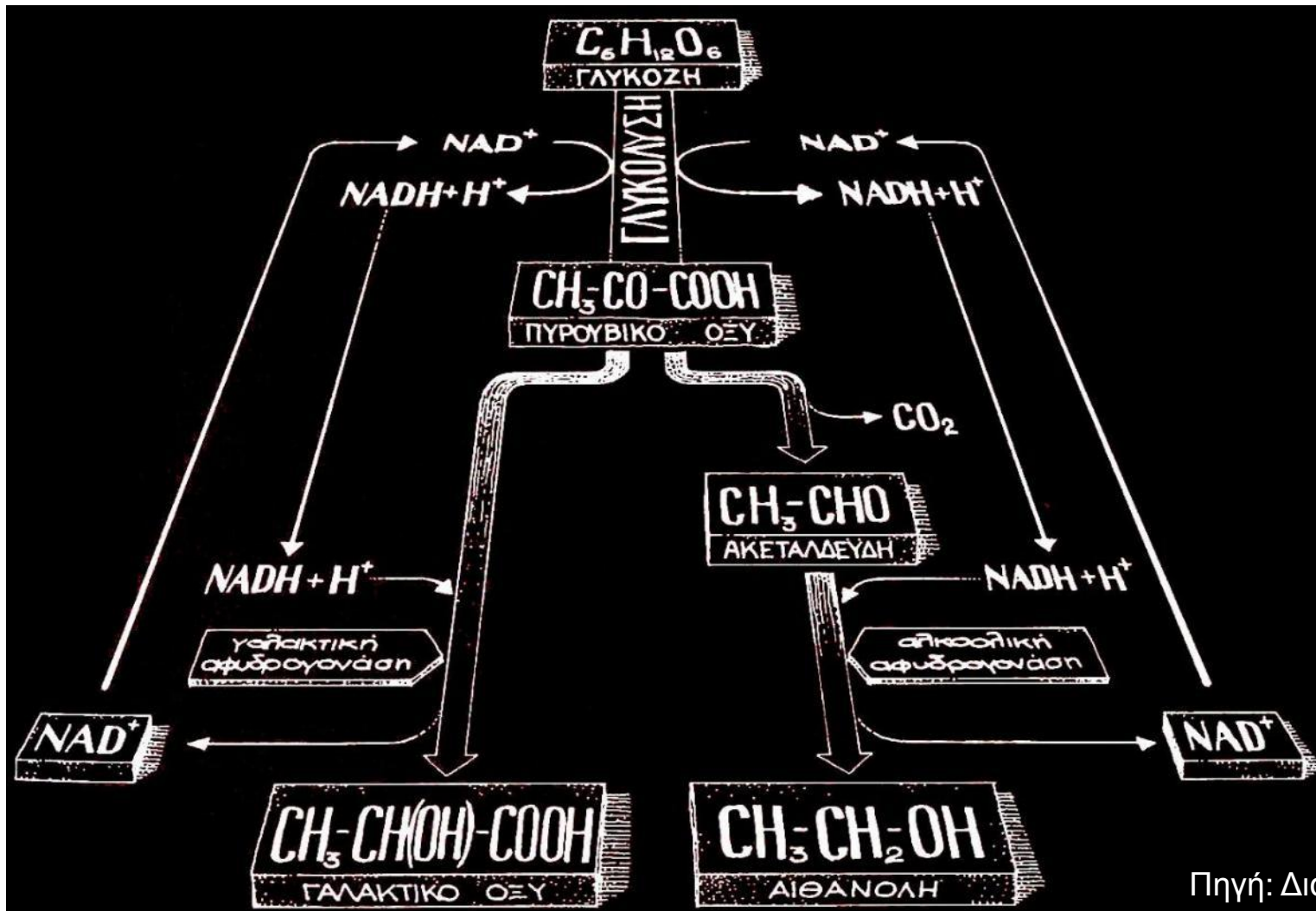
Σχήματος EMP







# Αλκοολική & Γαλακτική Ζύμωση



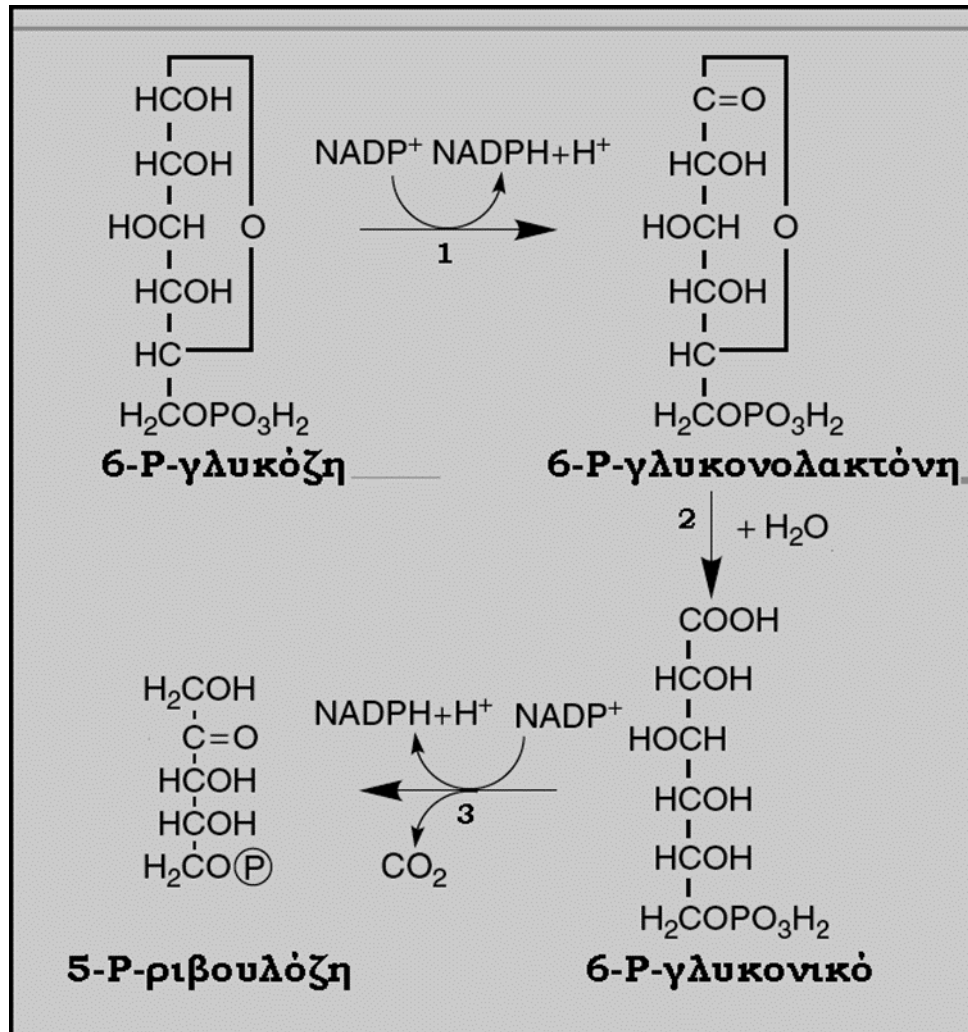


# Οξειδωτικός Κύκλος των P- Πεντοζών 1/3

- Ο κύκλος των P-πεντοζών είναι μια οξειδωτική διεργασία μέσω της οποίας η Glc μετατρέπεται σε πεντόζη και  $\text{CO}_2$ , αποδίδει δε 2 ανηγμένα συνένζυμα NADPH.
- Στη συνέχεια, μέσω σειράς αντιστρεπτών αντιδράσεων παράγονται μόρια με 3 έως 7 άτομα άνθρακα, έως ότου επιτευχθεί ισορροπία.



# Οξειδωτικός Κύκλος των P- Πεντοζών 2/3



## Οξειδωτική Φάση

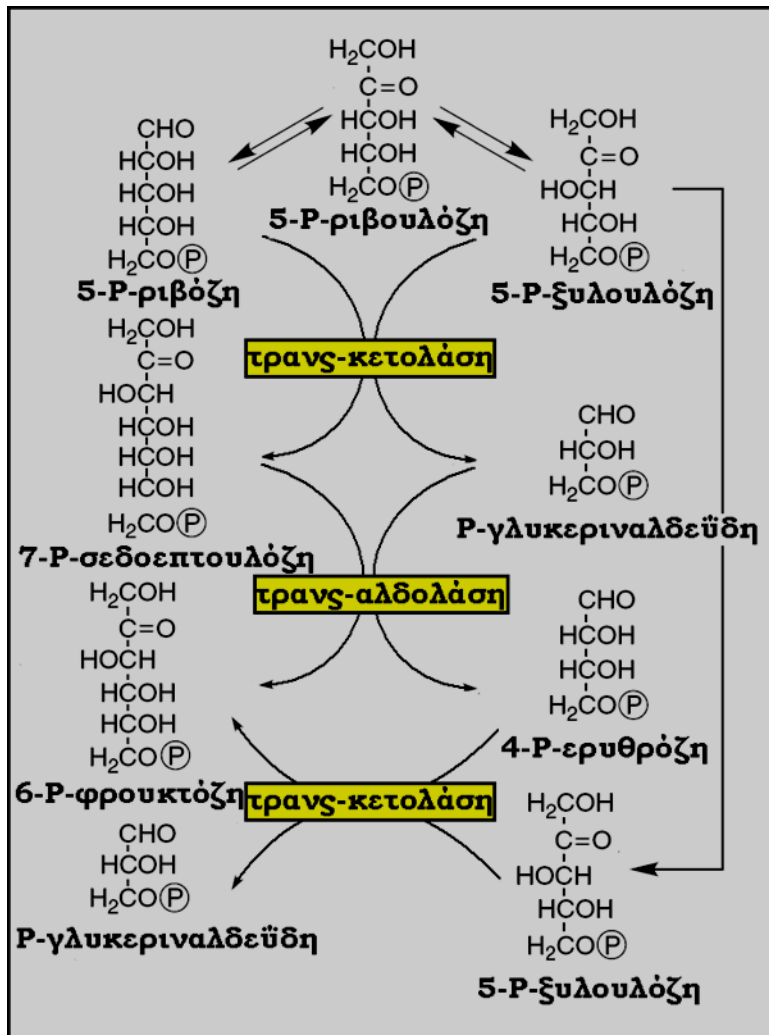
- Η G-6-P μετατρέπεται σε 5-P-ριβουλόζη με τη μεσολάβηση των ενζύμων αφυδρογονάση της G-6-P (1), λακτονάση (2) και αφυδρογονάση του 6-P-γλυκονικού οξέος (3).



# Οξειδωτικός Κύκλος των P- Πεντοζών 3/3

## Μη- Οξειδωτική Φάση

- Από την 5-P-ριβουλόζη παράγονται μόρια με 3 -7 άτομα C μέσω αντιστρεπτών αντιδράσεων.
- Οι πεντόζες που παράγονται χρησιμοποιούνται ως πρόδρομα μόρια για τη βιοσύνθεση νουκλεοτιδίων, ενώ τα άλλα προϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσω άλλων μεταβολικών οδών.





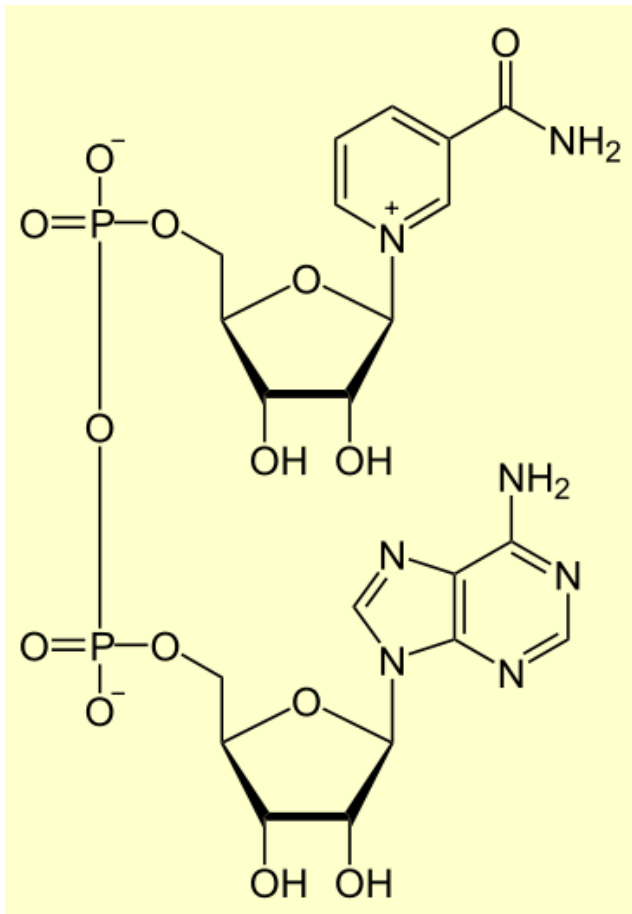
# $NADH_2$ και $NADPH_2$ 1/3

- Η άμεση οξείδωση της γλυκόζης μέσω της οδού των P-πεντοζών δεν αποδίδει ενέργεια υπό τη μορφή ATP αλλά υπό την μορφή ανηγμένων συνενζύμων  $NADPH$ , συνένζυμο που έχει παρόμοια δομή με εκείνη του  $NADH$ .

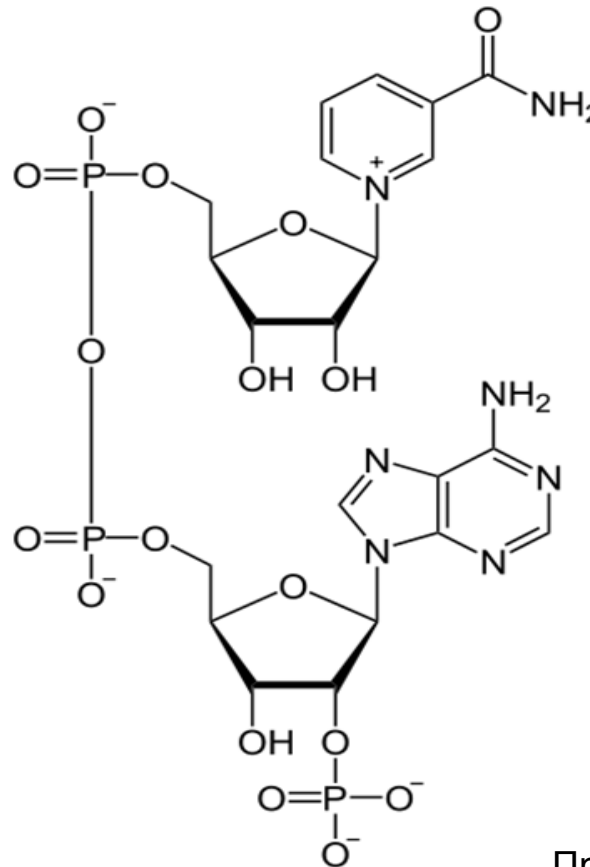


# $NADH_2$ και $NADPH_2$ 2/3

$NAD^+$  (Nicotinamide adenine dinucleotide)



$NADP^+$  (Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate)







# $NADH_2$ και $NADPH_2$ 3/3

## $NADH_2$ και $NADPH_2$ Χρησιμοποιούνται για τη Μεταφορά Πρωτονίων

- Τα δύο αυτά συνένζυμα έχουν όμως διακριτούς ρόλους:
  - το  $NADH_2$  συμμετέχει κυρίως σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις μέσω των οποίων παράγεται ενέργεια.
  - το  $NADPH_2$  χρησιμοποιείται κυρίως για την αναγωγή προδρόμων μορίων σε αντιδράσεις αναβολισμού (π.χ. βιοσύνθεσης λιπαρών οξέων).



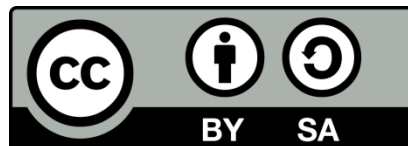
# Βιβλιογραφία

- Διαμαντίδης (1994) Εισαγωγή στη Βιοχημεία, 2η έκδοση, University Studio press
- Αγγελής (2007) Μικροβιολογία και Μικροβιακή Τεχνολογία, 1η έκδοση, Σταμούλης
- Διαμαντίδης (2008) Εισαγωγή στη Βιοχημεία, 3η έκδοση, University Studio press
- Καλαντζόπουλος (1999) Στοιχεία Βιοτεχνολογίας Τροφίμων, Εκδόσεις ΓΠΑ
- Ratledge (1991) Yeast physiology – a micro-synopsis. Bioproc. Eng. 6, 195-203



# 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.





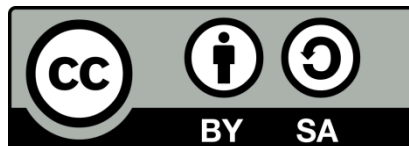
# Σημείωμα Αναφοράς

- Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, Σεραφείμ Παπανικολάου, «Αρχές Βιοτεχνολογίας Τροφίμων». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014.  
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<http://mediasrv.aua.gr/eclass/>



# 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.