



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

# Βιοχημεία Τροφίμων I

## Ενότητα 6<sup>η</sup>

### Γάλα ΙΙΙ (μέρος α)

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 βιοσύνθεσης και του καταβολισμού της λακτόζης.
- Κατανόηση της οξυγαλακτικής ζύμωσης, της προπιονικής ζύμωσης και του καταβολισμού του κιτρικού οξέος.
- Κατανόηση της διατροφικής αξίας του γάλακτος.
- Κατανόηση της λειτουργικότητας των προβιοτικών βακτηρίων και των πρεβιοτικών ενώσεων.



# Λέξεις - κλειδιά

- Λέξεις κλειδιά: Λακτόζη, Βιοσύνθεση Λακτόζης, Καταβολισμός Λακτόζης, Οξυγαλακτική Ζύμωση, Προπιονική Ζύμωση, Καταβολισμός Κιτρικού Οξέος, Διατροφική Αξία, Προβιοτικά, Πρεβιοτικά, Αντίδραση Maillard.
- Key words: Lactose, Lactose Biosynthesis, Lactose Degradation, Lactic Acid Fermentation, Propionic Acid Fermentation, Citrate Catabolism, Milk Nutritional Value, Probiotics, Prebiotics, Maillard Reaction.



# Λακτόζη

- 4-O-β-D-γαλακτοπυρανοζυλο-D-γλυκοπυρανόζη.
- κύριος υδατάνθρακας του γάλακτος.
- 1/5 της γλυκαντικής δύναμης της σακχαρόζης.
- α- και β-λακτόζη ( $\beta:\alpha = 1,68$  στους  $20^{\circ}\text{C}$ ).
- β-λακτόζη θερμοδυναμικά πιο σταθερή από την α-λακτόζη.
- ταχύτητα ανωμερίωσης:
  - μεγάλη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος,
  - χαμηλή στους  $0^{\circ}\text{C}$ .
- ενυδατωμένη κρυσταλλική μορφή της α-λακτόζης:
  - σχήμα “tomahawk”.
  - «αμμώδης» γεύση γαλακτοκομικών προϊόντων (π.χ. παγωτό).



# Βιοσύνθεση λακτόζης (α)

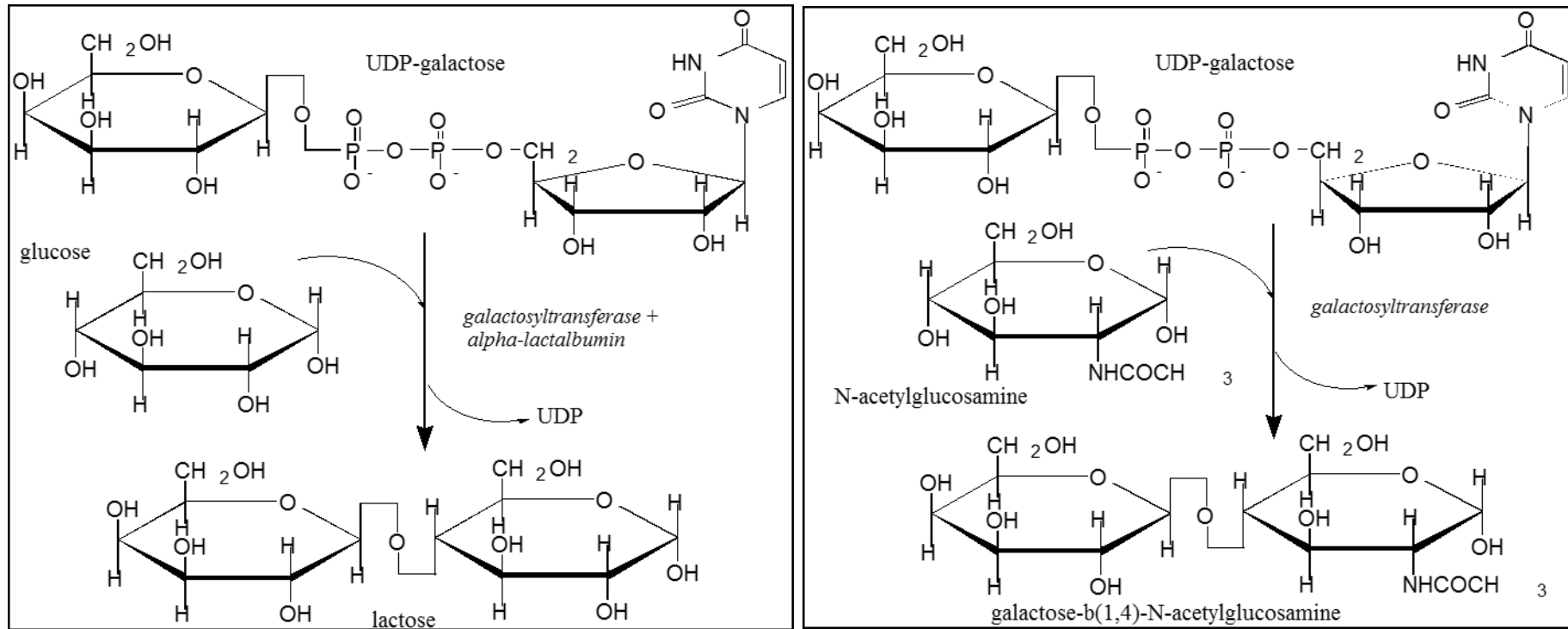
Η βιοσύνθεση της λακτόζης του γάλακτος:

- στη συσκευή Golgi των επιθηλιακών κυττάρων.
- τα οργανίδια Golgi:
  - «τήκονται» με την κυτταρική μεμβράνη των επιθηλιακών κυττάρων.
  - αδειάζουν το περιεχόμενό τους στην αδενοκυψελίδα του αδενικού λοβίου.
- συνθετάση της λακτόζης = γαλακτοζυλοτρανσφεράση (καταλυτική υπομονάδα) + α-λακταλβουμίνη (ρυθμιστική υπομονάδα).
- η α-λακταλβουμίνη υπόκειται σε ορμονικό έλεγχο (προλακτίνη).



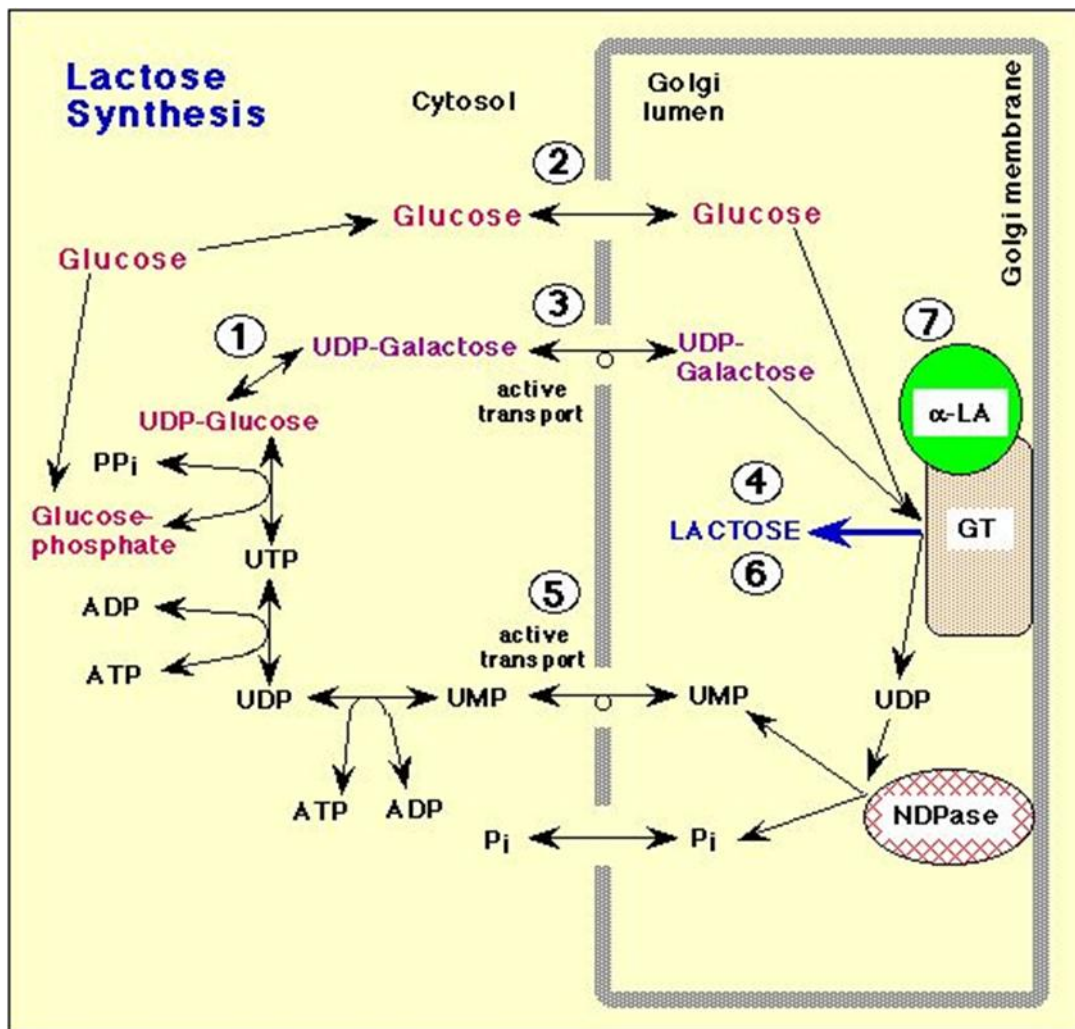
# Βιοσύνθεση λακτόζης (β)

Αντιδράσεις βιοσύνθεσης της λακτόζης:

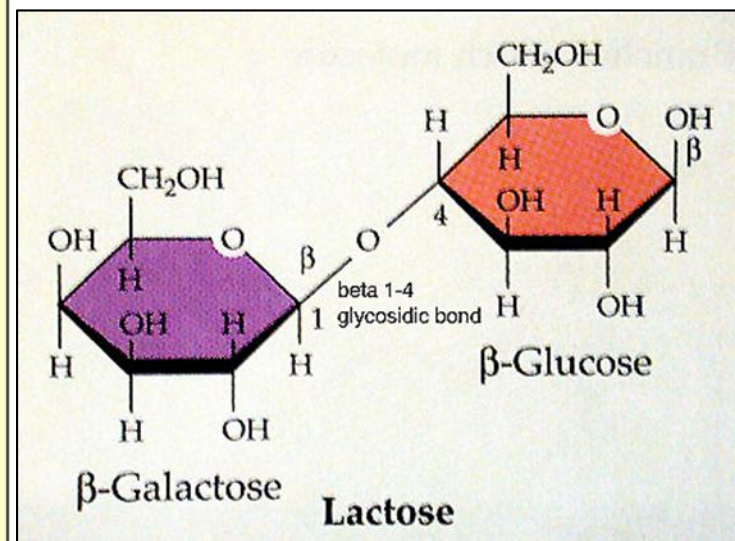




# Βιοσύνθεση λακτόζης (γ)



Σχηματική απεικόνιση της βιοσύνθεσης της λακτόζης.



Συντακτικός τύπος της λακτόζης.



# Λακτουλόζη

- Η θερμική επεξεργασία του γάλακτος οδηγεί στη μετατροπή (ισομερίωση) της λακτόζης σε **λακτουλόζη** (γαλακτοζυλο-β-1,4-φρουκτόζη),
  - ένα σάκχαρο το οποίο δεν απαντάται στη φύση.
- Η συγκέντρωση της λακτουλόζης:
  - μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος.
  - αυξάνει από το παστεριωμένο γάλα προς το UHT και το αποστειρωμένο γάλα.
- Η λακτουλόζη δεν υδρολύεται από τη β-γαλακτοζιδάση ή λακτάση:
  - εισέρχεται στο έντερο όπου δρα ως καθαρτικό.
  - ταυτόχρονα ευνοεί την ανάπτυξη των bifidobacteria.





# Δυσανεξία στη λακτόζη (α)

- Δυσανεξία στη λακτόζη:
  - έλλειψη της β-γαλακτοζιδάσης ή λακτάσης στο ανθρώπινο πεπτικό σύστημα.
  - η λακτόζη εισέρχεται άθικτη στο παχύ έντερο,
  - και εκεί ζυμώνεται από τα βακτήρια της εντερικής χλωρίδας,
  - με αποτέλεσμα τη δημιουργία αερίων, άρα αίσθηση φουσκώματος, και κραμπών.
- Καθώς η μη υδρολυμένη λακτόζη δεσμεύει νερό από τον εντερικό βλενογόνο:
  - προκαλούνται και διάρροιες.



# Δυσανεξία στη λακτόζη (β)

- Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται:
  - με τον πλήρη αποκλεισμό της λακτόζης από τη δίαιτα (π.χ. μη κατανάλωση γάλακτος ή κατανάλωση γάλακτος από το οποίο έχει αφαιρεθεί η λακτόζη με υπερδιήθηση).
  - με την κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων, στα οποία το μεγαλύτερο μέρος της λακτόζης έχει αποικοδομηθεί μικροβιακά (π.χ. τυρί, γιαούρτη).



# Γαλακτοζαιμία (α)

- Η γαλακτόζη δεν καταβολίζεται λόγω της έλλειψης:
  - είτε της γαλακτοκινάσης,
  - είτε της ουρυδιλο-τρανσφεράσης της γαλακτόζης-1-P.
- Η συχνότητα εμφάνισης των συνδρόμων αυτών είναι 1 στις 50.000 γεννήσεις.

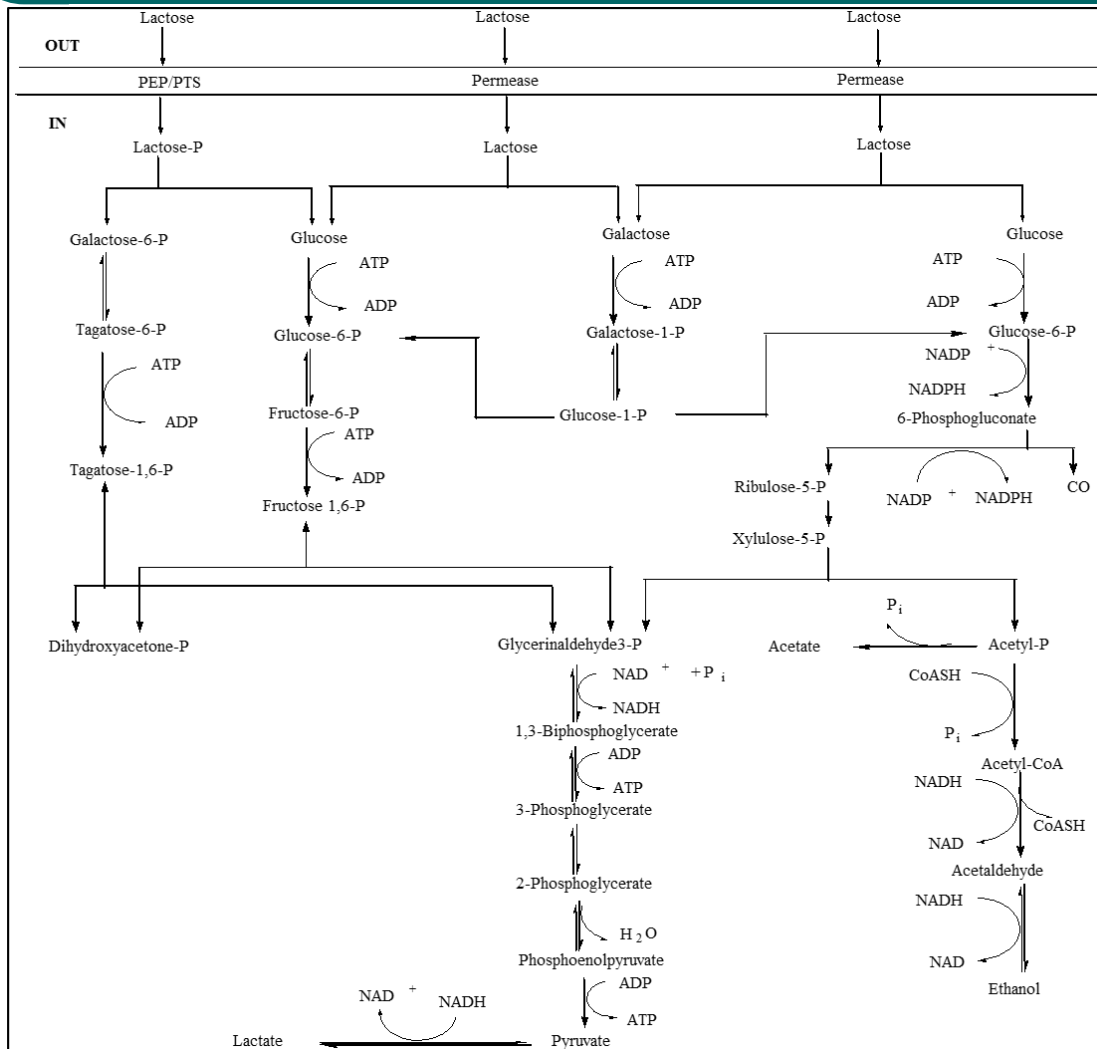


# Γαλακτοζαιμία (β)

- Απουσία της γαλακτοκινάσης:
  - η γαλακτόζη καταβολίζεται μέσω εναλλακτικών οδών παράγοντας γαλακτιτόλη,
  - η οποία συσσωρεύεται σε διάφορους ιστούς,
  - μεταξύ των οποίων και τα μάτια, προκαλώντας καταράκτη.
- Απουσία της ουρυδιλο-τρανσφεράσης της γαλακτόζης-1-P:
  - προκαλούνται ανωμαλίες στις μεμβράνες των κυττάρων του εγκεφάλου,
  - και άρα διανοητική καθυστέρηση.



# Καταβολισμός λακτόζης



Σχηματική απεικόνιση των μονοπατιών καταβολισμού της λακτόζης.



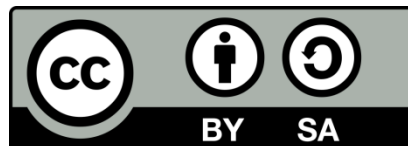
# Βιβλιογραφία

- 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.







# 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.