



Γαλακτοκομία

Ενότητα 2:

Κύρια Συστατικά του Γάλακτος - Λακτόζη (2/4), 1ΔΩ

Τμήμα: Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής Του Ανθρώπου

Διδάσκοντες: Καμινारीδης Στέλιος, Καθηγητής

Μοάτσου Γκόλφω, Επ. Καθηγήτρια



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

- Η σημασία της λακτόζης για το γάλα και τα προϊόντα του.
- Συμπεριφορά της λακτόζης στο περιβάλλον του γάλακτος.
- Επεξεργασίες του γάλακτος και λακτόζη.



Λέξεις Κλειδιά

- λακτόζη
- φυσικές ιδιότητες
- ζύμωση
- θερμική επεξεργασία



Πολυστροφισμός (1/4)

οπτικά ενεργό μόριο λακτόζης ← ασύμμετρος C της γλυκόζης



ειδική στροφή $[\alpha]$ είναι η γωνία κατά την οποία περιστρέφεται το επίπεδο της πόλωσης ανά μονάδα συγκέντρωσης λακτόζης όταν η κυψελίδα μέτρησης είναι 1 dm

$$[\alpha]_D^{20} \text{ α-λακτόζης} = +89,4^\circ$$

20: 20 °C

$$[\alpha]_D^{20} \text{ β-λακτόζης} = +35,0^\circ$$

D: 589 nm (γραμμή D του νατρίου)



Πολυστροφισμός (2/4)

πολυστροφισμός (mutarotation):

σε διάλυμα λακτόζης (όπως είναι και το γάλα) συμβαίνει με αργό ρυθμό μετατροπή της α- προς τη β-μορφή και αντίστροφα μέχρι την επίτευξη ισορροπίας.

$[\alpha]_D^{20}$ του διαλύματος ισορροπίας της λακτόζης = $+55,4^\circ$



στους 20°C το μίγμα ισορροπίας: 62,7% β- και 37,3% α-
λακτόζη

* πολυστροφισμός συμβαίνει ακόμη και σε στη σκόνη γάλακτος, αν και σε αυτή την περίπτωση χρειάζονται μήνες μέχρι την επίτευξη ισορροπίας σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.



Πολυστροφισμός (3/4)

Πηλίκο ισοροπίας:

β/α λακτόζη = **1,68** στους 20°C
μειώνεται κατά 0,0027 ανά $+1^{\circ}\text{C}$
δεν επηρεάζεται από το pH

Ρυθμός πολυστροφισμού αυξάνεται:

με τη αύξηση της θερμοκρασίας σε
όξινες ή αλκαλικές τιμές pH

μειώνεται:

όταν αυξάνεται η συγκέντρωση
σακχάρων στο γάλα

ΠΟΛΥΣΤΡΟΦΙΣΜΟΣ

ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ & ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ ΤΗΣ ΛΑΚΤΟΖΗΣ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ
ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΞΗΡΑΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ



Πολυστροφισμός (4/4)

Φυσικές ιδιότητες	α-ενυδατωμένη λακτόζη	β-άνυδρη λακτόζη
Σημείο τήξεως $[a]_D^{20}$	202 °C	252 °C
Ειδική στροφή	+ 89,4°	+35°
Διαλυτότητα σε 100 ml H₂O στους 20 °C	7 g	50 g
Διαλυτότητα σε 100 ml H ₂ O στους 100 °C	95	70
Ειδικό βάρος	1,54	1,50



Διαλυτότητα (1/4)

- διάλυμα λακτόζης σε κατάσταση ισορροπίας περιέχει 7 g α- και 11,2 g β-λακτόζης
- το διάλυμα αυτό είναι κορεσμένο ως προς τον α- και ακόρεστο ως προς τον β-τύπο.

Η α- λακτόζη μετατρέπεται προς β-λακτόζη και αντίστροφα μέχρι την επίτευξη ισορροπίας

Το πηλίκο ισορροπίας είναι: β/α λακτόζη $\approx 1,6$

Η τελική διαλυτότητα της λακτόζης στους 20 °C είναι 18,2 %



Διαλυτότητα (2/4)

1. Εάν σε ένα διάλυμα λακτόζης σε κατάσταση ισορροπίας προστεθεί β-λακτόζη, αρχίζει η μετατροπή της σε α-λακτόζη μέχρι ο λόγος β-/α-λακτόζη να φθάσει το πηλίκο ισορροπίας (πολυτροφισμός).
2. Η επιπλέον α-λακτόζη που σχηματίζεται δεν μπορεί να διαλυθεί, επομένως θα **κρυσταλλωθεί** και πάλι η τελική διαλυτότητα θα είναι 18,2 g λακτόζης σε 100 g H₂O.

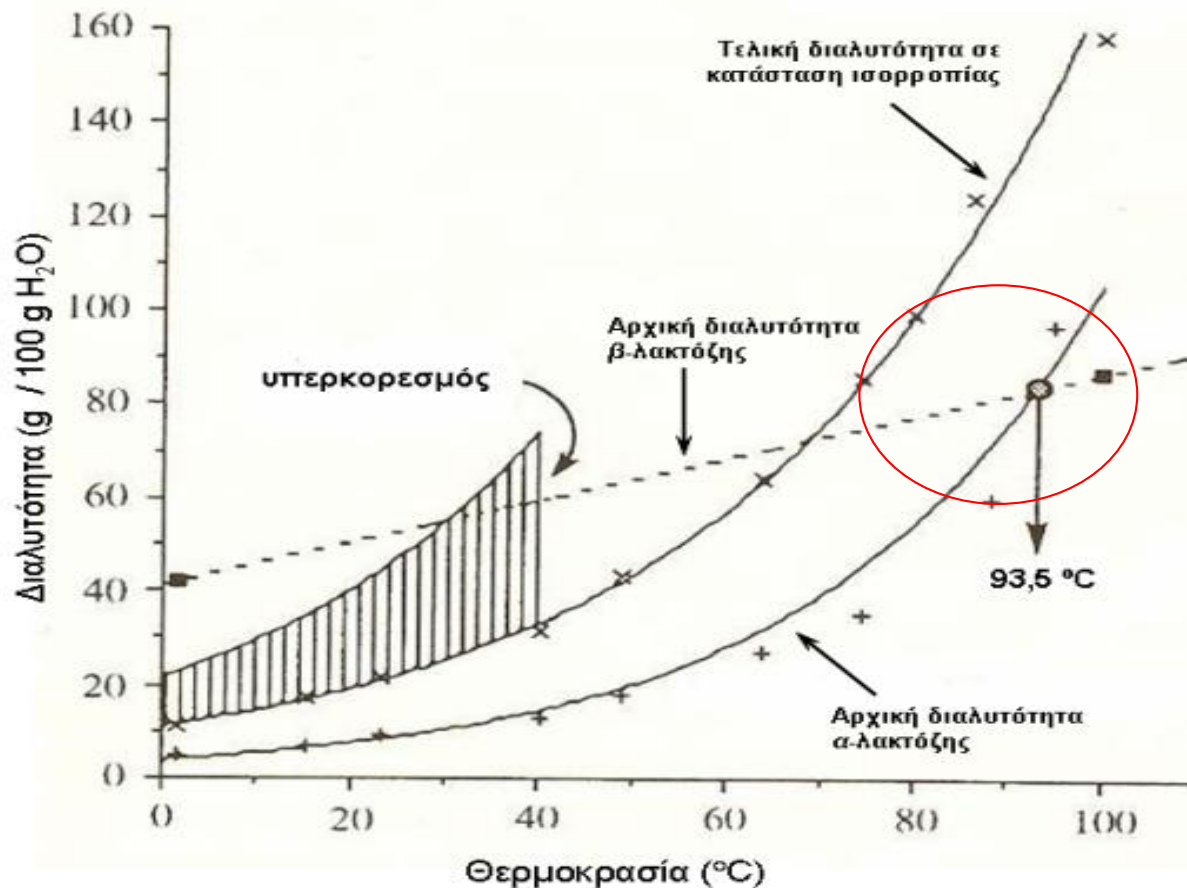


Διαλυτότητα (3/4)

- A. Στην πραγματικότητα, η κρυστάλλωση της λακτόζης δεν συμβαίνει πολύ εύκολα, καθώς τα διαλύματά της μπορούν να παραμένουν σε κατάσταση υπερκορεσμού.
- B. Η αυθόρμητη κρυστάλλωση (χωρίς ανάδευση και χωρίς την έξωθεν προσθήκη πυρήνων κρυστάλλωσης) συμβαίνει σε συγκεντρώσεις λακτόζης τουλάχιστον κατά 2,1 φορές υψηλότερες από την τελική διαλυτότητα της λακτόζης.



Διαλυτότητα (4/4)



Επίδραση της θερμοκρασίας στη διαλυτότητα της λακτόζης



Κρυστάλλωση (1/3)

- Η κρυστάλλωση της λακτόζης είναι φαινόμενο με μεγάλη σημασία για τα γαλακτοκομικά προϊόντα με μειωμένη υγρασία, όπως οι σκόνη γάλακτος και τυρογάλακτος, το σακχαρούχο συμπυκνωμένο γάλα και το παγωτό.





Κρυστάλλωση (2/3)

I. Η α-λακτόζη:

- Κρυσταλλώνεται ως α-ενυδατωμένη μορφή που περιέχει 5% ισχυρά προσδεμένο νερό.
- Οι κρύσταλλοι αυτοί (εμπορική λακτόζη), σχηματίζονται κατά τη συμπύκνωση διαλυμάτων λακτόζης σε $T < 93,5$ °C, είναι σκληροί και διαλύονται αργά.
- Έχουν πολλά διαφορετικά σχήματα με επικρατέστερο αυτό του ινδιάνικου τσεκουριού (tomahawk).

II. Η β-λακτόζη:

- Σε $T > 93,5$ °C, είναι λιγότερο σταθερή (έχει μικρότερη διαλυτότητα) από την α-λακτόζη.
- Επομένως σε $T > 93,5$ °C, σχηματίζονται κρύσταλλοι άνυδρης β-λακτόζης.
- Οι κρύσταλλοί της είναι γλυκύτεροι, πιο ευδιάλυτοι από την α-ενυδατωμένη μορφή κι έχουν σχήμα διαμαντιού με άνισες πλευρές.



Κρυστάλλωση (3/3)

III. Η άμορφη ή υαλόμορφη λακτόζη:

- Δημιουργείται όταν ένα διάλυμα λακτόζης όπως είναι το γάλα ξηραίνεται γρήγορα (π.χ. σε spray drier), οπότε η γρήγορη αύξηση του ιξώδους δεν επιτρέπει το σχηματισμό κρυστάλλων.
- Ο μη-κρυσταλλικός αυτός τύπος περιέχει τις α- και β-μορφές στην αναλογία που υπάρχουν στο διάλυμα.

Όταν η υγρασία είναι $\geq 8\%$ μπορεί να προκαλέσει σβόλιασμα και επιφανειακή κρούστα στις σκόνες γάλακτος, καθώς από την υαλόμορφη λακτόζη δημιουργούνται κρύσταλλοι α-ενυδατωμένης λακτόζης που συγκολλούν τους κόκκους της σκόνης.



Γλυκύτητα

Σχετική γλυκύτητα

Σακχαρόζη	Λακτόζη	Γλυκόζη
0,5	1,9	0,9
1,0	3,5	1,8
2,0	6,5	3,6
5,0	15,7	8,3
10,0	25,9	13,9
15,0	27,8	17,2

Συγκέντρωση (%) διαλυμάτων υδατανθράκων με την ίδια γλυκύτητα



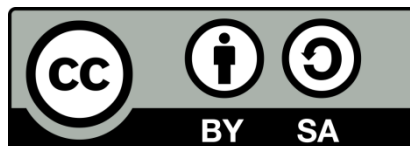
Βιβλιογραφία

- Σ. ΚΑΜΙΝΑΡΙΔΗΣ & Γ. ΜΟΑΤΣΟΥ (2009). Γαλακτοκομία. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.
- Robinson R.K. (2002). Dairy Microbiology Handbook. The Microbiology of milk and milk products. New York: Wiley- Interscience.
- SCHAAFSMA G. (2008). Lactose and lactose derivatives as bioactive ingredients in human nutrition. International Dairy Journal, 18, 458-465.
- WALSTRA P., WOUTERS J.T.M., GEURTS T.J., (2006). Dairy Science and Technology. CRC-Taylor & Francis.



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.





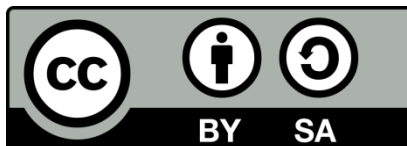
Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2015. Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Καμιναρίδης Στέλιος/ Μοάτσου Γκόλφω, «Γαλακτοκομία». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<https://mediasrv.aua.gr/eclass/courses/OCDFSHN102/>



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.