



# Γαλακτοκομία

## Ενότητα 5: Ενδογενή Ένζυμα του Γάλακτος (2/2), 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

- Παρουσίαση των σημαντικών ενδογενών ενζύμων.
- Ενδογενή ένζυμα και δομικά στοιχεία του γάλακτος.
- Τεχνολογική σημασία των ενδογενών ενζύμων.

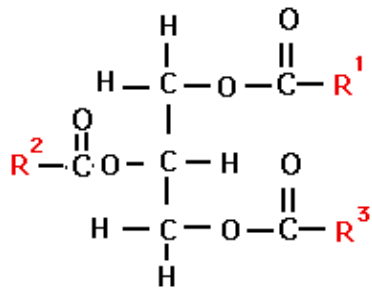


# Λέξεις Κλειδιά

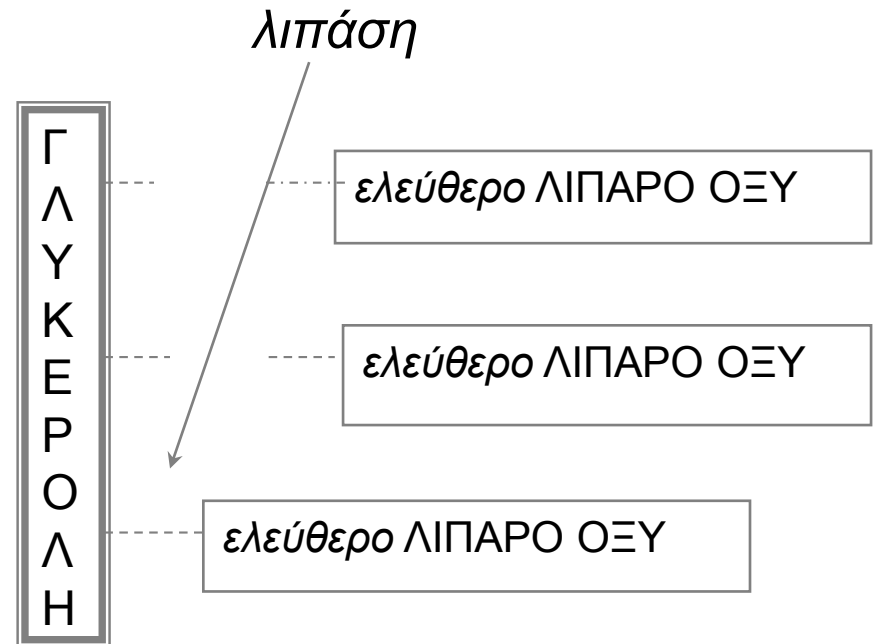
- Ενδογενή ένζυμα
- Λιποπρωτεϊνική λιπάση
- Πλασμίνη
- Αλκαλική φωσφατάση
- Γαλακτοϋπεροξειδάση



# Λιποπρωτεϊνική Λιπάση-LPL 1/3



<10 min → υδρόλυση 1-2% των  
τριγλυκεριδίων → απαράδεκτη  
γεύση





# Λιποπρωτεϊνική Λιπάση-LPL 2/3

Η λιποπρωτεϊνική λιπάση είναι υδρολάση που η δράση της είναι η απελευθέρωση λιπαρών οξέων από τις θέσεις 1 και 3 του τριγλυκεριδίου. Είναι γλυκοπρωτεϊνή ηλεκτροστατικά και υδροφοβικά συνδεδεμένη με τα καζεϊνικά μικκύλια.



Αποτέλεσμα είναι η εμφάνιση του ελαττώματος της υδρολυτικής τάγγισης και της εμφάνισης δυσάρεστης γεύσης-αρώματος.



# Λιποπρωτεϊνική Λιπάση-LPL 3/3

- Για να δράσει πρέπει να προηγηθεί η ρήξη της μεμβράνης του λιποσφαιρίου ώστε να έρθει σε επαφή με το υπόστρωμά της, αφού η ίδια βρίσκεται στο καζεϊνικό μικκύλιο.
- Στην πράξη η έντονη ανάδευση, ο αφρισμός, οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας και η ομογενοποίηση καταστρέφουν την MFGM κι ενισχύουν τη λιπόλυση.
- Ευτυχώς, το μεγαλύτερο μέρος της καταστρέφεται κατά την παστερίωση του γάλακτος.
- Επηρεάζει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων από νωπό ή θερμισμένο γάλα (τυριά).



# Φωσφοϋδρολάσες: Αλκαλική Φωσφατάση – ALP 1/4

- Προέρχεται από το γαλακτικό κύτταρο και βρίσκεται στη μεμβράνη των λιποσφαιρίων.
- Μία μικρότερη ποσότητα προέρχεται από τα μυοεπιθηλιακά κύτταρα του μαστού και βρίσκεται στο άπαχο γάλα.

Η αλκαλική φωσφατάση είναι υδρολάση που μπορεί κάτω από κατάλληλες συνθήκες, οι οποίες είναι δύσκολο να υπάρξουν στο γάλα και στα προϊόντα του, να αποφωσφορυλιώσει τις καζεΐνες.



# Φωσφοϋδρολάσες: Αλκαλική Φωσφατάση - ALP 2/4

- Έχει μεγάλη **τεχνολογική σημασία**, γιατί οι συνθήκες αδρανοποίησης της είναι λίγο υψηλότερες από αυτές που απαιτούνται για την αδρανοποίηση του πιο ανθεκτικού παθογόνου μικροοργανισμού του γάλακτος (*Mycobacterium tuberculosis*).
- Καταστρέφεται κατά την παστερίωση του γάλακτος και η αδρανοποίησή της χρησιμοποιείται από τη νομοθεσία **ως δείκτης** για την κανονική παστερίωση του γάλακτος.





# Φωσφοϋδρολάσες: Αλκαλική Φωσφατάση – ALP 3/4

- Αλλά, μπορεί να συμβεί **επανενεργοποίησή** της στο UHT γάλα, σε γάλα θερμασμένο σε  $T > 84\text{ }^{\circ}\text{C}$  και σε κρέμα θερμασμένη σε  $T > 74\text{ }^{\circ}\text{C}$  :  $\text{Mg}^{2+}$  ,  $\text{Zn}^{2+}$  → προκαλούν μεταβολές στη δομή της μετουσιωμένη ALP → επανενεργοποίηση
- Στο φαινόμενο συμμετέχουν και οι SH ομάδες των πρωτεϊνών του ορού.



# Φωσφοϋδρολάσες: Αλκαλική Φωσφατάση - ALP 4/4

- Βέλτιστο pH 10,5 για p-nitrophenylphosphate
- Βέλτιστο pH 6,8 για καζεϊνικά → μπορεί να αποφωσφορυλιώσει τις καζεΐνες στο γάλα ? → παρεμποδίζεται από τον ανόργανο φώσφορο.
- Όμως, πιθανόν δραστηριοποιείται στα τυριά από νωπό γάλα, παράλληλα με φωσφατάσες βακτηριακής προέλευσης.

Υψηλότερη ALP ενεργότητα στο μαστιτικό γάλα

Νωπό γάλα	μg phenol/mL
πρόβειο	8000-17000
αγελαδινό	1800-4800
αίγειο	120-1300



# Φωσφοϋδρολάσες: Όξινη Φωσφατάση – ACP

- Στο αγελαδινό γάλα υπάρχουν τρεις τύποι. Δύο τύποι βρίσκονται στο άπαχο γάλα και ένας στην MFGM.
- Πιθανή προέλευση των δύο τύπων είναι τα σωματικά κύτταρα. Στο μαστιτικό γάλα η ενεργότητα ACP μπορεί να είναι και 10πλάσια.
- Η ενεργότητα της ACP στο γάλα είναι 2% της ALP.
- Άριστο pH ~4,0 / T ~50°C.
- Αδρανοποιείται πλήρως σε συνθήκες UHT.
- Μπορεί να παίζει ρόλο στην ωρίμανση των τυριών (αποφωσφορυλίωση των πεπτιδίων).



# Φωσφοϋδρολάσες: Ριβονουκλεάση (RNase)

- Μεγάλη περιεκτικότητα του γάλακτος σε RNase, 11-25 mg/L.
- Βρίσκεται στον ορό του γάλακτος.
- Δεν έχει τεχνολογική σημασία αλλά παρουσιάζει ενδυνάμει αντιβακτηριακή και αντιϊική δράση.
- **Στο πρόβειο γάλα η ενεργότητά της είναι το  $\frac{1}{4}$  της αγελαδινής.**
- Στο αίγαιο γάλα η ενεργότητά της είναι το  $\frac{1}{3}$  της αγελαδινής.



# Οξειδάσες: (Γα)λακτοϋπεροξειδάση - LPO 1/3

- Είναι το δεύτερο σε συγκέντρωση ένζυμο του γάλακτος (μετά την ξανθίνη-οξειδάση). Η συγκέντρωσή του είναι 0,4 μM, δηλ. 10-30 μg/mL και αποτελεί το 0,5% των πρωτεϊνών του ορού.
- Είναι το κυρίως υπεύθυνο ένζυμο για τις αντιμικροβιακές ιδιότητες του γάλακτος. Αυτή η ιδιότητα απαιτεί ικανές ποσότητες υπεροξειδίου και θειοκυανιούχων.

γαλακτοϋπεροξειδάση + υπεροξειδίο + θειοκυανιούχα  
→ ΤΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟ ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ  
ΤΟΥ ΝΩΠΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

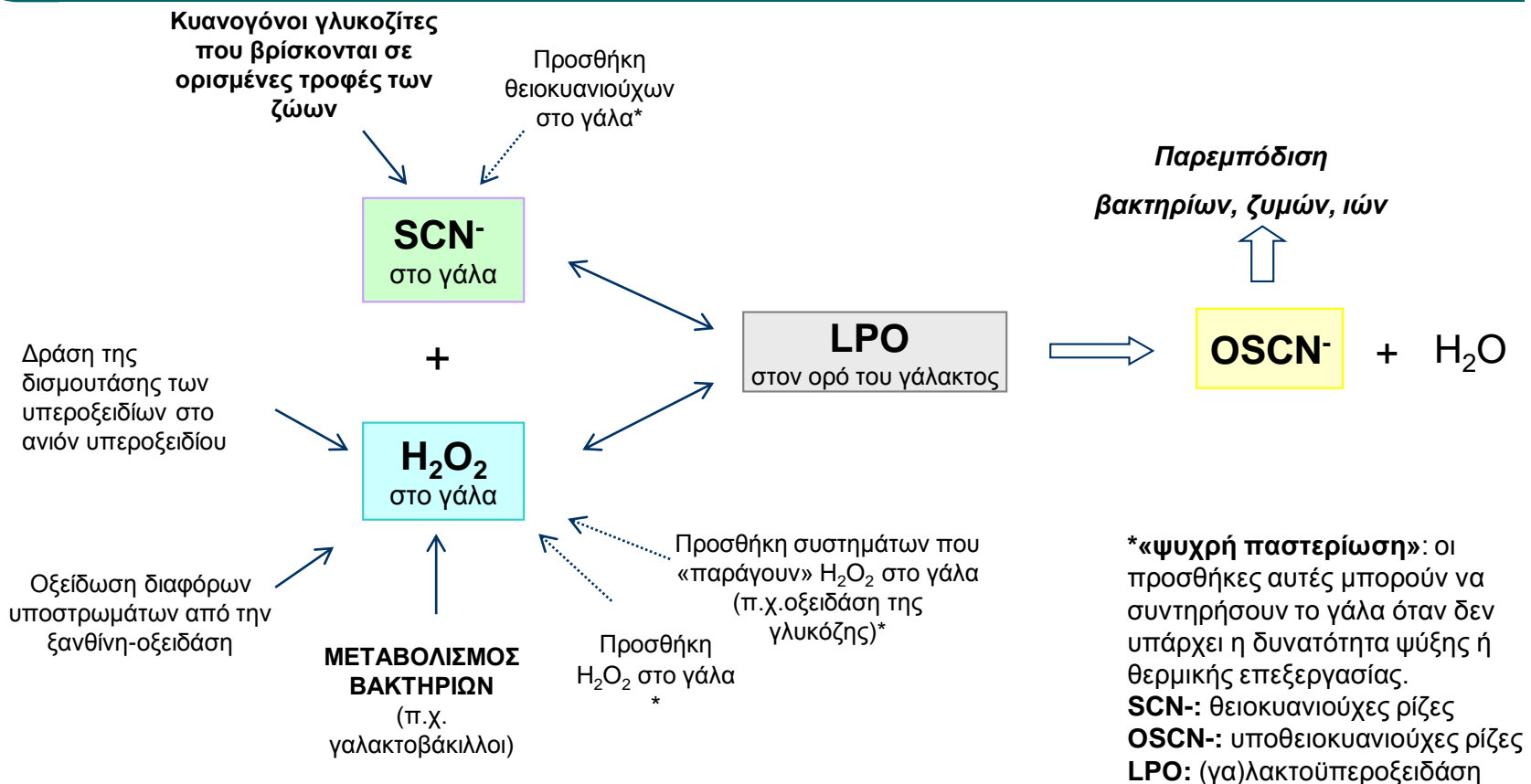


# Οξειδάσες: (Γα)λακτοϋπεροξειδάσ η - LPO 2/3

- Η δραστηρότητά του επηρεάζεται από τη γαλακτική περίοδο, από τη φυλή και τα ατομικά χαρακτηριστικά του ζώου.
- Προέρχεται από το μαστό.

- Πλήρης απενεργοποίηση της LPO συμβαίνει σε  $\geq 78$  °C for 15 s.
- Ο προσδιορισμός της ενεργότητάς της χρησιμεύει για ως δείκτης για θερμικές επεξεργασίες του γάλακτος πιο έντονες από την (κλασική) παστερίωση.

# Οξειδάσες: (Γα)λακτοϋπεροξειδάσ η - LPO 3/3



Κύριες δράσεις του ενζύμου μπορεί να είναι:

- Η παρεμπόδιση της συγκέντρωσης τοξικών συγκεντρώσεων υπεροξειδίου στο μαστό
- Η προστασία του νεογνού μέσω των αντιμροβιακών ιδιοτήτων του OSCN<sup>-</sup>



# Άλλες Οξειδάσες 1/4

- Η καταλάση ( $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ) είναι μία οξειδοορεδοκτάση, της οποίας η συγκέντρωση αυξάνεται όταν αυξάνεται ο αριθμός των σωματικών κυττάρων στο γάλα.
- Επομένως, η αυξημένη δραστηριότητά της θεωρείται ένδειξη κακής υγείας του μαστού.
- Όμως, σήμερα χρησιμοποιείται σπάνια ως δείκτης για τη μαστίτιδα γιατί η ποσότητά της επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες, όπως η διατροφή και το στάδιο της γαλακτικής περιόδου.





# Άλλες Οξειδάσες 2/4

- Η δισμουτάση των υπεροξειδίων, η οποία συμμετέχει στην αυτοοξείδωση των λιπών ως αντιοξειδωτικός παράγοντας.
- Δεν επηρεάζεται από τις μαστίτιδες.
- Είναι εξαιρετικά θερμοάντοχη



# Άλλες Οξειδάσες 3/4

Η ξανθίνη-οξειδάση (XOR) είναι οξειδοορεδουκτάση που υπάρχει σε αξιόλογες ποσότητες στο αγελαδινό γάλα.

- Προέρχεται από το αίμα και η δραστικότητά της εξαρτάται από το περιεχόμενο της τροφής σε Μο.
- Συμμετέχει στη δομή της μεμβράνης των λιποσφαιρίων και φαίνεται ότι παίζει κάποιο ρόλο κατά την έκκριση των λιποσφαιρίων από τα γαλακτικά κύτταρα.

Είναι το 20% των πρωτεϊνών της MFGM, δηλ. ~700 mg/L in bovine milk, επομένως το αγελαδινό γάλα περιέχει ~140 mg XOR/L.



# Άλλες Οξειδάσες 4/4

- Μπορεί να δρα ως προ-οξειδωτικός παράγοντας κατά την αυτο-οξείδωση του λίπους του γάλακτος.
- Επεξεργασίες όπως η ομογενοποίηση και η ψύξη μπορούν να προκαλέσουν απελευθέρωσή της από τη μεμβράνη των λιποσφαιρίων.

**Απενεργοποιείται:**

**91.4 °C / 15 s**



# Άλλα Ενδογενή Ένζυμα του Γάλακτος

Ενζυμο	Opt. pH	Opt. T	Προέλευση	Κατανομή	Αδρανοποίηση
γ-γλουταμυλ τρανσφεράση (γ-GGT) **	8,5-9	~45	Μαστός	Ορός / Μεμβράνη λιποσφαιρίων	78 °C / 15 s
β-N-ακετυλ γλυκοζαμινιδάση (NAGase)	4,2	~50	Σωματικά κύτταρα	Άπαχο γάλα	73 °C / 20 s
Αμυλάση (κυρίως α- αμυλάση)	6,5-7,5	44	Αίμα	Ορός / άπαχο γάλα	
Λυσοζύμη*	7,5		Λυσισώματα	Ορός	100 °C / 10 min

\* Η **λυσοζύμη** είναι αντιβακτηριακό ένζυμο που υδρολύει τους πολυσακχαρίτες των κυτταρικών τοιχωμάτων των βακτηρίων.

Υπάρχει σε μικρές ποσότητες στο αγελαδινό γάλα.

Αντίθετα το ανθρώπινο γάλα, το γάλα αλόγου και γαϊδούρας περιέχει σημαντικές ποσότητες λυσοζύμης.

\*\* προτείνεται ως δείκτης για τον έλεγχο της υψηλής παστερίωσης.



# Τεχνολογικά Χαρακτηριστικά Ενδογενών Ενζύμων του Γάλακτος

Enzyme	Source	Distribution in milk phases	Residual activity		
			(Low) Pasteurization	High temperature pasteurization	UHT
Plasmin (serine proteinase) <sup>1</sup>	Blood <sup>2</sup>	Casein micelles	High	High	+/-
Lipoprotein lipase (LPL)	Mammary gland	Casein micelles	~0	0	0
Alkaline phosphatase (ALP)	Mammary gland	Mainly MFGM	~0	0	0
Acid phosphatase (ACP)		MFGM / SM	Considerable	Moderate	0
Lactoperoxidase (LPO)	Mammary gland	Serum	60% of the original	0	0
Xanthine oxidase (oxidoreductase, XOR)	Blood	MFGM	Enhanced	Traces	0
γ-glutamyltransferase (transpeptidase, γ-GGT)	Mammary gland	MMSM/MFGM	>50% of the original	0	0
Catalase	Somatic cells	Cream/SM	~8% of the original	0	0
Lysozyme	Lysosomes	Serum	Survives	+/-	0
Ribonuclease (RNase)	Blood	Serum	Considerable		0
Superoxide dismutase (SOD)		Serum	Survives	Survives	
Cathepsin D (aspartic proteinase)	Somatic cells	Acid whey	survives partially	0	
Cathepsin B-like (cysteine proteinase)	Somatic cells		>20% of the original		

(από Moatsou 2013)



# Βιβλιογραφία 1/2

- Σ. ΚΑΜΙΝΑΡΙΔΗΣ & Γ. ΜΟΑΤΣΟΥ (2009). Γαλακτοκομία. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.
- WALSTRA P., WOUTERS J.T.M., GEURTS T.J., (2006). Dairy Science and Technology. CRC-Taylor & Francis.
- ΜΟΑΤΣΟΥ G. (2010). Indigenous enzymatic activities in ovine and caprine milks. *International Journal of Dairy Technology*, 63, 16-31.



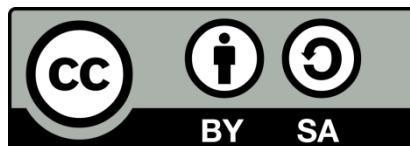
# Βιβλιογραφία 2/2

- MOATSOU G. (2011). Milk and Dairy Products - Enzymes, In: *Practical Food and Research*. Rui Kruz (Editor), Nova Science Publishers, Inc. (Eds), New York, USA. pp. 299-336.
- MOATSOU G.(2013). Sanitary procedures, heat treatments, packaging, In: *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. Y. W. Park & G. F. W. Haenlein (Editors), Wiley-Blackwell (Eds.),UK, pp. 288-309.



# 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

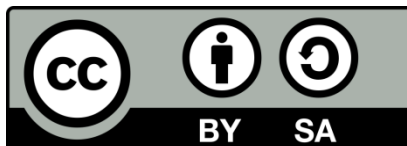
Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2015. Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Καμιναρίδης Στέλιος/ Μοάτσου Γκόλφω, «Γαλακτοκομία». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<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.