



Γαλακτοκομία

Ενότητα 3: Λιπίδια (2/3), 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

- Να γνωρίζουν οι φοιτητές τη σύσταση, τη δομή και τις φυσικοχημικές ιδιότητες του λίπους του γάλακτος.
- Να γνωρίζουν που και πώς γίνεται η βιοσύνθεση του λίπους.
- Να γνωρίζουν τους παράγοντες που επηρεάζουν την αποκορύφωση.
- Να γνωρίζουν τις αλλοιώσεις του λίπους του γάλακτος και να έχουν αποκτήσει τις γνώσεις που απαιτούνται για την αποφυγή των προβλημάτων αυτών.



Λέξεις Κλειδιά 1/2

- Αριθμός Reichert-Meisssl
- Αριθμός Polenske
- Βιοσύνθεση του λίπους
- Γλυκερόλη
- Λιπίδια
- Λίπος
- Λιποσφαίριο
- Λιπόλυση
- Λιπαρά οξέα
- Μembrάνη λιποσφαιρίου
- Τριγλυκερίδια



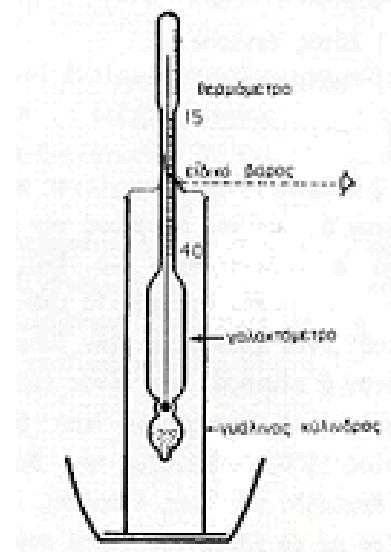
Λέξεις Κλειδιά 2/2

- Αριθμός Reichert-Meissl
- Αριθμός Polenske
- Βιοσύνθεση του λίπους
- Γλυκερόλη
- Λιπίδια
- Λίπος
- Λιποσφαίριο
- Λιπαρά οξέα
- Μembrάνη λιποσφαιρίου
- Τριγλυκερίδια



Φυσικοχημικές Σταθερές του Λίπους του Γάλακτος

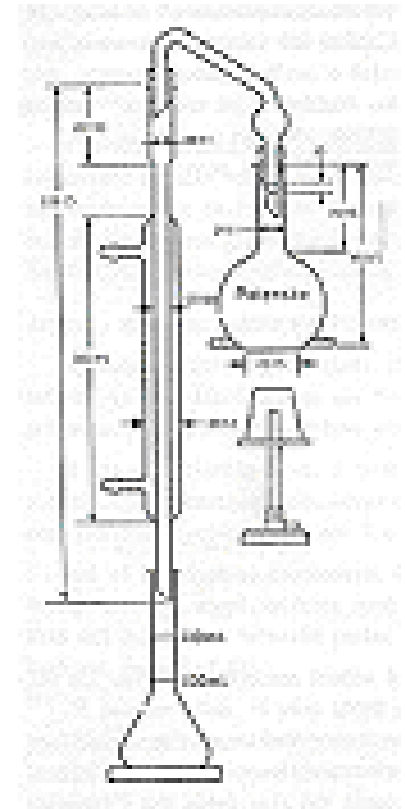
- E.B.= 0.9 g/ml.
- Δ.Δ.= 1,45-1,46
- Αριθμός R-M = 27- 35
- Αριθμός Polenske = 3
- Αριθμός ιωδίου = 26 – 35
- Αριθμός σαπωνοποίησης = 210 – 233





Αριθμοί Reichert-Meissl & Polenske

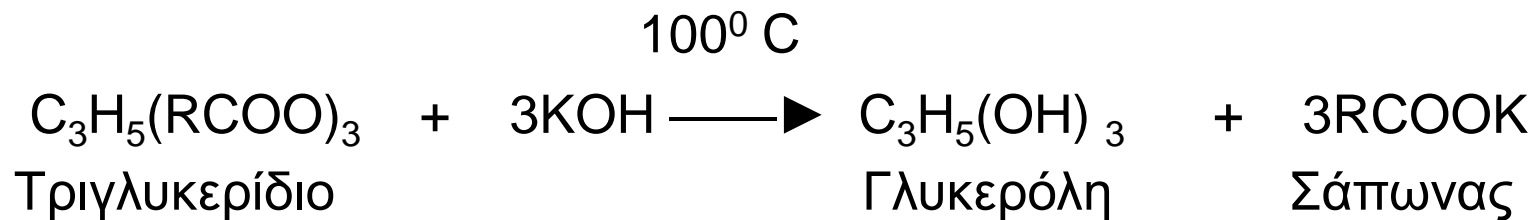
- **Αριθμός R-M:** Τα ml N/10 NaOH που απαιτούνται για την εξουδετέρωση των διαλυτών στο νερό Π.Λ.Ο. που αποστάζονται κάτω από ορισμένες συνθήκες από 5 g λίπους. (C_4)
- **Αριθμός Polenske:** Τα ml N/10 NaOH που απαιτούνται για την εξουδετέρωση των αδιαλύτων στο νερό Π.Λ.Ο. που αποστάζονται κάτω από ορισμένες συνθήκες από 5 g λίπους. (C_8 , C_{10}).





Αριθμοί Ιωδίου & Σαπωνοποίησης

- **Αριθμός ιωδίου:** Τα g ιωδίου που απαιτούνται για κορεσμό των Α.Λ.Ο. 100 g λίπους.
- **Αριθμός σαπωνοποίησης:** Τα mg KOH που απαιτούνται για τη σαπωνοποίηση 1 g λίπους.





Φυσικές και Χημικές Σταθερές Διαφόρων Ειδών Γάλακτος (δείκτες νοθείας) 1/2

Λίπος γάλακτος	Καπρικό οξύ C _{10:0})	Σχέση C ₁₂ / C ₁₀	Αριθμός R-M (C ₄)	Αριθμός Polenske (C ₈ , C ₁₀)	Αριθμός ιωδίου	Αριθμός σαπωνοποίησης
Αγελαδινού	2,5-4,7%	1,0	25-33	1,5-3,0	32-42	220-232
Προβείου	5,2-9,6%	0,6	23-31	4,3-6,6	30-35	230-245
Γίδινου	8,3-13,7%	0,5	20-29	5,0-10,0	20-29	232-245

- Ο αριθμός Polenske και ο αριθμός σαπωνοποίησης του λίπους του αιγοπρόβειου γάλακτος είναι υψηλότερος από ότι του αγελαδινού. Αντίθετα το λίπος του αγελαδινού έχει υψηλότερο αριθμό Reichert-Meissl και αριθμό ιωδίου.



Φυσικές και Χημικές Σταθερές Διαφόρων Ειδών Γάλακτος (δείκτες νοθείας) 2/2

Λίπη και έλαια	Σημείο τήξης (°C)	Δείκτης διαθλασης στους 40°C	Αριθμός Polenske (C ₈ , C ₁₀)	Αριθμός R-M (C₄)	Αριθμός ιωδίου	Αριθμός σαπωνοποίησης
Βοδινό λίπος	42 – 48	1, 457-1, 460	1	1	32 – 42	194 – 200
Λίπος γάλακτος	30 – 41	1, 454-1, 458	3 – 5	27 – 35	20 – 29	210 – 233
Βαμβακέλαιο	-	1, 470-1, 472	-	1		192 - 196
Φοινικέλαιο	23 - 30	1, 449-1, 454	7– 12	4– 8	30 – 35	243 – 255

- Το λίπος του αγελαδινού έχει υψηλότερο αριθμό Reichert-Meissl από ότι τα άλλα λίπη και έλαια, γιατί το βουτυρικό οξύ είναι χαρακτηριστικό του γάλακτος των μηρυκαστικών.
- Τήξη λίπους 29°C → 34°C.



Λίπος 6/6

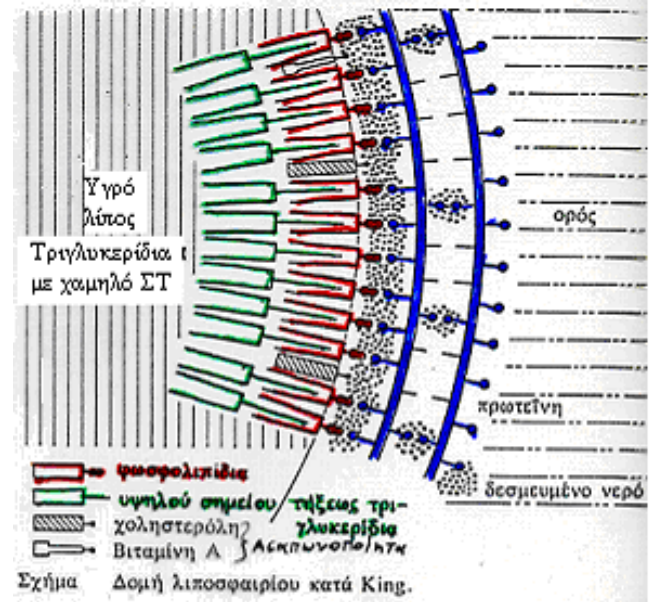
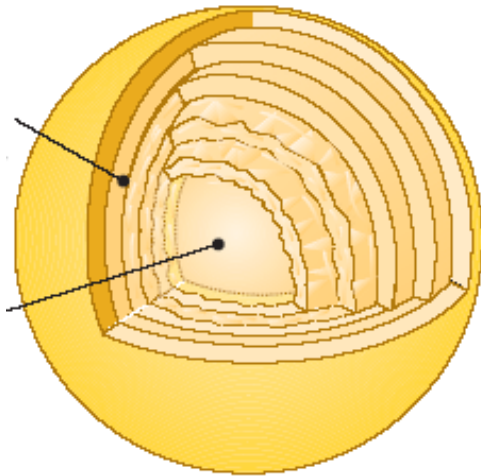
- Το τελικό σημείο τήξης αυξάνει καθώς αυξάνει το M.V. των Λ.Ο., ο βαθμός κορεσμού και ο αριθμός των trans ισομερών των Α.Λ.Ο.
- Στη θερμοκρασία του σώματος του ζώου ($\sim 37^{\circ}\text{C}$) το λίπος του γάλακτος είναι υγρό.
- Πήξη λίπους $24^{\circ}\text{C} \rightarrow 19^{\circ}\text{C}$.
- Στο ψυγείο το λίπος του γάλακτος «σκληραίνει» λόγω της κρυστάλλωσης του λίπους.
- Υδρόλυση του λίπους (ενζυμική & σαπωνοποίηση)



Λιποσφαίριο

Στερεό
κρυσταλλοποιημένο
λίπος με διάφορα
σημεία τήξης

Υγρό λίπος





Δομή και Συστατικά Λιποσφαιρίου 1/2

Οι ποσότητες των συστατικών αναφέρονται σε 1 kg γάλακτος και είναι ενδεικτικές (βασίζεται στους Walstra et al., 1999).

Συστατικά πυρήνα λιποσφαιρίου

Γλυκερίδια

- Τριγλυκερίδια (40 g/ Kg γάλακτος)
- Διγλυκερίδια (0,1 g)
- Μονογλυκερίδια (10 mg)

Ελεύθερα λιπαρά οξέα (60 mg)

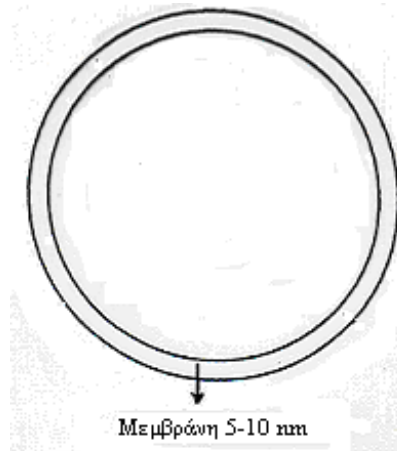
Στερόλες (90 mg)

Καροτένια (0,3 mg)

Λιποδιαλυτές βιταμίνες (A,D,E,K)

Νερό

κ.α.



Συστατικά της μεμβράνης

Πρωτεΐνες με χαμηλό N, 750 mg.

- Υδατοδιαλυτές γλυκοπρωτεΐνες εξωτερικής στοιβάδας χαλαρά συνδεδεμένες (βουτυροφιλίνη, Ig, συστ.3 των pp).
- Μη υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες εσωτερικής στοιβάδας.

Πολικά λιπίδια

- Φωσφορολιπίδια 250 mg.
- Γλυκολιπίδια 30 mg.

Στερόλες 15 mg (Χοληστερόλη & εστέρες της)

FFA 15 mg

Καροτένια, βιταμίνη A

Νερό

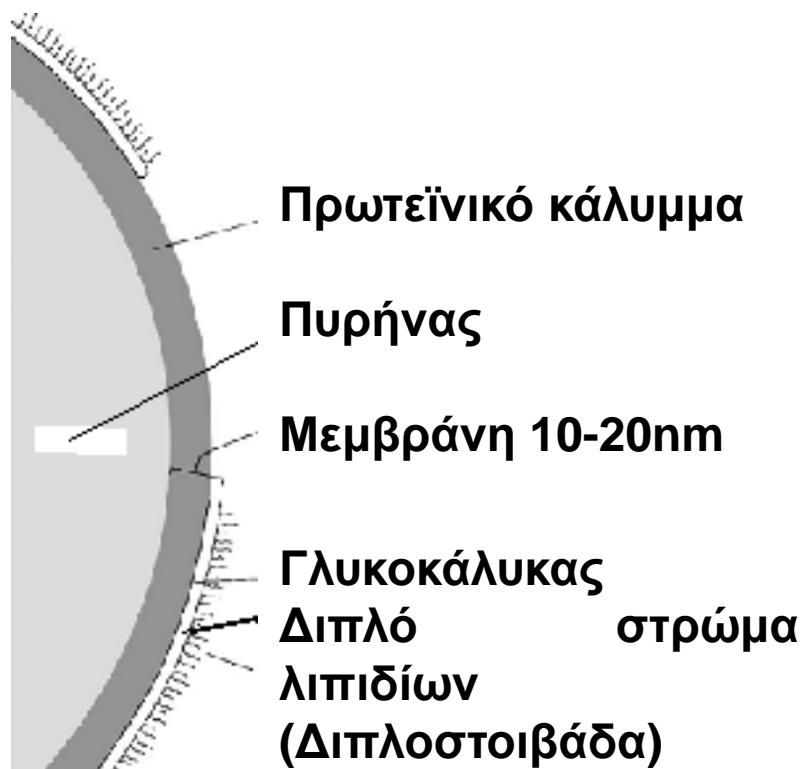
Ένζυμα (Αλκαλική φωσφατάση
Ξανθίνη οξειδάση)

Μέταλλα (Cu, Fe)

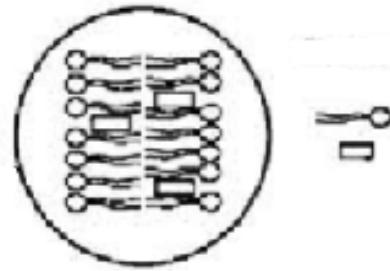
Δρ. Καμινारीδης Στέλιος



Δομή και Συστατικά Λιποσφαιρίου 2/2



Διπλοστοιβάδα
φωσφολιπιδίων



Φωσφολιπίδιο
Χοληστερόλη

Εικόνα. Σχηματική παρουσίαση της μεμβράνης των λιποσφαιρίων (από τον Evers, 2004)



Λιποσφαίριο 1/2

- Διάμετρος λιποσφαιρίων 0,1-10μ (4μ).
- Ορατό στο μικροσκόπιο.
- Αριθμός λιποσφαιρίων πολυάριθμος
(15 δισεκατομμύρια λιποσφαίρια / ml ή 10^{10} / ml).
- Αποτελείται από ένα ετερογενή πυρήνα τριγλυκεριδίων που περιβάλλεται από μία λεπτή μεμβράνη πρωτεϊνικής κυρίως φύσεως, η οποία αποτελεί ~ το 2-6% της μάζας του λιποσφαιρίου.



Λιποσφαίριο 2/2

- Επιφάνεια λιποσφαιρίων καταπληκτικά μεγάλη (700 cm² / ml γάλακτος).
- Τα λιποσφαίρια έχουν αρνητικό επιφανειακό φορτίο.
- Υπάρχουν σε συσσωματώματα ανά πολλές εκατοντάδες λόγω της αγλουτινίνης.



Παράγοντες που Επηρεάζουν το Μέγεθος των Λιποσφαιρίων 1/2

- Το είδος γάλακτος.
 - Το αγελαδινό γάλα με μέση διάμετρο 4,55 μm
 - Το πρόβειο γάλα με μέση διάμετρο με μέση διάμετρο 3,49 μm
 - Το κατσικίσιο γάλα με μέση διάμετρο 3,30, έχει τα μικρότερα λιποσφαίρια
- Η φυλή του ζώου. Φυλές με μεγάλη περιεκτικότητα σε λίπος περιέχουν σε μεγαλύτερη αναλογία λιποσφαίρια μεγάλου μεγέθους.



Παράγοντες που Επηρεάζουν το Μέγεθος των Λιποσφαιρίων 2/2

- Το στάδιο της γαλακτικής περιόδου. Καθώς η γαλακτική περίοδος προχωρεί τα λιποσφαίρια γίνονται μικρότερα.
 - Το στάδιο του αρμέγματος. Στο τέλος του αρμέγματος το γάλα περιέχει μεγαλύτερα λιποσφαίρια.
 - Η διατροφή. Η ξηρή τροφή ευνοεί την παραγωγή μικρών λιποσφαιρίων.
- Οι τραυματισμοί και οι ασθένειες αυξάνουν το μέγεθος των λιποσφαιρίων.



Συστατικά της Μεμβράνης των Λιποσφαιρίων

(Milk fat globule membrane, MFGM)

Συστατικά της μεμβράνης	% της όλης μεμβράνης
Πρωτεΐνες υδατοδιαλυτές (γλυκοπρωτεΐνες) & μη Λιπίδια	48
Φωσφορολιπίδια (γλυκεροφωσφατίδια ~2/3 και σφιγγολιπίδια 1/3)	33
Γλυκολιπίδια	4
Στερόλες (Χοληστερόλη & εστέρες της)	2
Καροτένια, βιταμίνη Α	1
Νερό	11
Ένζυμα	
Αλκαλική φωσφατάση	+
Ξανθίνη οξειδάση	+
Μέταλλα (Cu, Fe)	+

- Η σύστασή της προσομοιάζει με αυτήν των κυτταρικών μεμβρανών.



Ο Ρόλος της Μεμβράνης των Λιποσφαιρίων

- Χρησιμεύει ως γαλακτωματοποιητής, βοηθώντας τη διασπορά του λίπους στο πλάσμα του γάλακτος.
- Προστατεύει τα λιπίδια του πυρήνα του λιποσφαιρίου από τη λιπόλυση .
- Όταν το λίπος του γάλακτος βρίσκεται στη φυσική κατάσταση των λιποσφαιρίων δεν μπορεί να προσβληθεί από τους οργανικούς διαλύτες (π.χ. πετρελαϊκό αιθέρα, βενζόλιο).



Η Δομή των Λιποσφαιρίων και της Μembrάνης είναι Σχετικά Ασταθής 1/2

- Η ομογενοποίηση του γάλακτος δημιουργεί ένα εντελώς νέο τύπο μεμβράνης, στην οποία μεγάλο μέρος αποτελούν οι καζεΐνες και οι πρωτεΐνες του ορού.
- Η ψύξη του γάλακτος μπορεί να προκαλέσει μεταφορά υλικών της μεμβράνης (φωσφολιπίδια, πρωτεΐνες, ένζυμα, χαλκός) στο πλάσμα του γάλακτος.



Η Δομή των Λιποσφαιρίων και της Μεμβράνης είναι Σχετικά Ασταθής 2/2

- Η ανάδευση και η άντληση μπορεί να επιφέρει καταστροφή ενός μέρους της μεμβράνης.
- Η ανάπτυξη των βακτηρίων και η παρουσία μεγάλου αριθμού σωματικών κυττάρων στο γάλα το εμπλουτίζουν με ένζυμα, τα οποία υδρολύουν δομικά υλικά της μεμβράνης (τα φωσφολιπίδια και τις γλυκο πρωτεΐνες).



Νόμος του Stokes

$$V = \frac{2r^2 (d_1 - d_2)g}{9n} \quad \text{ή} \quad V = \frac{D^2 (d_1 - d_2)g}{18n}$$

V= Ταχύτητα ανόδου σε cm / sec

r= Ακτίνα λιποσφαιρίου σε cm

d₁= Πυκνότητα πλάσματος του γάλακτος, g / cm³

d₂= Πυκνότητα των λιποσφαιρίων, g / cm³

g= Επιτάχυνση της βαρύτητας

n = Ιξώδες γάλακτος σε poise



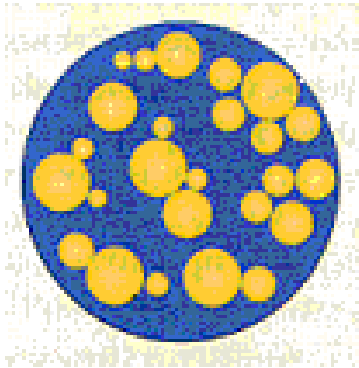
Παράγοντες που Επηρεάζουν την Αποκορύφωση 1/4

- Το μέγεθος των λιποσφαιρίων (+)
- Η σύσταση του γάλακτος
 - Μεγάλη λιποπεριεκτικότητα (+)
 - Μεγάλα λιποσφαίρια (+)
- Η ανοσογλοβουλίνη M, που ονομάζεται κρυογλοβουλίνη ή αγλουτινίνη ή αγλουτινίνη ή συγκολλητίνη (+)
(δημιουργία συσσωματωμάτων)
- Η γρήγορη ψύξη του νωπού γάλακτος στους 4°C (+).
Η αποκορύφωση εξελίσσεται ταχύτερα γιατί η κρυογλοβουλίνη κατακρημνίζεται ταχύτερα και το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ψυχρή συγκόλληση (cold agglutination).

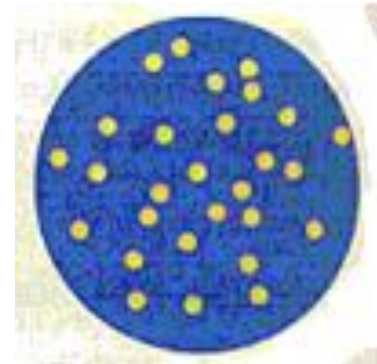


Παράγοντες που Επηρεάζουν την Αποκορύφωση 2/4

- Η ομογενοποίηση (-)
 - Μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων (μέση διάμετρος $<1 \mu\text{m}$),



Νωπό γάλα



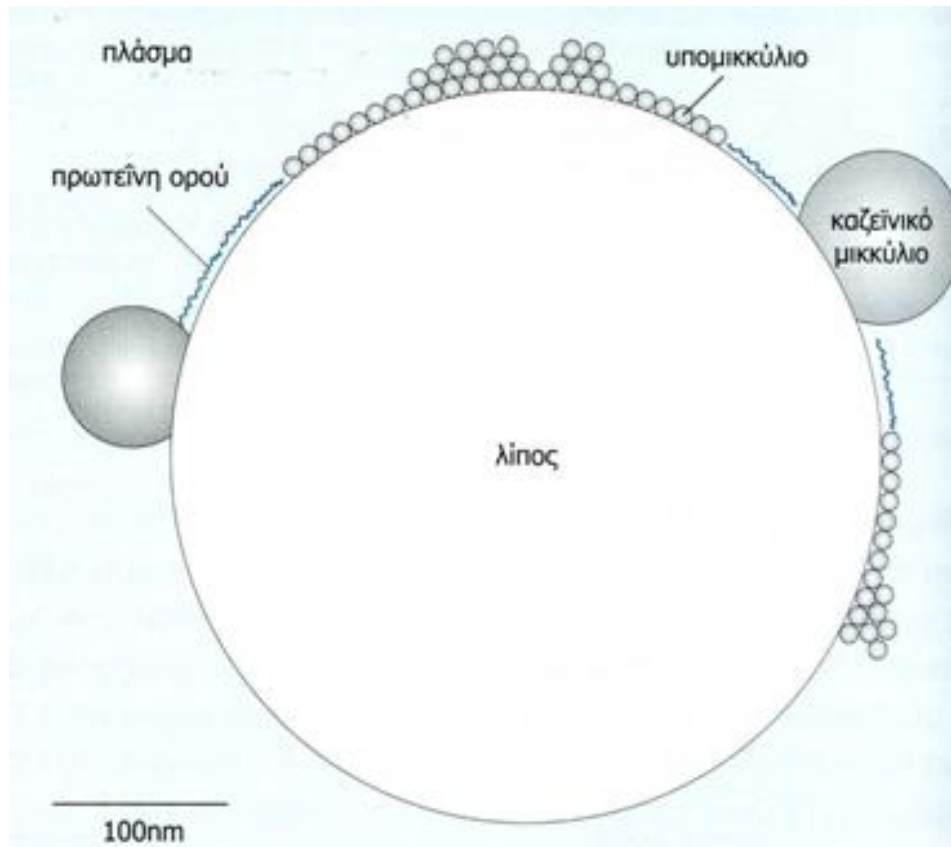
Ομογενοποιημένο γάλα

- Αύξηση του αριθμού των λιποσφαιρίων
- Αύξηση της επιφάνειας των λιποσφαιρίων (έως και 10 φορές).



Παράγοντες που Επηρεάζουν την Αποκορύφωση 3/4

- Η ομογενοποίηση & η υπερβολική ανάπτυξη (-)
 - Αλλαγή της φύσης της μεμβράνης των λιποσφαιρίων





Παράγοντες που Επηρεάζουν την Αποκορύφωση 4/4

- Η θερμική μεταχείριση
 - Παστερίωση (+)
 - Υπερβολική θέρμανση (75°C/ 2min) (-)
(Μετουσίωση των κρυογλοβουλινών κι επομένως αποτροπή της δημιουργίας συσσωματωμάτων λιποσφαιρίων)



Πρακτικό Ενδιαφέρον του Μεγέθους των Λιποσφαιρίων

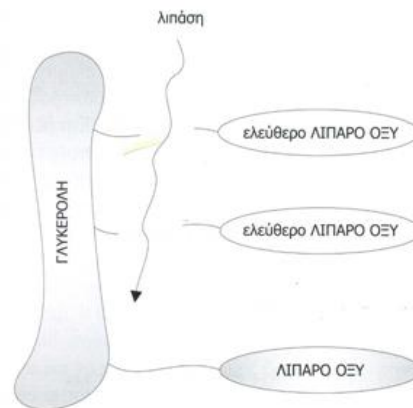
- Κατά τη μεταφορά του γάλακτος (Μεγάλα λιποσφαίρια βοηθούν τη βουτυροποίηση).
- Κατά την παρασκευή του βουτύρου (Μεγάλα λιποσφαίρια επιταχύνουν τη βουτυροποίηση).
- Κατά την παρασκευή του τυριού (Μεγάλα λιποσφαίρια ανέρχονται στην επιφάνεια όταν η πήξη του γάλακτος είναι παρατεταμένη → απώλειες λίπους).



Αλλοιώσεις των Λιπιδίων 1/2

Λιπόλυση (ενζυματική υδρόλυση του λίπους)

- Λιπόλυση είναι η ενζυματική υδρόλυση των τριγλυκεριδίων από τη φυσική ενδογενή λιποπρωτεϊνική λιπάση (LPL) του γάλακτος ή άλλες μικροβιακές λιπάσες σε λιπαρά οξέα και δι ή μονογλυκερίδια ή γλυκερόλη με αποτέλεσμα την εμφάνιση ταγγής ή πικάντικης γεύσης:



Σχηματική παρουσίαση της λιπόλυσης.



Αλλοιώσεις των Λιπιδίων 2/2

- **Ταγγή γεύση:** Παρατηρείται συνήθως στο ψυγμένο γάλα, στα ζώα που έχουν προσβληθεί από μαστίτιδα, και συμβάλουν στη γεύση αυτή κυρίως τα λιπαρά οξέα C_4 , C_{10} , C_{12} και τα άλατά τους. Η λιπόλυση είναι ανεπιθύμητη στο γάλα.
- **Πικάντικη γεύση:** Παρατηρείται συνήθως στα μπλέ τυριά που ωριμάζουν με μύκητες, στα σκληρά Ιταλικά τυριά και στα τυριά που ωριμάζουν επιφανειακά με βακτήρια. Συμβάλουν στη γεύση αυτή κυρίως τα ελεύθερα λιπαρά οξέα και κυρίως αυτά που έχουν χαμηλό μοριακό βάρος.



Ενδογενής Λιποπρωτεϊνική Λιπάση (LPL) του Γάλακτος 1/2

- 10-20 nmol λιποπρωτεϊνικής λιπάσης / λίτρο γάλακτος.
- Η δράση της εκδηλώνεται μετά τη ρήξη της μεμβράνης του λιποσφαιρίου.
- Έχει κάποια προτίμηση στις θέσεις των εστερικών δεσμών στη θέση 1 που βρίσκονται κυρίως τα λιπαρά οξέα με μεγάλο M.W. και στη θέση 3 που βρίσκεται κυρίως το βουτυρικό οξύ και έτσι εξηγείται η μεγάλη παραγωγή του παλμιτικού, ελαϊκού και βουτυρικού οξέος.



Ενδογενής Λιποπρωτεϊνική Λιπάση (LPL) του Γάλακτος 2/2

- Καταστρέφεται σχεδόν πλήρως στη θερμοκρασία παστερίωσης και πλήρως στους 78 °C για 10 sec.
- Έχει άριστο pH 8,5 και άριστη θερμοκρασία δράσης τους 33-37 °C.
- Βρίσκεται στα καζεϊνικά μικκύλια.
- Διευκολύνεται η δράση της με την ομογενοποίηση, την έντονη μηχανική ανάδευση, τον κύκλο ταχεία ψύξη του γάλακτος/ θέρμανση στους 30°C /και ξανά ψύξη.



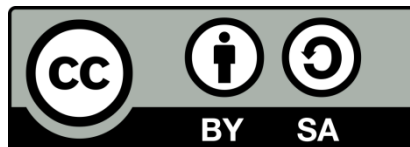
Βιβλιογραφία

- Ανυφαντάκης, Εμ. Χημεία και Ανάλυση του Γάλακτος Εκδόσεις Καραμπερόπουλος, Αθήνα, 1986.
- Καμιναρίδης, Στ. και Μοάτσου, Γ., Γαλακτοκομία, Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα, 2009.
- Park Y.W.& Haenlein G.F.W., Milk and Dairy Products in Human Nutrition. Wiley-Blackwell, UK, 2013 .
- Walstra, P. & Jenness, R. Dairy Chemistry and Physics. John Wiley & Sons, New York, 1983
- Walstra, p., Wouters, J.T.M. & Geurts, T. J., Dairy Science and Technology. Second Edition. CRC-Taylor & Francis, New York, 2006.



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

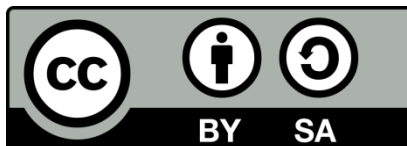
Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2015. Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Καμιναρίδης Στέλιος/ Μοάτσου Γκόλφω, «Γαλακτοκομία». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<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.