



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

Βιοχημεία Τροφίμων I

Ενότητα 5^η

Γάλα II (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 δομής των πρωτεϊνών του γάλακτος.
- Κατανόηση της δομής των μικκυλίων.
- Κατανόηση της αποικοδόμησης των πρωτεϊνών του γάλακτος.
- Κατανόηση της αποικοδόμησης ελεύθερων αμινοξέων.
- Κατανόηση της δομής και της λειτουργικότητας βιοενεργών πεπτιδίων, βακτηριοσινών και βιογενών αμινών.



Λέξεις - κλειδιά

- Λέξεις κλειδιά: Μικκύλια, Πρωτεΐνες Ορρού, Πυτιά, Ένζυμα, Καταβολισμός Αμινοξέων, Βιοενεργά Πεπτίδια, Βακτηριοσίνες, Βιογενείς Αμίνες.
- Key words: Micelles, Whey Proteins, Rennet, Enzymes, Amino Acid Degradation, Bioactive Peptides, Bacteriocins, Biogenic Amines.



Δομή πρωτεϊνών γάλακτος (α)

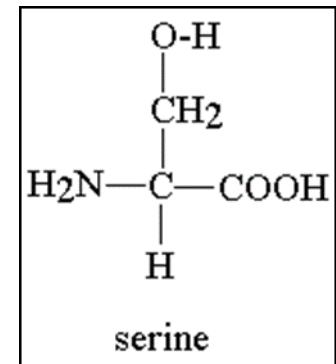
Η δομή των πρωτεϊνών του γάλακτος.

- η πρωτοταγής δομή των κύριων πρωτεϊνών: γνωστή.
- η τριτοταγής δομή των πρωτεϊνών του ορρού: γνωστή.
- η τριτοταγής δομή των καζεϊνών: άγνωστη
- Υπερ-δευτεροταγής δομή καζεϊνών (μοτίβα):
 - β-α-β.
 - στροφή – έλικα – στροφή.
 - έλικα – φουρκέτα – έλικα.



Δομή πρωτεϊνών γάλακτος (β)

- μετα-μεταφραστική φωσφορυλιωση σε μόρια Ser (ανιονικές περιοχές):
 - α_{s1} -καζεΐνη: 8 **Ser** – **P**.
 - β -καζεΐνη: 5 **Ser** – **P**.
 - α_{s2} -καζεΐνη: 11 **Ser** – **P**.
 - κ -καζεΐνη: 1 **Ser** – **P**.
- πρόσδεση Ca^{++} στις ανιονικές περιοχές.
- εξουδετέρωση του αρνητικού φορτίου.
- ανατροπή ισορροπίας ηλεκτροστατικών απώσεων/υδρόφοβων αλληλοεπιδράσεων.
- α_{s1} -, α_{s2} - και β - μειωμένη διαλυτότητα.
- κ -καζεΐνη παραμένει εν διαλύσει.





Μικκύλια (α)

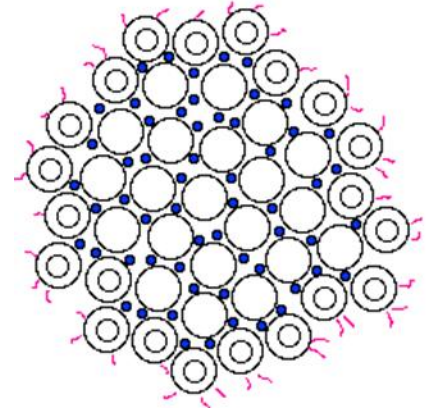
- ενυδατωμένα σύμπλοκα καζεϊνών - φωσφορικού ασβεστίου.
- \emptyset 30-300 nm (κάποια μέχρι και 600 nm).
- Μέσο βάρος ενός μικκυλίου: 105 kDa.
- Κάθε μικκύλιο περίπου 5.000 μόρια καζεΐνης.
- Από συνένωση υπομικκυλίων \emptyset 10-20 nm.
- 92% πρωτεΐνη:
 - $\alpha_{s1} : \alpha_{s2} : \beta : \kappa = (3 : 1 : 3 : 1)$.
- 8% άλατα:
 - φωσφορικό ασβέστιο, άλατα μαγνησίου, κιτρικά.
 - επηρεάζουν την συμπεριφορά του γάλακτος & προϊόντων κατά την διάρκεια της επεξεργασίας και αποθήκευσης.



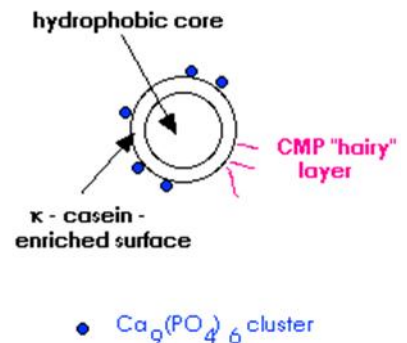
Μικκύλια (β)

- πορώδης, σπογγώδης δομή.
- υψηλός βαθμός ενυδάτωσης:
 - (3.7g H₂O / g καζεΐνης).
- βαθμός ενυδάτωσης κατά μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερος του αντίστοιχου των τυπικών σφαιρικών πρωτεϊνών.
- όλα τα συστατικά των μικκυλίων σε θερμοδυναμική αλλά αργή ισορροπία με τον ορρό του γάλακτος.
- κάτω από φυσιολογικές συνθήκες, οι ποσότητες των καζεϊνών στον ορρό εξαιρετικά χαμηλές.

Casein Micelle



Casein Submicelle

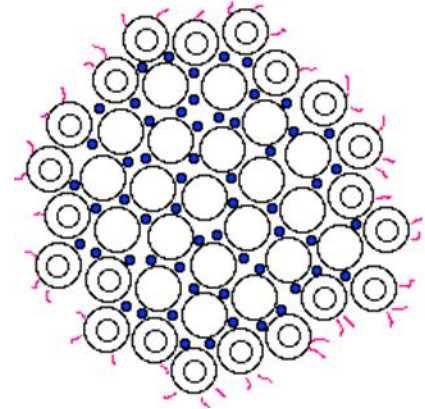




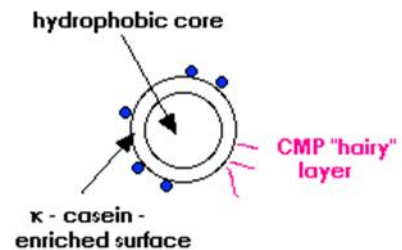
Μικκύλια (γ)

- δομή μικκυλίων: άγνωστη.
- πειραματικές ενδείξεις:
 - στην εξωτερική επιφάνεια κ-καζεΐνη.
 - στο εσωτερικό του μικκυλίου α_s - και β -καζεΐνη.
 - α_s - και β -καζεΐνη προσεγγίζουν την επιφάνεια.
- επιφάνεια των μικκυλίων:
 - «τριχώδες» στρώμα.
 - πολική περιοχή της κ-καζεΐνης.
 - ευλύγιστο, έντονα ενυδατωμένο πολικό πολυπεπτίδιο.
 - σταθεροποιεί το μικκύλιο.
- απομάκρυνση πεπτιδίου:
 - αποσταθεροποίηση επιφάνειας.
 - συνένωση μικκυλίων.

Casein Micelle



Casein Submicelle



● $\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6$ cluster



Μικκύλια (δ)

- Δεν μπορούν να σχηματίσουν σταθερά συσσωματώματα όταν πλησιάσουν πολύ κοντά μεταξύ τους.
- Ίζημα μικκυλίων που σχηματίζεται με καταβύθιση επαναδιασπείρεται αυθόρμητα.
- Αυτό υποδεικνύει ότι η επιφάνεια των μικκυλίων είναι αδρανής,
 - πράγμα που ερμηνεύει την ικανοποιητική σταθερότητα τους,
 - στη διάρκεια των περισσότερων επεξεργασιών που υφίσταται το γάλα.
- Έτσι, τα μικκύλια μπορούν να ανασυσταθούν από αφυδατωμένο γάλα χωρίς μεγάλες μεταβολές στις ιδιότητες τους.

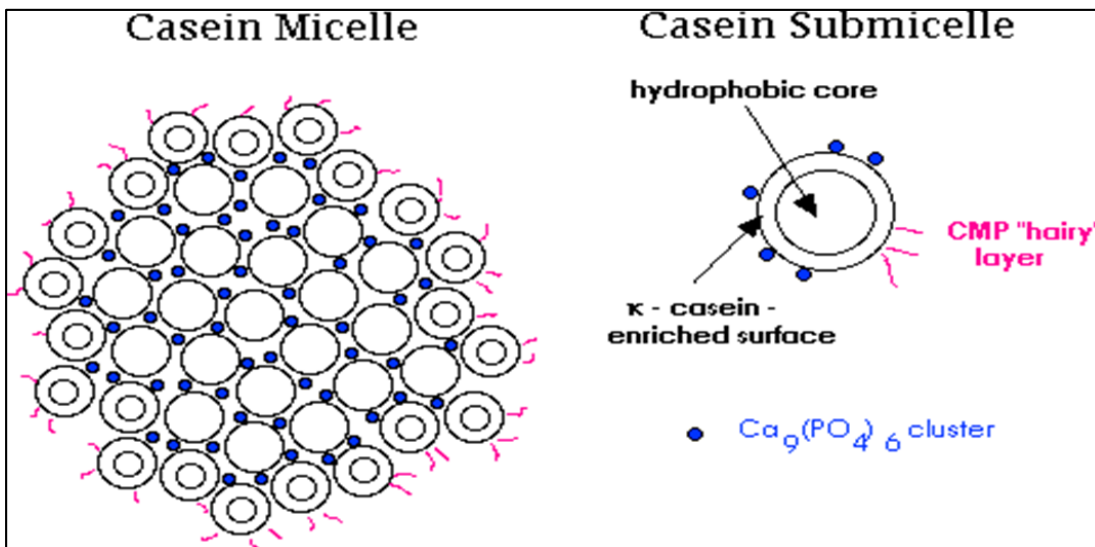
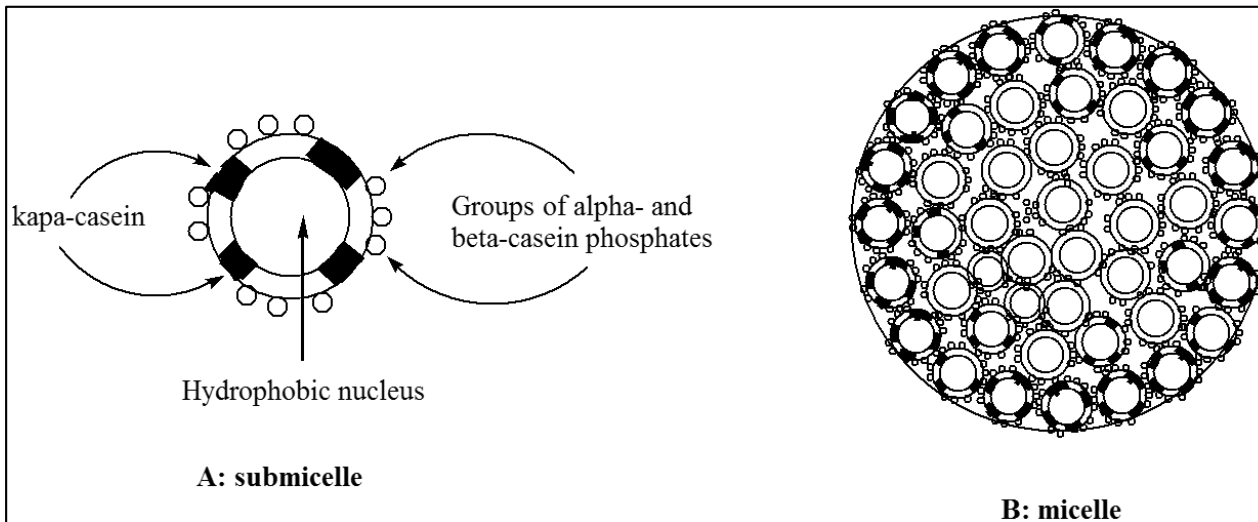


Μικκύλια (ε)

- Η ψύξη του γάλακτος αποσταθεροποιεί τα μικκύλια, λόγω της αύξησης της συγκέντρωσης του Ca^{2+} .
- Σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. στους 140°C):
 - τα μικκύλια αρχικά σπάνε,
 - μετά συσσωματώνονται,
 - και τέλος δημιουργείται πήγμα.
- Τα μικκύλια δεν επηρεάζονται από την ομογενοποίηση,
 - είτε αυτή γίνεται με συνήθη πίεση (περίπου 20 MPa),
 - είτε με την εφαρμογή υψηλών πιέσεων (μέχρι 250 MPa).
- Το μέγεθος τους αυξάνει σε πιέσεις:
 - γύρω στα 200 Mpa.
- ενώ σε πιέσεις > 400 Mpa,
 - το μέγεθος τους μειώνεται κατά 50%.



Σχηματική αναπαράσταση μικκυλίων



Σχηματική απεικόνιση καζεϊνικού μικκυλίου και υπο-μικκυλίου.



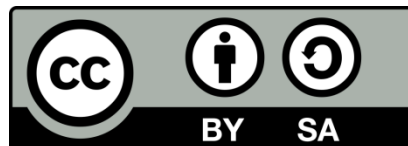
Βιβλιογραφία

- 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.





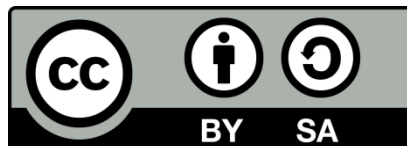
Σημείωμα Αναφοράς

- 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.