



Γαλακτοκομία

Ενότητα 1:

Πρωτεΐνες Γάλακτος (1/2), 2ΔΩ

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 την ετερογένεια των πρωτεϊνών, τη σύσταση, τη δομή και τις φυσικοχημικές ιδιότητές τους.
- Να γνωρίζουν που και πώς γίνεται η βιοσύνθεση των πρωτεϊνών.
- Να γνωρίζουν την αποσταθεροποίηση των μικκυλίων και τους μηχανισμούς πήξης του γάλακτος.



Λέξεις Κλειδιά

- ασ1-καζεΐνη
- ασ2-καζεΐνη
- β-καζεΐνη
- γ-καζεΐνες
- Γαλακτικό κύτταρο
- Καζεΐνη
- κ-καζεΐνες
- Μικκύλιο
- Πρωτεΐνες



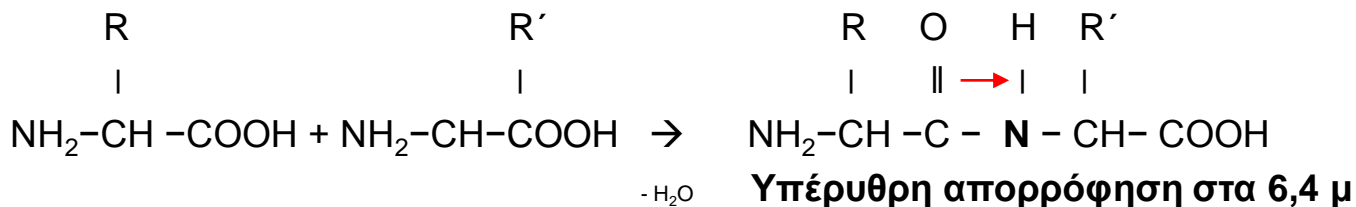
Γενικά Περι Πρωτεϊνών 1/4

- Πρωταρχικής σημασίας ουσίες γιατί αποτελούν συστατικό του πρωτοπλάσματος των οργανισμών.
- Παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατροφή του ανθρώπου (απαραίτητα αμινοξέα, Ca, P).
- Οι πρωτεΐνες αποτελούν το 25% περίπου των στερεών συστατικών του γάλακτος.
- Περιλαμβάνουν στο μόριό τους C (22%), O (22%), N (16%), H (7%), και ορισμένες S (1-2%, WP, α_{s2} , κ) και P (~1%, CN, PP).



Γενικά Περι Πρωτεϊνών 2/4

- Περιέχουν στο μόριό τους 19 αμινοξέα που συνδέονται σε διάφορους συνδυασμούς και αριθμούς μεταξύ τους με πεπτιδικούς δεσμούς που σχηματίζονται από την αντίδραση μιας αμινο- και μιας καρβοξυλικής ομάδας δύο μορίων αμινοξέων:





Γενικά Περι Πρωτεϊνών 3/4

- Περιέχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα: I.leu, Arg, Met ← Cys, Val, Lys, Try, Leu, His, Phe ← Tyr
- Αμινοξέα με υψηλή αναλογία: Glu, Pro, Leu, Lys, Asp, Val
- Έχουν υψηλό μοριακό βάρος και γι' αυτό συμπεριφέρονται ως κολλοειδή.
- Έχουν αμφολυτικές ιδιότητες που οφείλονται στην ταυτόχρονη παρουσία των καρβοξυλικών (-COOH) και αμινικών (-NH₂) ομάδων στο μόριό τους.
- Έχουν αξιόλογη ποσότητα ενέργειας (4 Kcal / g).



Γενικά Περι Πρωτεϊνών 4/4

- Έχουν υψηλή βιολογική αξία $\geq 90\%$, , ιδιαίτερα οι πρωτεΐνες ορού, λόγω της ικανοποιητικής περιεκτικότητάς τους σε απαραίτητα αμινοξέα.
(BA= Χρησιμοποιούμενο N / απορροφημένο N)
- Σε pH μεγαλύτερο του Ι.Σ. η πρωτεΐνη αποκτά αρνητικό φορτίο, ενώ σε pH μικρότερο του Ι.Σ. αποκτά θετικό φορτίο.
- Είναι σώματα πολύπλοκα.
- Το γάλα περιέχει μίγμα πρωτεϊνών και διαιρούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες (καζεΐνες & πρωτεΐνες του ορού).



Βιοσύνθεση των Πρωτεϊνών

- Σύνθεση των πολυπεπτιδικών αλυσίδων στα **ριβωσώματα** από αμινοξέα που απορροφήθηκαν από το αίμα ή συντέθηκαν από το μαστό και στη συνέχεια η συνένωσή τους σε πρωτεϊνικά μόρια στο **σύμπλεγμα Golgi**.



Γαλακτικό Κύτταρο

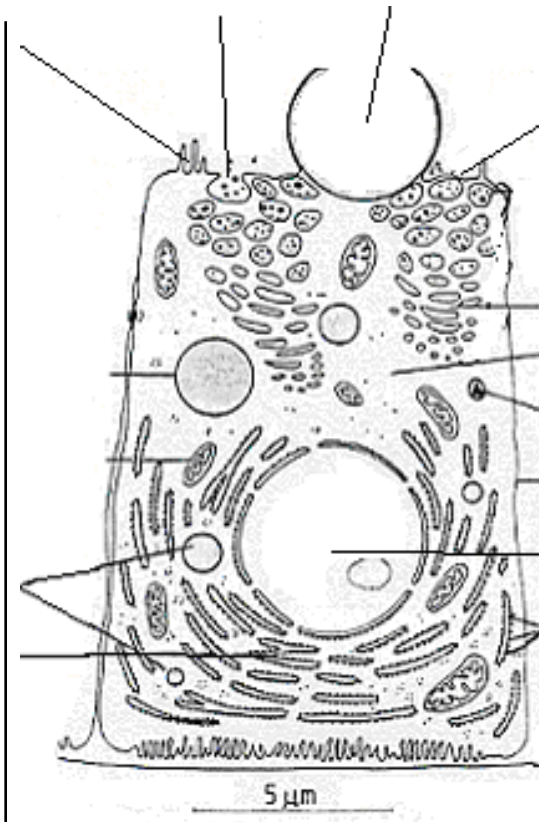
Μικρολάχνες

Λιποσφαίριο
(Συνένωση
λιποσταγονιδίων)

Μιτοχόνδριο

Λιποσταγονίδια

Ενδοπλασματικό
δίκτυο
(Εστεροποίηση
Λ.Ο.προς λίπος)



Κορυφαία μεμβράνη

Εκκριτικά κυστίδια Golgi με
μικκύλια καζεΐνης
Σύμπλεγμα Golgi
(Φωσφορυλίωση & γλυκοζυλίωση
των πρωτεϊνών, σχηματισμός του
καζεϊνικού μικκυλίου, και της
λακτόζης)

Λυσόσωμα
Εξωτερική κυτταροπλασματική
μεμβράνη
Πυρήνας

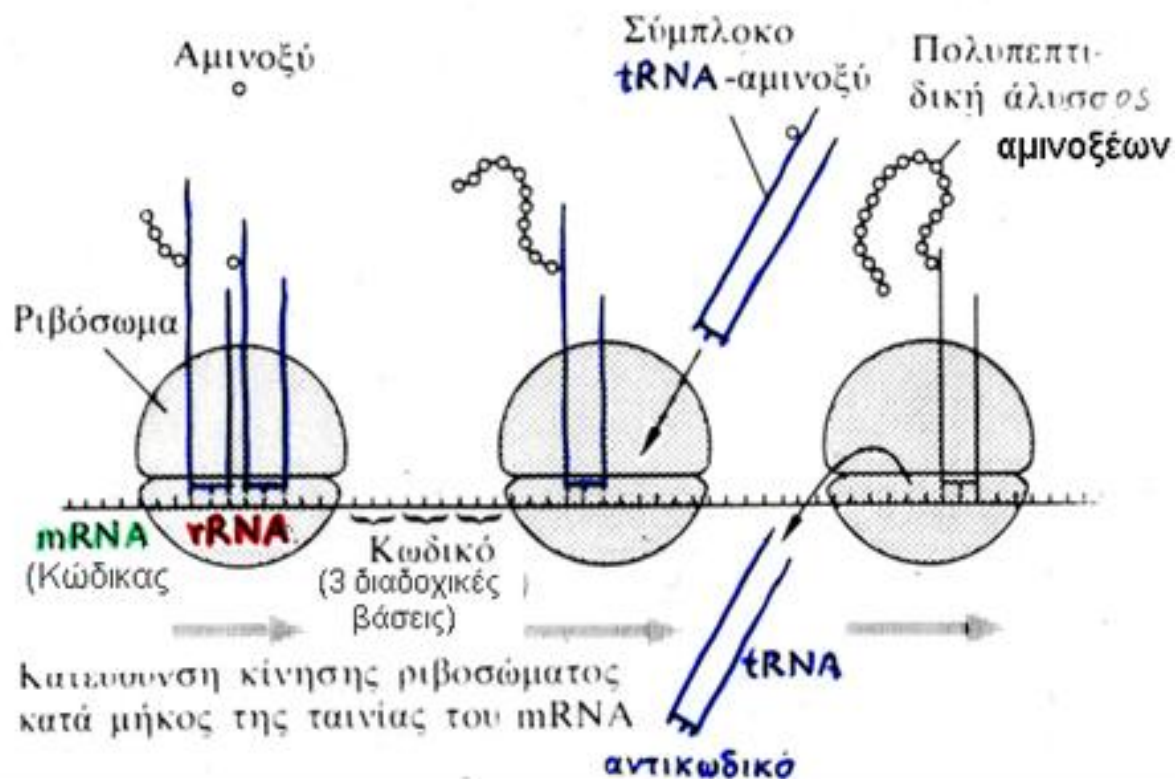
Ριβοσωμάτια του
ενδοπλασματικού δικτύου
(Σύνθεση πολυπεπτιδίων)

Βασική μεμβράνη



Σύνθεση Πολυπεπτιδικών Αλυσίδων 1/4

Βιοχημικός μηχανισμός της συνθέσεως των πολυπεπτιδικών αλυσίδων όπου συμμετέχουν στη σύνθεση των πρωτεϊνών και οι 3 τύποι του RNA:





Σύνθεση Πολυπεπτιδικών Αλυσίδων 2/4

mRNA (messenger RNA - αγγελιαφόρο ριβοζονουκλεϊκό οξύ)

- Αποτελεί τον κώδικα με τους κωδικούς (αλληλουχία των βάσεων).
- Είναι αντίγραφο του DNA που υπάρχει στο πυρήνα και περιέχει τις γενετικές πληροφορίες που προσδιορίζουν την αλληλουχία των αμινοξέων στις πολυπεπτιδικές αλυσίδες.



Σύνθεση Πολυπεπτιδικών Αλυσίδων 3/4

t RNA (transfer RNA - μεταφορικό ριβοζονουκλεϊκό οξύ)

- Είναι προσαρμοστής και μεταφορέας αμινοξέων.
- Για κάθε αμινοξύ υπάρχει ένα ειδικό t-RNA με αντικωδικό.



Σύνθεση Πολυπεπτιδικών Αλυσίδων 4/4

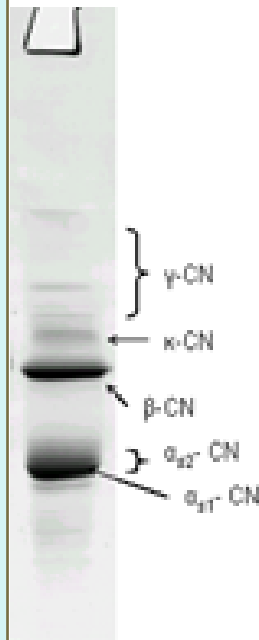
r RNA (ribosomal RNA - ριβοσωματικό ριβοζονουκλεϊκό οξύ)

- Περιέχεται στα ριβοσώματα.
- Ενώνεται με το mRNA κατά την μετακίνηση των ριβοσωμάτων προκειμένου να διαβαστεί το μήνυμα του mRNA.



Είδη Πρωτεϊνών Γάλακτος 1/3

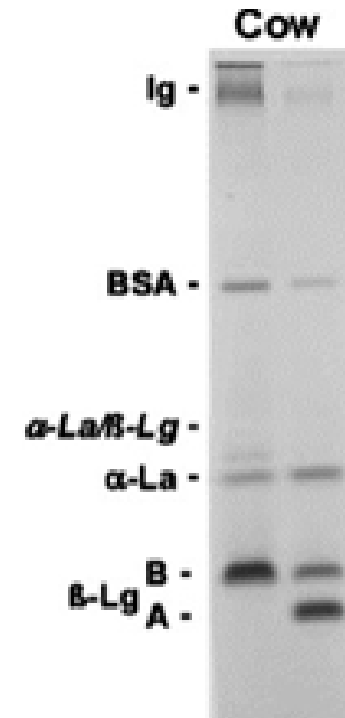
Πρωτεΐνες (Pr)	% του γάλακτος	
Καζεΐνες (CN)	2,6	(80% των Pr)
- α_s		
α_{s1}	1,0	(40% των CN)
α_{s2} (2-6)	0,3	(10% των CN)
- β	0,9	(35% των CN)
- κ (Γλυκοπρωτεΐνη)	0,3	(10% των CN)
- γ (Τμήμα της β -καζεΐνης)	0,1	(5% των CN)
γ_1 (f 29-209)		
γ_2 (f 106-209)		
γ_3 (f 108-209)		





Είδη Πρωτεϊνών Γάλακτος 2/3

Πρωτεΐνες (Pr)	% του γάλακτος	
Πρωτεΐνες ορού (WP)	0,6	(20% των Pr)
- β-γαλακτογλοβουλίνη (β-Lg)	0,30	(50% των WP)
- α-γαλακταλβουμίνη (α-La)	0,10	(20% των WP)
- Οροαλβουμίνη (SA)	0,04	(5% των WP)
- Ανοσογλοβουλίνες (Ig)	0,06	(10% των WP)
IgG1		
IgG2		
IgA,		
IgM		
FSC		
- Πρωτεόζες- πεπτόνες (P-P)	0,10	(15% των WP)
Συστατικό "3"		
Συστατικό "8 ταχύ" (f 1-28)		
Συστατικό "8 βραδύ"		
(f 29-105 ή 107)		
Συστατικό "5"		
(f 1-105 ή 107))		





Είδη Πρωτεϊνών Γάλακτος 3/3

Πρωτεΐνες (Pr)	% του γάλακτος
Πρωτεΐνες σε μικροποσότητες Γαλακτοσιδερίνη (Lf) πρωτεΐνες της μεμβράνης λιποσφαιρίων Ένζυμα Λακτολίνη ή β- μικρογλοβουλίνη	<0,01 ή 100ppm 2 ppm



Η Περιεκτικότητα σε Πρωτεΐνες Εξαρτάται:

- από το είδος του ζώου, π.χ. στο αγελαδινό γάλα είναι 3,2%, στο πρόβειο 5,6% και στο αίγαιο 3,6% κατά μέσο όρο.
- από το στάδιο της γαλακτικής περιόδου.
- από τη διατροφή. Η διατροφή των ζώων με συμπυκνώματα αυξάνει όπως προαναφέρθηκε το προπιονικό οξύ σε βάρος του οξικού στη μεγάλη κοιλία, με αποτέλεσμα τη μειωμένη παραγωγή λίπους και την αύξηση της πρωτεΐνης.
- από τη φυλή και την ατομικότητα του ζώου.
- από την κατάσταση υγείας του μαστού κ.ά.



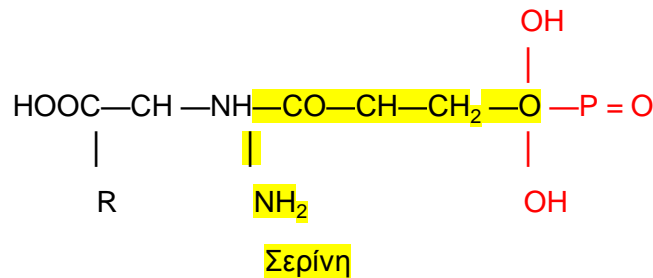
Ιδιότητες Καζεϊνών 1/5

- 1) Κατακρημνίζονται από άπαχο γάλα με οξίνιση σε pH 4,6 στους 20°C, ή με την πυτιά παρουσία ιόντων Ca⁺⁺, ή με την επίδραση ουδετέρων αλάτων, ή με την υπερφυγοκέντρωση.
- 2) Συντίθενται στο μαστό και δεν ανευρίσκονται πουθενά αλλού.



Ιδιότητες Καζεϊνών 2/5

3) Είναι φωσφοροπρωτεΐνες:



- Η α_{s2} - καζεΐνη περιέχει 10 -13 P
- Η α_{s1} - καζεΐνη περιέχει 8 - 9 P
- Η β -καζεΐνη περιέχει 5 P
- Η κ - καζεΐνη περιέχει 1-2 P
- Η γ_1 - καζεΐνη περιέχει 1 P



Ιδιότητες Καζεϊνών 3/5

- 4) Περιέχουν υψηλή μάλλον ποσότητα προλίνης.
- Η β-καζεΐνη περιέχει 35 prol / mol
 - Η κ-καζεΐνη περιέχει 20 prol / mol
 - Η α_{s1} -καζεΐνη περιέχει 17 prol / mol
 - Η α_{s2} -καζεΐνη περιέχει 10 prol / mol



Ιδιότητες Καζεϊνών 4/5

- 5) Βασικό συστατικό των τυριών. Αποτελούν το σκελετό των τυριών.
- 6) Οι καζεΐνες δεν επηρεάζονται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Πιο ευαίσθητες στη θέρμανση είναι η α_{s2} - και η κ-καζεΐνη που περιέχουν 2 cys / mol.
- 7) Η πτυιά προκαλεί πολύ μικρές μεταβολές στις καζεΐνες. Η πιο ευαίσθητη στην πτυιά είναι η κ-καζεΐνη και ακολουθούν η α_{s1} - και η β-καζεΐνη.



Ιδιότητες Καζεϊνών 5/5

- 10) Έχουν ευαισθησία στο Ca εκτός της κ-καζεΐνης.
Σειρά ευαισθησίας: $\alpha_{s2} > \alpha_{s1} > \text{πάρα κ-} > \beta\text{-}$
στους 20°C.
- 11) Απαντούν στο γάλα κυρίως σε κολλοειδή κατάσταση υπό τη μορφή μικκυλίων.

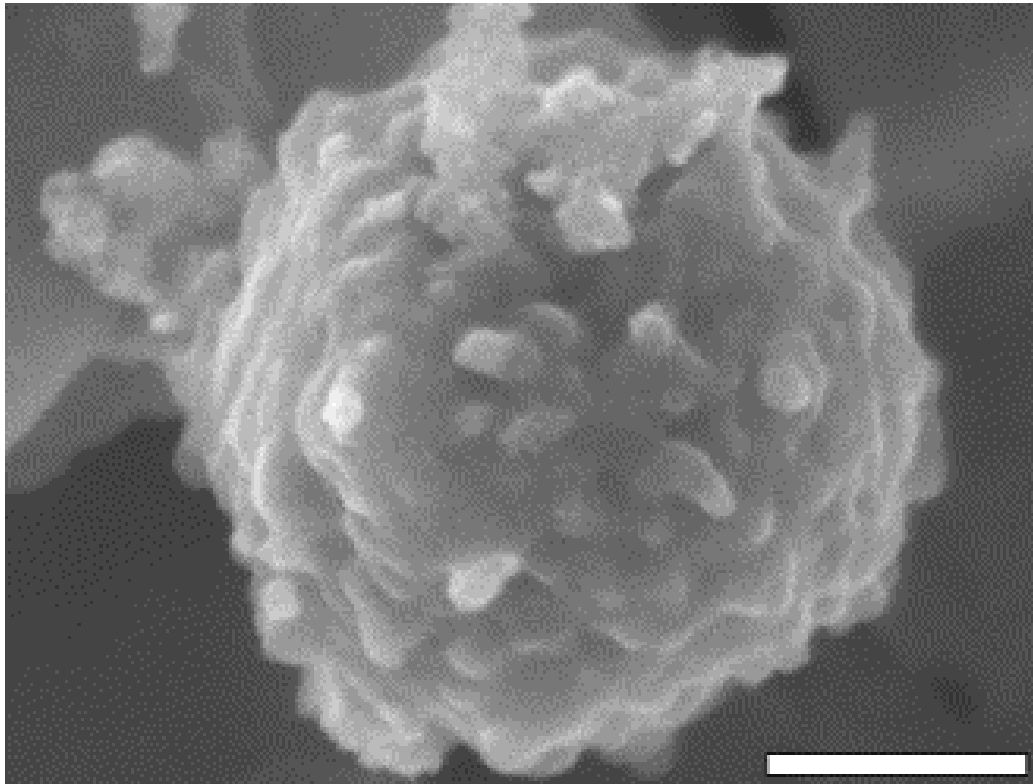


Μέθοδοι Λήψης Καζεϊνών

Μέθοδοι κατακρήμνισης καζεϊνών	Ιδιότητες απομονωμένων καζεϊνών
1) Με οξίνιση σε pH 4,6 στους 20°C	Ισοηλεκτρική καζεΐνη χωρίς άλατα και φορτίο
2) Με την επίδραση της πυτιάς παρουσία ιόντων Ca^{++}	Καζεΐνη πυτιάς ή φωσφοροπαρα-καζεϊνικό ασβέστιο με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άλατα.
3) Με την επίδραση ουδέτερων αλάτων στους 37°C. [Κορεσμός με NaCl ή προσθήκη διαλύματος 26% $(NH_4)_2SO_4$].	Φυσική καζεΐνη + μέρος των WP (Ig)
4) Με υπερφυγοκέντρηση στους 35°C (50.000 - 100.000 g για 1 ώρα)	Φυσική καζεΐνη (φωσφοροκαζεϊνικό ασβέστιο) CN-ser-HPO ₄ - Ca -HPO ₄ -ser- CN



Μικκύλια



Απεικόνιση του καζεϊνικού μικκυλίου σε νωπό γάλα με ηλεκτρονική μικροσκοπία διέλευσης (TEM).
Μεγέθυνση: X 8500.



Ορισμός Μικκυλίων

- Είναι σύμπλοκα μόρια των αs , $\beta+\gamma$, και κ -καζεΐνών, σχηματίζουν σφαιρικά ενυδατωμένα σωματίδια μικρά (υπομικκύλια) ή μεγάλα (μικκύλια) με τη βοήθεια κυρίως των ιόντων Ca και P και βρίσκονται ιδιαίτερα τα τελευταία σε κολλοειδή διασπορά στην υδάτινη φάση του γάλακτος.



Ιδιότητες Μικκυλίων 1/2

- Διάμετρος μικκυλίων 30-300 nm ή nm.
 - Διάμετρος μικκυλίων πρόβειου γάλακτος 80 nm.
 - Διάμετρος μικκυλίων αγελαδινού γάλακτος 180 nm.
 - Διάμετρος μικκυλίων γίδινου γάλακτος 280 nm.
- Ασβέστιο στα μικκύλια (mg/g) των 3 ειδών γάλακτος:

Γάλα		
Αγελαδινό	Πρόβειο	Γίδινο
29	33	36



Ιδιότητες Μικκυλίων 2/2

- Όγκος μικκυλίων $1,4 \times 10^9$ $0A3$ ή 2×10^{-15} cm^3
- Αριθμός μικκυλίων $\sim 10^5$ μικκύλια / ml γάλακτος.
- ΜΒ μικκυλίων 109 Daltons
- Ένα μικκύλιο αποτελείται από 44000 περίπου μονομερή καζεΐνης εάν ληφθεί υπόψη ότι το μέσο ΜΒ κάθε μονομερούς καζεΐνης είναι 23000.
- Αναλογία $\alpha s1 : \alpha s2 : \beta + \gamma : \kappa -$ καζεΐνης $\rightarrow 4 : 1 : 4 : 1$
- Βαθμός ενυδάτωσης των μικκυλίων 1,7-3,7 g H₂O /g CN.
- Διάμετρος υπομικκυλίων 12-15 nm.



Η Βασική Σύσταση του Μικκυλίου:

Πίνακας: Ενδεικτική μέση σύσταση του καζεϊνικού μικκυλίου του αγελαδινού γάλακτος, %

Καζεΐνες	% (β/β)	Ανόργανα συστατικά	% (β/β)
α_{s1} -καζεΐνη	35	Ασβέστιο	4,8
α_{s2} -καζεΐνη	9	Μαγνήσιο	0,3
β -καζεΐνη	33	Φώσφορος (ανόργανος)	2,1
κ -καζεΐνη	12	Σύνολο ανόργανων συστατικών	7,2
γ -καζεΐνες	3		
Σύνολο καζεϊνών	92	Κιτρικά	0,8



Σύνθεση του Μικκυλίου

Καζεΐνες

Άλατα

Ca, P

Κιτρικά

Mg, K, Na

Ένζυμα(Λιπάση
Πλασμίνη)

Νερό



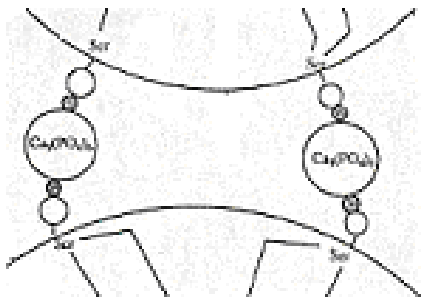
Ο Ρόλος των Ιόντων Ca & P

- Συνδέουν μονομερή καζεΐνης σε πολυμερή καζεϊνών (υπομικκύλια) ως εξής:



- Συνδέουν υπομικκύλια σε μεγάλα συσσωματώματα (μικκύλια).

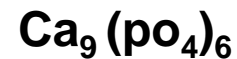
Υπομικκύλιο



Υπομικκύλιο



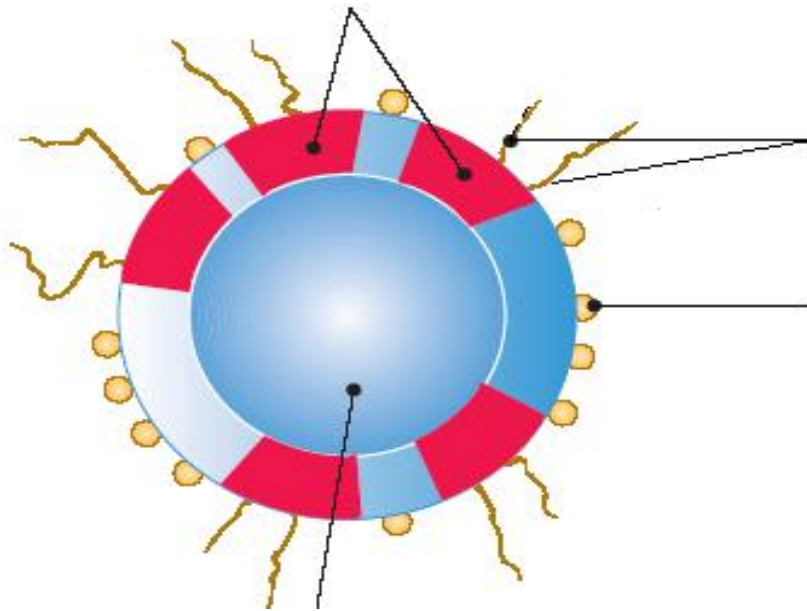
— Πεπτιδική
αλυσίδα





Δομή Υπομικκυλίου Καζεΐνης

Μόρια κ- καζεΐνης



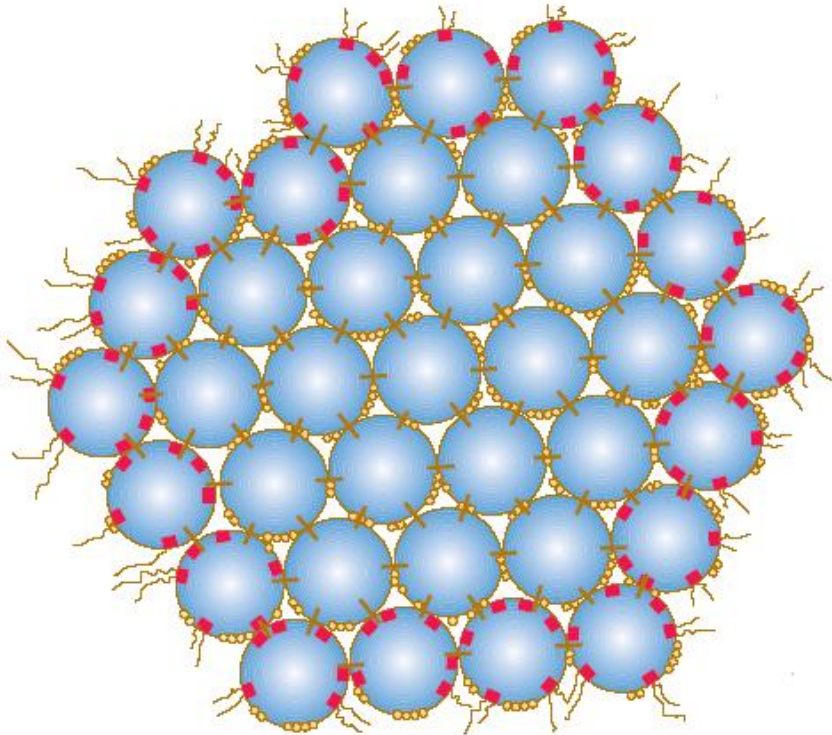
Τριχοειδείς προεκτάσεις υδρόφιλου τμήματος της κ-καζεΐνης.
-PO₄ ομάδες

Υδρόφοβος πυρήνας υπομικκυλίου καζεΐνης



Δομή Μικκυλίου Καζεΐνης 1/2

- Υπομικκύλια καζεΐνης οργανωμένα σε μικκύλιο (Tetra Pak, 1995).



Υπομικκύλιο
Προεξέχουσα αλυσίδα της κ-
καζεΐνης.



Φωσφορικό ασβέστιο



κ- καζεΐνη



Υδροφιλικές
-PO₄ ομάδες

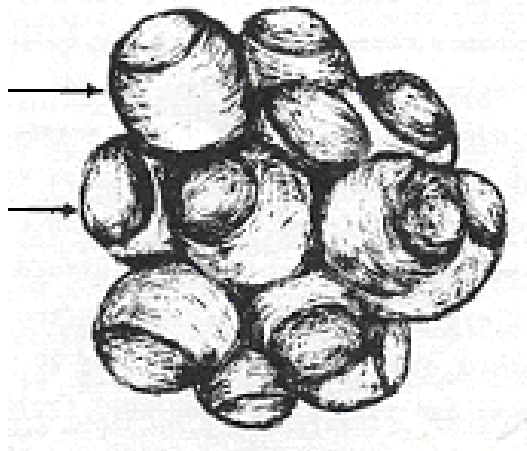


Δομή Μικκυλίου Καζεΐνης 2/2

- Τα εσωτερικά υπομικκύλια είναι πλούσια σε αS- και β-καζεΐνη, ενώ τα υπομικκύλια της επιφάνειας του μικκυλίου είναι πλούσια σε κ-καζεΐνη.
- Σχηματική αναπαράσταση μικκυλίου:

Υπομικκύλιο

Υδρόφιλη ομάδα



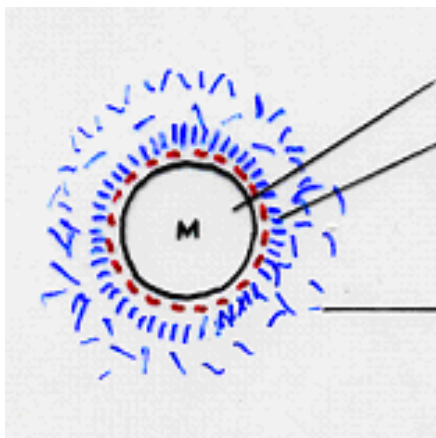


Η Σταθερότητα των Μικκυλίων Οφείλεται 1/2

- Στο αρνητικό φορτίο των μικκυλίων.
- Στην τάση ενυδάτωσης των μικκυλίων. Η παρουσία νερού μεταξύ των μικκυλίων και του ορού του γάλακτος παρεμποδίζει τη συνένωση των μικκυλίων και συμβάλλει στη σταθερότητά τους.



Η Σταθερότητα των Μικκυλίων Οφείλεται 2/2



Μικκύλιο καζεΐνης

Διπολικά μόρια νερού προσανατολισμένα & δεσμευμένα (με τους θετικούς πόλους προς το αρνητικό φορτίο της επιφάνειας του μικκυλίου)

Νερό επιφανειακής ενυδατώσεως (με ακανόνιστο προσανα-τολισμό)

- Στην προστατευτικότητα της κ- CN που περιβάλλει τα μικκύλια και είναι ανθεκτική σε ιόντα ασβεστίου σε αντίθεση με τα άλλα καζεϊνικά κλάσματα α_s -, β -, κ - που είναι ευαίσθητα σε ιόντα ασβεστίου.



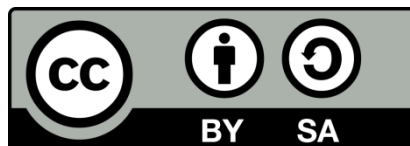
Βιβλιογραφία

- 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.
- Tetra Pak. Dairy processing handbook, pp. 191-205. Applied Science Publishers Ltd, London, 1995.
- 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

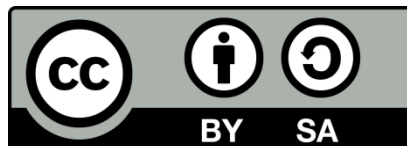
Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2015. Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Καμιναρίδης Στέλιος/ Μοάτσου Γκόλφω, «Γαλακτοκομία». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<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.