



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

Βιοχημεία Τροφίμων I

Ενότητα 5^η

Γάλα II (μέρος β)

Όνομα καθηγητή: Έφη Τσακαλίδου

Τμήμα: Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής του Ανθρώπου



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
πρόγραμμα για την ανάπτυξη





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.



Πρωτεΐνες του ορρού

Οι πρωτεΐνες του ορρού:

- β-λακτογλοβουλίνη (M.B. 18,4 kDa).
- α-λακταλβουμίνη (M.B. 14,2 kDa).
- αλβουμίνη του ορρού με M.B. 66 kDa (BSA, bovine serum albumin).
 - υπεύθυνη για τη μεταφορά των ελεύθερων λιπαρών οξέων στο αίμα.
 - η βιολογική της λειτουργία στο γάλα είναι άγνωστη.
 - λόγω της χαμηλής της συγκέντρωσης (1-2%) θεωρείται ότι δεν έχει τεχνολογική σημασία.



Ανοσοπρωτεΐνες του ορρού (α)

- συγκέντρωση στο πρωτόγαλα υψηλή (περίπου 10%).
- μειώνεται σταδιακά 5 ημέρες μετά τη γέννηση του νεογνού στο 0,1%.
- στα **μηρυκαστικά** ζώα IgG1 (M.B. 160 kDa), IgG2, IgA και IgM.
- στα **μονογαστρικά** ζώα (και άρα στον άνθρωπο) η IgA (M.B 320 kDa).



Ανοσοπρωτεΐνες του ορρού (β)

- Τα μηρυκαστικά δεν μεταφέρουν ανοσοπρωτεΐνες στο έμβρυο στη μήτρα,
 - με αποτέλεσμα αυτό να γεννιέται χωρίς αντισώματα και επομένως να είναι ευαίσθητο σε βακτηριακές μολύνσεις.
 - τις πρώτες ημέρες μετά τη γέννηση απορροφά ανοσοπρωτεΐνες από το έντερο και λίγες εβδομάδες μετά είναι σε θέση να συνθέσει τις δικές του.
- στον άνθρωπο η μεταφορά ανοσοπρωτεϊνών γίνεται ήδη από το στάδιο που το έμβρυο είναι ακόμη στη μήτρα.



Μεταλλοπρωτεΐνες

Μεταλλοπρωτεΐνες στο γάλα:

- Καζεΐνες (Ca, Mg, PO₄): ποσοτικά οι πιο σημαντικές.
- Άλλες:
 - α-λακταλβουμίνη (Ca),
 - οξειδάση της ξανθίνης (Fe, Mo),
 - αλακαλική φωσφατάση (Zn, Mg),
 - λακτοπεροξειδάση (Fe),
 - καταλάση (Fe),
 - υπεροξειδάση της γλουταθειόνης (Se),
 - σεροφερρίνη (Fe),
 - **λακτοφερρίνη (Fe).**



Λακτοφερρίνη (α)

- **Η λακτοφερρίνη:**
 - γλυκοπρωτεΐνη.
 - περιέχει μη αιμικό σίδηρο.
 - απαντάται σε διάφορα υγρά του σώματος, όπως το σάλιο, τα δάκρυα, ο ιδρώτας και το σπέρμα.
- **Της αποδίδονται πολλές βιολογικές δράσεις:**
 - βελτίωση της βιοδιαθεσιμότητας του Fe.
 - βακτηριοστατική, αντιοξειδωτική, αντιϊική, αντικαρκινογόνο, αντιφλεγμονώδη και ανοσορυθμιστική.



Λακτοφερρίνη (β)

- Το ανθρώπινο γάλα περιέχει πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις λακτοφερρίνης (αποτελεί το 20% περίπου του συνολικού N), από το αγελαδινό.
- Η υδρόλυση της λακτοφερρίνης με πεψίνη παράγει πεπτίδια:
 - λακτοφερρισίνες.
 - έχουν ισχυρότερη βακτηριοστατική δράση από την ίδια τη λακτοφερρίνη,
 - η οποία είναι μάλιστα ανεξάρτητη από τον σίδηρο.



Ένζυμα στο γάλα (α)

- Περίπου 60 ενδογενή ένζυμα.
- Αντιπροσωπεύουν ένα μικρό μεν αλλά σημαντικό τμήμα του πρωτεϊνικού του συστήματος,
 - είτε συντίθενται στα εκκριτικά κύτταρα του μαστού του ζώου,
 - είτε προέρχονται από το αίμα του ζώου.
- Πολλά συγκεντρωμένα στη μεμβράνη των λιποσφαιρίων:
 - οξειδάση της ξανθίνης, σουλφυρδική οξειδάση, γ-γλουταμυλο-τρανσπεπτιδάση.
- Πλασμίνη και λιποπρωτεΐνη λιπάση:
 - στα καζεϊνικά μικκύλια.
- Καταλάση και δισμουτάση του υπεροξειδίου:
 - στον ορρό του γάλακτος.



Ένζυμα στο γάλα (β)

- Η κατανομή τους επηρεάζεται από τις συνθήκες επεξεργασίας και αποθήκευσης του γάλακτος.
- Η ψύξη του γάλακτος επάγει:
 - τη μεταφορά της λιπάσης από τα καζεϊνικά μικκύλια στα λιποσφαίρια,
 - κατά συνέπεια επάγει τη λιπόλυση.
- Στην περίπτωση της μαστίτιδας:
 - αυξάνει η συγκέντρωση και η ενεργότητα διαφόρων ενζύμων στο γάλα,
 - με πιο χαρακτηριστικά την πλασμίνη, την καταλάση, την αλκαλική φωσφατάση και την N-ακετυλο-γλυκοαμινιδάση.



Ένζυμα στο γάλα (γ)

- **Αλκαλική φωσφατάση και οξειδάση της ξανθίνης:**
 - απενεργοποιούνται σε συνθήκες παστερίωσης (72-75°C για 15-20 sec).
 - χρησιμοποιούνται ως μάρτυρες παστερίωσης του γάλακτος.
- **Απενεργοποίηση της γ-γλουταμυλο-τρανσπεπτιδάσης και της λακτοπεροξειδάσης.**
 - δείκτης υπερπαστερίωσης του γάλακτος.



Ένζυμα στο γάλα (δ)

● Πλασμίνη:

- μεταφέρεται από το αίμα του ζώου στο γάλα.
- ενεργοποιείται κατά την παστερίωση λόγω απενεργοποίησης των παρεμποδιστών του πλασμινογόνου.
- συμβάλλει στην πρωτεόλυση κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των τυριών,
- ιδιαίτερα στις ποικιλίες εκείνες που το τυρόπηγμα αναθερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. Emmental, Mozzarella, Κασέρι, Parmesan),
- με αποτέλεσμα να απενεργοποιείται η ρεννίνη.



Ένζυμα στο γάλα (ε)

● Λιποπρωτεΐνη λιπάση:

- απενεργοποιείται κατά την παστερίωση, αν και όχι πλήρως.
- συμμετέχει θετικά στην ωρίμανση των τυριών,
- ιδιαίτερα αυτών που παρασκευάζονται από απαστερίωτο γάλα.
- μπορεί να προκαλέσει υδρολυτική τάγγιση.

● Αλκαλική φωσφατάση:

- αποφωσφορυλιώνει την καζεΐνη.
- μεταβάλλει έτσι τις λειτουργικές της ιδιότητες.



Ένζυμα στο γάλα (στ)

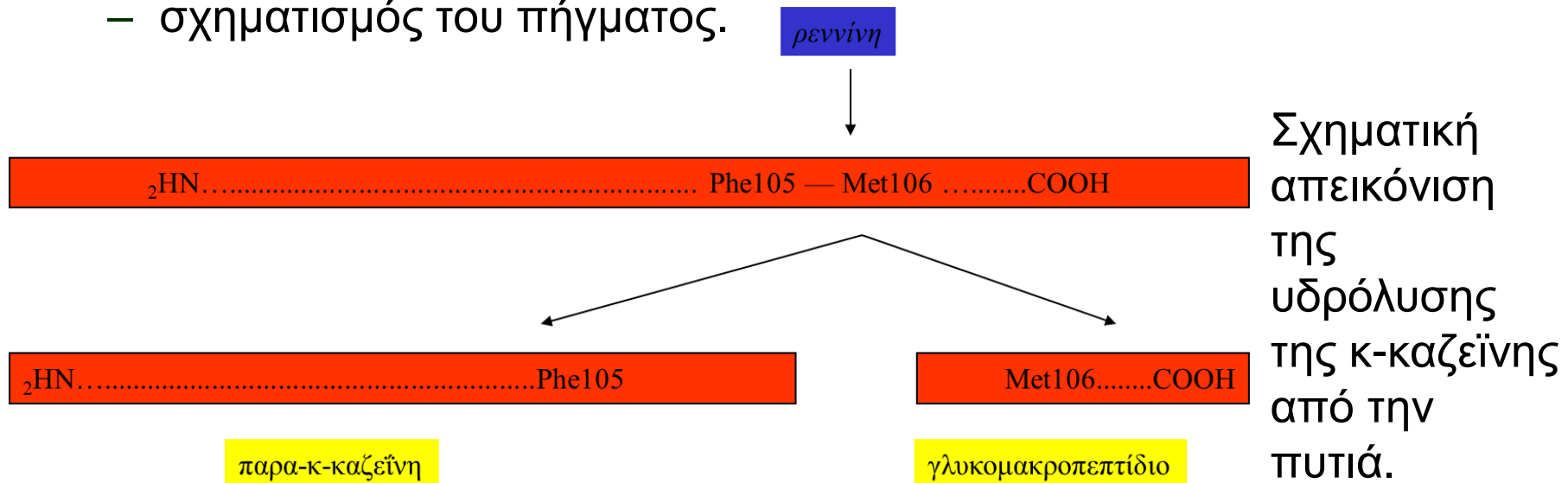
- **Οξειδάση της ξανθίνης:**
 - δρα οξειδωτικά.
 - μπορεί να προκαλέσει οξειδωτική τάγγιση.
 - ανάγει τα νιτρικά προς νιτρώδη (χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ανάπτυξης του Clostridium).
- **Λακτοπεροξειδάση:**
 - δρα βακτηριοστατικά παρουσία χαμηλών συγκεντρώσεων H_2O_2 και SCN^- .
 - χρησιμοποιείται για τη λεγόμενη ψυχρή αποστείρωση του γάλακτος.



Δράση πτυιάς (α)

● ρεννίνη (πτυιά):

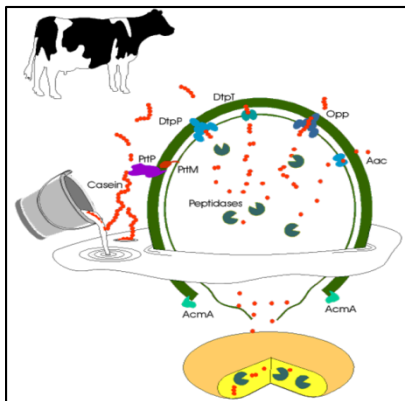
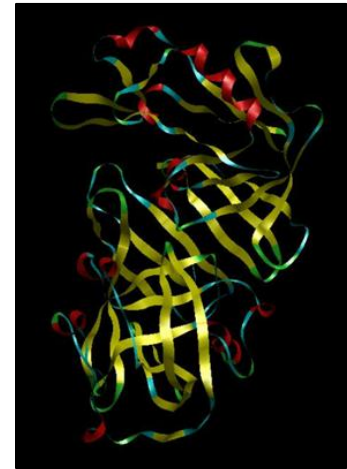
- υδρολύει τον δεσμό Phe105 - Met106 της κ-καζεΐνης.
- αρνητικά φορτισμένο γλυκομακροπεπτίδιο + παρα-κ-καζεΐνη.
- μείωση του συνολικού αρνητικού φορτίου των μικκυλίων.
- αποσταθεροποίηση μικκυλίων.
- συσσωμάτωση μικκυλίων.
- σχηματισμός του πηγματος.





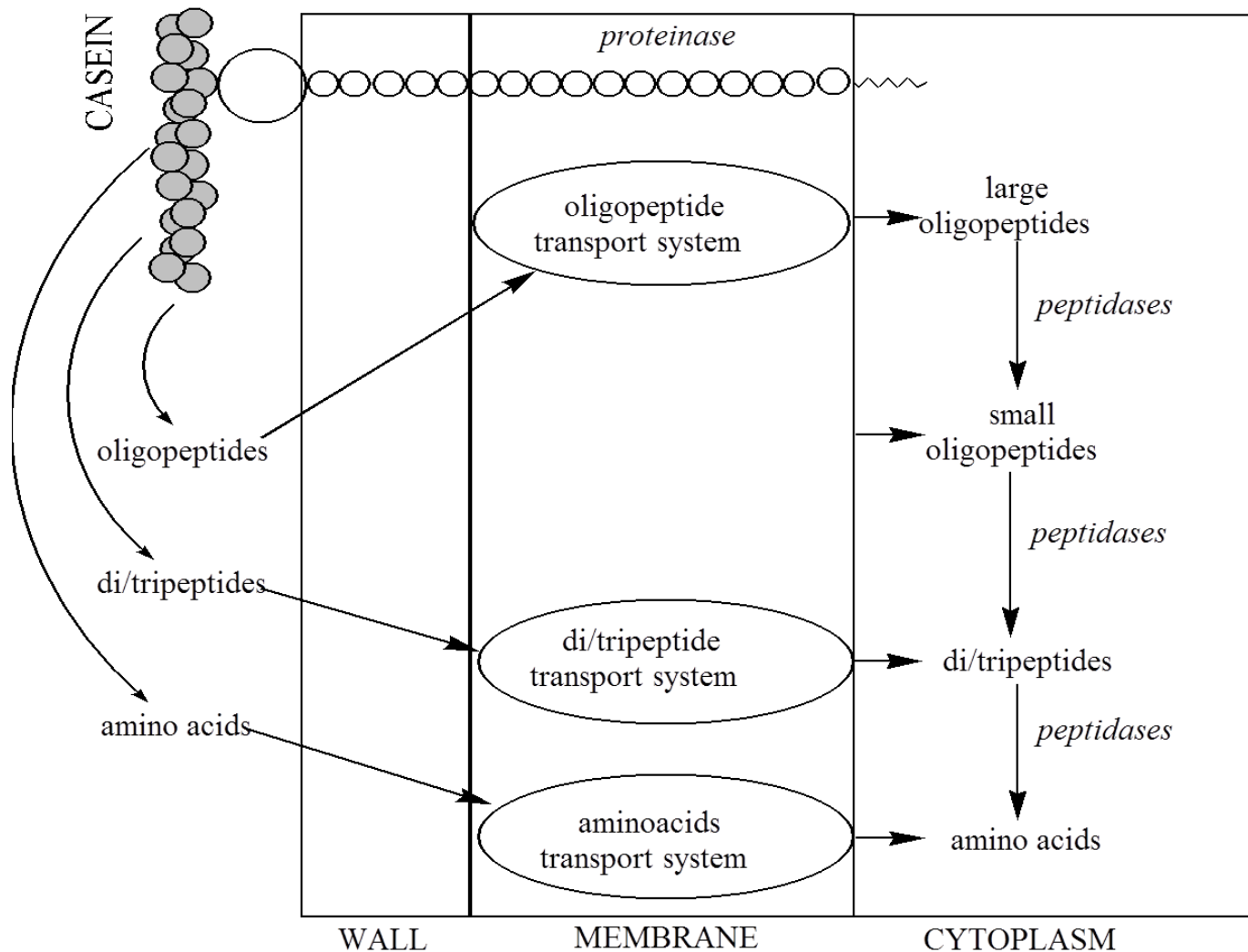
Δράση πτυιάς (β)

- υδρόλυση της κ-καζεΐνης:
 - τυπική κινητική Michaelis-Menten.
 - τυχαίος μηχανισμός Bi-Bi.
 - βέλτιστο pH 5.1-5.3.
- δράση της ρεννίνης επεκτείνεται:
 - μη προστατευμένα μόρια της α- και β-καζεΐνης.
 - β-καζεΐνη υδρολύεται με μικρότερη ταχύτητα.





Πρωτεολυτικό σύστημα οξυγαλακτικών βακτηρίων

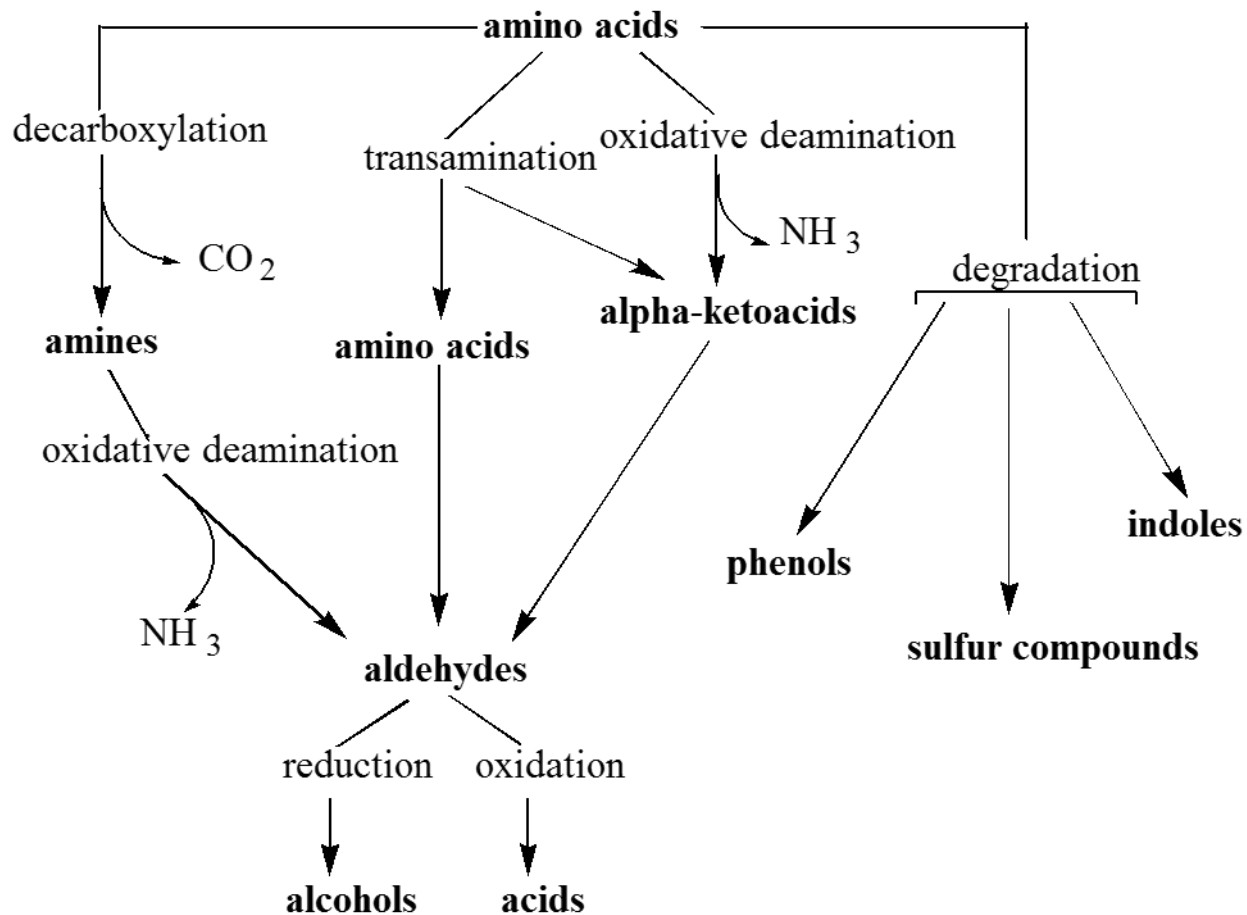


Σχηματική απεικόνιση του πρωτεολυτικού συστήματος των οξυγαλακτικών βακτηρίων.



Καταβολισμός αμινοξέων (α)

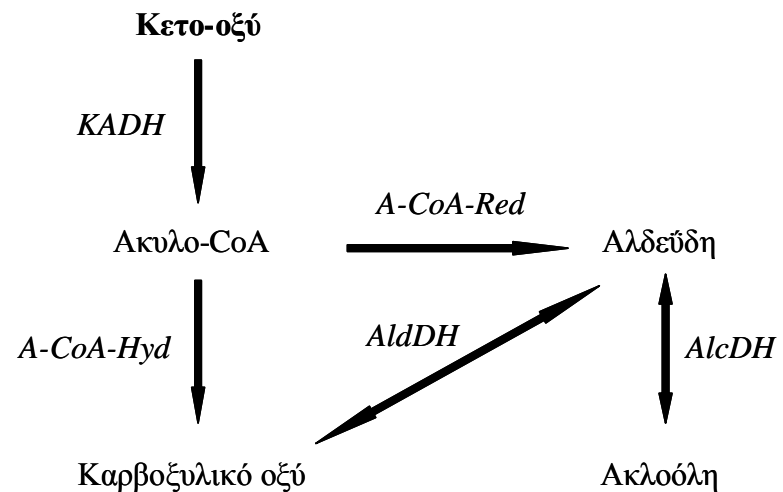
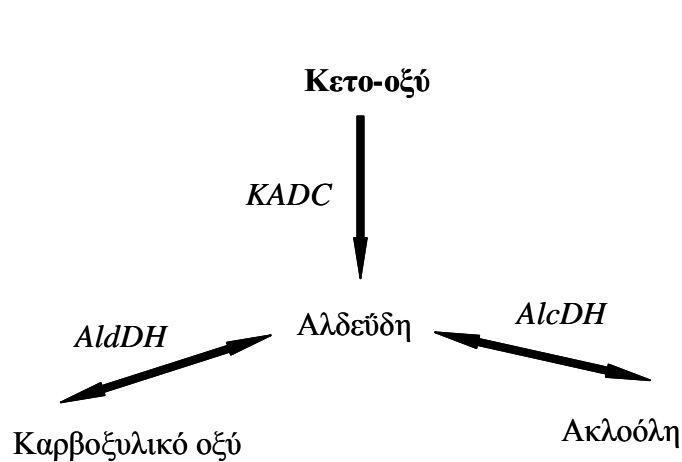
Καταβολισμός αμινοξέων από τα οξυγαλακτικά βακτήρια:





Καταβολισμός αμινοξέων (β)

Καταβολισμός αμινοξέων από τα οξυγαλακτικά βακτήρια:



AT: αμινοτρανσφεράση

KADC: αποκαρβοξυλάση κετο-οξέος

KADH: δεϋδρογενάση κετο-οξέος

AldDH: αλδεϋδική δεϋδρογενάση

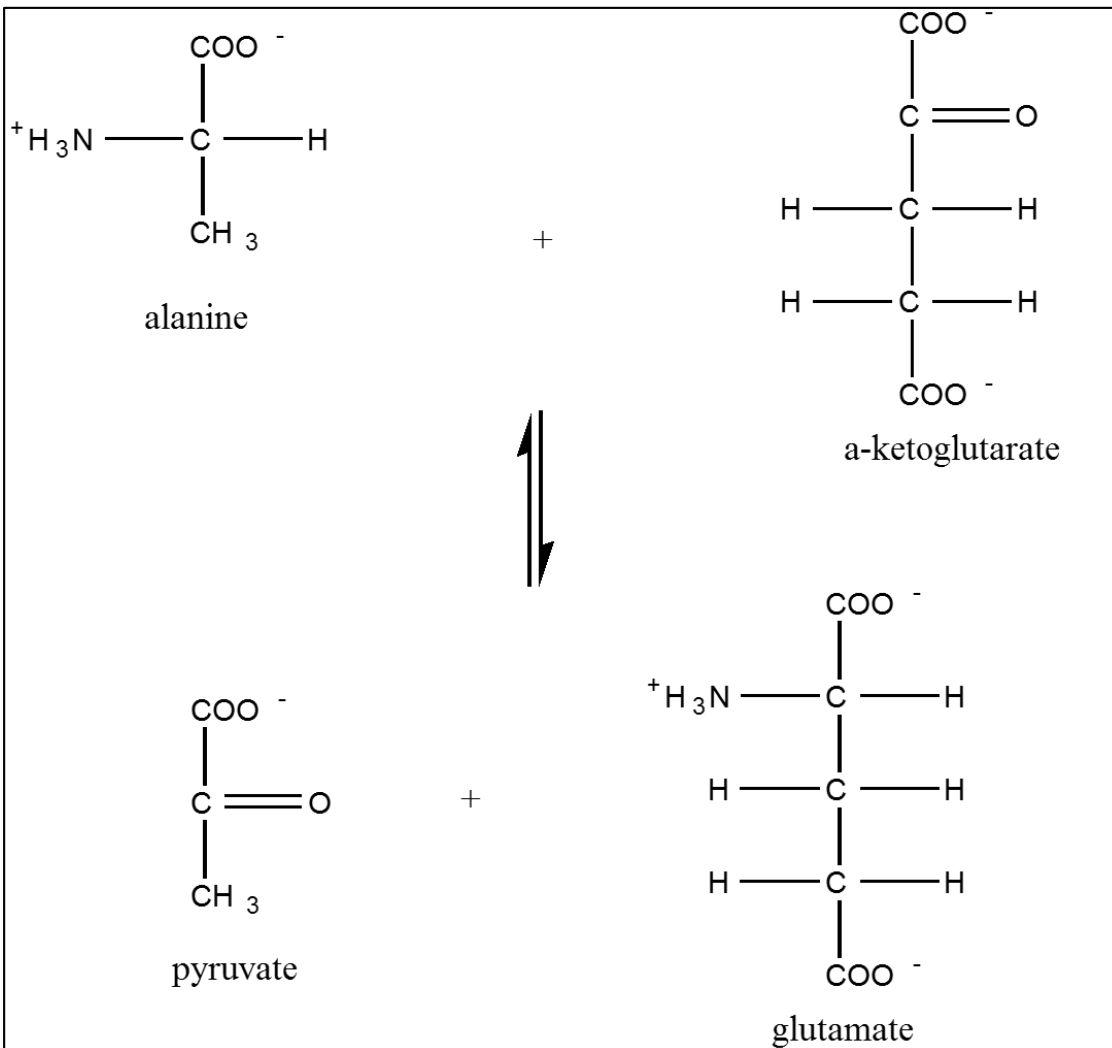
AlcDH: αλκοολική δεϋδρογενάση

A-CoA-Red: αναγωγάση ακυλο-CoA

A-CoA-Hyd: υδρολάση ακυλο-CoA



Τρανσαμίνωση



Αντίδραση
τρανσαμίνωσης
μεταξύ αλανίνης και
α-κετογλουταρικού
οξέος.



Προϊόντα αποικοδόμησης αμινοξέων (α)

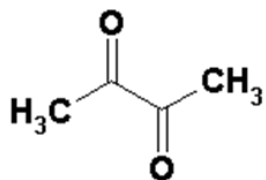
Προϊόντα αποικοδόμησης των αμινοξέων Phe, Leu και Met:

Ένωση	Phe	Leu	Met
α-κετο-οξύ R-CH ₂ -CO-COOH	Φαινυλοπυροσαφυλικό	α-κετο-ισοκαπρωϊκό	α-κετο-μεθυλοθειοβουτυρικό
Υδροξυ-οξύ R-CH ₂ -CHO-COOH	Φαινυλογαλακτικό	Υδροξυ-ισοκαπρωϊκό	Υδροξυ-μεθυλοθειοβουτυρικό
Καρβοξυλικό οξύ R-CH ₂ -COOH	Φαινυλοξικό	Ισοβαλερικό	3-μεθυλο-θειοπρωπιονικό
Αλδεΰδη R-CH ₂ -CHO	Φαινυλακεταλδεΰδη	3-μεθυλο-βουτανάλη ή ισοβαλεραλδεΰδη	Μεθειονάλη
Αλκοόλη R-CH ₂ -CHOH		3-μεθυλο-βουτανόλη	Μεθειονόλη
Πτητικές θειούχες ενώσεις			Μεθανοθειόλη Διμεθυλο-δισουλφίδιο Διμεθυλο-τρисуλφίδιο



Προϊόντα αποικοδόμησης αμινοξέων (β)

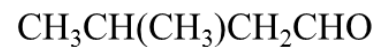
Βούτυρο



diacetyl

butter flavor

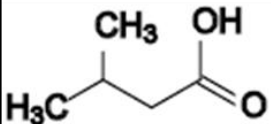
Parmesan



3-methyl-butanal

spicy cocoa flavor

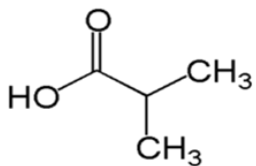
Emmental



isovalerate

isobutyrate

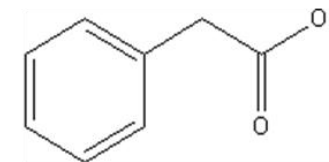
sweaty notes



phenylacetate

phenylacetaldehyde

fruity notes





Βιοενεργά πεπτίδια (α)

Βιοενεργά πεπτίδια.

- β-καζομορφίνη 1-3: H-Tyr-Pro-Phe-OH.
- β-καζομορφίνη 1-4: H-Tyr-Pro-Phe-Pro-OH.
- β-καζομορφίνη 1-4, αμίδιο: H-Tyr-Pro-Phe-Pro-NH₂.
- β-καζομορφίνη 5: H-Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-OH.
- β-καζομορφίνη 7: H-Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile-OH.
- β-καζομορφίνη 8: H-Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile-Pro-OH.



Βιοενεργά πεπτίδια (β)

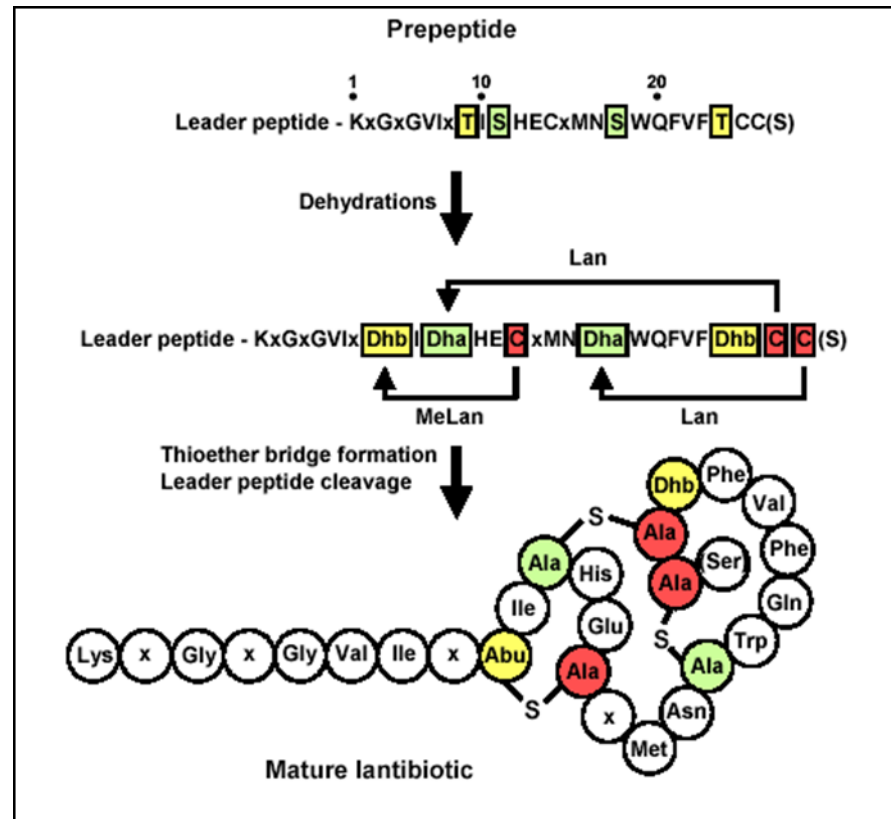
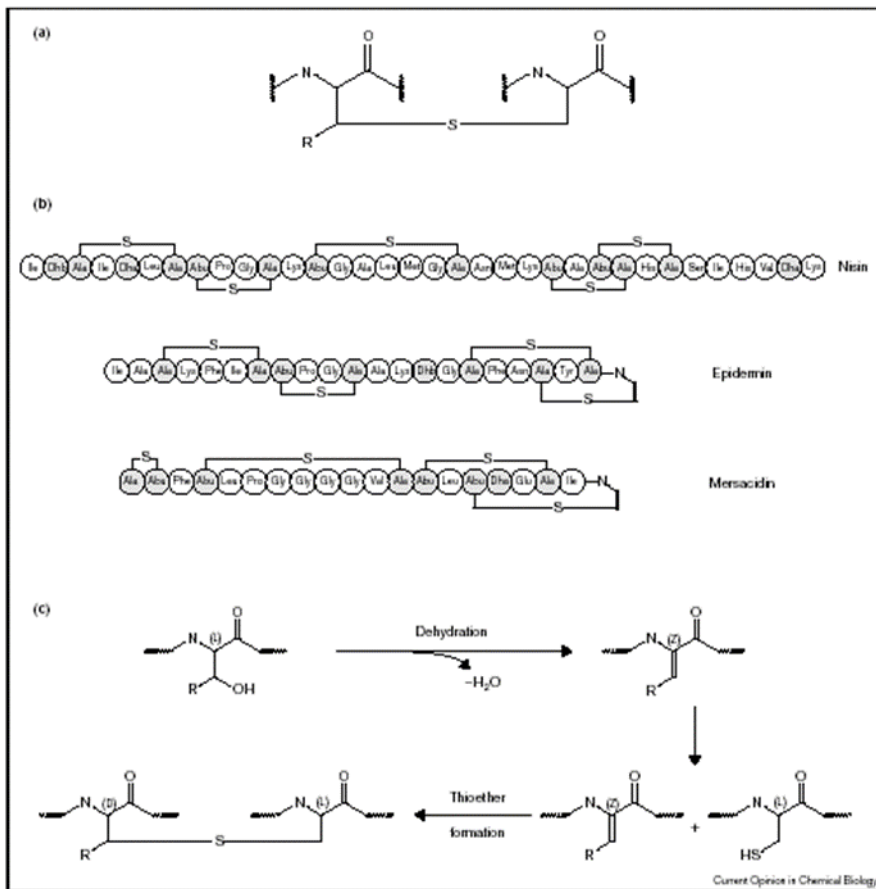
Βιοενεργά πεπτίδια. (συνέχεια)

- Οπιοειδή.
- Παρεμποδιστές του ενζύμου μετατροπής της αγγειοτενσίνης I.
- Ανοσορυθμιστικά πεπτίδια.
- Αντιθρομβωτικά πεπτίδια.
- Αντιμικροβιακά πεπτίδια.



Βακτηριοσίνες (α)

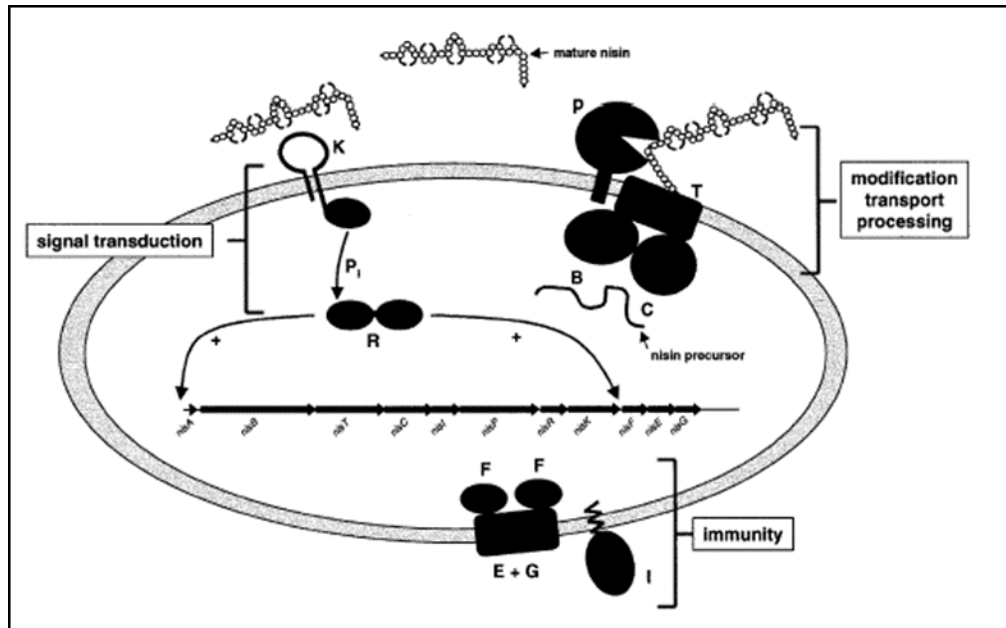
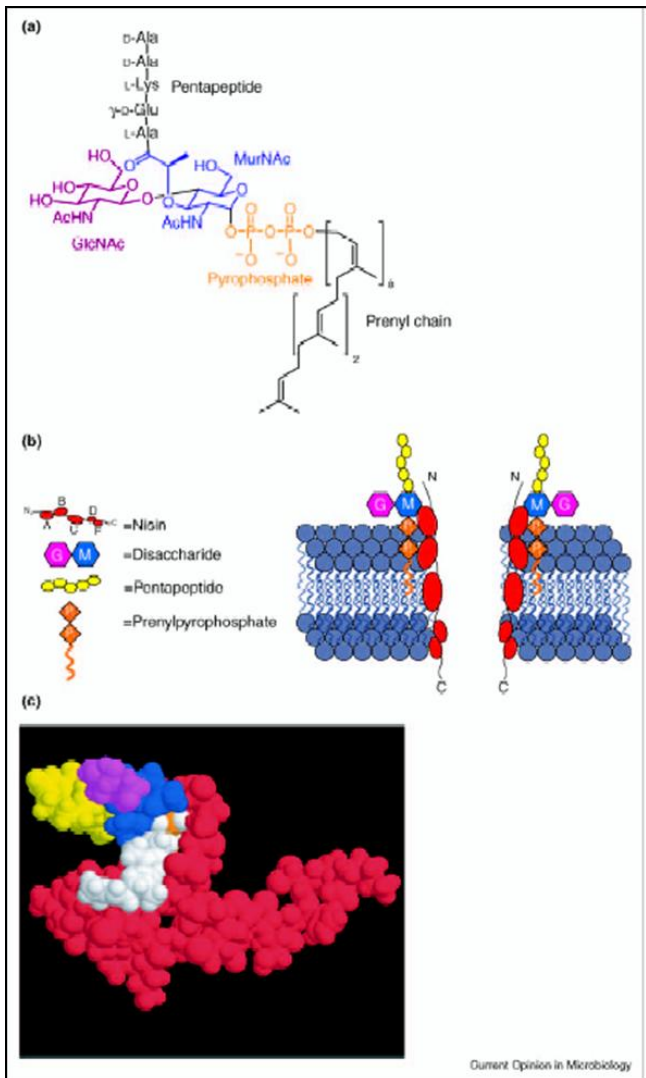
Σχηματική απεικόνιση των μετα-μεταφραστικών αλλαγών στα λαντιβιοτικά.





Βακτηριοσίνες (β)

Σχηματική απεικόνιση του συμπλέγματος των γονιδίων βιοσύνθεσης των βακτηριοσινών.



Σχηματική απεικόνιση του τρόπου δράσης των βακτηριοσινών.



Βιογενείς αμίνες

ARGININE



PUTRESCINE

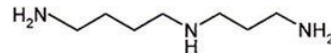


ORNITHINE

PUTRESCINE

DSAM

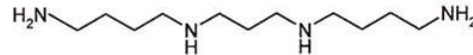
SPERMIDINE



SPERMIDINE

MTA

SPERMINE



LYSINE



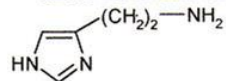
CADAVERINE



HISTIDINE



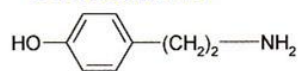
HISTAMINE



TYROSINE



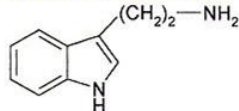
TYRAMINE



TRYPTOPHAN



TRYPTAMINE





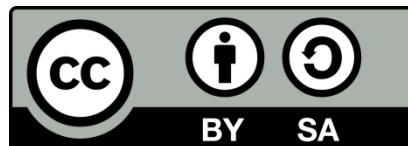
Βιβλιογραφία

- 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.





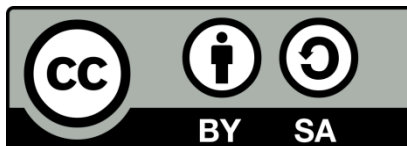
Σημείωμα Αναφοράς

- 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.