



Βιοχημεία Τροφίμων

Πρωτεΐνες

Πρωτεϊνικά συστήματα στα τρόφιμα

Πρωτεΐνες κρέατος-ψαριών

Πρωτεΐνες γάλακτος

Πρωτεΐνες αυγών

Πρωτεΐνες σπόρων

Επίδραση κατεργασιών στις λειτουργικές και θρεπτικές ιδιότητες των πρωτεϊνών

Κατεργασίες σε υψηλές θερμοκρασίες

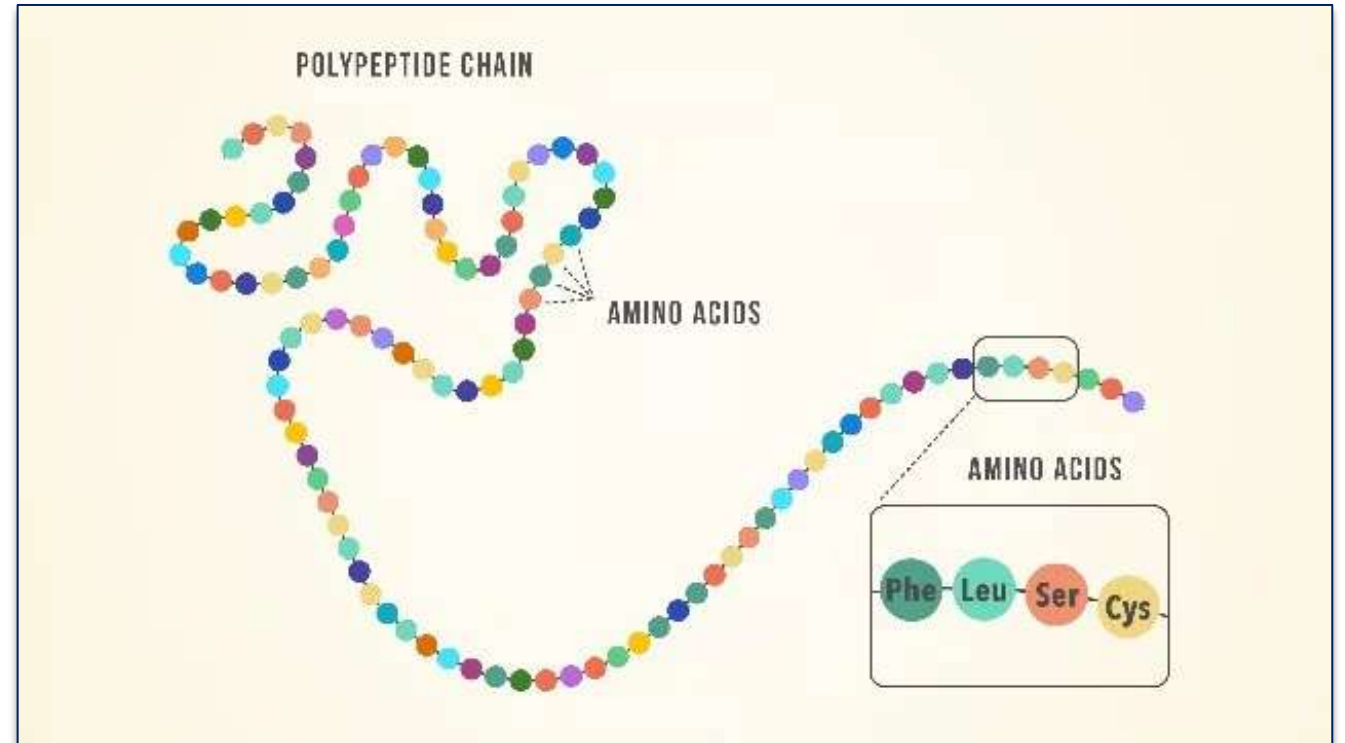
Διατήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες

Αφυδάτωση

Το πλέον σημαντικό δομικό συστατικό για τα ζώα και τον άνθρωπο

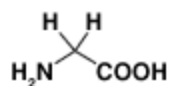
Δομικές μονάδες των πρωτεϊνών

Οι πρωτεΐνες αποτελούνται από
ΑΜΙΝΟΞΕΑ

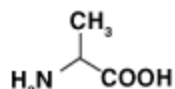


Ο άνθρωπος και τα ζώα εξαρτώνται από την περιεκτικότητα της τροφής τους σε απαραίτητα συστατικά (αμινοξέα) για την πρωτεϊνοσύνθεση.

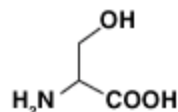
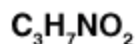
STRUCTURE OF AMINO ACIDS



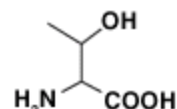
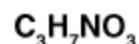
GLYCINE



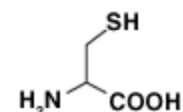
ALANINE



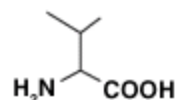
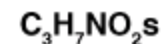
SERINE



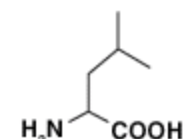
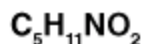
THREONINE



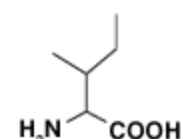
CYSTEINE



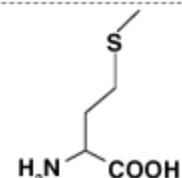
VALINE



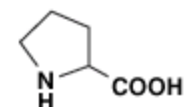
LEUCINE



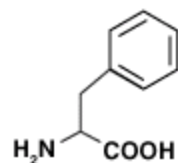
ISOLEUCINE



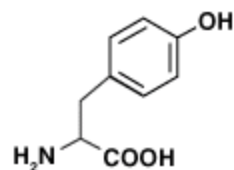
METHIONINE



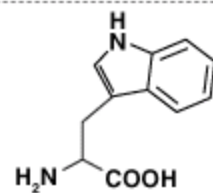
PROLINE



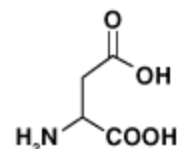
PHENYLALANINE



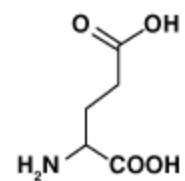
TYROSINE



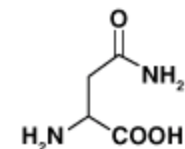
TRYPTOPHAN



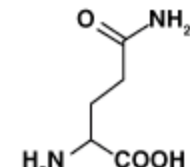
ASPATIC ACID



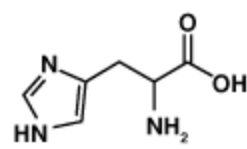
GLUTAMIC ACID



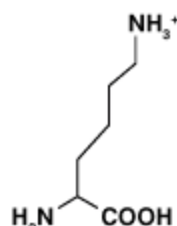
ASPARAGINE



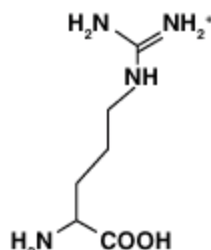
GLUTAMINE



HISTIDINE



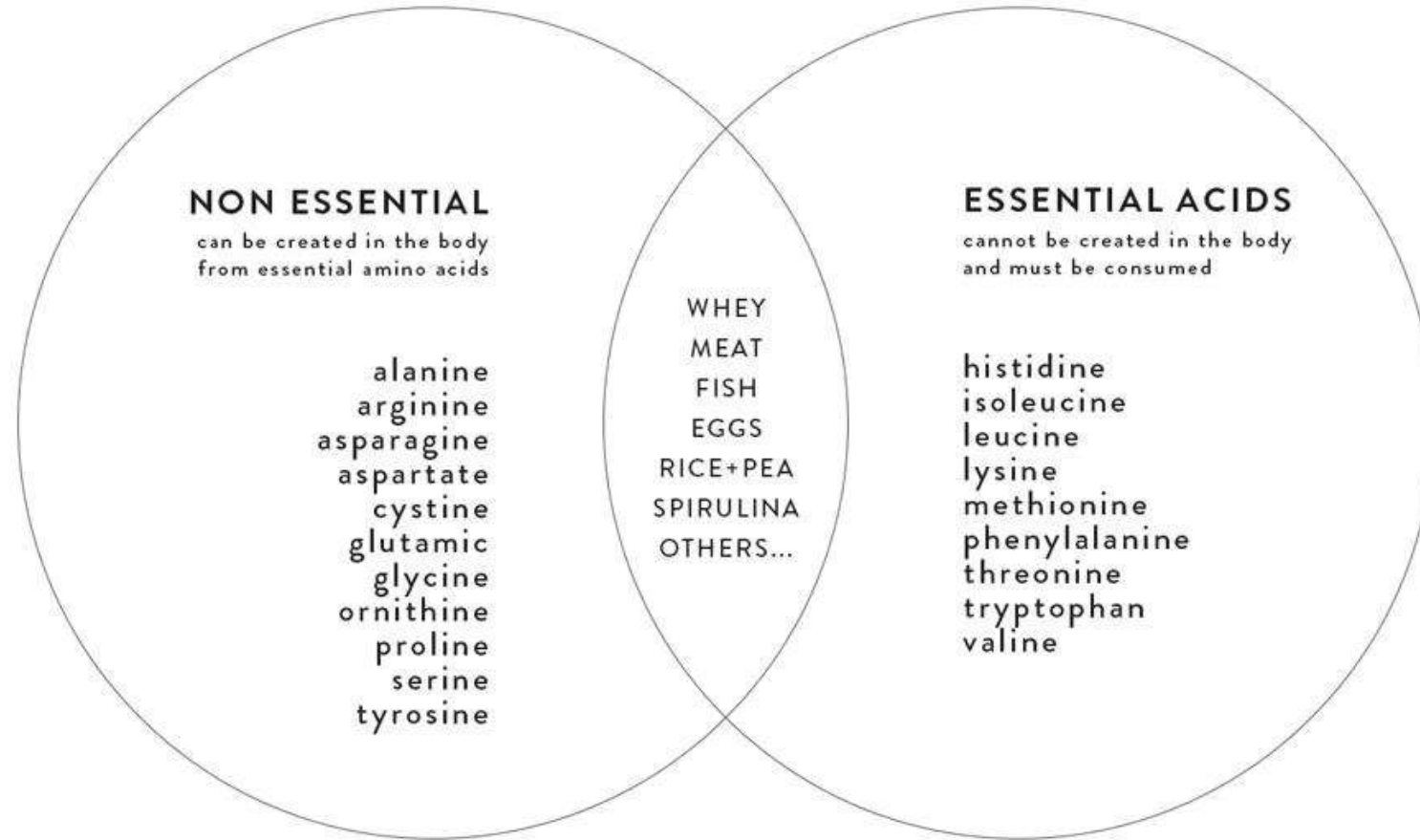
LYSINE



ARGININE



Αμινοξέα



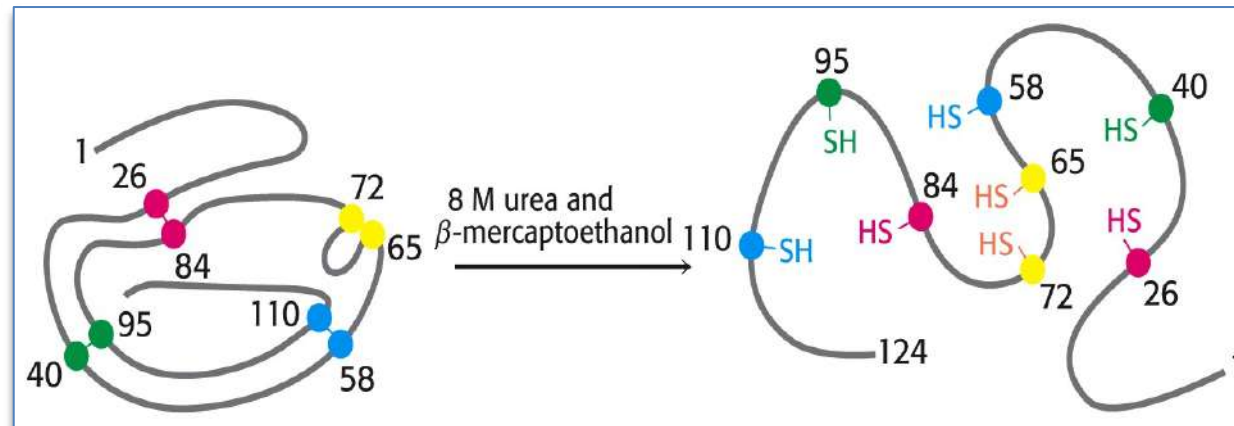
Συνιστώμενη καθημερινή δόση

Αμινοξέα	mg ανά kg	mg για 70 kg	mg για 100 kg
I Isoleucine	20	1400	2000
L Leucine	39	2730	3900
K Lysine	30	2100	3000
M Methionine + C Cysteine	10.4 4.1 (15 σύνολο)	1050	1500
F Phenylalanine + Y Tyrosine	25 (σύνολο)	1750	2500
T Threonine	15	1050	1500
W Tryptophan	4	280	400
V Valine	26	1820	2600

Μετουσίωση Πρωτεϊνών

⊕ Καταστροφή δεσμών που σταθεροποιούν τις δομές, με φυσικοχημικά μέσα

- ↪ Θέρμανση, πίεση, ακτινοβολία, ισχυρά οξέα/βάσεις, διαλύτες, απορρυπαντικά
- ↪ Μείωση διαλυτότητας, αύξηση ιξώδους, σχηματισμός πηκτών, μείωση/απώλεια ενζυμικής δραστηριότητας κτλ.
- ↪ Ελαττώνονται οι αλληλεπιδράσεις των διαφόρων ομάδων → ξεδίπλωμα πολυπεπτιδικής αλυσίδας
- ↪ Απελευθέρωση σουλφιδριλομάδων → ένδειξη μετουσίωσης – δυσάρεστη οσμή
π.χ. δυσάρεστη οσμή αυγών που βράζουν (μετουσίωση αλβουμίνης), γάλακτος, λαχανικών



Πρωτεϊνικά Συστήματα Τροφίμων



Πρωτεϊνικά συστήματα στα τρόφιμα

Πρωτεΐνες κρέατος και ψαριών

*Περιέχουν ικανοποιητικές ποσότητες απαραίτητων αμινοξέων στα μόριά τους → **Θρεπτική Αξία***

1. Πρωτεΐνες μυών (ακτίνη, μυοσίνη, τροπομυοσίνη, τροπονίνη)

2. Δομικές πρωτεΐνες (κολλαγόνο, ελαστίνη, κερατίνη)

Κολλαγόνο μετατρέπεται σε ζελατίνη.

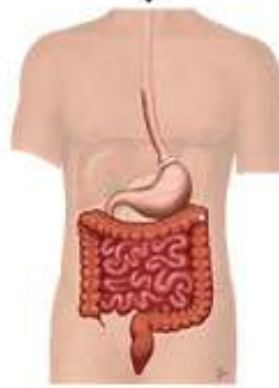
Μυϊκό ινίδιο, σαρκόπλασμα και συνδετικός ιστός.

3. Μεταφέρουσες πρωτεΐνες (μυοσφαιρίνη, αιμοσφαιρίνη).

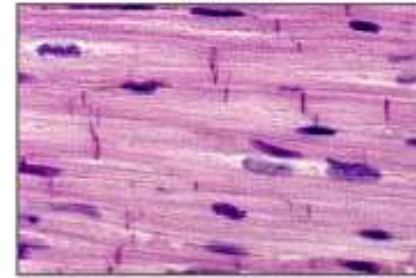
Μυϊκή Σύσταση

- ✓ Σκελετικοί μύες: οι κύριοι μύες στα τρόφιμα, γραμμωτοί
- ✓ Καρδιακοί μύες, γραμμωτοί
- ✓ Λείοι μύες (στομάχι)

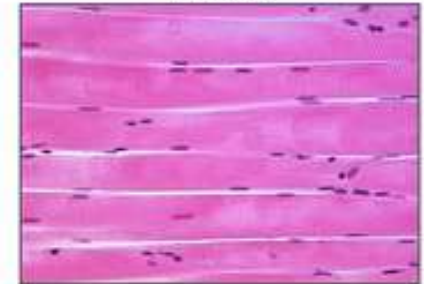
Smooth Muscle
Tissue



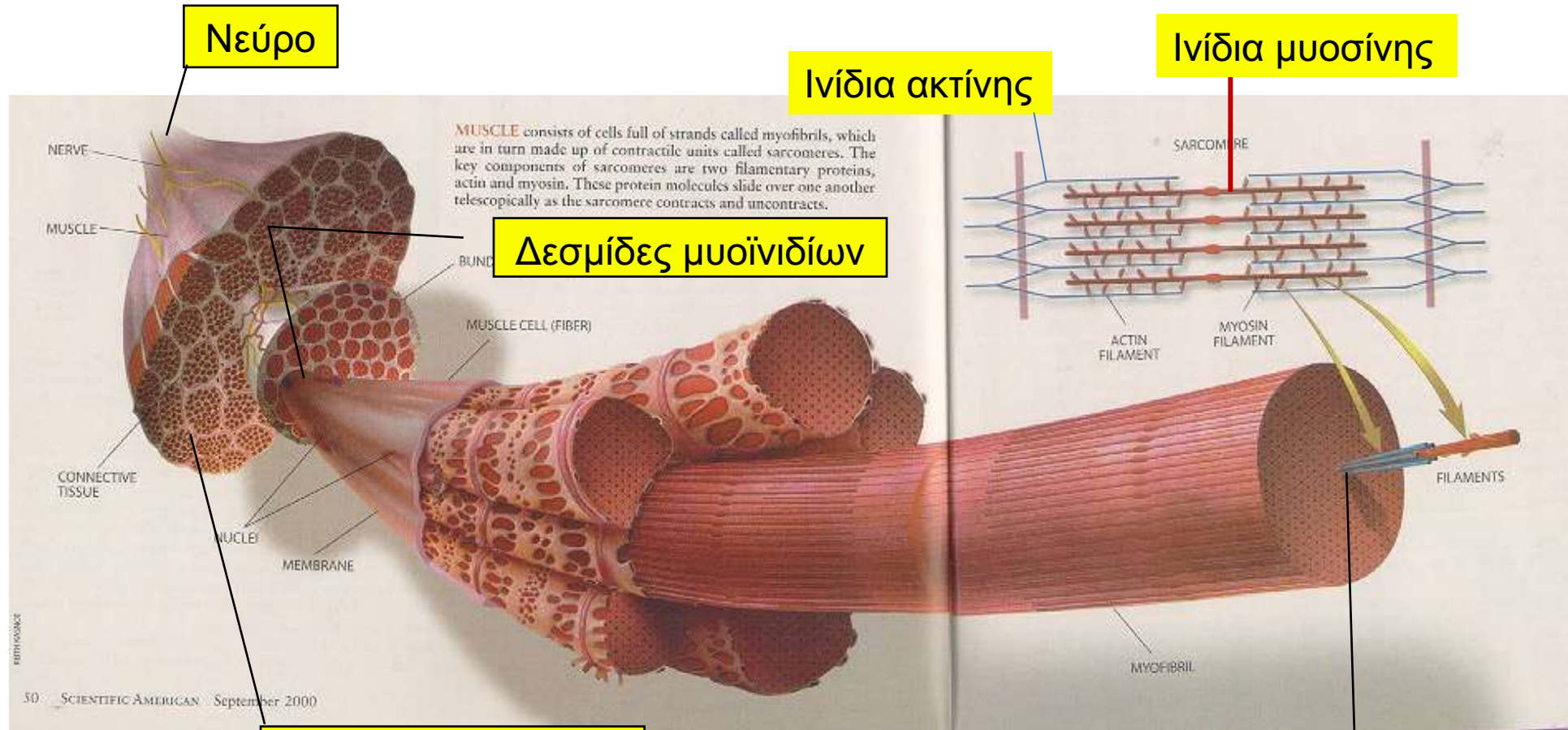
Cardiac Muscle
Tissue



Skeletal Muscle
Tissue



Η σύσταση των σκελετικών μυών



Νεύρο

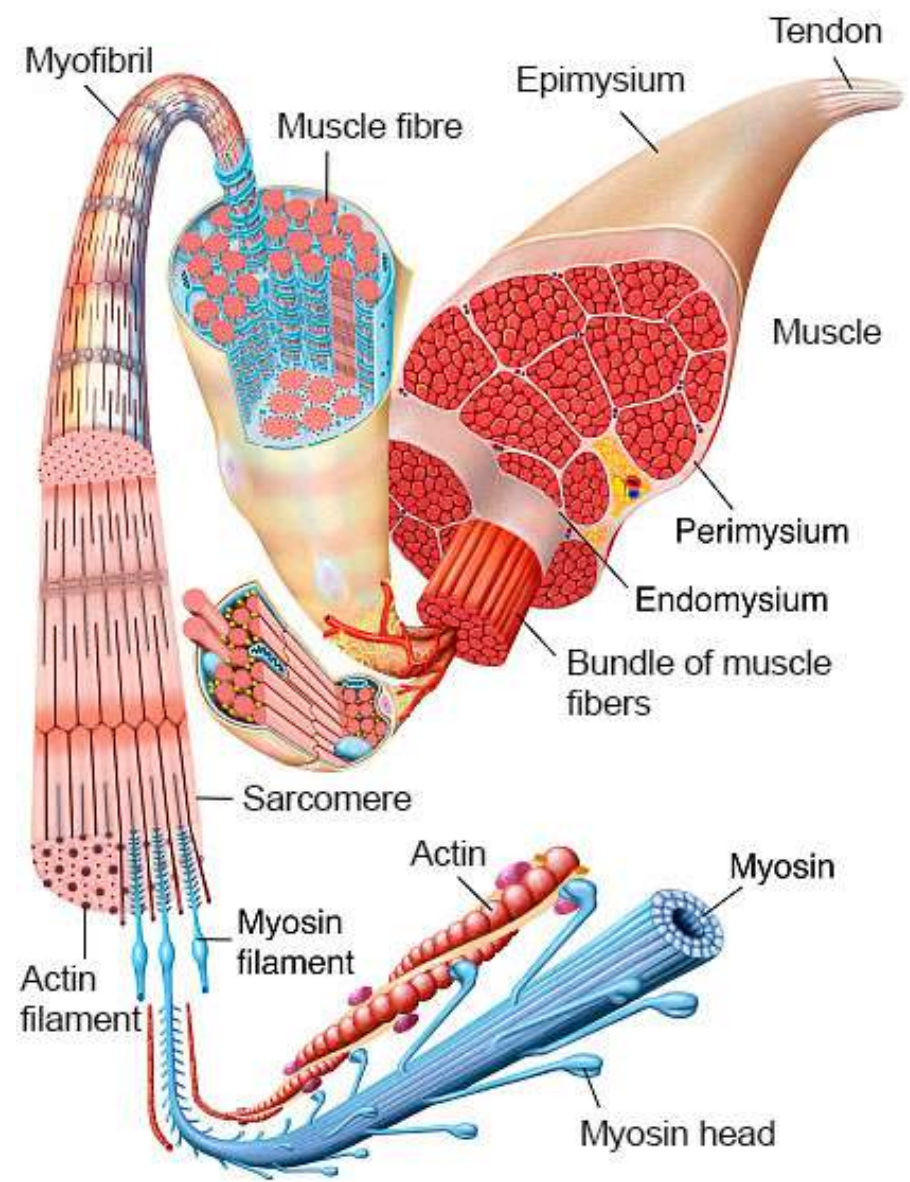
Ινίδια ακτίνης

Ινίδια μυοσίνης

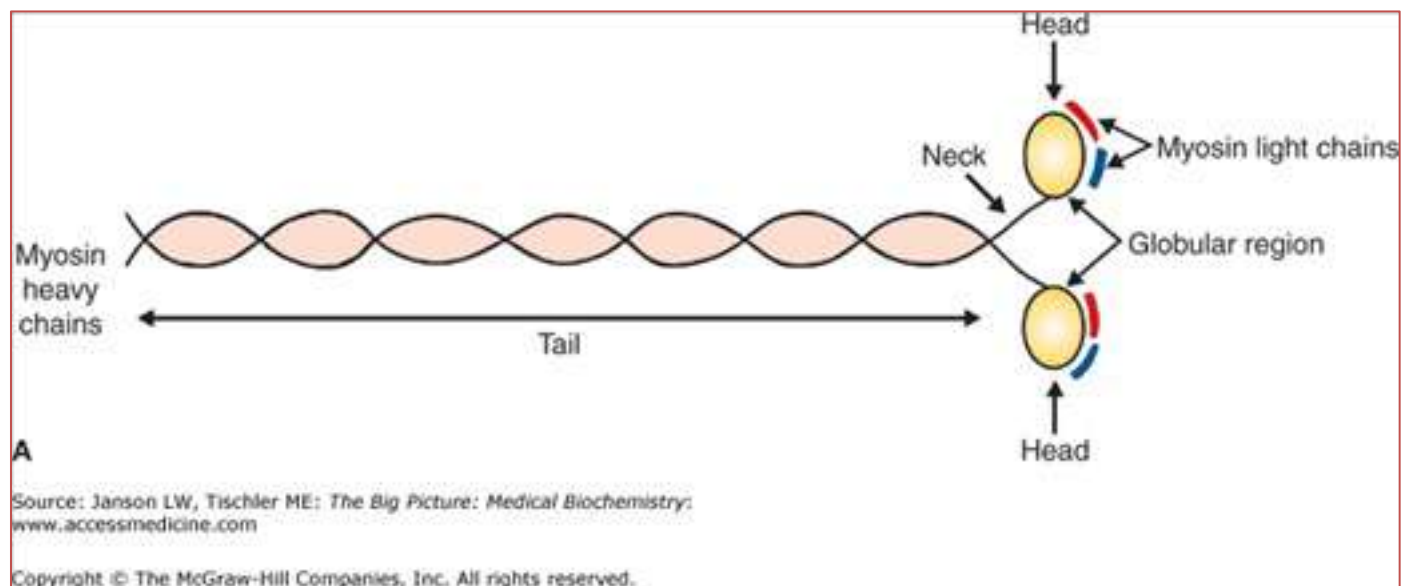
Δεσμίδες μυοϊνιδίων

Συνδετικός ιστός

Μυοϊνίδια



Μυοσίνη

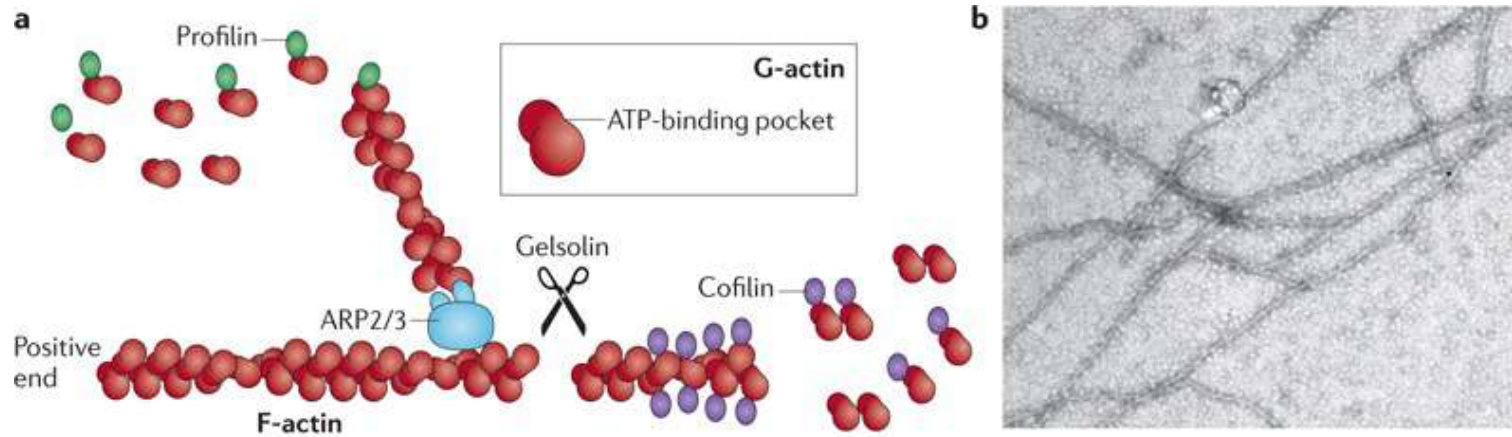


Η μυοσίνη αποτελείται από 2 πολυπεπτιδικές αλυσίδες μοριακού βάρους 200.000 Da η κάθε μία. Οι δύο αλυσίδες έχουν δευτεροταγή δομή α-έλικας και περιστρέφονται η μία γύρω από την άλλη.

Η γενική ενεργότητα ρυθμίζεται με φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων ή και του τελικού C-άκρου των βαριών αλυσίδων.

Καταλυτική πρωτεΐνη (υδρόλυση ATP) – η καταλυτική δράση εντοπίζεται στην κεφαλή (head)

Ινίδια Ακτίνης



Για κάθε μόριο G-ακτίνης που ενσωματώνεται στο μόρφωμα F-ακτίνης διασπάται 1 μόριο ATP προς ADP και Pi

Taylor M.P. (2011) Nature Reviews Microbiology, 9: 427–439

Nature Reviews | Microbiology

G-ακτίνη: σφαιρική
F-ακτίνη: ινώδης

Νημάτια ακτίνης στις κεφαλές της μυοσίνης
➤ Ακτινομυοσίνη (ανάμειξη μυοσίνης με ακτίνη μόνο παρουσία ATP)

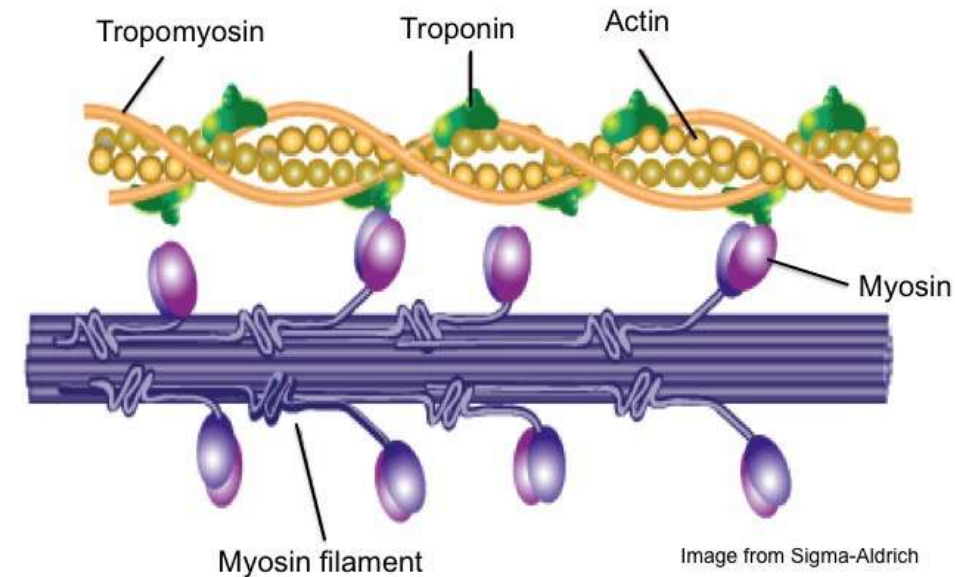
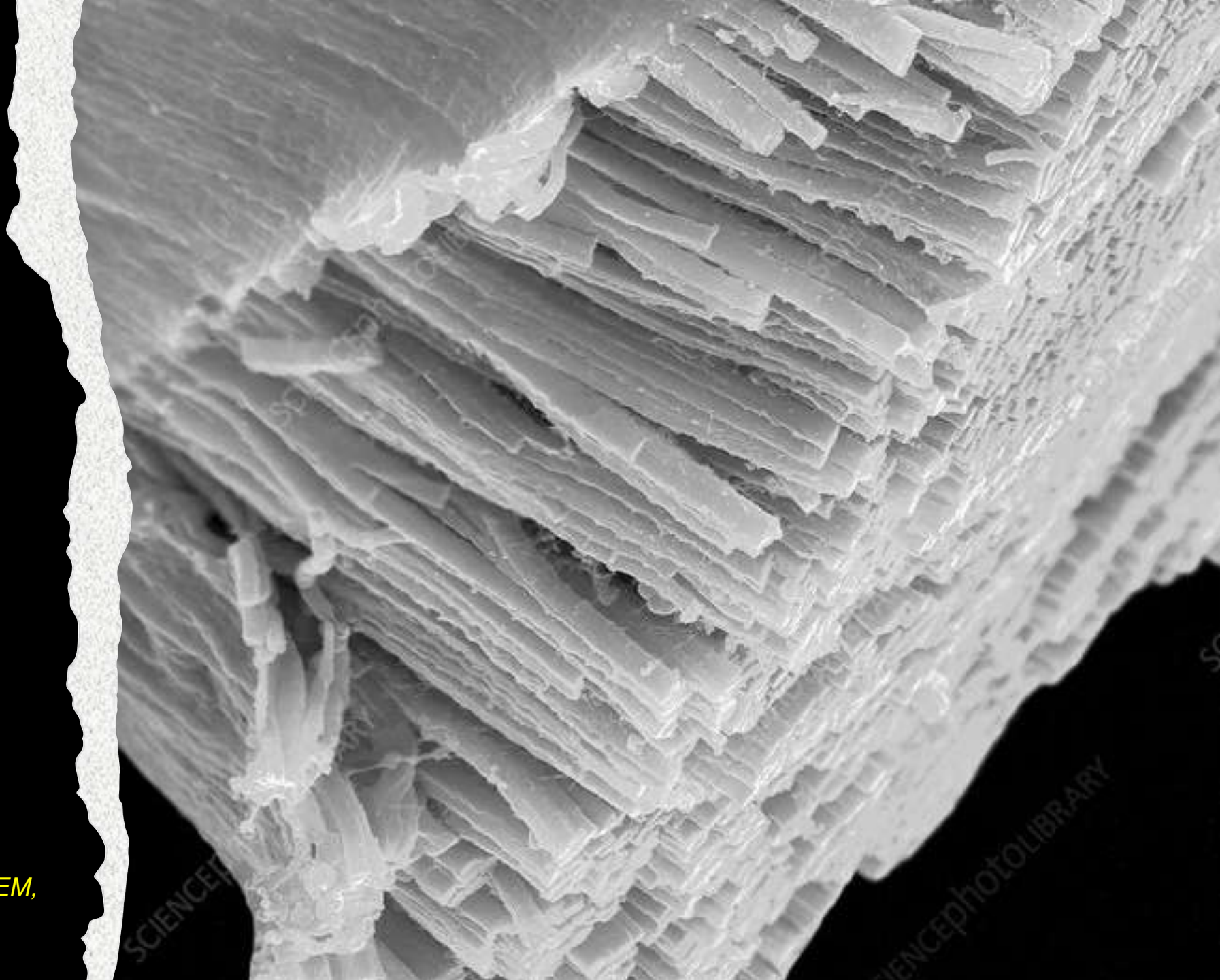


Image from Sigma-Aldrich

**Ινίδια ακτίνης-μυοσίνης
Σκελετικού μυός**

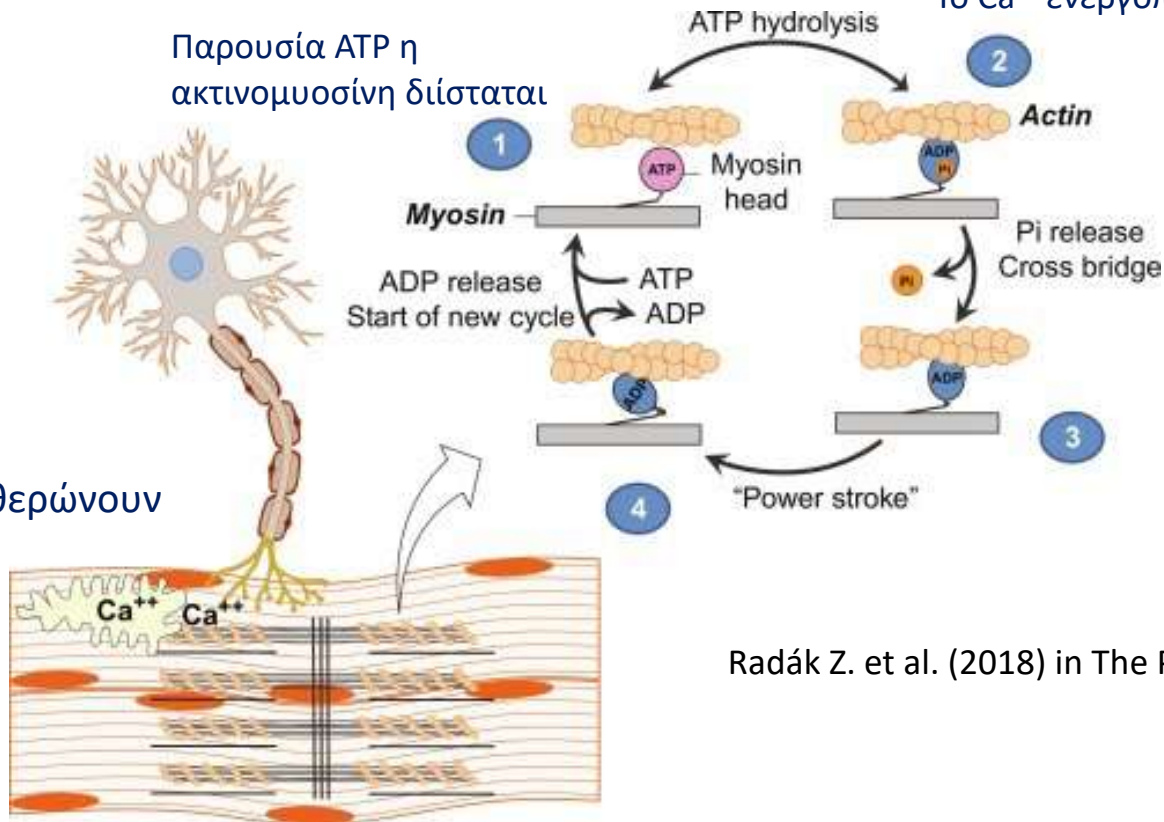
*Skeletal muscle actin myosin filaments, SEM,
SciencePhoto*



Μυϊκή Σύσπαση

Το Ca^{2+} ενεργοποιεί την ΑΤΡάση που υδρολύει το ΑΤΡ

Παρουσία ΑΤΡ η
ακτινομοσίνη δίσταται

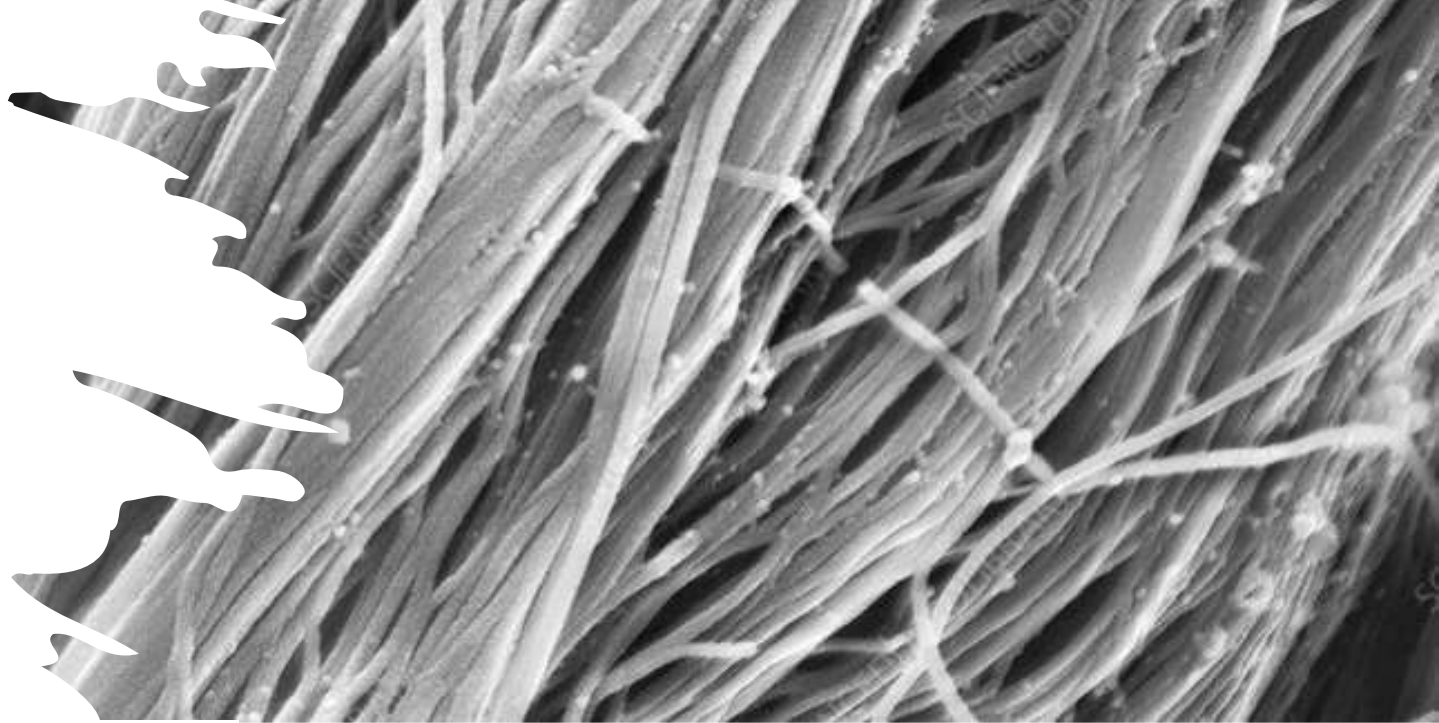


Τα Ca^{2+} απελευθερώνουν
το ΑΤΡ

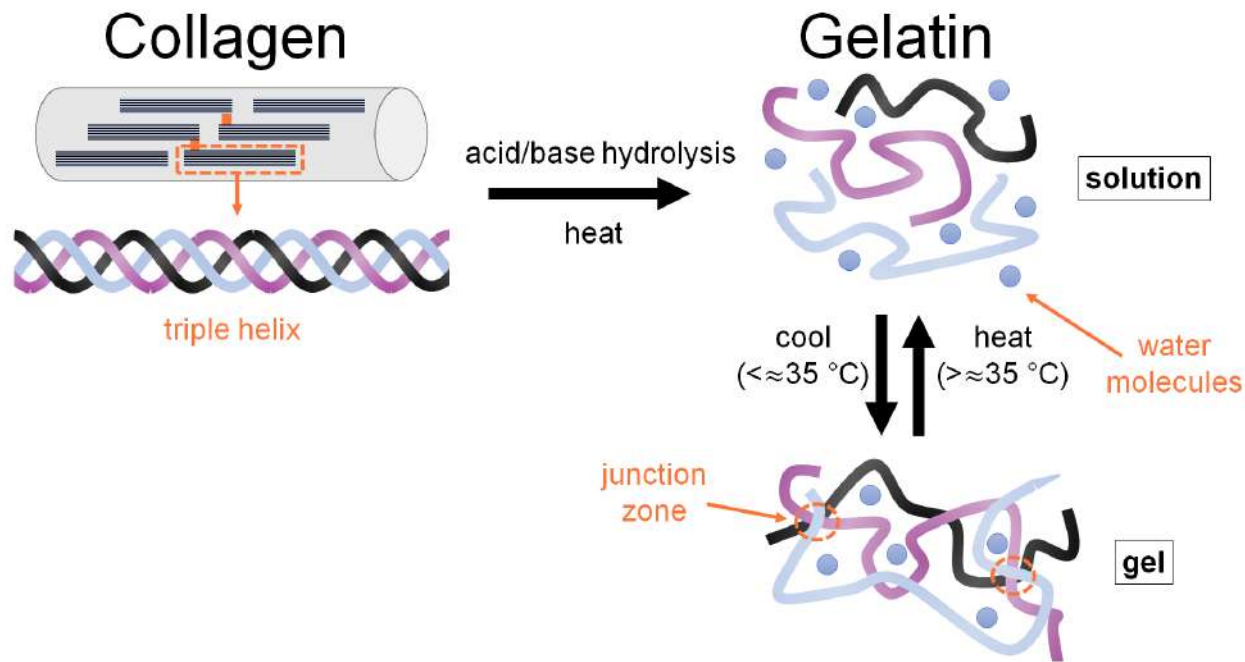
Radák Z. et al. (2018) in The Physiology of Physical Training (Book)

1. Το ΑΤΡ δεσμευόμενο σε μια εσοχή στο πίσω μέρος της κεφαλής επάγει μια δομή που δεν μπορεί να δεσμεύσει ακτίνη.
2. Υδρόλυση του ΑΤΡ έχει ως αποτέλεσμα τη μετακίνηση της κεφαλής κατά 5 nm σε όρθια θέση ενώ τα ΑΔΡ και P_i παραμένουν δεσμευμένα - αποκατάσταση συμπλόκου ακτινομοσίνης (απουσία ΑΤΡ)
3. Το P_i απομακρύνεται και η κεφαλή δεσμεύει την ακτίνη.
4. Η κεφαλή της μωσίνης δεσμευμένη στην ακτίνη κινείται προς τα πίσω. Το ΑΔΡ απομακρύνεται. Νέο ΑΤΡ μπορεί να επαναδεσμευθεί και ο κύκλος να ξαναρχίσει. Απουσία ΑΤΡ, η μωσίνη παραμένει σταθερά δεσμευμένη στην ακτίνη.

Δομικές Πρωτεΐνες



Ίνες κολλαγόνου καρδιακού μυός



- ↗ Κύρια πρωτεΐνη **συνδετικού ιστού**
- ↗ Ινώδης γλυκοπρωτεΐνη
- ↗ Μικρή επίδραση στην υφή του κρέατος
- ↗ Μετουσιώνεται σε **ζελατίνη** – ζαχαροπλαστική κ.ά.
- ↗ Παρασκευή ζελατίνης με βύθιση ιστών πλούσιων σε κολλαγόνο, σε ζεστό νερό που περιέχει οξύ/βάση. Με ψύξη, τα υδατικά δ/τα ζελατίνης σχηματίζουν **πηκτές**.

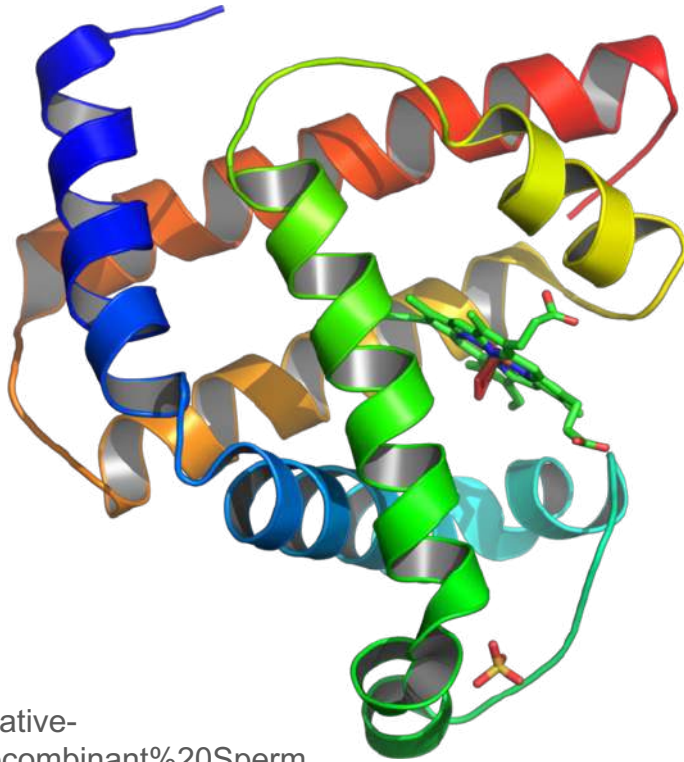
Μεταφέρουσες Πρωτεΐνες

Αιμοσφαιρίνη-Μυοσφαιρίνη



Κύριες χρωστικές του αίματος

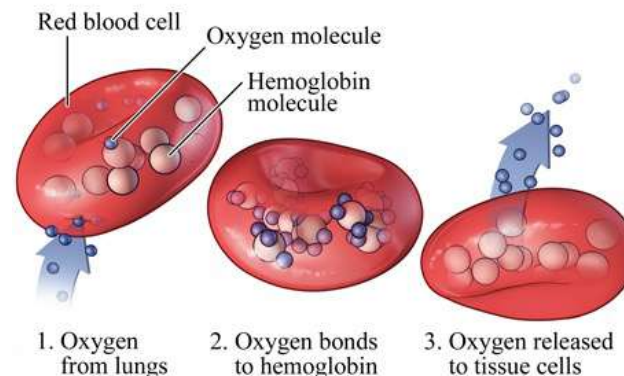
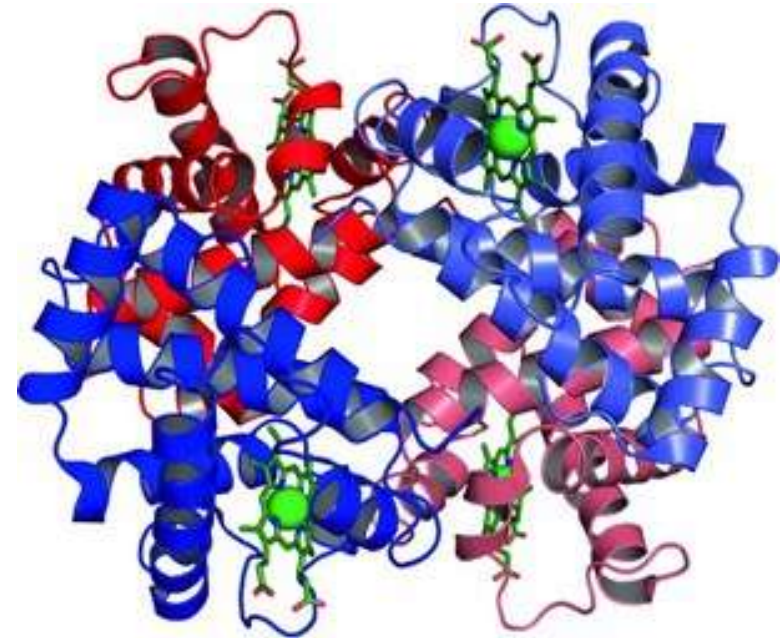
Μυοσφαιρίνη (153ΑΑ, 17.8kDa)



https://www.creative-biolabs.com/Recombinant%20Sperm%20Whale%20Myoglobin_50_1.htm

1. πρωτεϊνικό τμήμα (σφαιρίνη)
2. προσθετική ομάδα (αίμη)

Αιμοσφαιρίνη (147ΑΑ, 15-17kDa)



Thomson E.G. et al. (2020) Healthwise.org.

Χαρακτηριστικά δέσμευσης O₂ σε ελεύθερη αίμη (προσθετική ομάδα σφαιρινών)

Ανάλογα με τη φύση της λειτουργικής ομάδας του σιδήρου της αίμης (δισθενής, τρισθενής), αλλάζει η χροιά (χρώμα) του κρέατος.

Γρήγορη οξείδωση $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ (αλλαγή χρώματος)

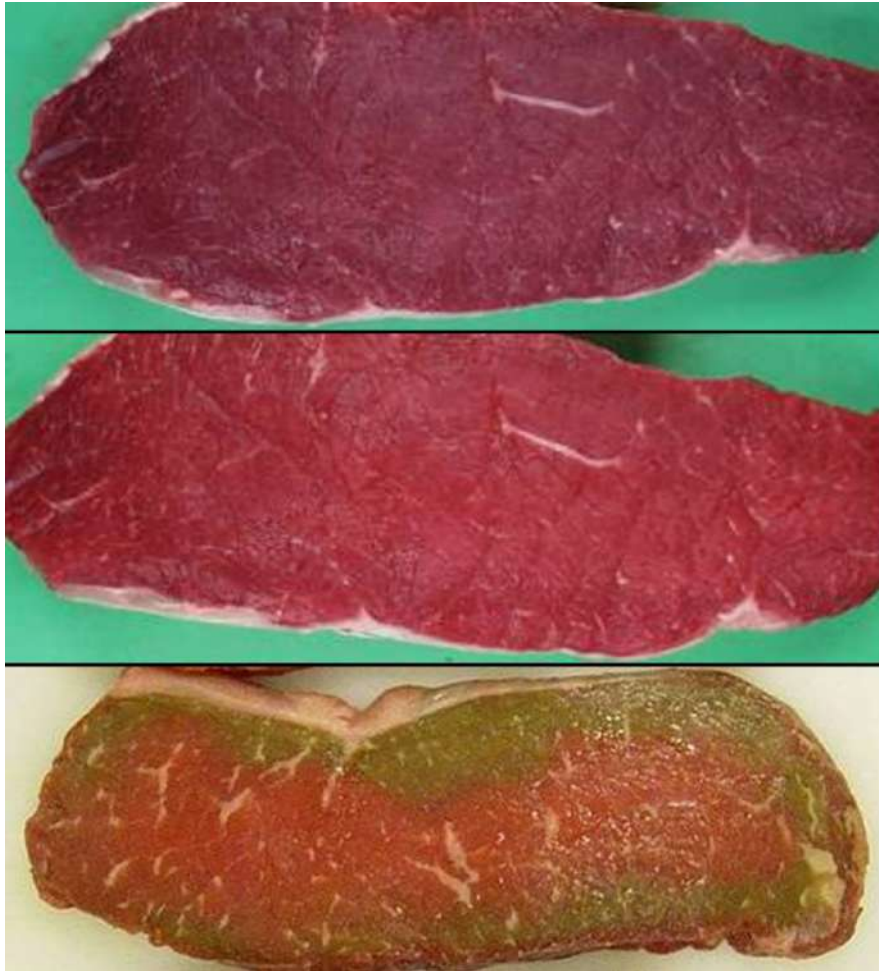
Η δέσμευση του $CO \gg O_2$
(25,000x)

Περιεκτικότητα μυοσφαιρίνης ανά κατηγορίες μυών

Είδος	Χρώμα	Περιεχόμενο Mb
Χοίρος	ροζ	2 mg/g
Αρνί	Ελαφρώς κόκκινο	6 mg/g
Μοσχάρι	κατακόκκινο	8 mg/g

Τύπος μυ	Όνομα	Περιεχόμενο Mb
Κινητικός	<i>Extensor carpi radialis</i>	12 mg/g
Υποστηρηκτικός	<i>Longissimus dorsi</i>	6 mg/g

Το χρώμα του κρέατος καθορίζεται από τον τύπο μυοσφαιρίνης



Φρεσκοκομμένο κρέας (μετά τη σφαγή του ζώου το O_2 είναι διαθέσιμο- υψηλή τάση O_2)

Οξυμυοσφαιρίνη με O_2 (Fe^{2+})
φωτεινό κόκκινο χρώμα

Το ίδιο κρέας μετά από αλληλεπίδραση με O_2 (αποδέσμευση O_2)

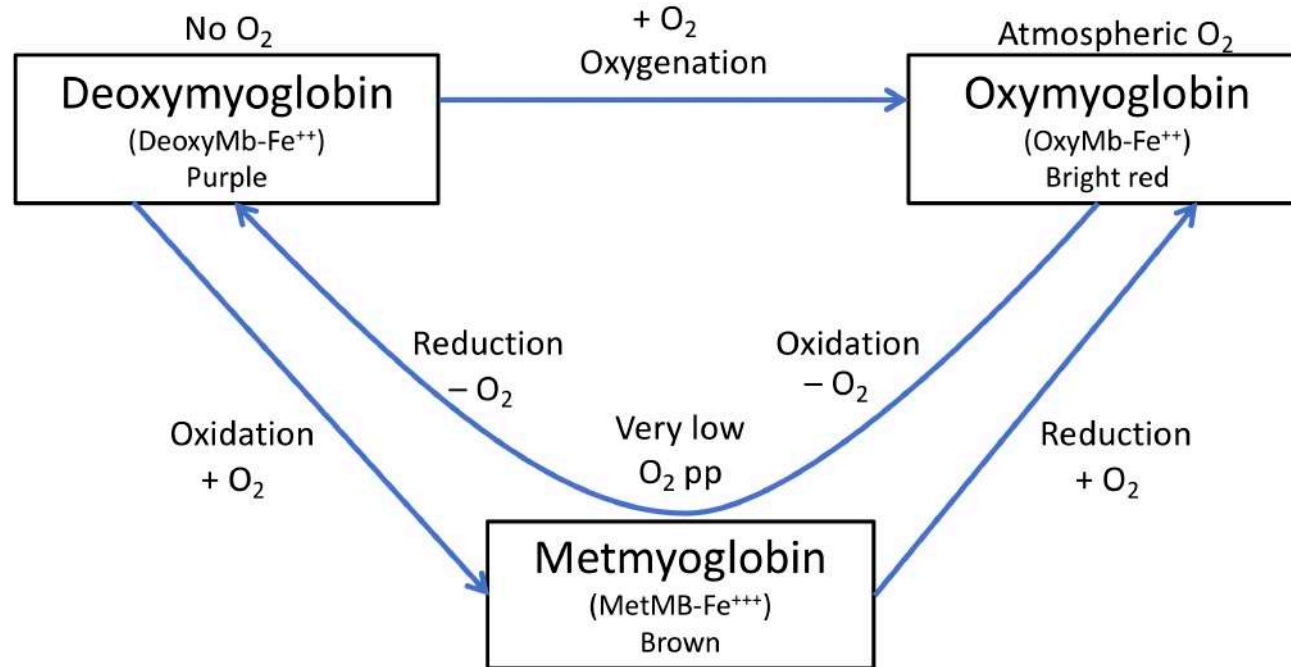
Δεοξυ-μυοσφαιρίνη χωρίς O_2 (Fe^{2+})

Κρέας μετά από μακρά αλληλεπίδραση με O_2

Μεταμυοσφαιρίνη χωρίς O_2 (Fe^{3+})

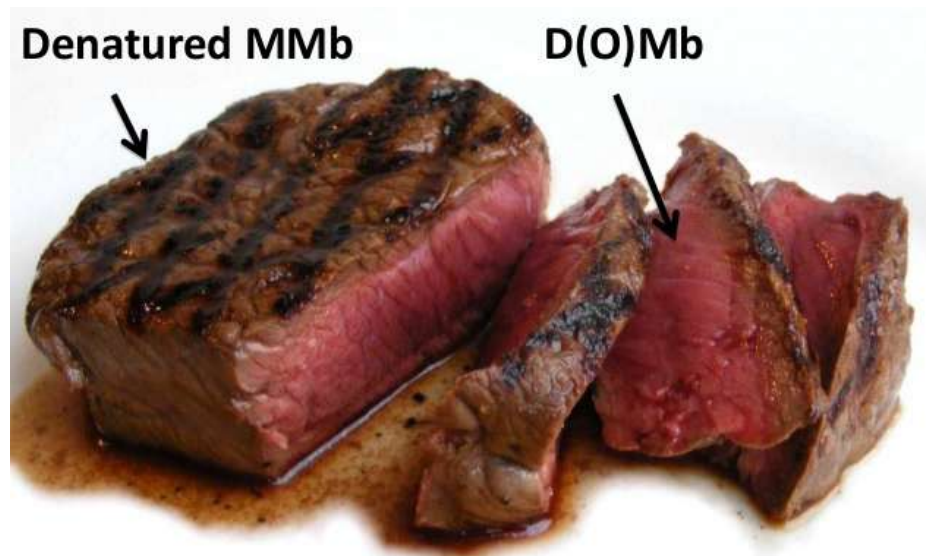
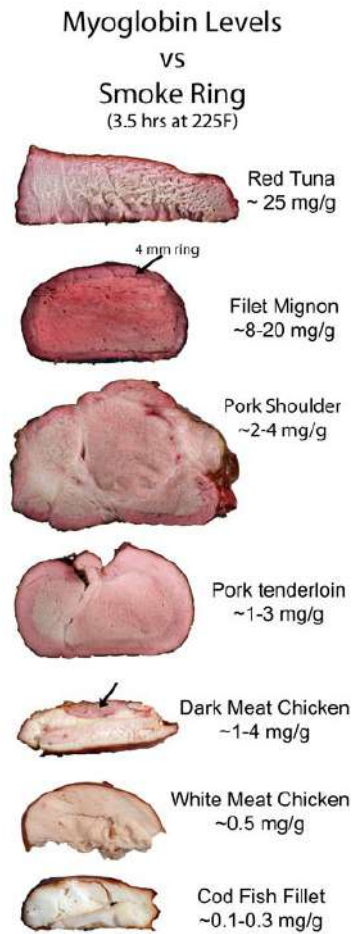


Μεταβολές Χρώματος σε Κόκκινο Κρέας



Sources: Inspired by Kropf (2003), Proc. 56th Recip. Meat Conf., 73-75 and Mancini and Hunt (2005), Meat Sci. 71: 100-121.

Μεταβολές Χρώματος σε Κόκκινο Κρέας



Παράγοντες που επηρεάζουν το σχηματισμό της **μεταμυοσφαιρίνης** (χωρίς O_2 , Fe^{3+})

↪ Υψηλή θερμοκρασία – μερική μετουσίωση, έκθεση αίμης

↪ Χαμηλό pH – μερική μετουσίωση, έκθεση αίμης

↪ Υπεριώδης ακτινοβολία

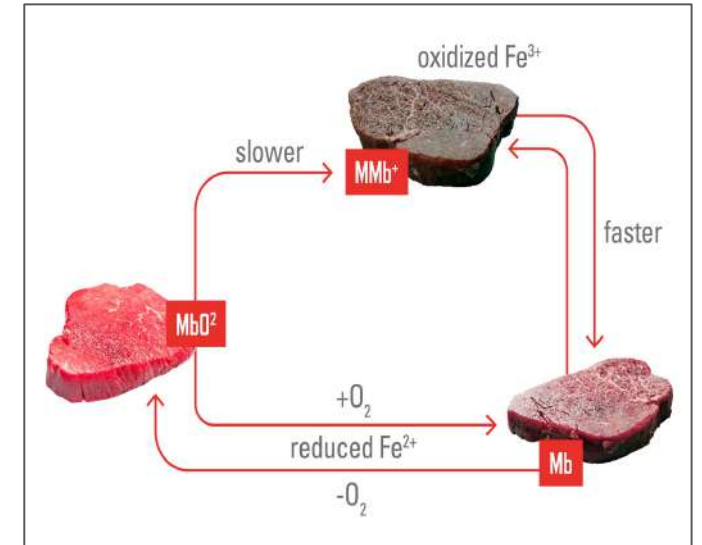
↪ Υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων

↪ Αερόβιοι μικροοργανισμοί

↪ *Ενδογενή ένζυμα του κρέατος* -Αφυδρογονάση του γαλακτικού οξέος με NAD^+ , ένζυμα κύκλου κιτρικού οξέος

↪ Θα πρέπει να διατηρείται η Glc για ακετυλο-CoA

Ένα ζώο που δεν έχει γλυκογόνο η δε δουλεύει η γλυκόλυση, δεν δίνει καλής ποιότητας κρέας

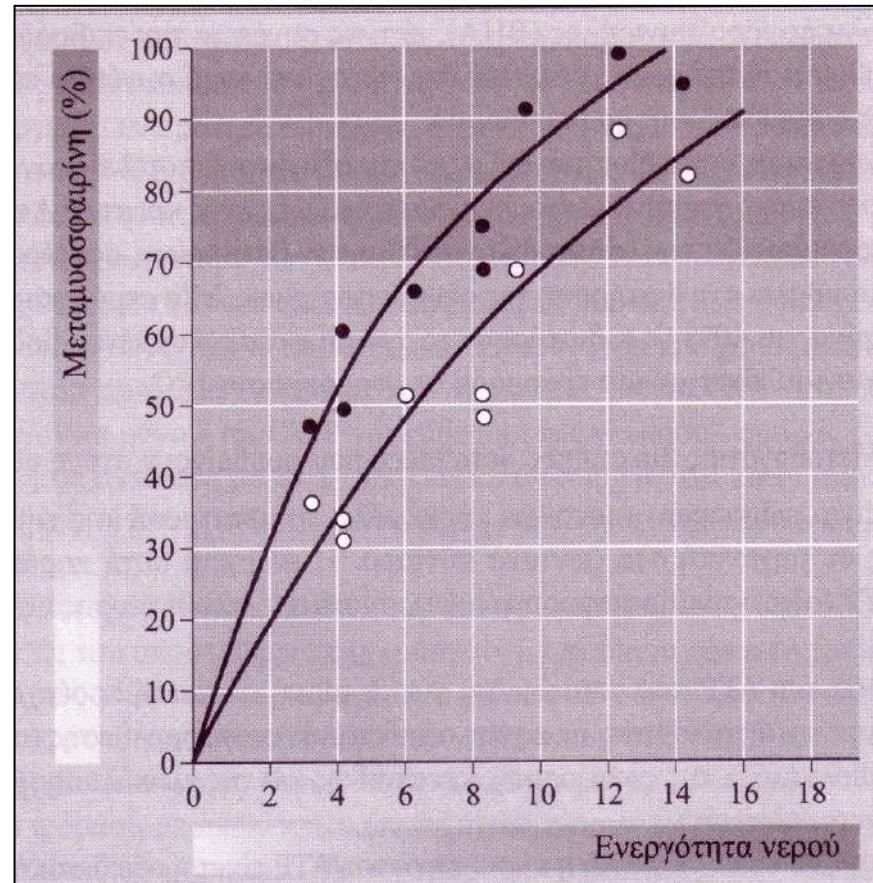


Μεταβολές των χρωστικών του κρέατος κατά τη διατήρησή του



Επίδραση εμπλουτισμένης με O₂ ατμόσφαιρας σε συσκευασμένο φρέσκο κρέας

Η **επιταχυνόμενη** μετατροπή της μυοσφαιρίνης σε μεταμυοσφαιρίνη κάτω από συνθήκες χαμηλής πίεσης οξυγόνου κατά τη διατήρηση συσκευασμένου κρέατος είναι ιδιαίτερα σημαντική. Ωστόσο, υπάρχουν αντίθετα αποτελέσματα πολλών μελετών → ασαφής ρόλος οξυγόνου.



Σχηματισμός μεταμυοσφαιρίνης στην επιφάνεια μυών αεροστεγώς συσκευασμένου βοείου κρέατος αποθηκευμένου στους 40°C

- Συσκευασία σε φυσιολογική ατμόσφαιρα
- Συσκευασία εμπλουτισμένη με O₂

Ποσοστά μεταμυοσφαιρίνης ανά ζωικό ιστό

- ➔ Δραστηριότητα ενζύμων σχετιζομένων με το σχηματισμό μεταμυοσφαιρίνης
- ➔ Περιεκτικότητα λιπιδίων – οι χρωστικές με τρισθενή μορφή σιδήρου ευνοούν την οξείδωση των λιπιδίων
- ➔ Προσθήκη αντιοξειδωτικών σε υπό ψύξη αλεσμένο βοδινό κρέας
Π.χ. προπυλεστέρας του γαλλικού οξέος (PG) και η βουτυλική υδροξυανισόλη (BHA) επιβραδύνουν την εμφάνιση ανεπιθύμητου σκούρου χρώματος στο κρέας
- ➔ Συνδυασμός CO₂ και O₂ για την ελεγχόμενη διάρκεια ζωής ενός κρέατος
 - ✓ Παρεμπόδιση ανάπτυξης βακτηρίων
 - ✓ Διατήρηση έντονα ερυθρού χρώματος – οξυμυοσφαιρίνη (CO₂/O₂ 40%/60%: οδηγεί σε διατήρηση χρώματος φρεσκοκομμένου βοδινού κρέατος για 7 ημέρες σε 1°C

Μεταθανάτιες βιοχημικές μεταβολές στους μύες

1. Κατανάλωση ATP
2. Πτώση pH
3. Εμφάνιση της νεκρικής ακαμψίας
4. Ωρίμανση-τρυφεροποίηση



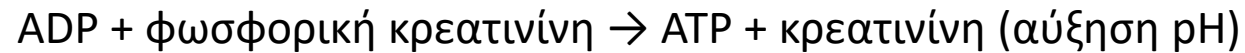
1. Ρόλος ATP σε μυϊκή σύσπαση

Το ATP διατηρείται σε σταθερά επίπεδα (2-5 mM) που απαιτούνται για τη μυϊκή σύσπαση.

Τα ποσά του ATP προέρχονται από:

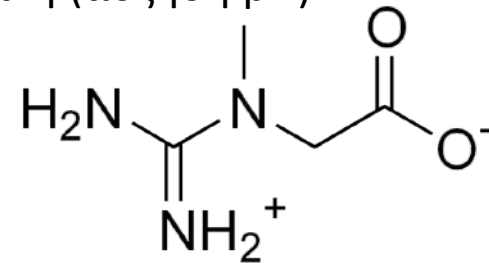
A. Οξειδωτική φωσφορυλίωση - αερόβιος μεταβολισμός (διαθέσιμο O₂ - ζωντανό ζώο)

B. Φωσφορική κρεατινίνη (20-35 mM) και κινάση της κρεατινίνης (έλλειψη O₂ - θάνατος ζώου)



↓
Ενεστερικός δεσμός

E= κινάση κρεατινίνης



Το ATP συμμετέχει στη μυϊκή σύσπαση - μαλακό και εύκαμπτο κρέας

Γ. Ελάττωση ATP - Μόνιμο σύμπλοκο ακτινομυοσίνης που ανθίσταται στην έλξη (μεταθανάτια ακαμψία)

Δ. Τελευταία εφεδρία ενέργειας: Γλυκόλυση – (ζύμωση) αναερόβιος μεταβολισμός (3mol ATP για κάθε mol γλυκογόνου)

2. Πτώση του pH

Υπό φυσιολογικές συνθήκες:

Το κυκλοφορικό σύστημα μεταφέρει το γαλακτικό οξύ από τους μύες στο ήπαρ όπου μετατρέπεται σε γλυκόζη και γλυκογόνο και επανασυντίθεται το ATP.

Στο νεκρό ζώο το γαλακτικό οξύ συσσωρεύεται επί τόπου και χαμηλώνει το pH.

Η πτώση του pH προξενεί τη μετουσίωση των πρωτεϊνών. Οι πρωτεΐνες των **μυϊκών ινιδίων** προσεγγίζουν το ισοηλεκτρικό τους σημείο και οι πρωτεΐνες του **σαρκοπλάσματος** υπόκεινται στις επιδράσεις των καθεψινών καταλήγοντας στη διάσπασή τους (Lawrie και Ledward, 2006).

Οι πρωτεΐνες εξαιτίας της μετουσίωσης, *χάνουν την ικανότητά τους να κάνουν δεσμούς με το νερό*: φαινόμενα «εφίδρωσης».

Αλλαγή του χρώματος του κρέατος λόγω μετουσίωσης των πρωτεϊνών. Οφείλεται στην καλύτερη αντανάκλαση του φωτός. Το κρέας εμφανίζεται πιο ανοιχτόχρωμο.

⇒ **Επιπτώσεις στο χρώμα, ικανότητα συγκράτησης νερού, αντίσταση σε μικροοργανισμούς**

Απουσία O₂ – Παραγωγή γαλακτικού οξέος (πτώση pH)

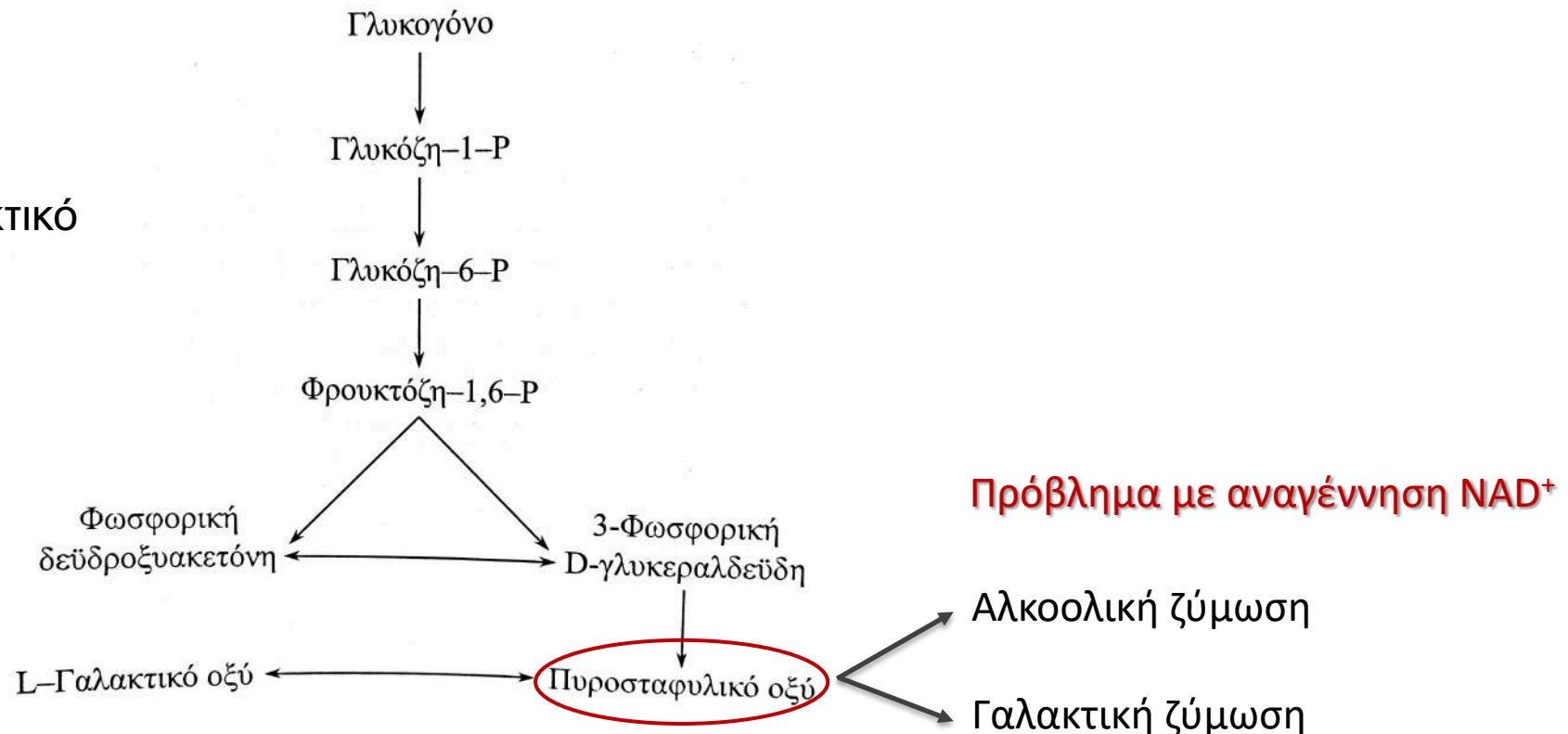
Όταν σταματήσει η αναπνευστική αλυσίδα (έλλειψη O₂- θάνατος) δεν παράγεται ATP μέσω (A)

Το ATP ελλοιώνεται καθώς τελειώνει η φωσφορική κρεατίνη (B) → παραγωγή ATP από αναερόβια γλυκόλυση που χαμηλώνει το pH **στο τελικό pH** (ultimate pH, 5.3-5.5)

Κατάσταση ζώου πριν τη σφαγή – **ηρεμία**

Σε υπερένταση → υψηλό pH μετά τη θανάτωση (6.0-7.0) → σκούρο χρώμα/κρέας σκληρό

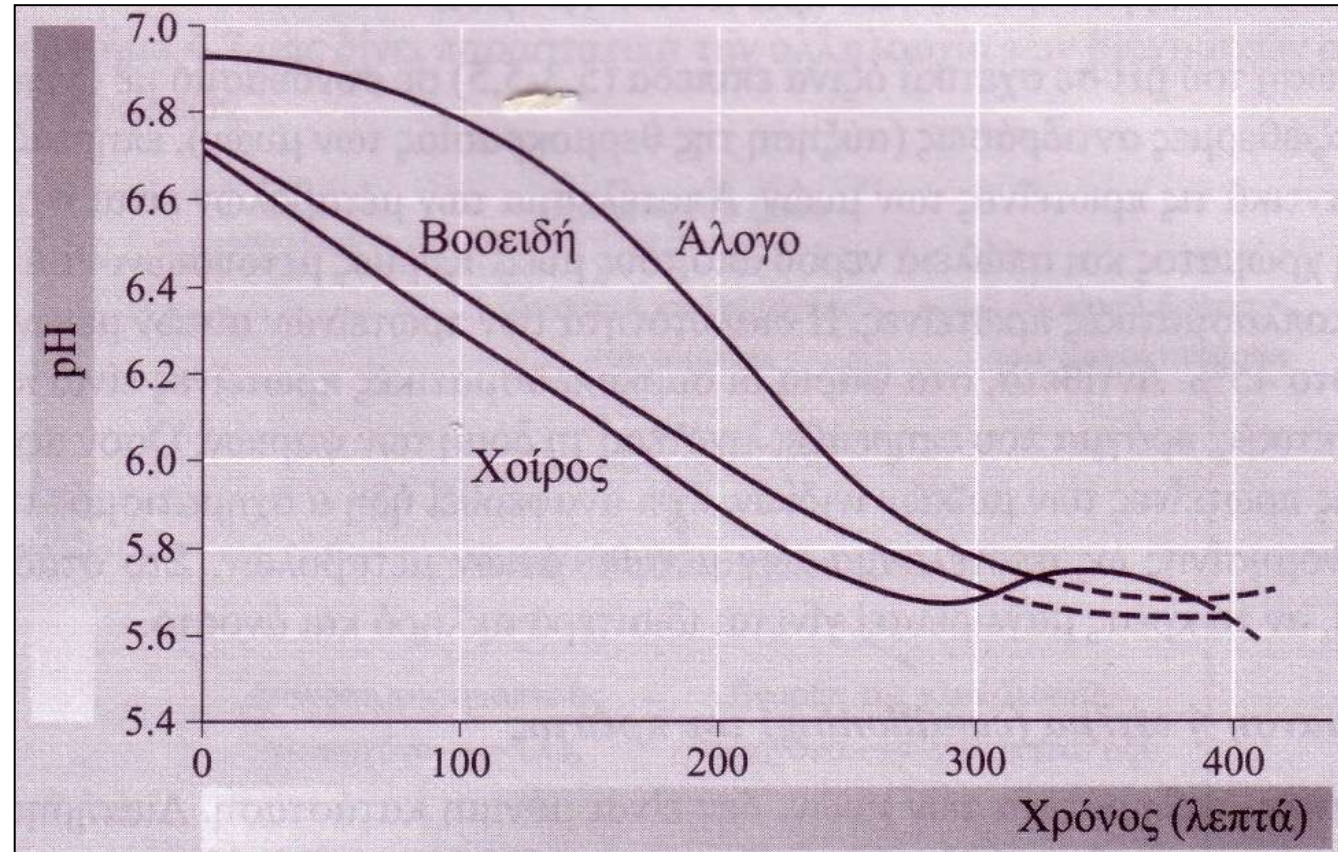
Μεταβολισμός
γλυκόζης σε γαλακτικό
οξύ



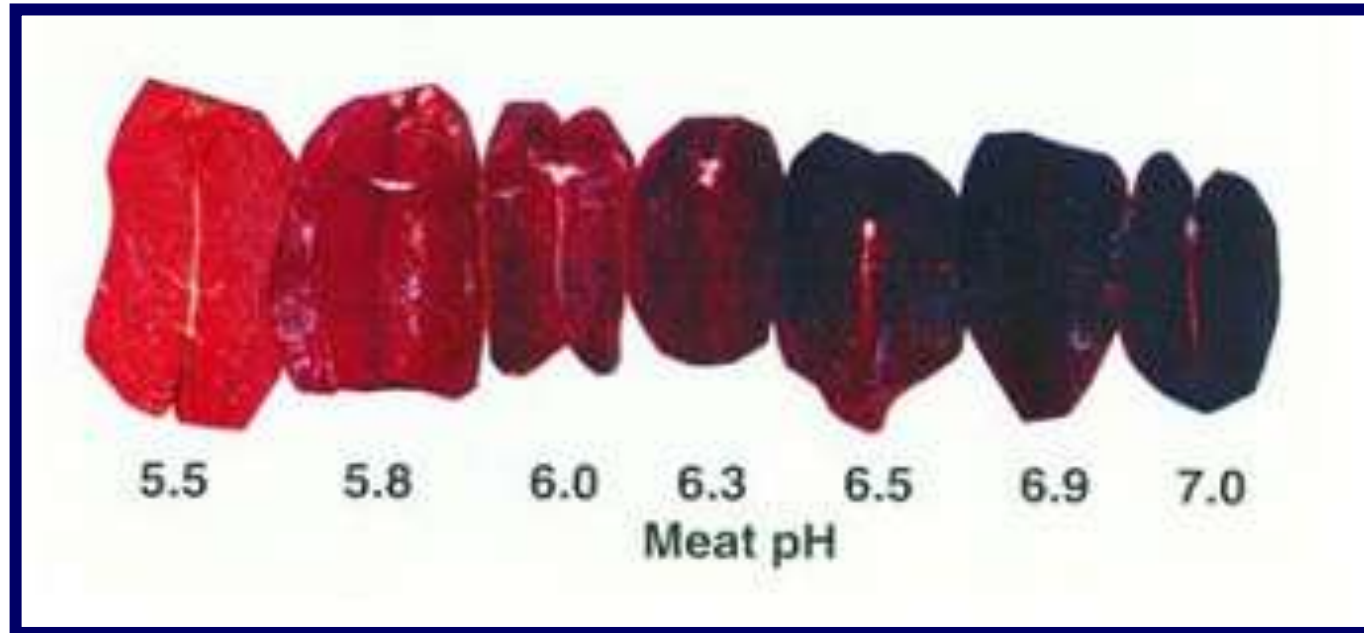
Επίδραση του τελικού pH στις ιδιότητες του χοιρινού κρέατος

Τελικό pH	Ρυθμός μείωσης του pH	Χαρακτηριστικά κρέατος
6,0-6,5	Αργός, βαθμιαίος	Σκούρο χρώμα
5,7-6,0	Αργός, βαθμιαίος	Ελαφρός σκούρο
5,3-5,7	Βαθμιαίος	Φυσιολογικό
5,3-5,6	Γρήγορος	Φυσιολογικό έως ελαφρά ανοιχτό
5,0	Γρήγορος	Σκούρο προς το ανοιχτό, εφιδρωτικό
5,1-5,4 και έως 5,4-5,6	Γρήγορος	Ανοιχτό, εφιδρωτικό

Επίδραση του είδους του ζώου στην πορεία της γλυκόλυσης (πτώση pH)



Χρώμα κρέατος και pH



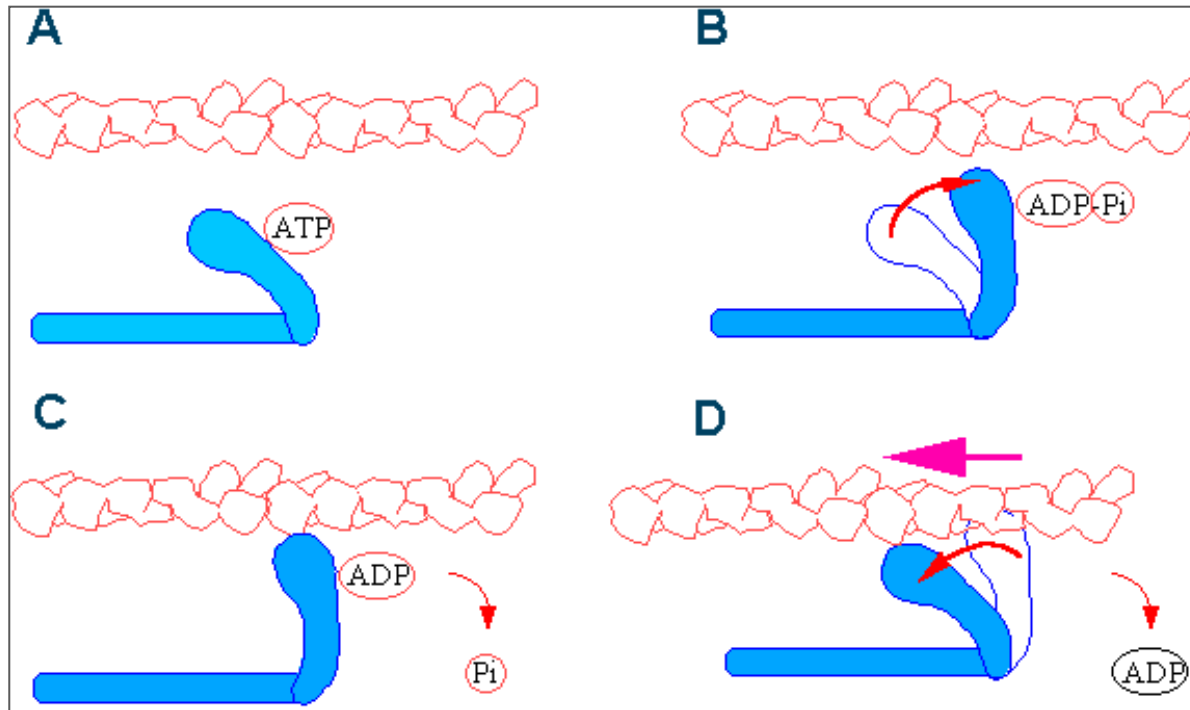
Σύνθετο θέμα. Σχετίζεται και με την ποσότητα γλυκογόνου πριν το θάνατο του ζώου

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/1541-4337.12258>

<http://eng.ege.edu.tr/~otles/ColorScience/pigments4.htm>

3. Μεταθανάτια μυϊκή ακαμψία (rigor mortis)

Η εξαφάνιση του ATP έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό **μόνιμου** συμπλόκου ακτινομυοσίνης (**D**) – σκλήρυνση/ακαμψία μυών – **μεταθανάτια ακαμψία**



<http://www.bms.ed.ac.uk/research/others/smaciver/Myosin%20II.htm>

<http://www.bms.ed.ac.uk/research/others/smaciver/Cycle.gif>

Ο χρόνος εμφάνισης της μεταθανάτιας μυϊκής ακαμψίας εξαρτάται από:

1. Θερμοκρασία – σημαντικός αριθμός ενζύμων κατά τη γλυκόλυση
2. Ενζυμικές αντιδράσεις (παραγωγή ATP από γλυκόλυση, φωσφορική κρεατίνη)
3. Παρουσία Ca^{2+} στους ιστούς

1+2+3: Ενεργοποιούν την ATPάση της μυοσίνης που διασπά το ATP: πιο γρήγορη ακαμψία και συστολή λόγω απώλειας σημαντικής ποσότητας νερού.

Η ανάπτυξη νεκρικής ακαμψίας ποικίλλει σε χρόνο μεταξύ των ειδών και κυμαίνεται από τέσσερις ώρες για τους μύες του κοτόπουλου μέχρι 24 ώρες για τους μύες των βοοειδών.

Μεταθανάτιες μεταβολές των πρωτεϊνών των μυών

Πτώση pH (5,3-5,5) και αύξηση της θερμοκρασίας των μυών (εξώθερμες αντιδράσεις) προκαλούν αλλαγή χρώματος και απώλεια νερού από τους μύες.

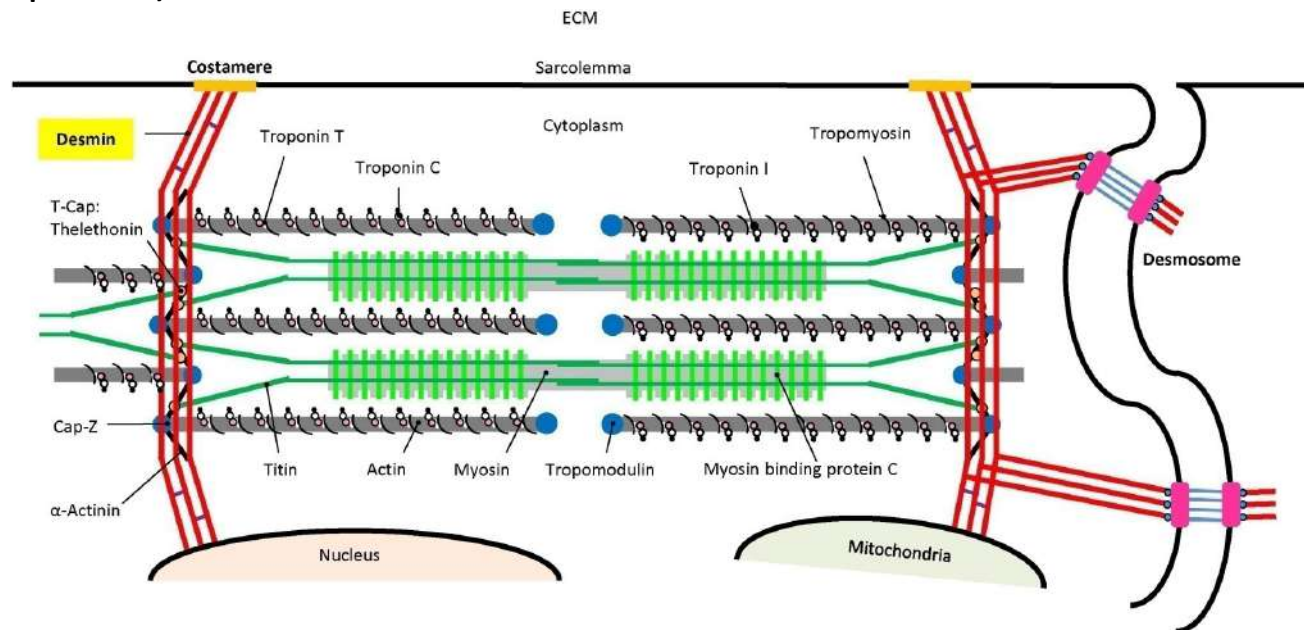
Μείωση διαλυτότητας σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών στο 45% (πιο ανθεκτικές στα ψάρια-επηρεάζεται λιγότερο η δομή τους).

Μαγείρεμα σε αυτό το στάδιο δίνει ιδιαίτερα σκληρό και άνοστο κρέας.

4. Ωρίμανση-σίτεμα (conditioning) του κρέατος

Μετά από 2-4 εβδομάδες στους 0,5-2°C επέρχεται λύση της μεταθανάτιας ακαμψίας και τρυφεροποίηση μέσω **πρωτεόλυσης** των αδιάσπαστων δεσμών ακτινομυοσίνης της νεκρικής ακαμψίας.

Η ωρίμανση του κρέατος συμβαίνει υπό συνθήκες ψύξης και όχι κατάψυξης και συσχετίζεται με την τρυφερότητα και τη γεύση του κρέατος. Η πρωτεόλυση κυρίως δύο πρωτεϊνών, της **δεσμίνης** και της **τιτίνης** προκαλεί τη σταδιακή αποδόμηση των δίσκων Z στα μυϊκά ινίδια, προκαλώντας αλλαγές στη μικροσκοπική δομή του μυός μετά θάνατον (Aberle et al., 2001). Οι αλλαγές προκαλούν τον κατακερματισμό των μυϊκών ινιδίων και την επακόλουθη τρυφερότητα του κρέατος.

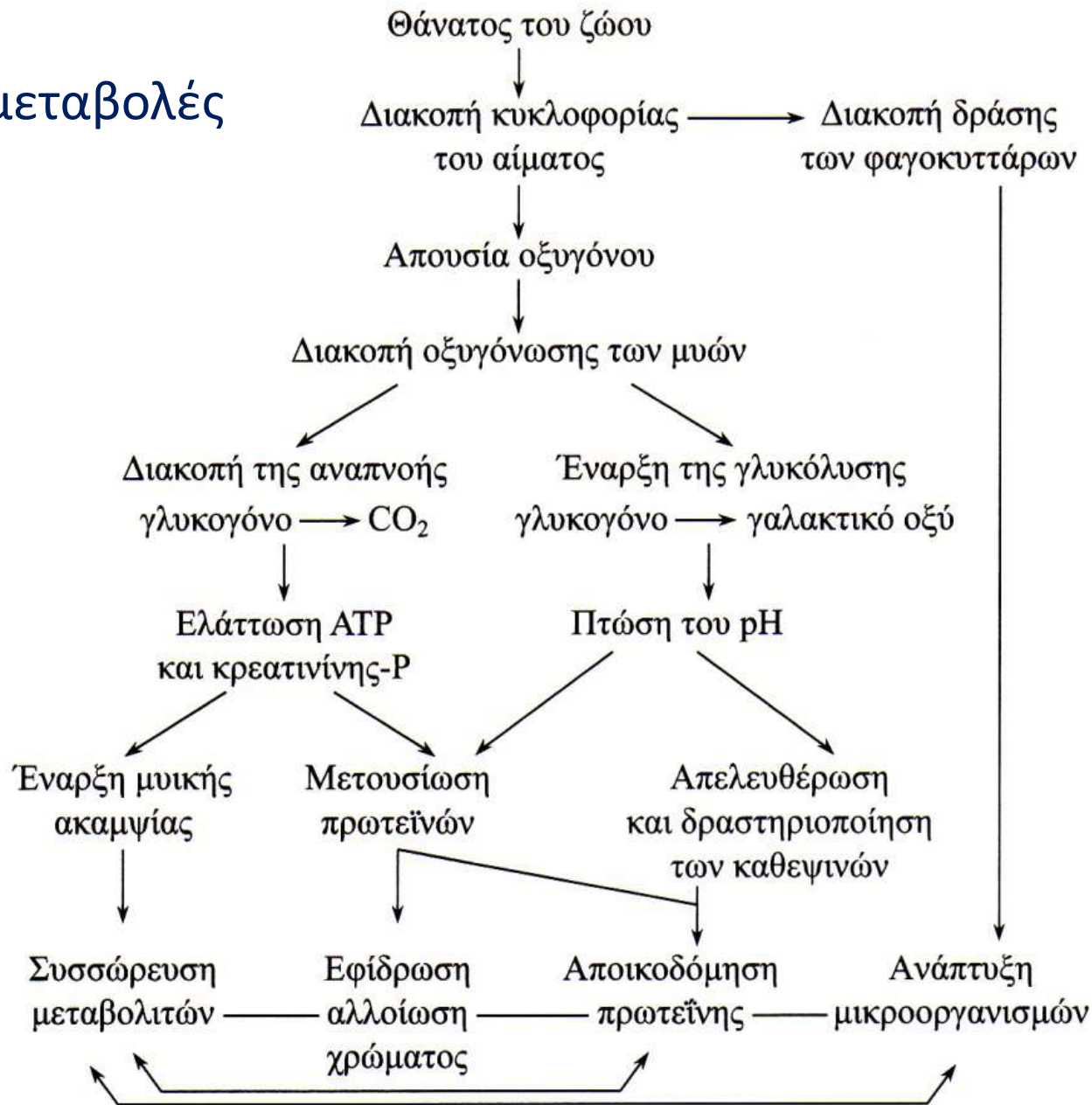


Πρωτεόλυση: πρωτεάσες που δρουν κατά την ωρίμανση

Τα πρωτεολυτικά ενζυμικά συστήματα που εμπλέκονται είναι οι **καλπαΐνες**, οι **καθεψίνες** και το **σύμπλεγμα πολύ-καταλυτικών πρωτεϊνών** (the multicatalytic proteinase complex). Το **πρωτεάσωμα**, θεωρείται επίσης ότι συμμετέχει στην τρυφεροποίηση του κρέατος σε συνδυασμό με τα παραπάνω ένζυμα (Ouali et al. 2006).

Οι **καλπαΐνες** είναι ένζυμα, των οποίων η λειτουργία εξαρτάται από την παρουσία ασβεστίου, ενώ οι **καθεψίνες** εμπεριέχονται στα λυσοσωμάτια. Τα ιόντα ασβεστίου, μετά την εξάντληση του ATP απελευθερώνονται από τα μιτοχόνδρια και το σαρκοπλασματικό δίκτυο στο σαρκόπλασμα, ενεργοποιώντας τις **καλπαΐνες**. Η δράση των τελευταίων παρεμποδίζεται από μια πρωτεΐνη που ονομάζεται **καλπαστατίνη**. Μετά την απελευθέρωση των ιόντων ασβεστίου, η καλπαστατίνη δεν έχει πλέον επίδραση στις **καλπαΐνες**, οι οποίες εν τέλει ενεργοποιούνται.

Κύριες μεταθανάτιες μεταβολές



Σχήμα 4.7. Κύριες μεταβολές που ακολουθούν το θάνατο του ζώου.

Πρωτεΐνες γάλακτος



Καζεΐνες: 80 % των πρωτεϊνών - Καταβυθίζονται σε pH 4,6

Πρωτεΐνες ορού: το υπόλοιπο 20 % των πρωτεϊνών

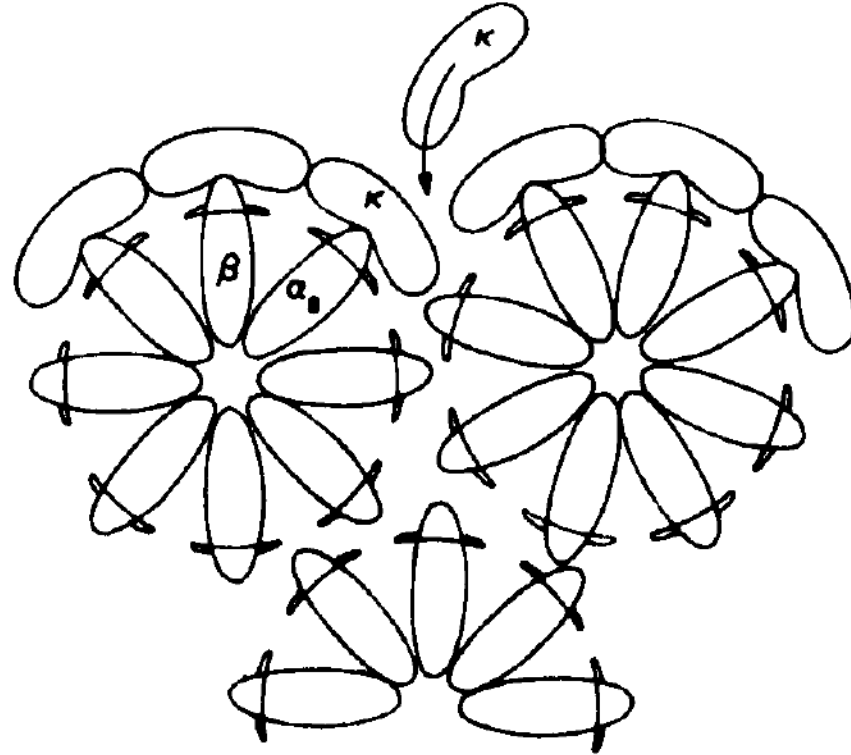
Καζεΐνες: φωσφοροπρωτεΐνες α_s -, β -, κ - και γ -καζεΐνες

Οι α_s -, β - είναι ευαίσθητες και καταβυθίζονται παρουσία ιόντων Ca^{2+} σε όλες τις θερμοκρασίες

Η κ -καζεΐνη (~15 %) είναι διαλυτή παρουσία ιόντων Ca^{2+}

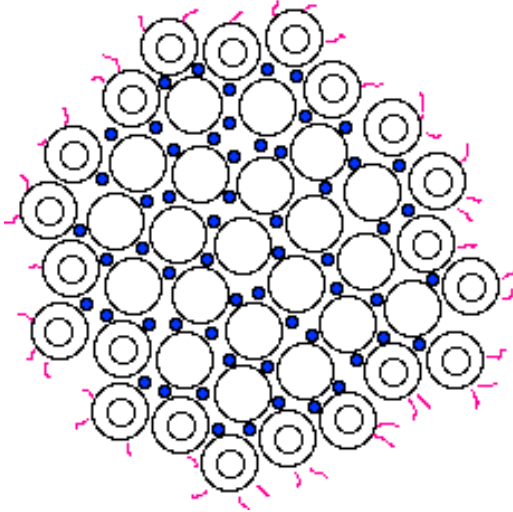
Στο γάλα οι καζεΐνες βρίσκονται υπό τη μορφή *μικκυλίων*

Θεωρία Waugh: τα μικκύλια αποτελούνται από διαφορετικά κλάσματα καζεϊνών ενωμένα μεταξύ τους. Τα συσσωματώματα καζεϊνών σταθεροποιούνται σε σύμπλοκα με φωσφορικό ασβέστιο, μαγνήσιο, και κιτρικά άλατα. Τα μικκύλια έχουν πυρήνα από α_s - και β -καζεΐνες. Η κ καζεΐνη περιβάλλει τον πυρήνα δημιουργώντας μια στοιβάδα που προστατεύει τις α_s - και β -καζεΐνες από το ασβέστιο (Ca^{2+}).

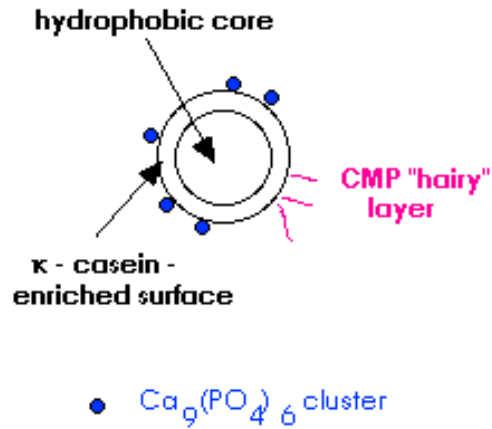


Δομή καζεϊνικού μικυλλίου κατά **Waugh**

Casein Micelle

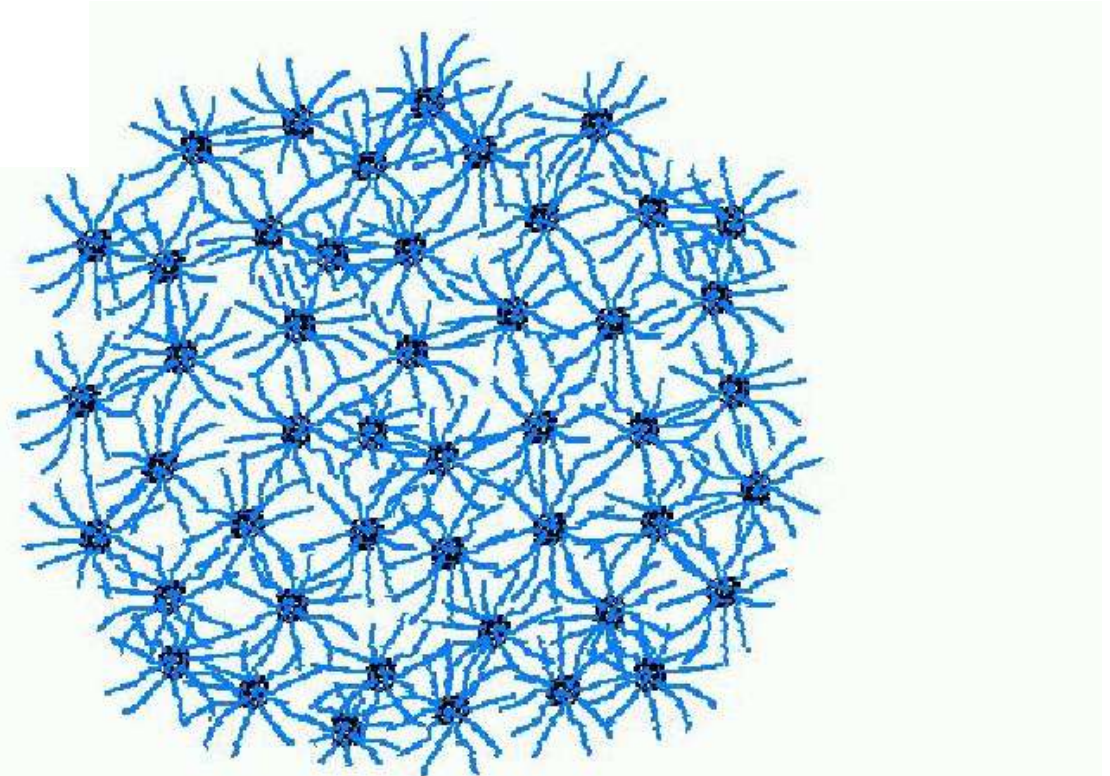


Casein Submicelle



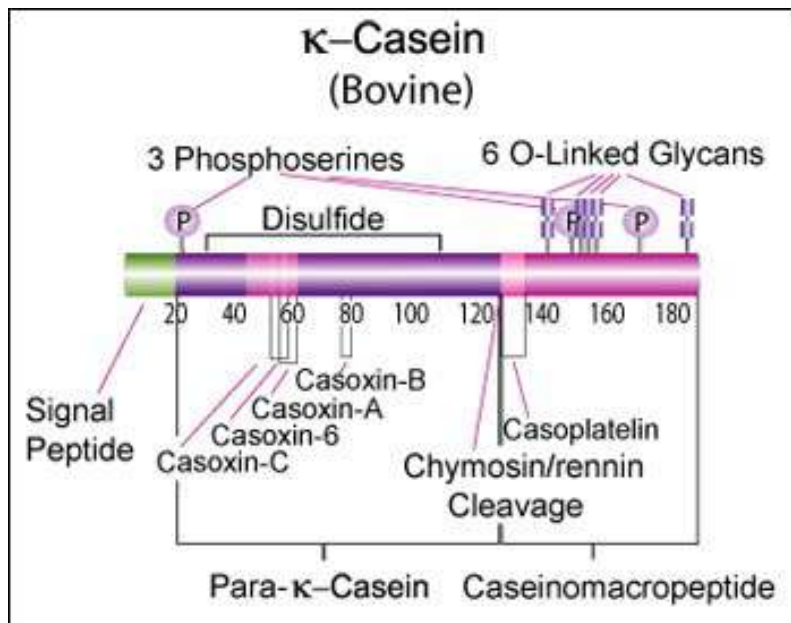
Δομή καζεϊνικού μικυλλίου κατά Schmidt.

Τα συσσωματώματα καζεϊνών είναι ετερογενή. Τα υδρόφοβα υπομικύλλια είναι στο κέντρο, τα υδρόφιλα στο εξωτερικό, πλούσια σε κ-καζεΐνη.



Εφαρμογές στα τρόφιμα

Υδρόλυση κ-καζεΐνης από χυμοσίνη (ένζυμο 4^{ου} στομάχου βοοειδών) στο Phe¹⁰⁵-Met¹⁰⁶
Δίνει την **αδιάλυτη και υδρόφοβη παρα-κ-καζεΐνη** και ένα διαλυτό **γλυκομακροπεπτίδιο**.



Μετά την υδρόλυση του δεσμού αυτού και επειδή το γάλα περιέχει ιόντα ασβεστίου, όλες οι καζεΐνες καταβυθίζονται: **τυρόπηγμα, βασική πρώτη ύλη για την παρασκευή τυριών.**

Στο τυρόγαλα οι διαλυτές **πρωτεΐνες του ορού** (απαραίτητα αμινοξέα):
παρασκευή τυριών όπως **μυζήθρα, ανθότυρο, μανούρι.**

* δεν καταβυθίζονται από χυμοσίνη ή pH 4,6, βρίσκονται διαλυμένες στο τυρόγαλα

Πρωτεΐνες Αυγών



Περισσότερες από 40 πρωτεΐνες στο άσπρο του αυγού

Οβαλβουμίνη (Ωολευκωματίνη)

Κύρια πρωτεΐνη του άσπρου (60-65 %), φωσφογλυκοπρωτεΐνη. Περιέχει πολλές σουλφυδρυλομάδες (-SH). Θρομβούται εύκολα μετά από μηχανικό χτύπημα.

Κοναλβουμίνη

Αντιμικροβιακή: δεσμεύει σίδηρο και άλλα μεταλλοϊόντα.

Οβο(ω)μουκοΐδη

Γλυκοπρωτεΐνη, αναστολέας της θρυψίνης, θερμοανθεκτική, αλκαλοευαίσθητη.

Λυσοζύμη

Υδρολύει τους υδατάνθρακες της μεμβράνης των μικροοργανισμών: μεγάλη αντοχή στους μικροοργανισμούς.

Οβομυκίνη

Ινώδης γλυκοπρωτεΐνη, θερμοανθεκτική.

Σχηματίζει αφρό μετά από μηχανικό χτύπημα.

Κρόκος

50 % στερεά από τα οποία το 1/3 πρωτεΐνες, τα 2/3 λιπίδια.

Πρωτεΐνες κρόκου

Λιποπρωτεΐνες: λιποβιτελλίνη και λιποβιτελλινίνη.

Ο κρόκος χρησιμοποιείται ως **γαλακτωματοποιητής**: σταθεροποιεί τη διασπορά λίπους-νερού, πιθανότατα λόγω λιποπρωτεϊνών και φωσφολιπιδίων.

Πρωτεΐνες σπόρων



Δημητριακά 10-15 % πρωτεΐνες. Μικρή θρεπτική αξία (έλλειψη λυσίνης).

Σιτάρι 13 %

Ρύζι, αραβόσιτος 9 %

1. Πρωτεΐνες σιταριού: γλιαδίνες (αλκοολοδιαλυτές), **γλουτενίνες** (αδιάλυτες στην αλκοόλη).

Βρίσκονται σε αναλογία 1:1 και αποτελούν το 80-85 % της ολικής πρωτεΐνης του ενδοσπερμίου του σιταριού.

Το υπόλοιπο 15 % της ολικής πρωτεΐνης του ενδοσπερμίου του σιταριού αποτελείται από **αλβουμίνες** και **γλοβουλίνες**.

Γλιαδίνες

α-, β-, γ- και ω-γλιαδίνες. Μοριακό βάρος από 30-40.000 Da.

Οι α-, β- και γ- παρουσιάζουν ενδομοριακές δισουλφιδικές γέφυρες (S-S) που σταθεροποιούν τη δομή τους.

Γλουτενίνες

Τα ανηγμένα μονομερή έχουν μοριακά βάρη από 20-130.000 Da. Στο ενδοσπέρμιο, τα μονομερή σχηματίζουν μέσω ένδο- και διαμοριακών δισουλφιδικών δεσμών (S-S) συσσωματώματα μέχρι 1.000.000 Da. Οι δεσμοί αυτοί υπεύθυνοι για αλλεργίες.

Όταν υγρανθούν με νερό και αναμειχθούν οι γλιαδίνες και γλουτενίνες σχηματίζουν Ελαστική συμπαγή μάζα τη **γλουτένη**: Γλουταμίνη 37 %, προλίνη 15 %.

Η γλουτένη μπορεί να δεσμεύει λιπίδια.

Επιθυμητά χαρακτηριστικά ζύμης:
Πλαστικότητα, μηχανική αντίσταση, ελαστικότητα.

2. Πρωτεΐνες αραβοσίτου

Κατά 50 % προλαμίνες (δεν έχουν λυσίνη και τρυπτοφάνη).

Η ποικιλία oraque-2 έχει υψηλή περιεκτικότητα σε λυσίνη και τρυπτοφάνη (70 και 20%).

3. Πρωτεΐνες ρυζιού

80 % γλουτενίνες, 5 % προλαμίνες. Καλή περιεκτικότητα σε λυσίνη.

4. Πρωτεΐνες ελαιούχων σπόρων

Έως και 15 %. Γλοβουλίνες όπως αραχίνη και κοναραχίνη (φιστίκια).

Πιθανή τοξικότητα από τον αναστολέα θρυψίνης (σόγια, ηλιόσποροι, αράπικα φιστίκια κα). Εξαλείφεται με θερμική κατεργασία.

Πρωτεΐνες λαχανικών

Καρότα και μαρούλια	1 %
Πατάτες και σπαράγγια	2 %
Φρέσκα μπιζέλια	6 %



Θρεπτική
Αξία



Ζωικές πρωτεΐνες
Φυτικές πρωτεΐνες
Πρωτεΐνες δημητριακών
Πρωτεΐνες από αραβόσιτο



Επίδραση Θερμικών Κατεργασιών
στις Λειτουργικές & Θρεπτικές Ιδιότητες
Πρωτεϊνών



Θερμική Κατεργασία

Ψύξη

Κατάψυξη

Απόψυξη

Αφυδάτωση

Θερμική Κατεργασία

A. Παστερίωση - Θερμική κατεργασία σε συγκεκριμένη θερμοκρασία και για συγκεκριμένο χρόνο ακολουθούμενη από γρήγορη ψύξη

Αποβλέπει στην δραστική μείωση του αριθμού των μικροοργανισμών, ώστε να καταστούν τα τρόφιμα ακίνδυνα για τη δημόσια υγεία και να παραταθεί ο χρόνος αποθήκευσής τους χωρίς σημαντική υποβάθμιση της ποιότητάς τους.

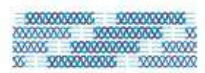
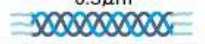


Παστερίωση Κρέατος

Η τελική εσωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται από 66-74 °C
Στα πρώτα στάδια (30-50 °C) έχουμε μερική διάσπαση των πεπτιδικών αλυσίδων → μερική μετουσίωση

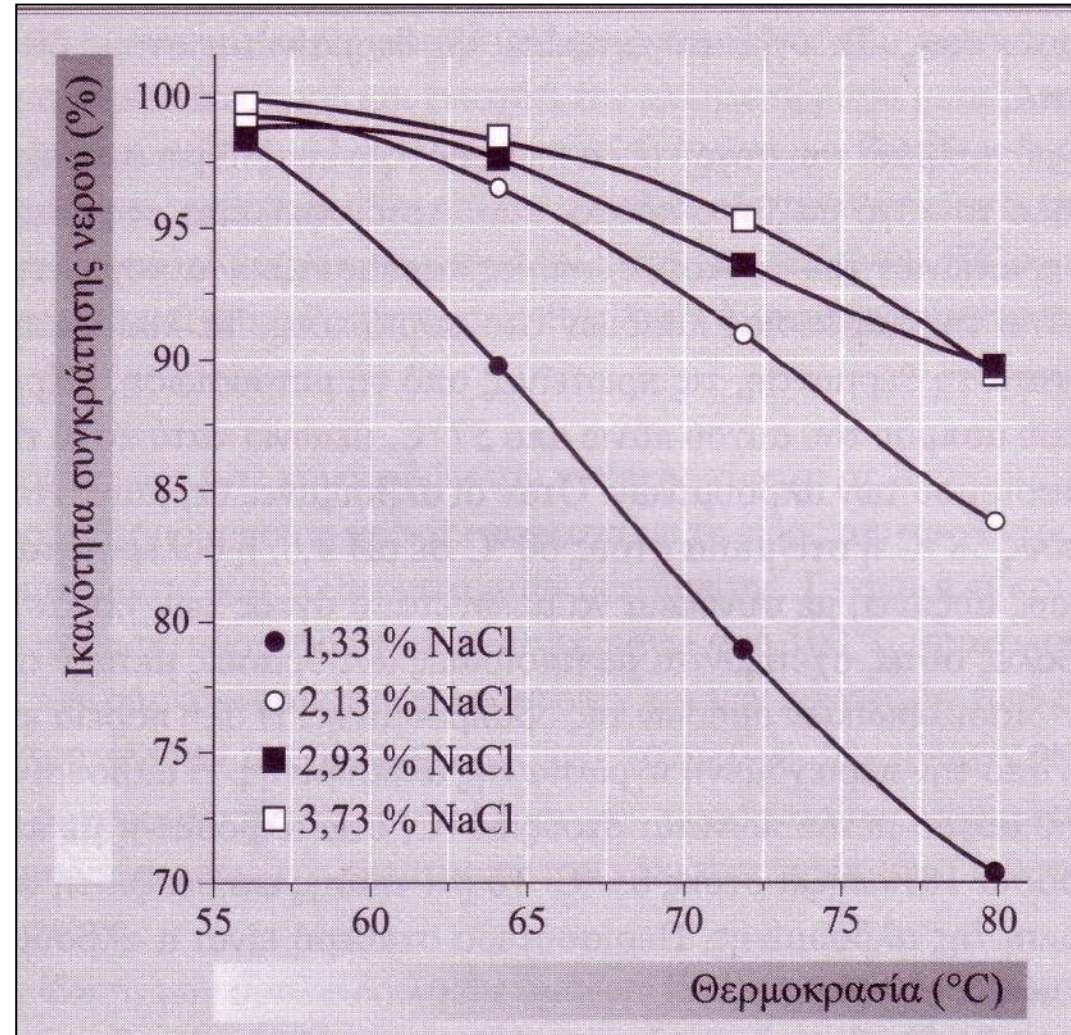
Σε 61-63 °C για το κρέας και 45 °C για τα ψάρια το κολλαγόνο μετατρέπεται σε ζελατίνη

Οι **σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες μετουσιώνονται** ⇒ δυσκαμψία των ιστών και απώλεια νερού

Τα περισσότερα ένζυμα καταστρέφονται (θερμική μετουσίωση)
Σκοπός: περιορισμός μικροβιολογικής ανάπτυξης με μικρότερη καταστροφή του προϊόντος

Category	Structure	Gelation
Animal tissue		
↓ Extraction, Purification		
Processing, Heat-extraction Collagen	telo peptide (triple helix structure) peptide 0.3 μm 	✓
↓ Heat-treatment		
Gelatin		✓
↓ Heat or Enzyme-treatment		
Collagen peptide		non

👉 Η απώλεια νερού γίνεται εντονότερη όταν συνδυάζεται με προστιθέμενο αλάτι



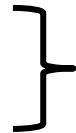
Επίδραση της θερμοκρασίας μαγειρέματος και συγκέντρωσης άλατος στην ικανότητα συγκράτησης νερού σε προϊόντα κρέατος

Παστερίωση Γάλακτος

Διαφορετικές παστεριώσεις:

63 °C για 30 min

72 °C για 15 sec (HTST)



5-10 % μετουσίωση πρωτεϊνών ορού

Καταστροφή παθογόνων μικροοργανισμών, ενζύμων μικροοργανισμών και φυσικών ενζύμων (εξαιρουμένης της λιπάσης)

☞ 85 °C για 20'' ⇒ μετουσίωση πρωτεϊνών ορού σε μεγαλύτερη έκταση

Παραγωγή ομάδων -SH από τη β-λακτογλοβουλίνη, χαρακτηριστική οσμή βρασμένου γάλακτος
Ελάττωση διαλυτότητας όλων των πρωτεϊνών του ορού λόγω μετουσίωσης & σύνδεσης με καζεϊνικά μικκύλια



Παστερίωση Αυγών

Ιδιαίτερος κίνδυνος επιμόλυνσης: 60 °C για 3,4-5'

Το ασπράδι πιο ευαίσθητο στη θέρμανση, ο κρόκος πιο ανθεκτικός λόγω λιποπρωτεϊνών των οποίων τα λιπίδια δίνουν θερμοαντοχή στη μετουσίωση

Θέρμανση αλβουμινών άνω των 57 °C μειώνει την ικανότητα αφρισμού των
Στους 58 °C για 2' ή στιγμιαία στους 60 °C ⇒ αύξηση ιξώδους και θολερότητας, ελάττωση όγκου
(αλληλεπιδράσεις -SH ομάδων οβαλβουμίνης, δημιουργία νέων S-S)

Υγρασία: κανονικά πήξη οβαλβουμίνης στους 56 °C. Με υγρασία 18 % πήξη στους 85 °C
pH: πιο σταθερή η οβαλβουμίνη σε pH 6,5 παρά σε pH 8,5

Κοναλβουμίνη: πλέον ευαίσθητη, γρήγορη θρόμβωση στους 58 °C ειδικά για pH 6 με 7
Οβομουκοΐδη, οβομουκίνη, λυσοζύμη: σταθερές σε θέρμανση και pH
9 S-S δεσμοί στη λυσοζύμη

B. Αποστείρωση: μακροχρόνια φύλαξη, καταστροφή όλων των μικροοργανισμών

Αποστείρωση Γάλακτος

↪ 110 °C για 30'

↪ 130 °C για 30''

↪ 145-150 °C για 2-3''

↪ Μη αντιστρεπτές μεταβολές στις πρωτεΐνες

↪ Μετουσίωση πρωτεϊνών ορού, αλληλεπίδραση λακτόζης-πρωτεϊνών

↪ Αποφωσφορυλίωση καζεϊνών

↪ Μεταβολές στη γεύση, οσμή, θρεπτική αξία

Αποστείρωση Κρέατος

Αποστείρωση κονσερβών

Συνδυασμοί θερμοκρασίας χρόνου ανάλογα με το είδος του προϊόντος
Η αποστείρωση άνω των 100 °C συνεπάγεται μετουσίωση μυϊκών ινών.

- i. Οξείδωση σιδήρου μυοσφαιρίνης, σχηματισμός μεταμυοσφαιρίνης
- ii. Οξείδωση θειολών σε δισουλφίδια
- iii. Μείωση θρεπτικής αξίας απαραίτητων αμινοξέων λόγω αντιδράσεων Maillard
- iv. Μετατροπή του κολλαγόνου σε ζελατίνη

☞ Το χοιρινό κρέας είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στην αποστείρωση

Πίνακας 4.2. Αλλαγές στις πρωτεΐνες του κρέατος κατά τη θερμική κατεργασία

Αλλαγές	Θερμοκρασία (°C)
Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες	
Απώλεια διαλυτότητας-μετουσίωση	40-60
Αντιδράσεις Maillard	40-50
Πρωτεΐνες μυϊκών ινιδίων	
Μετουσίωση πρωτεϊνών μυϊκών ινιδίων	40-50
Πήξη πρωτεϊνών μυϊκών ινιδίων	57-75
Ξεδίπλωμα μορίων ακτινομυοσίνης	< 75
Μείωση διαλυτότητας μυοσίνης	45-50
Μετουσίωση μυοσίνης	53-65
Μείωση διαλυτότητας ακτίνης	< 80
Μετουσίωση τροπομυοσίνης και τροπονίνης	30-70
Κολλαγόνο	
Διαλυτοποίηση κολλαγόνου	60-70
Συστολή κολλαγόνου	60-75
Μετατροπή του κολλαγόνου σε ζελατίνη	65
Αποσύνθεση ινών κολλαγόνου	60-80
Μεταβολές στη δομή	
Σμίκρυνση των σαρκομεριδίων και ελάττωση της διαμέτρου των μυϊκών ινών	40-50
Καταστροφή της Μ-γραμμής και αποσύνθεση των λεπτών και χονδρών νημάτων	60-80
Αλλαγές στην τρυφερότητα	
Μετουσίωση των συσταλών πρωτεϊνών (πρώτο στάδιο σκλήρυνσης)	40-50
Συστολή κολλαγόνου (δεύτερο στάδιο σκλήρυνσης)	67-70
Έναρξη τρυφεροποίησης	54

Γ. Αλλαντοποίηση κρέατος

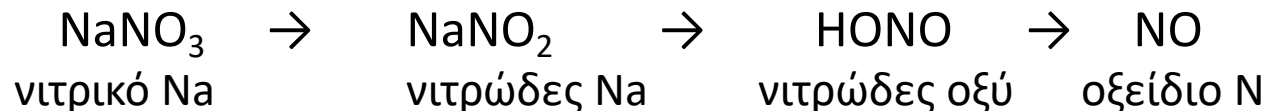
Συντήρηση, παραγωγή προϊόντων ελκυστικών στον καταναλωτή

Επεξεργασία με νιτρικά (NO_3^-)/νιτρώδη (NO_2^-) άλατα, μαγειρικό αλάτι, ζάχαρη, ασκορβικά και φωσφορικά άλατα κ.α.

Μεταβολές: χρώμα, γεύση, οσμή

Νιτρικά/νιτρώδη άλατα, ρόλος-πλεονεκτήματα

Σχηματισμός και σταθεροποίηση χαρακτηριστικού χρώματος, από την αναγωγή σιδήρου μεταμυοσφαιρίνης Fe^{3+} σε Fe^{2+} από το παραγόμενο NO.



Πλεονεκτήματα

Χαρακτηριστική οσμή και γεύση - Επιβράδυνση οξείδωσης λιπιδίων - Βακτηριοκτόνος ιδιότητα

Μειονεκτήματα

Τοξικότητα και παραγωγή **νιτροζαμινών** (καρκινογόνες ουσίες), ιδιαίτερα σε υψηλές θερμοκρασίες.

Ρόλος χρησιμοποιούμενων ουσιών στην αλλαντοποίηση

Αλάτι

Βακτηριοστατικό, συγκράτηση νερού, γεύση, σκλήρυνση

Ασκορβικά άλατα

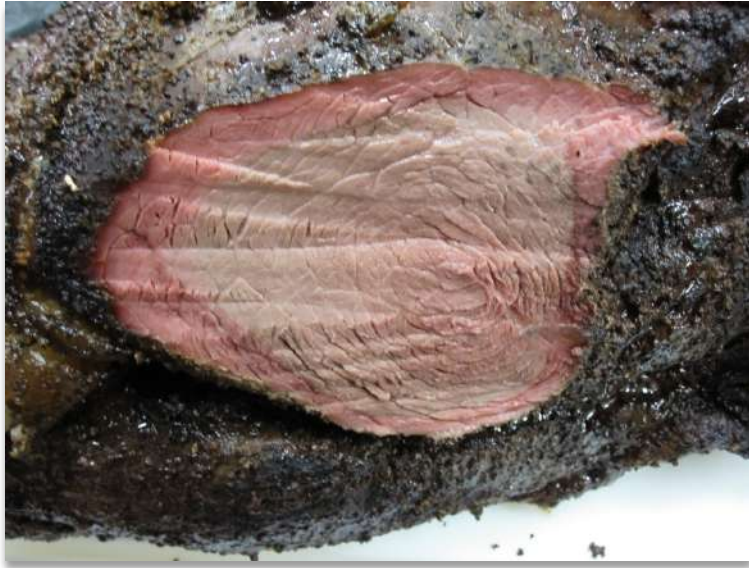
Αυξάνουν τη νιτροζυλίωση του σιδήρου (καλύτερο χρώμα), αντιοξειδωτικά των χρωστικών, περιορίζουν το σχηματισμό νιτροζοαμινών

Φωσφορικά άλατα

Συγκράτηση νερού, αντιοξειδωτικά, αντιμικροβιακά

Σάκχαρα (γλυκόζη, φρουκτόζη)

Βελτιώνουν το άρωμα, μειώνουν τη σκληρότητα των αλάτων, βελτιώνουν επιφανειακό χρώμα, είναι βακτηριοστατικά



Περιφερειακό ροζ από ψήσιμο, επίδραση NO



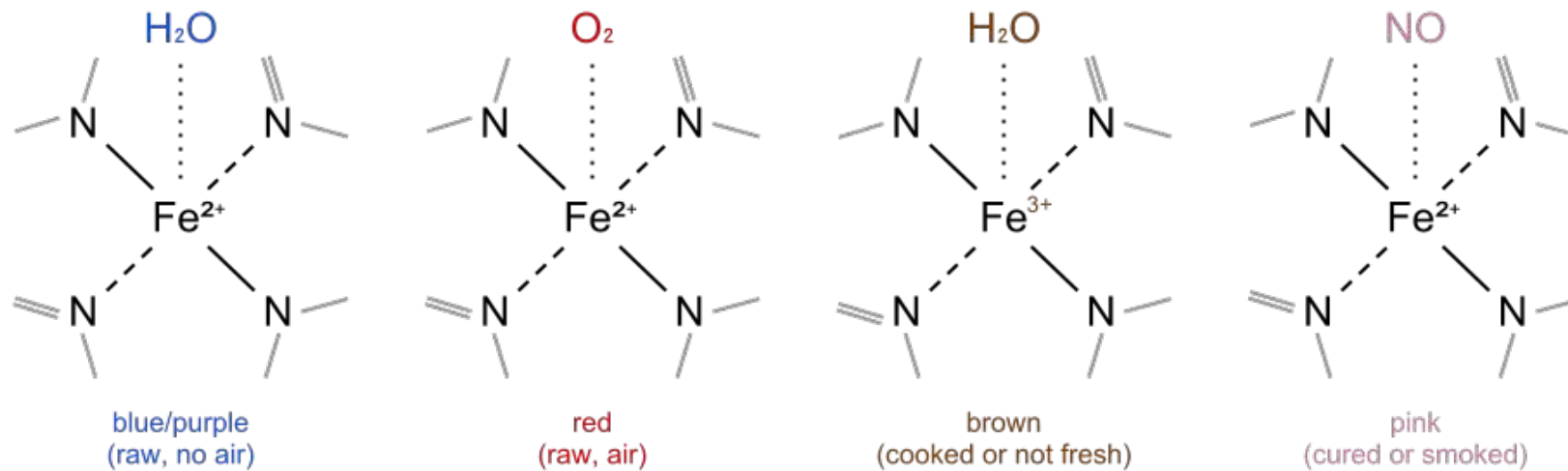
Ροζ από αλλαντοποίηση

Το NO κατά την καύση προέρχεται από το N των ξύλων και το O της ατμόσφαιρας.



νιτρικό Na νιτρώδες Na νιτρώδες οξύ οξείδιο N

Χρώμα κρέατος και καταστάσεις αιμικού σιδήρου



<https://cooking.stackexchange.com/questions/24208/why-is-meat-red>

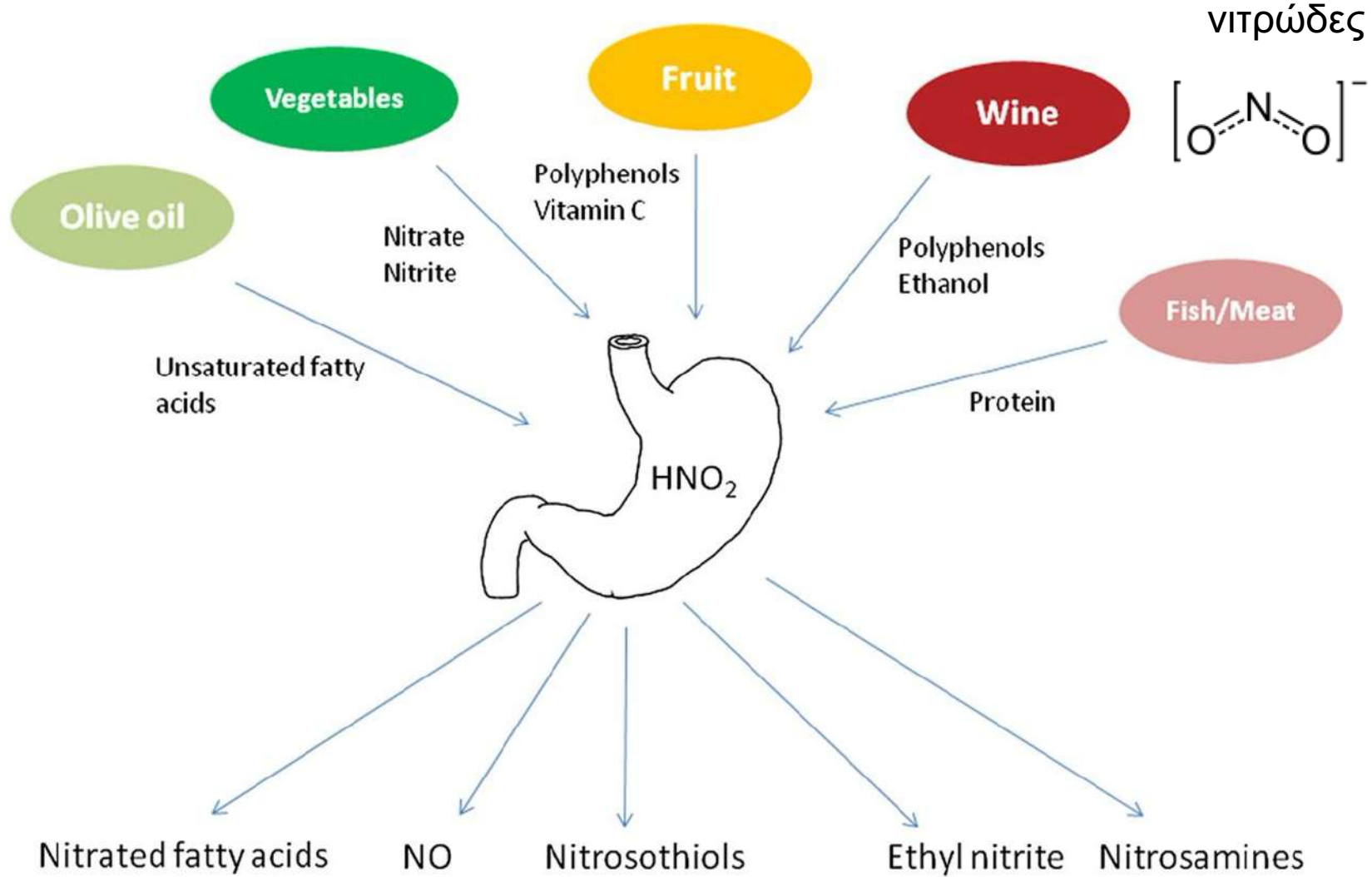
➤ Τα NO_3^- και NO_2^- υπάρχουν σε αρκετές ομάδες τροφίμων

Συγκεντρώσεις νιτρικών σε φυτικές τροφές

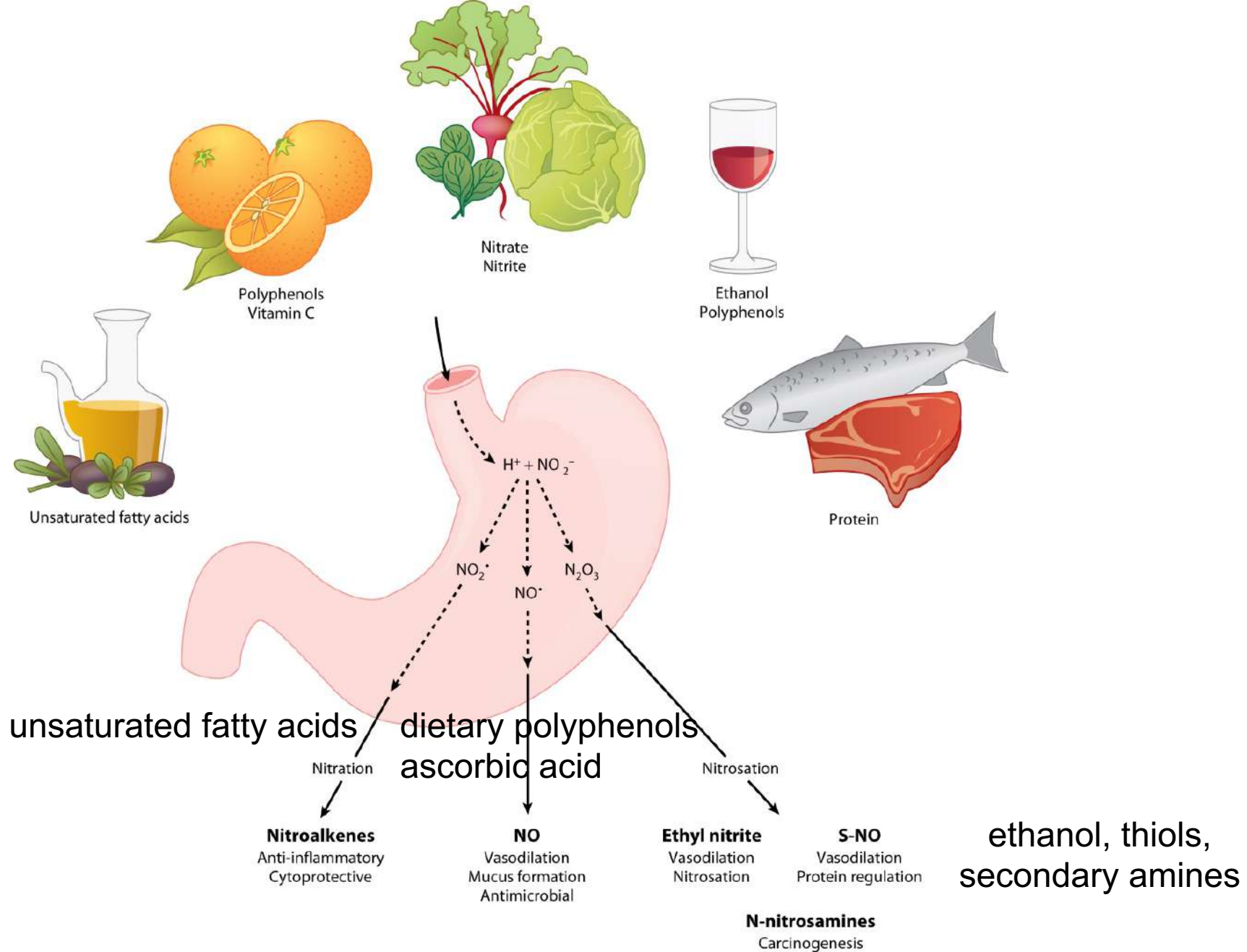
Συγκέντρωση νιτρικών (mg/kg)

Ομάδα λαχανικών	Παραδείγματα	Μέγεθος δείγματος	Διάμεσος	Μέση Τιμή	εύρος (P5–P95)
Φυλλώδες	Σπανάκι, μαρούλι, ρόκα, τεύτλα	25,306	1,140	1,614	66–4,556
Βότανο	βασιλικός, μαϊντανός, άνηθος, χλωρά κρεμμύδια	492	791	1,240	10–4,040
Βλαστός	σπαράγγι, μάραθος, σέλινο, ραβέντι	1,379	302	698	3–2,923
Ρίζα κόνδυλοι	Πατάτα, Παντζάρι καρότο, Σέλινο	7,579	152	506	15–2,302
Λάχανα	Μπρόκολο, Λάχανο, σγουρό λάχανο, Κουνουπίδι	3,192	241	279	7–758
Όσπρια	φασόλια, μπιζέλια, φασολάκια	882	56	221	1–748
Βολβοί	σκόρδο, κρεμμύδι	243	60	159	1–601
Φρουτώδη λαχανικά	αγγούρι, τομάτα μελιτζάνα, κολοκύθι	2,822	83	149	1–486
Μύκητες	μανιτάρι	12	41	59	31–100

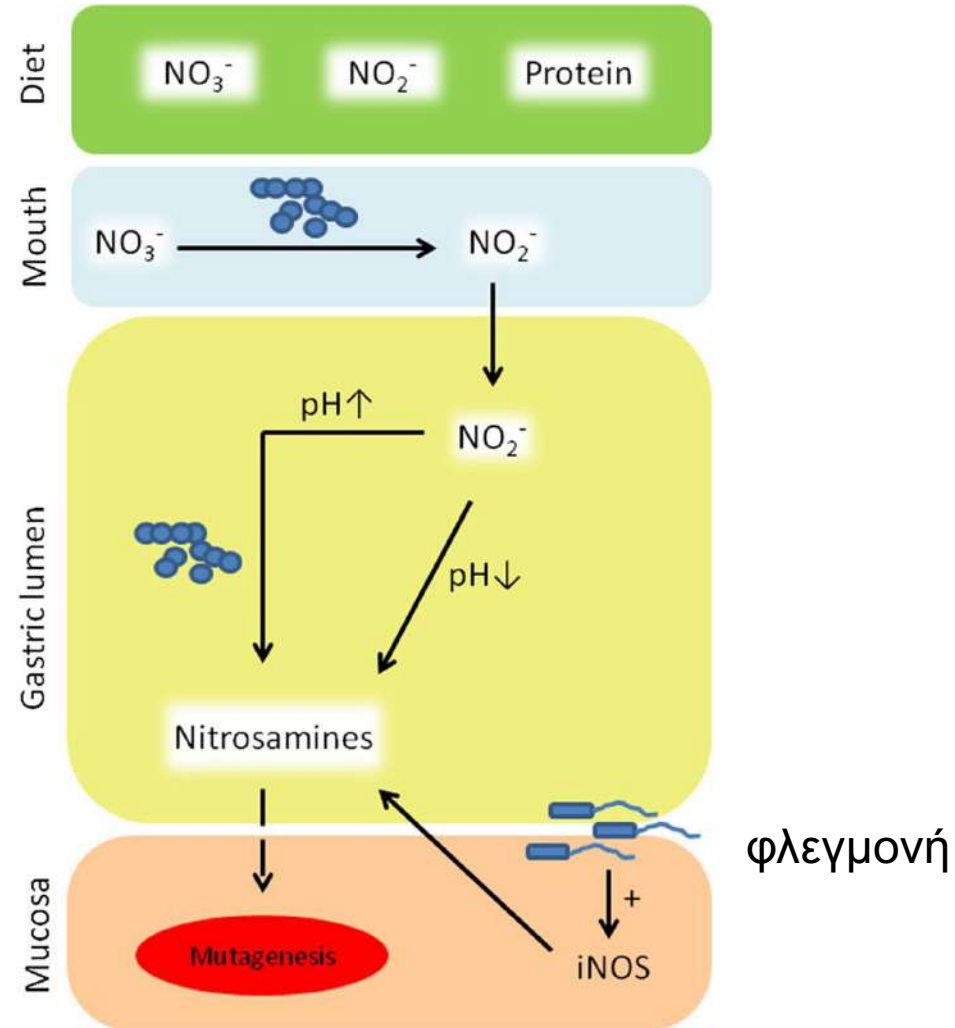
Χημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ νιτρωδών, νιτρικών και άλλων διαιτητικών συστατικών στο **όξινο περιβάλλον** του στομάχου



Lundberg J O , and Weitzberg E Gut 2013;62:616-629

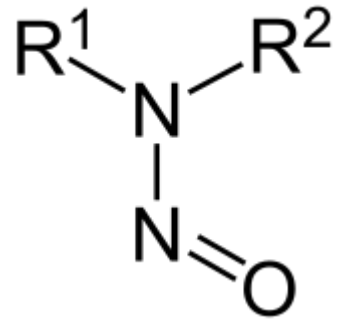


Συμμετοχή βακτηρίων στο σχηματισμό νιτροζαμινών στο στόμαχο



Lundberg J O , and Weitzberg E Gut 2013;62:616-629

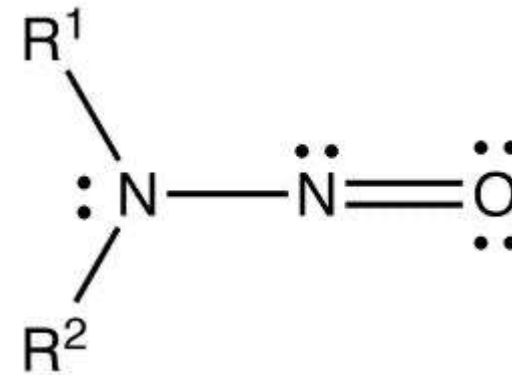
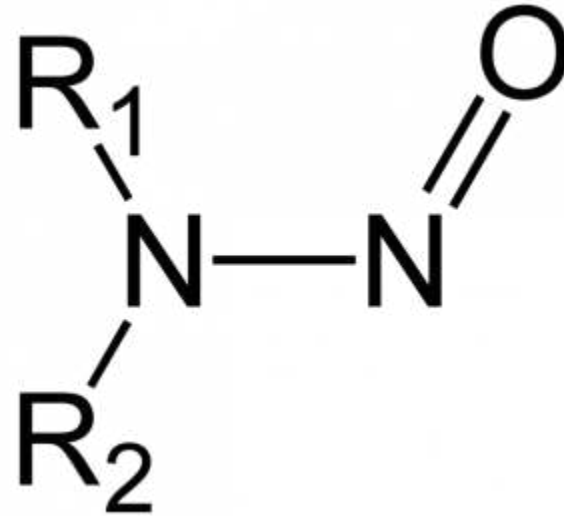
Νιτροζαμίνες



Στο στόμαχο, (χαμηλό pH) το HNO_2 που παράγεται από τα νιτρώδη (NO_2^-) μπορεί να αντιδράσει με δευτερογενείς και τριτοταγείς αμίνες και να δώσει νιτροζαμίνες.

Προκειμένου να ελαττωθεί ο σχηματισμός νιτροζαμινών, προστίθεται **ασκορβικό οξύ** στα τρόφιμα στα οποία προστίθενται νιτρώδη.

Νιτροζαμίνες υπάρχουν και στην μπύρα.



Νιτροζαμίνες

Χημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ νιτρωδών, νιτρικών και άλλων διαιτητικών συστατικών στο **όξινο περιβάλλον** του στομάχου

Το σίελο που περιέχει νιτρώδη ιόντα (NO_2^-), καταπίνεται συνεχώς στο όξινο στομάχι όπου παίρνει αμέσως ένα πρωτόνιο για να σχηματίσει νιτρώδες οξύ (HNO_2)

Από το νιτρώδες οξύ μπορεί να δημιουργηθεί μια ποικιλία αντιδρώντων οξειδίων του αζώτου και αυτά μπορούν να αντιδράσουν με άλλα διαιτητικά συστατικά για να σχηματίσουν νέες βιολογικώς δραστικές ενώσεις που δρουν τοπικά στο στομάχι ή συστηματικά μετά την απορρόφηση.

Δ. Συντήρηση κρέατος με καπνισμό και θέρμανση

Γενικά χαρακτηριστικά

Το κρέας και τα προϊόντα του εκτίθενται στην επίδραση καπνού που προέρχεται από βραδεία και ατελή καύση ειδικών ξύλων

Συνήθως σε αλλαντοποιημένα προϊόντα

Μεταβολές στο χρώμα (καστανό, αντιδράσεις Maillard) και άρωμα: αντίδραση φαινολικών ενώσεων καπνού με σουλφιδρυλικές ενώσεις πρωτεϊνών κρέατος και αντιδράσεις Maillard.

Το αποτέλεσμα εξαρτάται και από το είδος του κρέατος, αλλά και τις συνθήκες για την παραγωγή του καπνού.

Αποτελέσματα

- ↪ Ξήρανση της επιφάνειας του προϊόντος
 - ↪ Αλλαγή στη δομή πρωτεϊνών
 - ↪ Μείωση πληθυσμού μικροοργανισμών (φαινόλες, φορμαλδεΐδη)
 - ↪ Δημιουργία εξωτερικού ρητινούχου στρώματος (προστατευτικό)
- ☞ Αποφυγή τεμαχισμού του καπνιστού κρέατος κατά τη συντήρηση (ανάπτυξη βακτηρίων)

Επίδραση Θερμικών Κατεργασιών

Σύνοψη

Υψηλές θερμοκρασίες

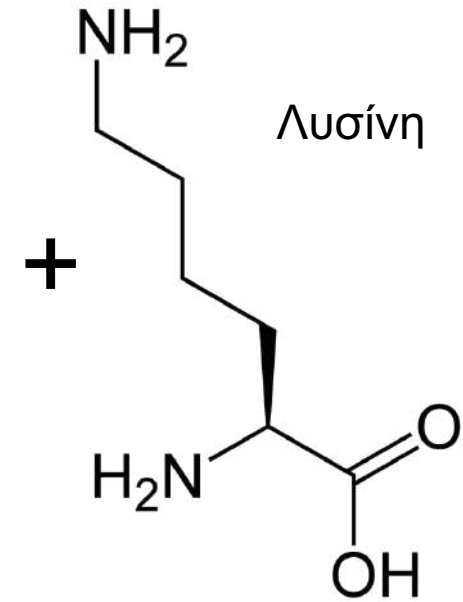
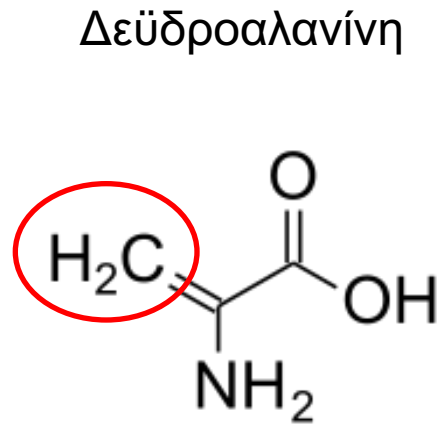
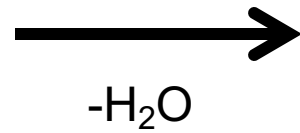
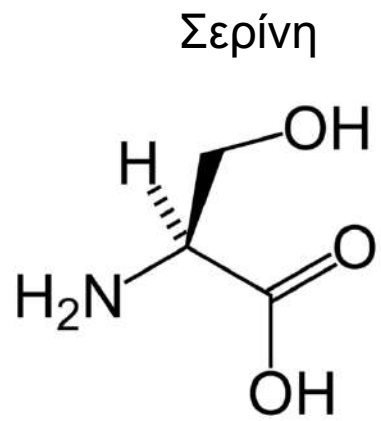
- Παστερίωση – πρόσκαιρη προστασία (κρέας, ψάρι, γάλα, αυγό)/ μετουσίωση
- Αποστείρωση – διατήρηση για μήνες (γάλα, κονσέρβες κρέατος)/ καταστροφή μικροοργανισμών
- ⊕ Τάγγιση λιπών – Ευνοούνται αντιδράσεις Maillard
- ⊕ Μείωση θρεπτικής αξίας (Lys)
- Αλλαντοποίηση – πολύ αλάτι/ NO_2 /ασκορβικά αλ./σάκχαρα
- Καπνισμός-Θέρμανση – βακτηριοκτόνος ιδιότητα, Maillard & $-\text{COOH}$ (χρώμα-άρωμα)



Βελτίωση φυτικών πρωτεϊνών, πεπτικότητα, διαθεσιμότητα θειούχων AA (Met, Trp, Thr)

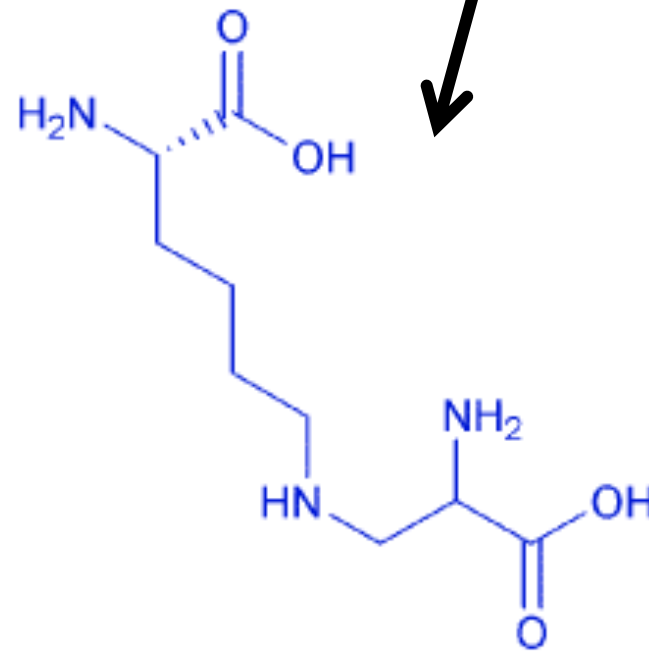


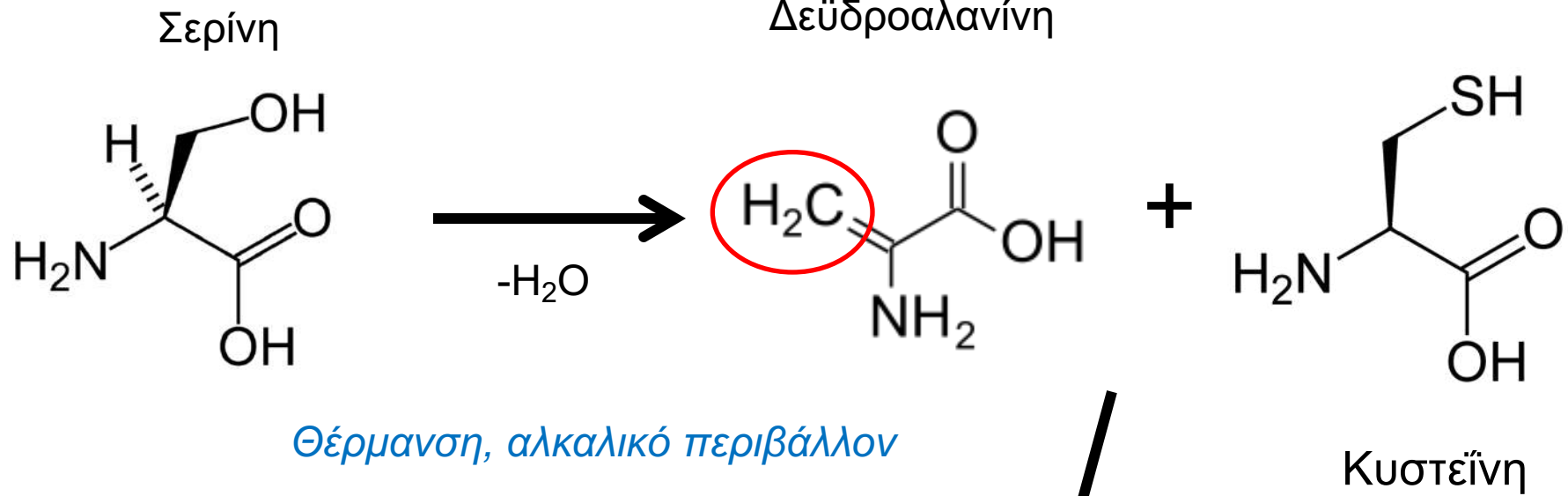
Γευστικότητα & διαιτητική αξία (οξειδώσεις AA, χρήση αλκάλων για σταθεροποίηση/καταστροφή τοξινών), τοξικότητα (π.χ. λυσινο-αλανίνη), μεταβολή χρώματος σε συγκεκριμένα κονσερβοποιημένα τρόφιμα (FeS από Cys, Met)



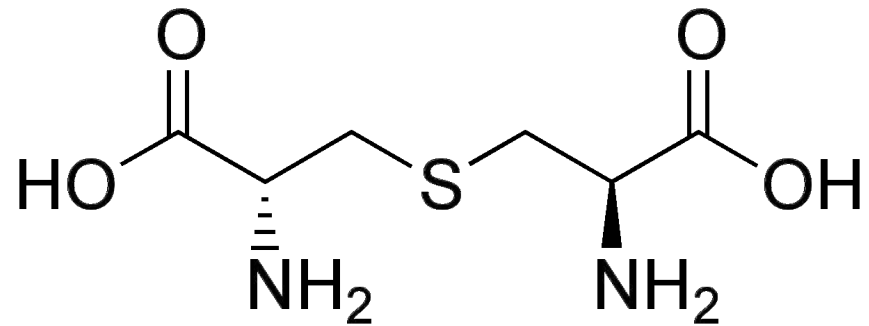
Θέρμανση, αλκαλικό περιβάλλον

Λυσινοαλανίνη
(τοξική)

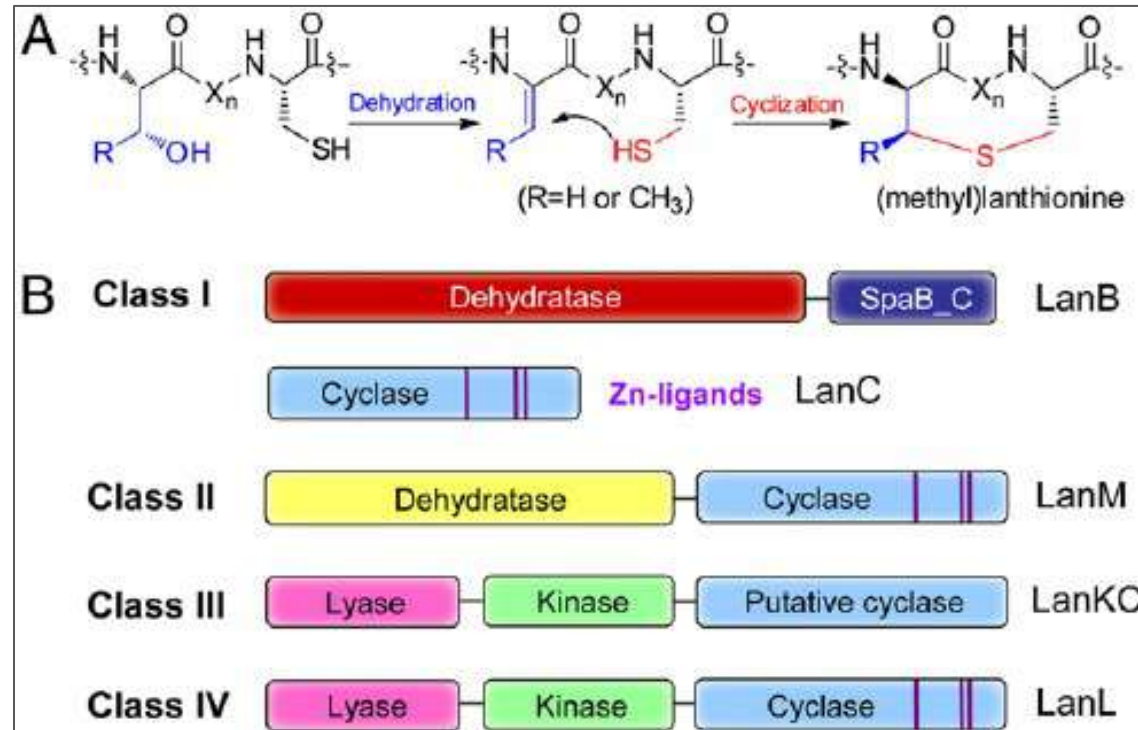




Λανθειονίνη



Νέα αντιβιοτικά



Zhang et al. (2012) PNAS, 109 (45) 18361-18366

Το αμινοξύ λανθειονίνη χαρακτηρίζει τα "lanthibiotics", δηλαδή τις βακτηριοσίνες κλάσης I που παράγονται από τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος.

Διατήρηση τροφίμων σε χαμηλές θερμοκρασίες

Ψύξη



Ψύξη

Κρέας – Αντικειμενικός σκοπός: Παρεμπόδιση ανάπτυξης μικροοργανισμών, ενζυμικής ενεργότητας, χημικών αντιδράσεων (αλλοιώσεις ιστών, δηλητηριάσεις από μικροοργανισμούς)

Μεταβολές (αεροστεγώς συσκευασμένο κρέας με ψύξη)

Μετατροπή μυοσφαιρίνης σε μεταμυοσφαιρίνη (ψυχότροφοι μικροοργανισμοί – δεν προκαλούν τροφικές δηλητηριάσεις)

Αποδιάταξη πρωτεϊνών σε υψηλή ψύξη και χαμηλό pH

Απόψυξη: ανάπτυξη μικροοργανισμών στη βρεγμένη επιφάνεια, διόγκωση κολλαγόνου

Η ασφαλής συντήρηση εξαρτάται από:

1. Θερμοκρασία ψύξης (3-4°C)
2. Αρχικό μικροβιακό φορτίο
3. Σχέση επιφάνειας όγκου (αποφυγή του τεμαχισμού)
4. Διαθέσιμη υγρασία
5. Τρόπο συσκευασίας

Θερμοκρασίες μη ανάπτυξης βακτηρίων που προκαλούν τροφικές δηλητηριάσεις

- ✓ *Salmonella* < 7°C
- ✓ Τοξίνη *Staph. aureus* < 5.6°C
- ✓ *Clostridium perfringens* < 15°C
- ✓ Τοξίνη *Clostridium botulinum* < 3.3°C

Συσκευασία

1. Αεροστεγής συσκευασία: Το προϊόν περιβάλλεται από μεμβράνη χαμηλής διαπερατότητας στο O_2 , αφαιρείται ο αέρας και σφραγίζεται η συσκευασία.

2. Αεριούχος συσκευασία: Ο φυσικός αέρας αντικαθίσταται από αέριο ή μείγμα αερίων CO_2 , O_2 , N_2 . Κάθε αέριο έχει συγκεκριμένο ρόλο στη διάρκεια συντήρησης του κρέατος.

CO_2

Το πιο αποτελεσματικό αέριο. Ανασταλτικό στην ανάπτυξη αερόβιων επιβλαβών οργανισμών. Μειονεκτήματα: απώλεια λίπους λόγω διαλυτοποίησής του στην επιφάνεια του κρέατος \Rightarrow μείωση ικανότητας συγκράτησης νερού λόγω μείωσης pH \Rightarrow συνδυασμός CO_2 , O_2 και N_2 .

O_2

Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με CO_2 και N_2 . Παρουσία O_2 , διατηρείται η μυοσφαιρίνη στην οξειδωμένη της μορφή (MbO_2).

Μειονεκτήματα: οξειδωτική τάγγιση λίπους, ανάπτυξη αερόβιων μικροοργανισμών σήψης.

N_2

Σε συνδυασμό με CO_2 : αδρανές συμπληρωματικό στοιχείο για την παρεμπόδιση της διάχυσης CO_2 στο λίπος την τάγγιση του λίπους από O_2 , την ανάπτυξη αερόβιων οργανισμών.



1. Αποθήκευση υπό κενό: αεροστεγής συσκευασία



2. Αεριούχος συσκευασία, παράδειγμα: CO₂, O₂

Κρέας που εξετέθη σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα 80% O₂ και 20% CO₂

Φαίνεται ποιοτικό, αλλά δεν είναι!

1. Αναστολή βακτηριακής αύξησης και καλό χρώμα
2. Η υφή σκληραίνει
3. Η γεύση ταγγίζει
4. Πρωτεΐνες και βιταμίνη E οξειδώνονται
5. Φαινομενικά ψημένο ενώ είναι νωπό

⇒ σκληρό και άγευστο κρέας

3. Ενεργός συσκευασία – Active/Smart Packaging

- ▶ Ενσωμάτωση προσθετικών στη μεμβράνη συσκευασίας ή στα δοχεία προκειμένου να τροποποιηθεί η ατμόσφαιρα
- ▶ Επιτρέπει διατήρηση τροποποιημένης ατμόσφαιρας που επεκτείνει τη διάρκεια συντήρησης.
- ▶ Το σύστημα ενεργού συσκευασίας περιλαμβάνει μεμβράνες με: προσθετικά εξάλειψης του O₂ ή του CO₂, συντηρητικά, αντιοξειδωτικά, αντιμικροβιακά, απορρόφησης αιθυλενίου, στοιχεία ένδειξης παρουσίας αερίου.



Ψύξη

Γάλα

Μεταβολές στα καζεϊνικά μικκύλια: μέρος της καζεΐνης αποχωρίζεται από το μικκύλιο και μεταφέρεται στη διαλυτή φάση. Ακολουθεί πρόσληψη νερού και διάλυση του φωσφορικού ασβεστίου των μικκυλίων.

Αποτέλεσμα στην παρασκευή τυριού: Επιμήκυνση του χρόνου πήξεως με πτυιά (χυμοσίνη), ελάττωση της συνεκτικότητας του τυροπήγματος, μείωση της απόδοσης σε τυρί.

Διατήρηση τροφίμων σε χαμηλές θερμοκρασίες

Κατάψυξη



Κατάψυξη

Κρέας

-10 έως -30 °C, συνήθως **-18 °C**.

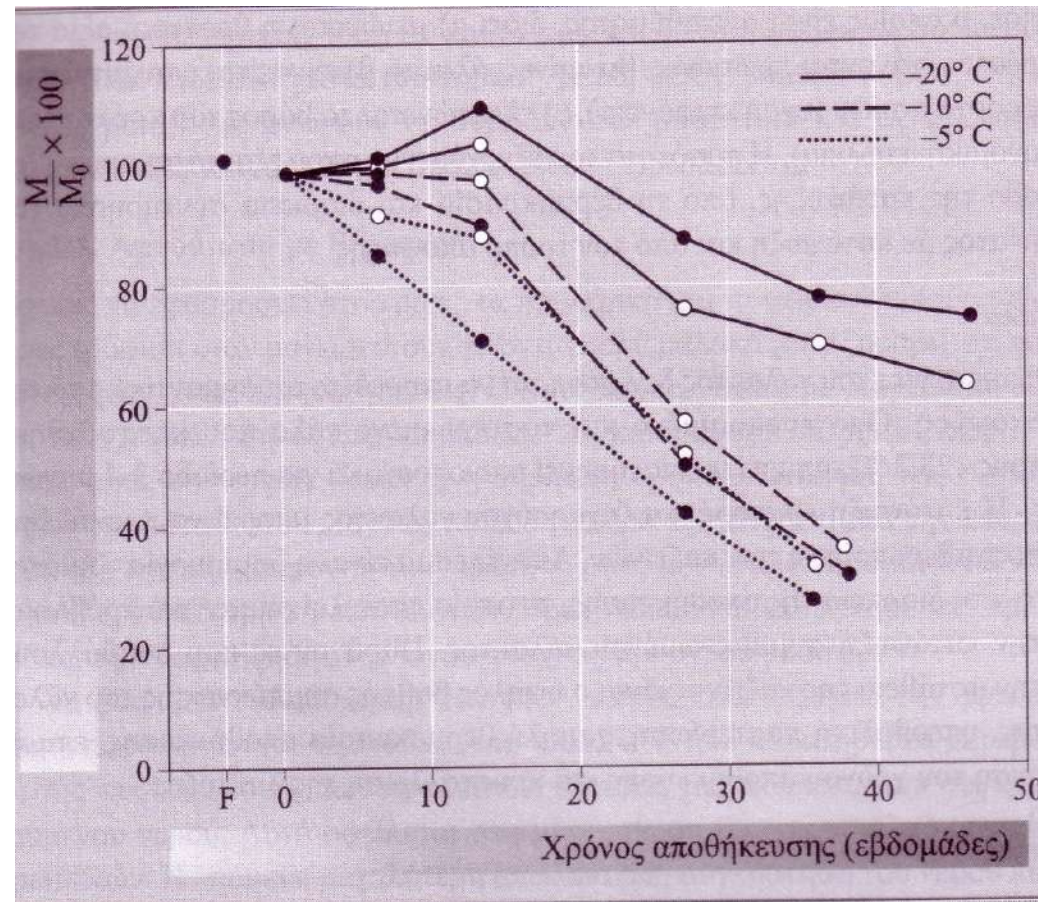
Ταχύτητα κατάψυξης: υπερ-βραδεία, βραδεία, ταχεία, υπερταχεία

Διάρρηξη των ιστών, καταστροφή μεμβρανών.

Στους -10 °C: δημιουργία κρυστάλλων πάγου που αυξάνουν τη συγκέντρωση αλάτων στην υδατική φάση. Διάρρηξη δεσμών πρωτεϊνών νερού ⇒ μείωση ποσότητας νερού, μετουσίωση πρωτεϊνών, υποβάθμιση θρεπτικής αξίας.

Γενικά

- ✓ Όσο μεγαλύτερη η διάρκεια κατάψυξης, τόσο μεγαλύτερη η έκταση της μετουσίωσης.
- ✓ Όσο χαμηλότερη η θερμοκρασία, τόσο μικρότερη η έκταση της μετουσίωσης, μεγαλύτερη η δυνατότητα εκχύλισης και συγκράτησης νερού κατά την απόψυξη.



Επίδραση του χρόνου στην διαλυτότητα μυϊκών ινιδίων κρέατος που έχει καταψυχθεί στους -20, -10, -5 °C υπό ταχεία κατάψυξη (●), βραδεία κατάψυξη (○).

M_0 : διαλυτότητα ινιδίων φρέσκου κρέατος

M : διαλυτότητα ινιδίων κατεψυγμένου κρέατος

Ψάρια

Η μυοσίνη μετουσιώνεται και συνδέεται με την ακτίνη που δεν μεταβάλλεται: ψάρια στεγνά και μαλακά μετά την απόψυξη.

Γάλα

Οι πρωτεΐνες δεν επηρεάζονται σημαντικά. Η κατάψυξη συμπυκνωμένου (εβαπορέ) και ζαχαρούχου γάλακτος ενδέχεται να προκαλέσει αποσταθεροποίηση των καζεϊνών, οπότε δημιουργείται ίζημα: πρόβλημα κατά την κατάψυξη συμπυκνωμένου γάλακτος.

Αστάθεια καζεΐνης: βαθμός συμπύκνωσης, παστερίωσης, θερμοκρασία και χρόνος αποθήκευσης, κρυστάλλωση της λακτόζης.

Αυγά

Το ασπράδι γενικά είναι αναλλοίωτο, μεταβολές στον κρόκο μετά την απόψυξη. Κατά την κατάψυξη στους $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, το 81% του νερού του κρόκου υπό μορφή παγοκρυστάλλων, αυξάνεται η συγκέντρωση των αλάτων. Καταστροφή λιποπρωτεϊνών κατά την κατάψυξη. Προσθήκη σακχάρων ή μαγειρικού άλατος προστατεύουν τις από το ψύχος προκαλούμενες αλλοιώσεις.

Διατήρηση τροφίμων σε χαμηλές θερμοκρασίες

Απόψυξη



Απόψυξη

Κρέας

Ο τρόπος επηρεάζει την θρεπτική αξία του κρέατος

Σε **βύθιση στο νερό** ⇒

Απώλεια ουσιών από επιφανειακά στρώματα, κίνδυνος μικροβιακής επιμόλυνσης

Απόψυξη **με επαφή με τον αέρα** ⇒

Ανάπτυξη μικροοργανισμών. Σχετίζεται με εξωτερική θερμοκρασία, υγρασία ατμόσφαιρας, ταχύτητα κίνησης του αέρα.

Κατά την απόψυξη εξέρχεται σπός ⇒

Μείωση θρεπτικής αξίας (πρωτεΐνες, βιταμίνες, άλατα),

Ευνοείται η ανάπτυξη μικροοργανισμών (υγρή επιφάνεια)

Ελαττώνεται το βάρος

Εξερχόμενος σπός ⇒

Μέθοδος κατάψυξης, τρόπος απόψυξης, θερμοκρασία και διάρκεια συντήρησης.

Αυγά

Το ασπράδι γενικά αναλλοίωτο, μεταβολές στον κρόκο που μετά την απόψυξη από -6 °C μοιάζει με πηκτή δηλ. αυξημένο ιξώδες-ζελατινοποίηση. Απώλεια γαλακτωματοποιητικής ικανότητας.

Διατήρηση τροφίμων σε χαμηλές θερμοκρασίες

Αφυδάτωση



Αφυδάτωση

Πλεονέκτημα: διατήρηση τροφίμων με απομάκρυνση νερού


Αφυδάτωση με **θέρμανση**, γενικά

Διοχέτευση αέρα υψηλών θερμοκρασιών \Rightarrow επιζήμια επίδραση στους μύες ιστών

Ξήρανση \Rightarrow υψηλή συγκέντρωση αλάτων στους ιστούς \Rightarrow συστολή μυών, αύξηση ιονικής ισχύος, μετουσιώσεις στις πρωτεΐνες (αλλοδόμηση)

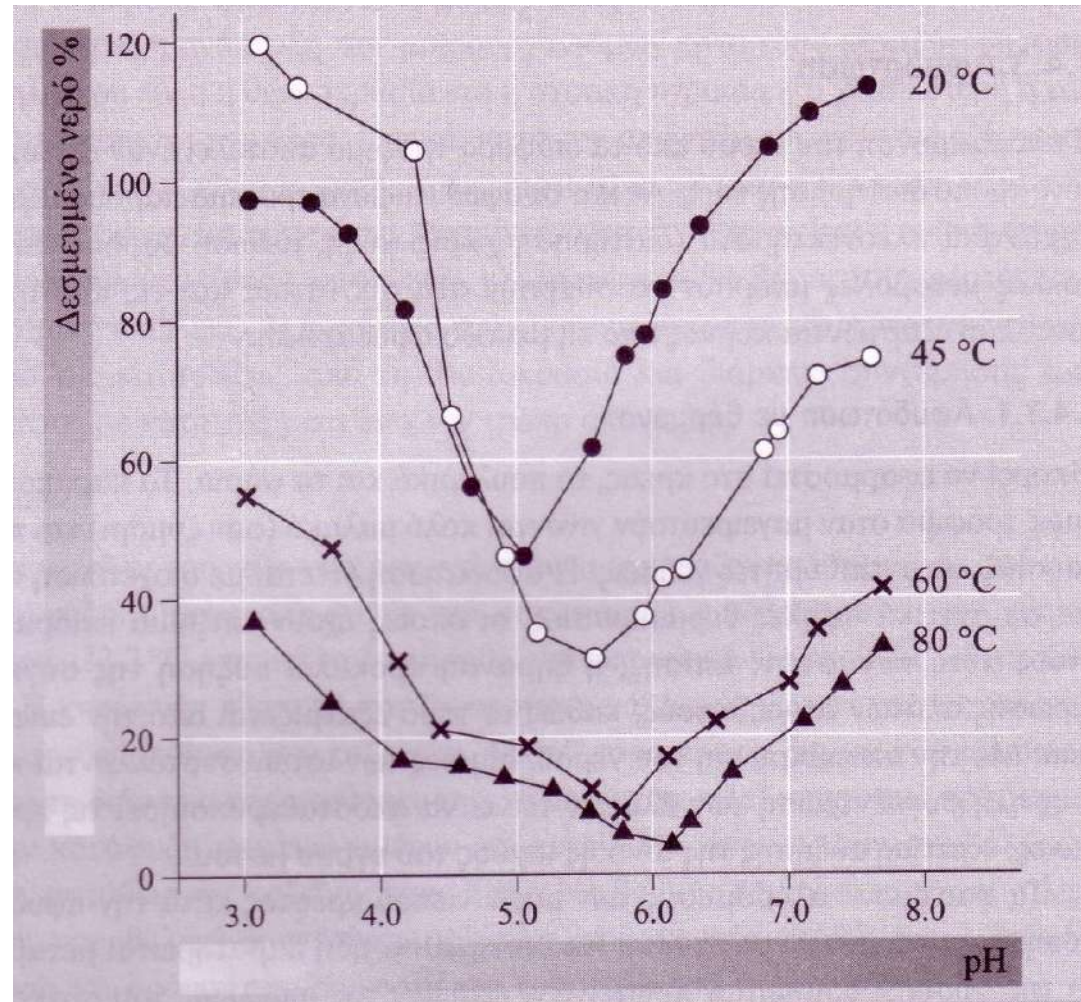
Αλλαγές ιδιοτήτων κρέατος κατά τη θέρμανση σε στάδια

Κρέας, πουλερικά, ψάρια - μετά το μαγείρεμα γίνονται πολύ μαλακά, ανεπιθύμητες γεύσεις

1. 20°C: Πρώτη απώλεια συγκρατούμενου νερού, μεταβολές δομής, μετουσίωση σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών
 2. Δεύτερη απώλεια νερού στους 40-50°C, μετουσίωση συσταλών πρωτεϊνών, συνεχίζεται μέχρι τους 80°C.
 3. 80°C και άνω: σχηματισμός H_2S . Απώλεια όξινων ομάδων \Rightarrow αύξηση pH \Rightarrow τάση συγκράτησης νερού
-  Ζελατινοποίηση του κολλαγόνου στους 100°C \Rightarrow αύξηση κατακρατούμενου νερού, όχι όμως αρκετή ώστε να ισοσταθμίσει τις προηγούμενες απώλειες.

Μη ενζυμική αμαύρωση - Αντιδράσεις Maillard

Η γλυκόζη και τα φωσφορυλιωμένα παράγωγα των σακχάρων ενώνονται με μεγάλο αριθμό αμινοξέων και πρωτεϊνών. Αλλαγή φυσικών ιδιοτήτων πρωτεϊνών με αποτέλεσμα τη δυσκαμψία-σκληρότητα. Καταστροφή απαραίτητων αμινοξέων.



Επίδραση της θερμοκρασίας στην καμπύλη pH-ενυδάτωσης των μυών βοείου κρέατος.

Μέθοδοι Αφυδάτωσης

Ξήρανση με **κενό** (vacuum drying)

Η εξάλειψη του αέρα μειώνει στις μεταβολές που οφείλονται σε οξείδωση και χαμηλή θερμοκρασία, περιορίζει τη μη ενζυμική αμαύρωση.

Λυοφιλίωση (freeze drying)

Το προϊόν καταψύχεται, η πίεση μειώνεται, το νερό απομακρύνεται με εξάχνωση. Καλύτερη μέθοδος για αφυδάτωση κρεατοσκευασμάτων. Διατήρηση αρχικού σχήματος, πορώδες προϊόν, επιτρέπει εύκολη ενυδάτωση.



Μεταβολές στις πρωτεΐνες: σκλήρυνση (στενότερη σύνδεση μορίων ακτινομυοσίνης, ξεδίπλωμα σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών, σχηματισμός καινούριων δεσμών).

Μέθοδοι Αφυδάτωσης

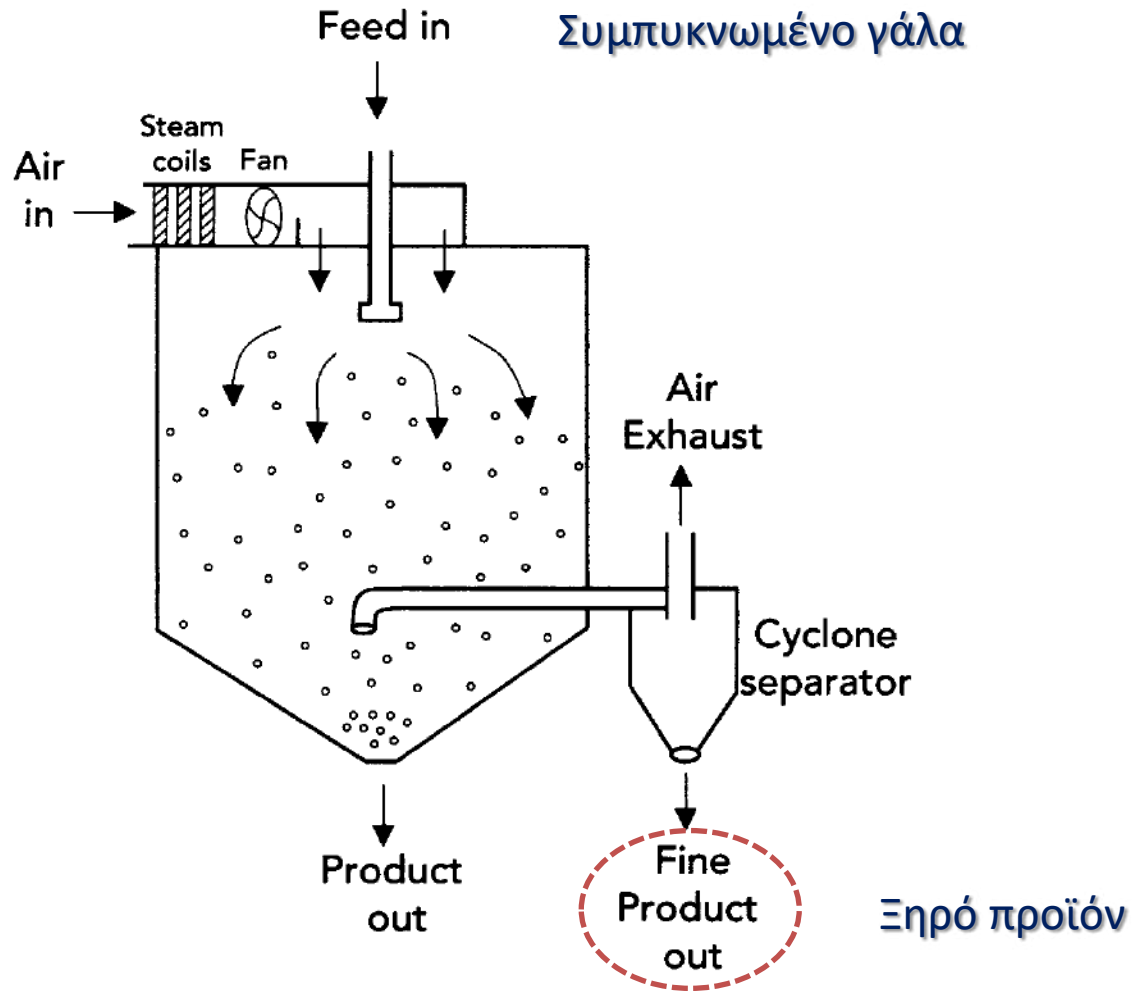
Ξήρανση με ψεκασμό (spray drying)

Αφυδάτωση αυγών και γαλακτοκομικών προϊόντων. Το προϊόν ψεκάζεται σε χώρο με θερμό αέρα που επιτρέπει την εξάτμιση του διοχετευόμενου υλικού και τη μετατροπή του σε σκόνη.

Δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές στη δομή των πρωτεϊνών, τη διαλυτότητα του γάλακτος και των προϊόντων.



Επιβλαβείς επιπτώσεις στις πρωτεΐνες του αυγού (αφρισμός).



8.15
figure

Typical arrangement of a spray dryer.

Μέθοδοι Αφυδάτωσης

Ξήρανση με **κυλίνδρους** (τύμπανα)

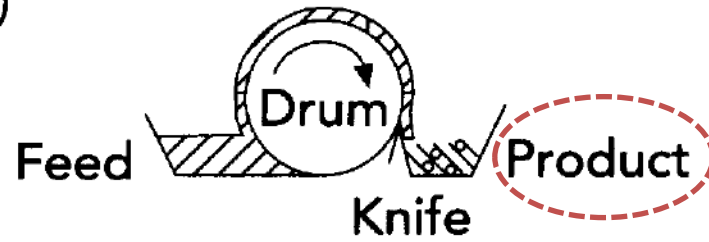
Το υγρό προϊόν έρχεται σε επαφή με περιστρεφόμενους κυλίνδρους που θερμαίνονται εσωτερικά με ατμό και ξηραίνεται σε λεπτό στρώμα.

Η θερμοκρασία ελέγχεται αυστηρά για άριστη ποιότητα προϊόντος.



Ανεπιθύμητη οσμή και μείωση διαλυτότητας πρωτεϊνών. Δημιουργία νέων αμινοξέων (*φουροζίνη, πυριδοζίνη*) παραγώγων λυσίνης → Μείωση διαιτητικής αξίας γάλακτος

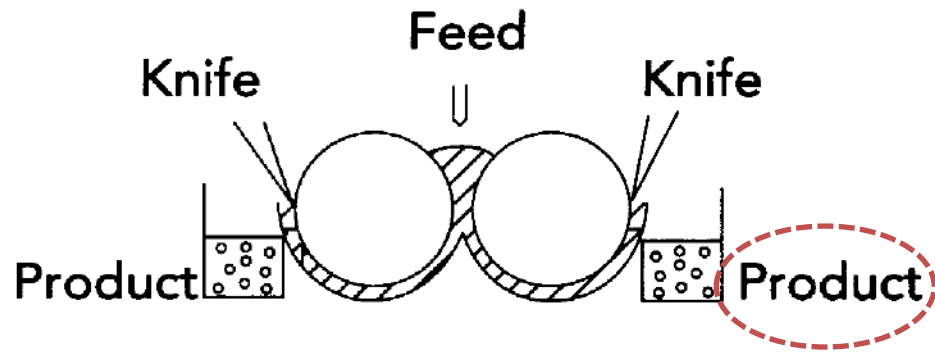
(a)



Ξήρανση με έναν ή δύο κυλίνδρους

Γάλα

(b)



8.16
figure

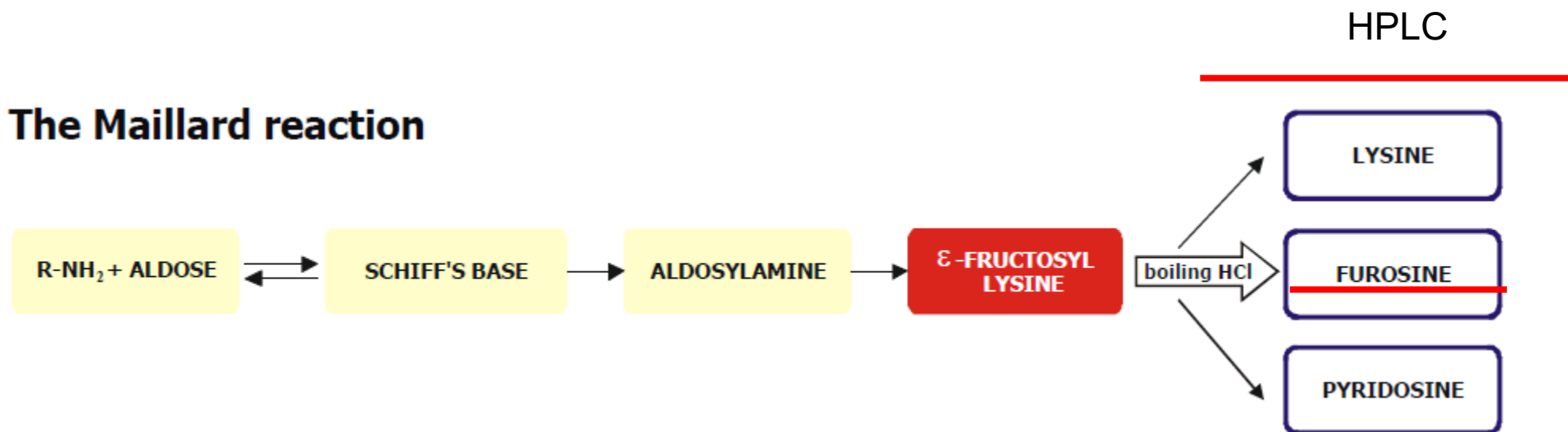
Drum dryer arrangements: (a) single drum; (b) double drum (adapted from Karel et al., 1975).

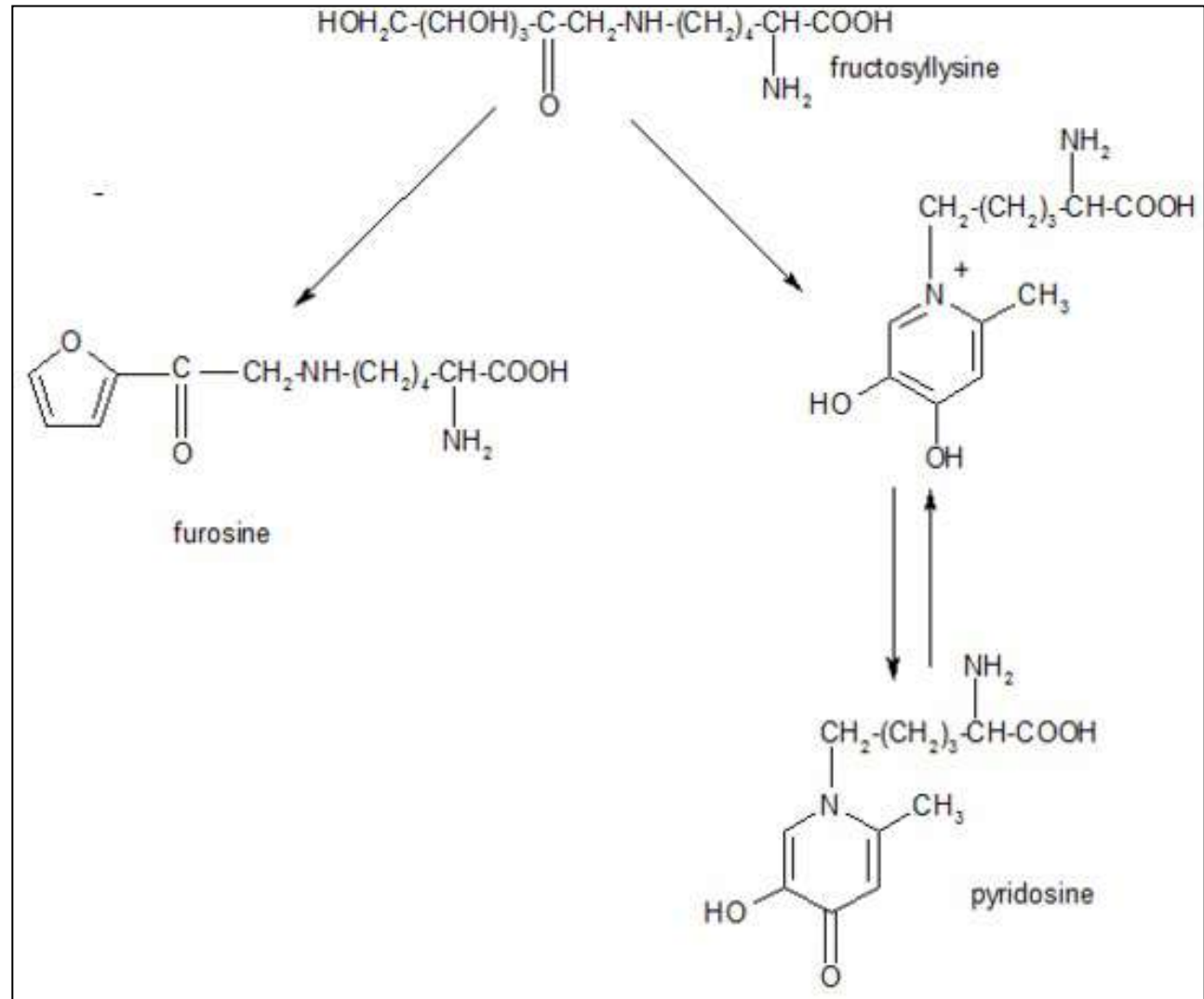
Αντιδράσεις Maillard σε γάλα που ξηραίνεται σε κυλίνδρους

Παραγωγή ε-φρουκτόσυλο-λυσίνης

👉 Μείωση θρεπτικής αξίας γάλακτος

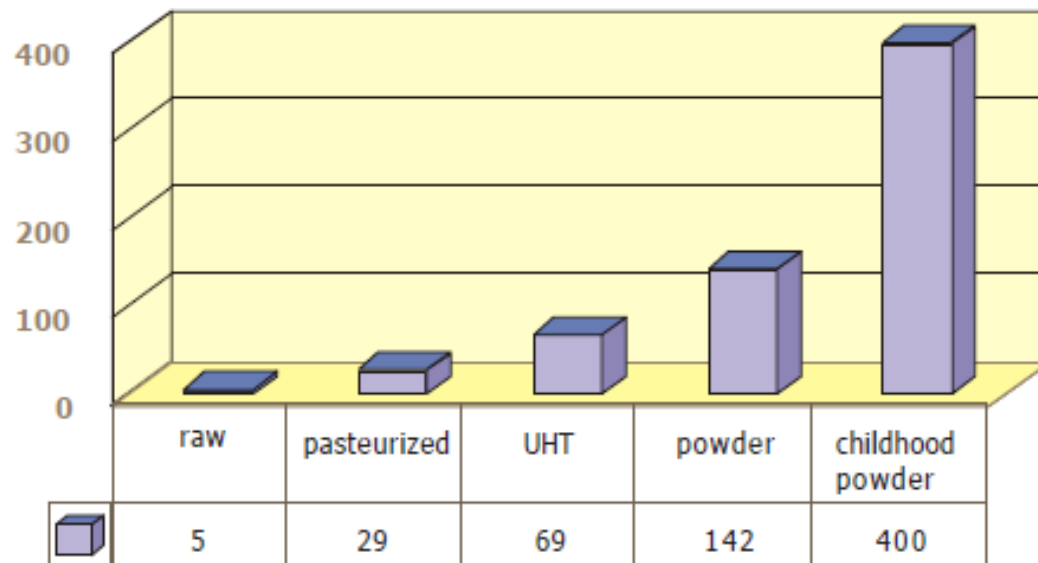
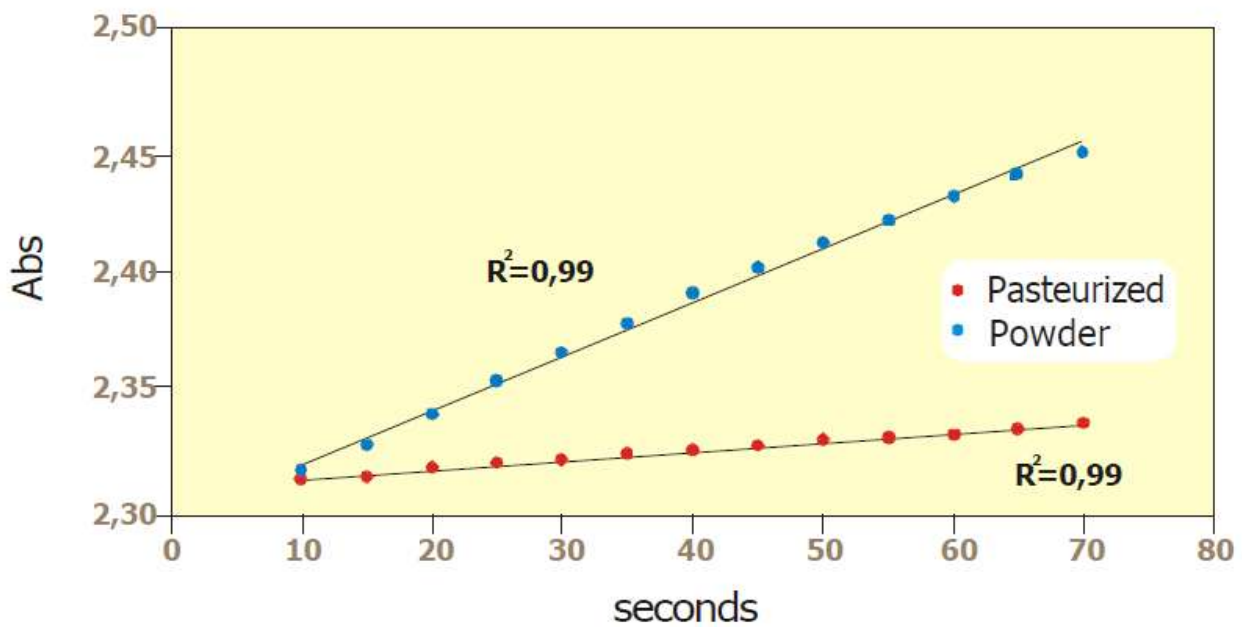
The Maillard reaction





Επίπεδα ε-φρουκτόζυλο λυσίνης σε διαφορετικά παρασκευάσματα γάλακτος

ε - Fructosyl-lysine Kinetic on milk



High Temperature Short Time (HTST)

*UHT: Ultra-high-temperature