



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

Βιοχημεία Τροφίμων I

Ενότητα 3^η

Κρέας και ψάρι III

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



πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





Στόχοι ενότητας

- Κατανόηση των μεταθανάτιων μεταβολών του μυός σε σχέση με την ποιότητα του κρέατος
- Κατανόηση της τρυφεροποίησης του κρέατος



Λέξεις - κλειδιά

- Λέξεις κλειδιά: Νεκρική Ακαμψία, Γλυκόλυση, Πρωτεϊνάσες, Τρυφεροποίηση Κρέατος, Ποιότητα Κρέατος
- Key words: Rigor Mortis, Glycolysis, Proteinases, Meat Tenderization, Meat Quality



Μεταθανάτιες μεταβολές – Πριν την νεκρική ακαμψία

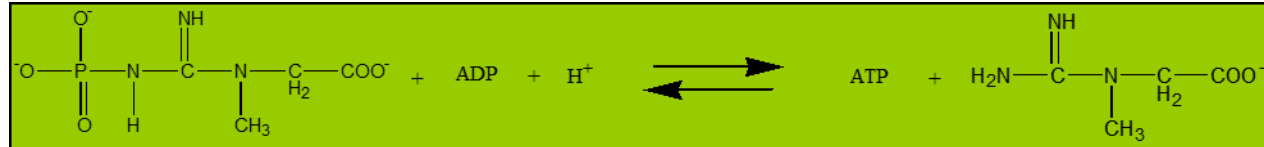
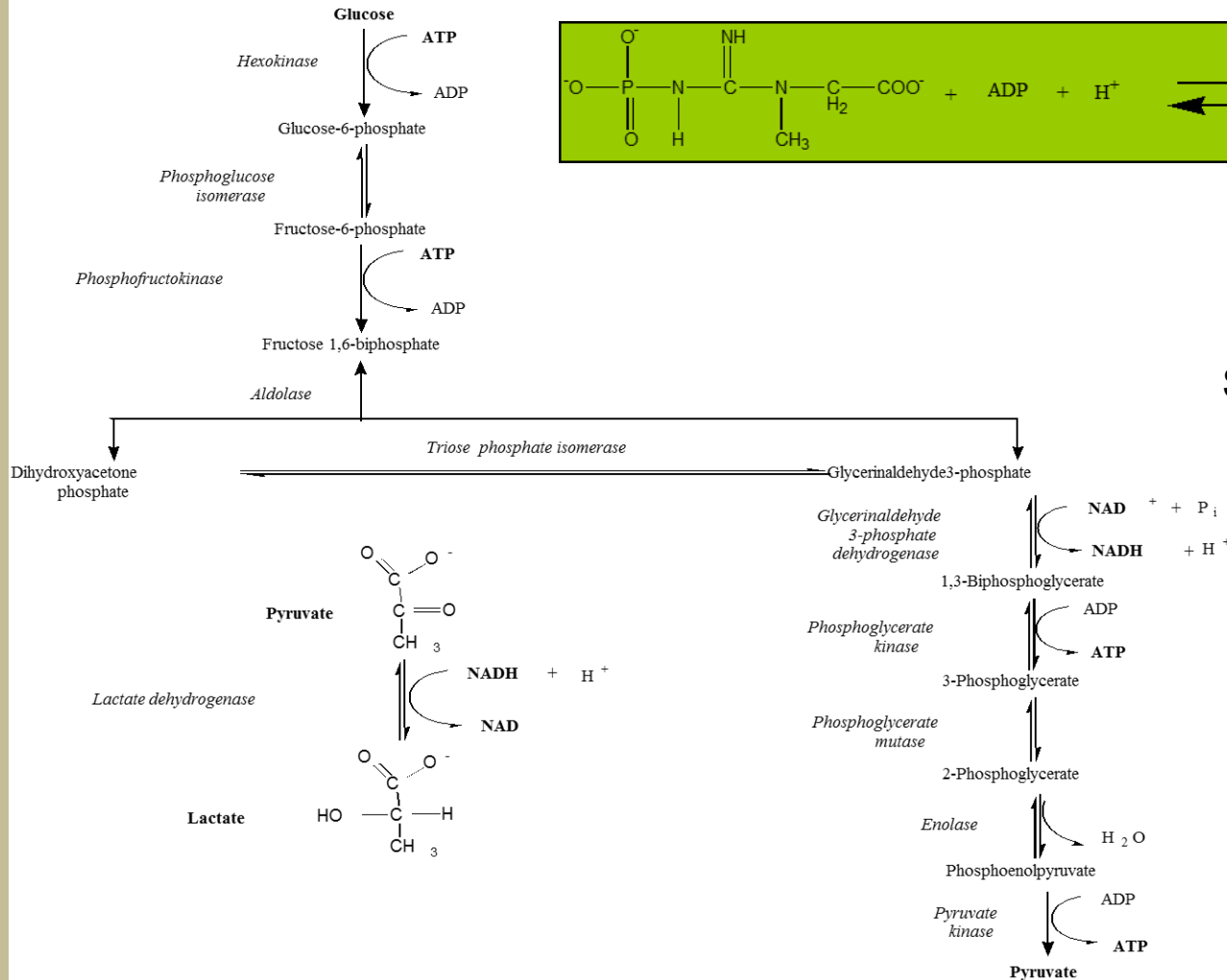
Πριν την νεκρική ακαμψία (pre-rigor):

- Μυς μαλακός.
- Γλυκόλυση απουσία οξυγόνου (2 ATP/γλυκόζη).
- Παραγωγή γαλακτικού οξέος.
- Μείωση pH.
- Μείωση συγκέντρωσης ATP.
- Μείωση συγκέντρωσης φωσφορικής κρεατίνης.

<https://www.coursera.org/lecture/meat-we-eat/muscle-composition-conversion-of-muscle-to-meat-80Xm6>



Γλυκόλυση



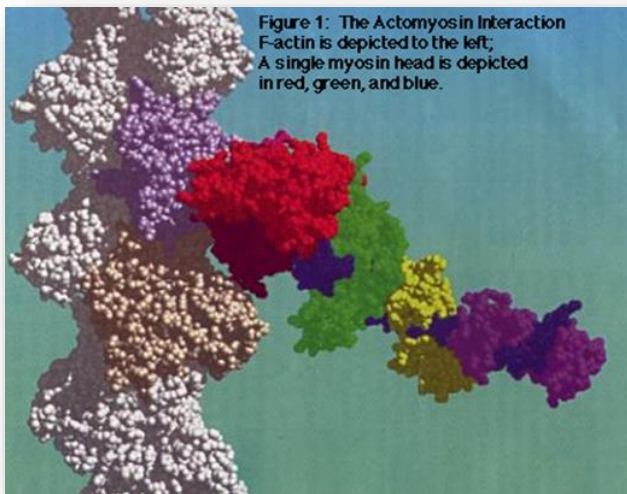
Κρεατίνη:
παράγωγο
γλυκίνης, αργινίνης &
S-αδενόσυλο-μεθειονίνης



Μεταθανάτιες μεταβολές – Νεκρική ακαμψία (α)

Νεκρική ακαμψία (rigor mortis):

- Μείωση pH.
- Σχηματίζεται σταθερό σύμπλοκο ακτομυοσίνης (λόγω της έλλειψης ATP).



[https://www.youtube.com/
watch?v=m06a9UZmtag](https://www.youtube.com/watch?v=m06a9UZmtag)



Μεταθανάτιες μεταβολές – Νεκρική ακαμψία (β)

Νεκρική ακαμψία (rigor mortis): (συνέχεια)

- Το κρέας σκληραίνει και γίνεται άκαμπτο.
- Εξέλιξη αρχικά αργή, με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα αργότερα.
 - Θηλαστικά: έναρξη 0.5-12 h μετά τον θάνατο, διάρκεια 15-20 h.
 - Ψάρια: έναρξη 1-7 h μετά τον θάνατο, μικρότερη διάρκεια.



Μεταθανάτιες μεταβολές – Μετά την νεκρική ακαμψία

Μετά την νεκρική ακαμψία (post-rigor):

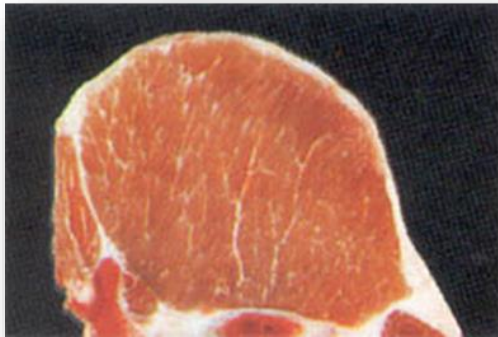
- Οι μύες σταδιακά μαλακώνουν.
- Γίνονται οργανοληπτικά αποδεκτοί.
- Στα θηλαστικά ο χρόνος είναι 2-3 βδομάδες στους 4°C.

<https://www.youtube.com/watch?v=QjweXriwsx0>



Ποιότητα κρέατος (α)

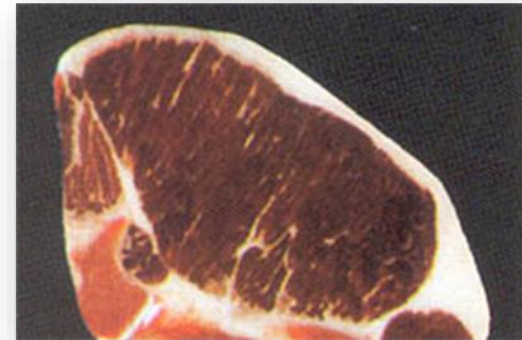
RFN κρέας



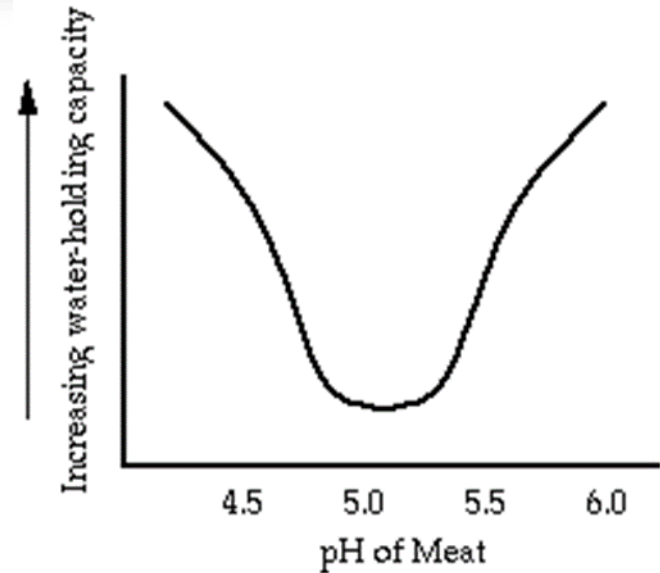
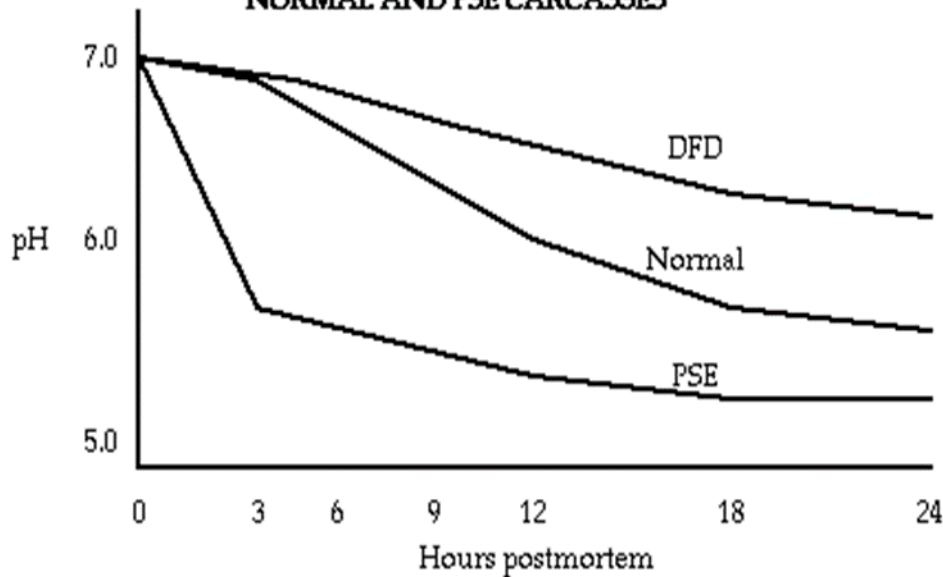
PSE κρέας



DFD κρέας



pH DECLINE DURING 24 HR POSTMORTEM FOR DFD, NORMAL AND PSE CARCASSES





Ποιότητα κρέατος (β)

- το κρέας αμέσως μετά την σφαγή και πριν την έναρξη της φάσης της νεκρικής ακαμψίας πρέπει να διατηρείται στους **15-16°C** για **24-48 ώρες**.
- εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος (**electrical stimulation**) στο σφάγιο:
 - ελεγχόμενη επιτάχυνση της μεταθανάτιας «αναερόβιας» γλυκόλυσης και
 - άρα μείωση του χρόνου συντήρησης του κρέατος σ' αυτή τη θερμοκρασία.



Ποιότητα κρέατος (γ)

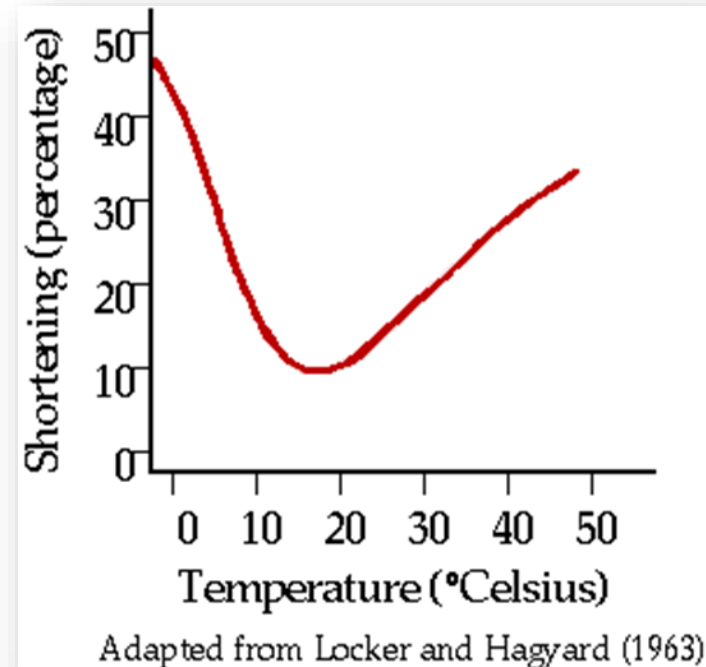
- Εν συνεχεία, απομακρύνονται τα οστά και το κρέας αφήνεται να **ωριμάσει** μέχρι και **14 ημέρες**
- Εναλλακτικά, ο διαχωρισμός των πιο σημαντικών τμημάτων του κρέατος από τα οστά μπορεί να γίνει 1-2 h μετά τη σφαγή (**hot boning**).
- Το κρέας συσκευάζεται κατάλληλα ώστε να ελαχιστοποιηθεί η νεκρική ακαμψία.



Ποιότητα κρέατος (δ)

Thaw rigor

- κατάψυξη του κρέατος ($< 0^{\circ}\text{C}$) πριν την έναρξη της νεκρικής ακαμψίας
- πιο έντονη ακαμψία μετά την απόψυξη.
- έντονες μυϊκές συστολές (μαζική εκροή Ca^{++} από το σαρκοπλασματικό δίκτυο).
- σμίκρυνση του κρέατος κατά 60-80%.
- κρέας σκληρό, χωρίς χυμούς.

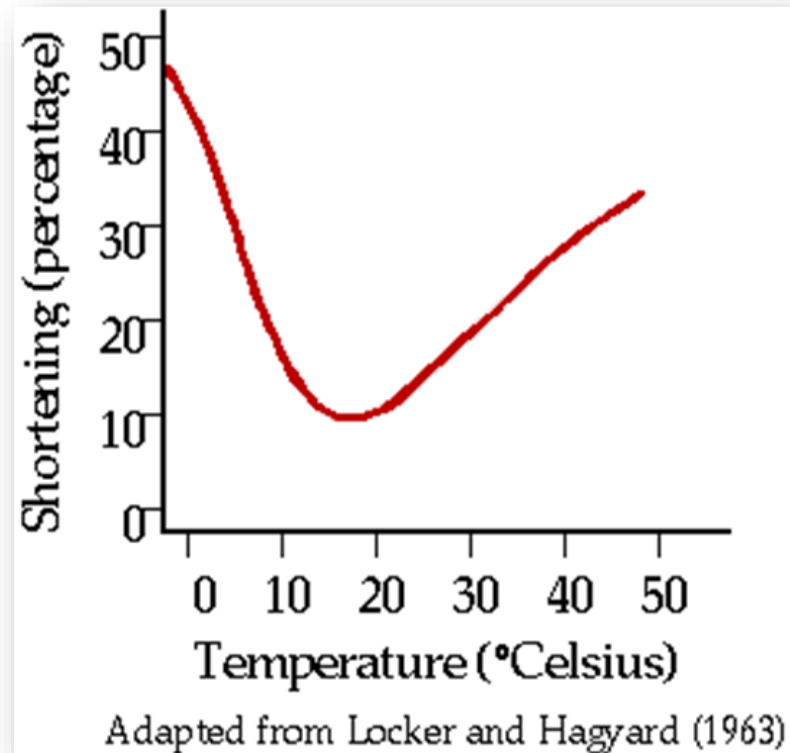




Ποιότητα κρέατος (ε)

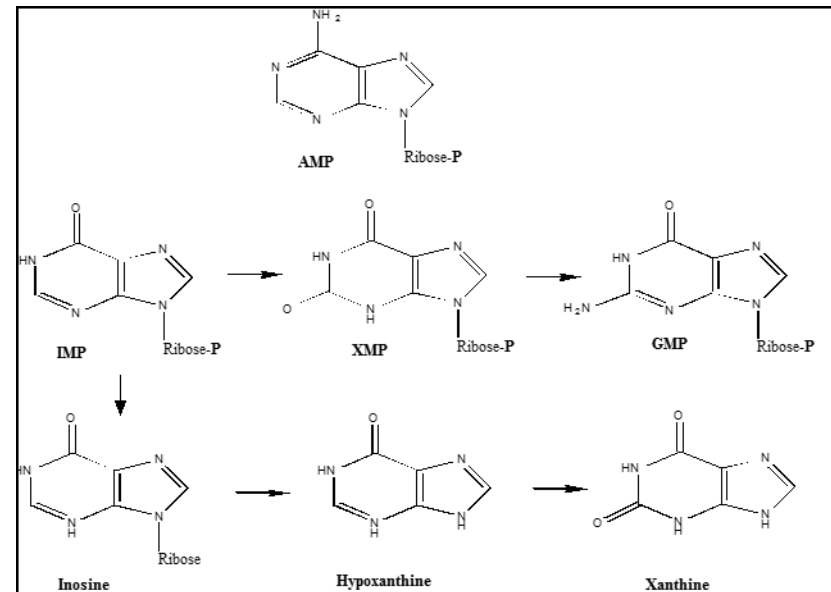
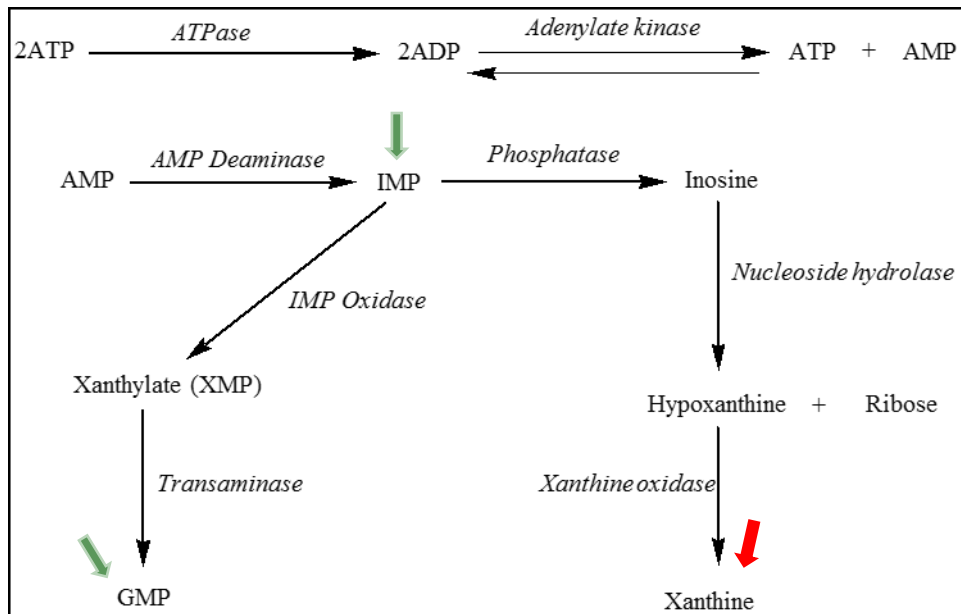
Cold shortening

- ψύξη του κρέατος (0-15°C) πριν την έναρξη της νεκρικής ακαμψίας.
- φαινόμενα όπως και στην εφαρμογή thaw rigor, αλλά λιγότερο έντονα.
- επιτάχυνση της νεκρικής ακαμψίας με διαβίβαση ηλεκτρικού ρεύματος (electrical stimulation).





Αποικοδόμηση ATP στο μεταθανάτιο μύ



$$K = \frac{(\text{ινοσινη} + \text{υποξανθινη} + \text{ξανθινη}) \times 100}{\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{ανεδοσινη} + \text{ινοσινη} + \text{υποξανθινη} + \text{ξανθινη}}$$

- **IMP & GMP** (ριβόζη-5 P και πουρίνη-8 OH: θετική επίδραση στη γεύση)
- **Υποξανθίνη**: πικρή και δυσάρεστη γεύση στα ψάρια και κονσερβοποιημένο βόειο κρέας



Τρυφεροποίηση κρέατος (α)

Πρωτεΐνες

- υδρολύουν τις πρωτεΐνες των μυϊκών κυττάρων.
- εξασθενούν τη δομή των μυϊκών νημάτων.
- ενδογενή ένζυμα των μυϊκών κυττάρων.
- ένζυμα ινωδοβλαστών.
- ένζυμα ερυθρών αιμοσφαιρίων.
- βακτηριακά ένζυμα.

<https://www.youtube.com/watch?v=QjweXriwsx0>



Τρυφεροποίηση κρέατος (β)

Η ενεργότητα τους εξαρτάται από

- την ποσότητα του ενζύμου.
- την παρουσία παρεμποδιστών και ενεργοποιητών.
- την παρουσία των απαραίτητων συνενζύμων.
- το pH.
- Κύρια ένζυμα: καθεψίνες και καλπαΐνες



Ενδογενείς πρωτεΐνες (α)

Καθεψίνες 1

- Δρουν σε όξινο pH.
- Ένζυμα των λυσοσωμάτων των μυϊκών κυττάρων.
- Υδρολύουν:
 - την μυοσίνη.
 - την ακτίνη.



Ενδογενείς πρωτεΐνες (β)

Καθεψίνες 2

- Μελετημένες:
 - καθεψίνη B1 (pH 3,5-6,0).
 - καθεψίνη H (pH 6,0).
 - καθεψίνη L (pH 5,0).
 - καθεψίνη D (pH 3,0-5,0).
- Μικρού ΜΒ (20-40 kDa).
 - εισχωρούν εύκολα μέσα στα μυϊκά νήματα.
- **Κυστατίνες**: ενδογενείς παρεμποδιστές (π.χ. κυστατίνη C στα κοτόπουλα).



Ενδογενείς πρωτεΐνες (γ)

Καλπαίνες 1

- Ουδέτερες κυτταροπλασματικές πρωτεΐνες (βέλτιστο pH 7,5-7,6).
- Υπεύθυνες για την αποικοδόμηση:
 - του Z-δίσκου,
 - της τιπίνης,
 - της νεβουλίνης,
 - της τροπομυοσίνης και,
 - της τροπονίνης T και I.



Ενδογενείς πρωτεΐνες (δ)

Καλπαΐνες 2

- Παίζουν σημαντικότερο ρόλο από τις καθεψίνες.
- Ενεργοποιούνται παρουσία Ca^{++} .
- Δύο τύποι:
 - μ-καλπαΐνη και
 - m-καλπαΐνη
- Διμερή MB 110 kDa:
 - καταλυτική υπομονάδα 80 kDa.
 - υπομονάδα 30 kDa άγνωστης λειτουργίας



Ενδογενείς πρωτεΐνες (ε)

Καλπαΐνες 3

- μ-καλπαΐνη (I, 110 kDa)
 - ενεργοποιείται παρουσία 50-70 μM Ca^{++} .
 - μικρή σταθερότητα στον μεταθανάτιο μυ
 - αυτολύεται, ιδιαίτερα σε υψηλές θερμοκρασίες παρουσία Ca^{++} .
- m-καλπαΐνη (II, 108 kDa)
 - ενεργοποιείται παρουσία 1-5 mM Ca^{++} .
 - Πιο σταθερή
 - Διατηρεί την ενεργότητά της για 2-3 εβδομάδες μετά τη σφαγή



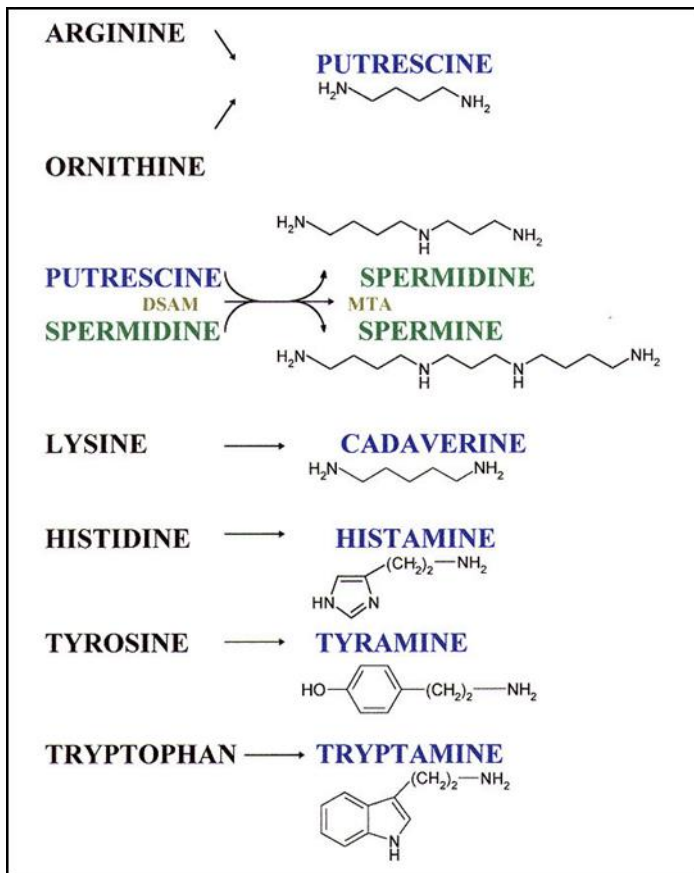
Ενδογενείς πρωτεΐνες (ε)

Καλπαΐνες

- Η **καλπαστατίνη** (50-172 kDa):
 - δρα ως αντιστρεπτός συναγωνιστικός παρεμποδιστής των καλπαϊνών.
 - ρυθμίζει τη δράση τους μέσω μιας αλληλοεπίδρασης που εξαρτάται από τη παρουσία ασβεστίου,
 - αυτό λαμβάνει χώρα για μερικές μόνο ημέρες καθώς η καλπαστατίνη σταδιακά αυτολύεται.



Βιογενείς αμίνες



δυσάρεστα οργανοληπτικά
 χαρακτηριστικά

πρωτεΐνες κρέατος

Τρυφεροποίηση

πεπτίδια και ελεύθερα αμινοξέα

Βακτηριακά ένζυμα

υδατάνθρακες, αλδεΐδες, κετόνες,
 σουλφίδια, μερκαπτάνες και αμίνες

αλλεργικού τύπου τροφιμογενείς
 δηλητηριάσεις με κύρια συμπτώματα
 τη ναυτία και τους πονοκεφάλους

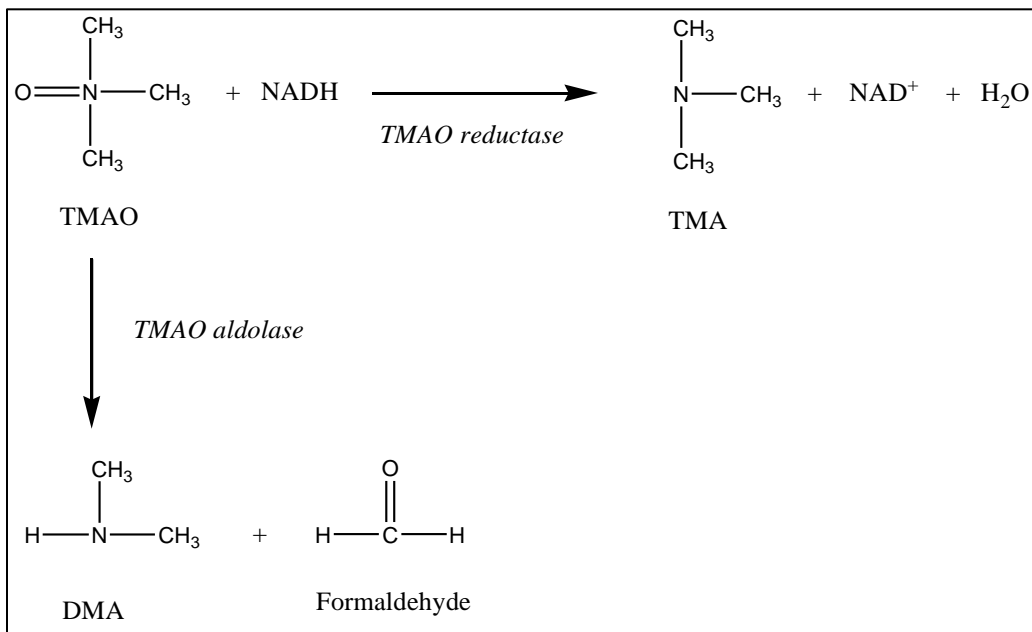


Μεταβολές του ΤΜΑΟ στα ψάρια

οξειδίο τριμεθυλο-αμίνης (ΤΜΑΟ)
(0.1 M στα ψάρια)

Μικροοργανισμοί

Αναγωγή



Τριμεθυλο-αμίνη
(μυρωδιά «ψαρίλας»)

ψύξη
ψαριού

Διμεθυλο-αμίνη
+ φορμαλδεΐδη

διασταύρωση μυϊκών πρωτεϊνών,
σκλήρυνση μυών



Βιβλιογραφία

- B.K. Simpson (2012) Food Biochemistry and Food Processing, Wiley-Blackwell
- M.J. Berg, L.J. Tymoczko, G.J. Gato, L. Stryer (2015) Βιοχημεία, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης