



Βιοχημεία Τροφίμων

Ενότητα 9^η
Βιοχημεία Κρέατος



Δημήτρης Π. Μακρής *PhD DIC*
Αναπληρωτής Καθηγητής

Η Σύσταση του Κρέατος

Το κρέας έχει πολύπλοκη σύσταση. Το νερό, οι πρωτεΐνες και τα λιπίδια είναι τα συστατικά που βρίσκονται στη μεγαλύτερη αναλογία. Το νερό είναι το πλέον άφθονο συστατικό του κρέατος (65 – 80%) και επηρεάζει σημαντικά το χυμώδες, το χρώμα, την υφή και την επιφανειακή όψη.

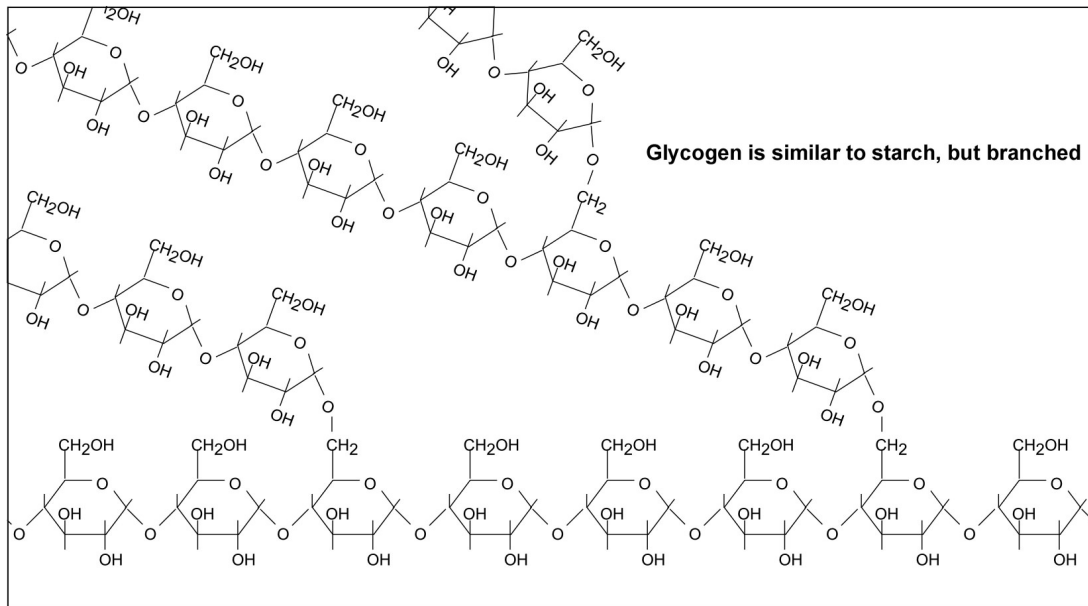
Η υπόλοιπη σύσταση του κρέατος μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε αζωτούχες και μη-αζωτούχες ουσίες. Οι αζωτούχες ουσίες αποτελούνται κυρίως από:

- ☐ πρωτεΐνες (μυοϊνικές, σαρκοπλασμικές και συνδετικές)
- ☐ πεπτίδια (καρνοσίνη, ανσερίνη και μπαλενίνη)
- ☐ ελεύθερα αμινοξέα
- ☐ νουκλεοτίδια / νουκλεοζίδια (ουσίες που προέρχονται από το ATP)
- ☐ υδατοδιαλυτές βιταμίνες (ομάδα Β).

Η Σύσταση του Κρέατος

Οι μη-αζωτούχες ουσίες συμπεριλαμβάνουν:

- ❑ Λιπίδια (τριάκυλγλυκερόλες, φωσφολιπίδια, χοληστερόλη)
- ❑ Μεταλλικά στοιχεία (σίδηρο, φώσφορο, νάτριο, κάλιο κτλ.)
- ❑ Ιχνοστοιχεία (Zn, Se κτλ.)
- ❑ Υδατάνθρακες (γλυκογόνο, γλυκόζη κτλ.)
- ❑ Λιποδιαλυτές βιταμίνες (A, D, E, K)



Η Σύσταση του Κρέατος

Πρωτεΐνες

Μετά το νερό, οι πρωτεΐνες είναι τα κυριότερα συστατικά του κρέατος και η περιεκτικότητά τους κυμαίνεται από 15 - 22 g/100 g. Οι πρωτεΐνες παίζουν σημαντικό ρόλο μεταθανάτια, στη μετατροπή των μυών σε κρέας και σχετίζονται με μεταβολές στην τρυφερότητα και τη διατροφική αξία.

Οι πρωτεΐνες του κρέατος έχουν υψηλή διατροφική αξία γιατί εξασφαλίζουν σχετικά υψηλά ποσοστά απ' όλα τα απαραίτητα αμινοξέα (20). Υπάρχουν τρεις κατηγορίες πρωτεϊνών στο κρέας: οι μυοϊνικές, οι σαρκοπλασμικές και οι συνδετικές, σε μια προσεγγιστική αναλογία 60/30/10.

Οι **μυοϊνικές πρωτεΐνες (myofibrillar proteins)** είναι τα κύρια συστατικά της δομής των μυοϊνιδίων και η περιεκτικότητά τους είναι περίπου 9.5 g/100 g. Η μυοσίνη είναι η κυριότερη μυοϊνική πρωτεΐνη.

Η Σύσταση του Κρέατος

Οι **σαρκοπλασμικές πρωτεΐνες (sarcoplasmic proteins)**, των οποίων η περιεκτικότητα είναι περίπου 9 g/100 g, αποτελούν μια ομάδα πρωτεϊνών πολύ υδατοδιαλυτών. Η κύρια σαρκοπλασμική πρωτεΐνη είναι η μυογλοβίνη, στην οποία οφείλεται το ερυθρό χρώμα του κρέατος.

Η περιεκτικότητα της μυογλοβίνης στο κρέας κυμαίνεται ανάλογα με το είδος και είναι υψηλή σε βοδινό και αρνίσιο κρέας, χαμηλή στο χοιρινό και πολύ χαμηλή στο κρέας πουλερικών. Επίσης η μυογλοβίνη αυξάνει με την ηλικία του ζώου.

Η αιμογλοβίνη παραμένει στο κρέας, ανάλογα με τη στράγγιση του αίματος από τους μύες κατά την αιμορραγία. Οι υπόλοιπες σαρκοπλασμικές πρωτεΐνες είναι μεταβολικά ένζυμα που βρίσκονται στα μιτοχόνδρια, λυσοσωμάτια, τον πυρήνα και το κυτταρόπλασμα.

Η Σύσταση του Κρέατος

Οι συνδετικές πρωτεΐνες (**connective proteins**), που βρίσκονται σε μια περιεκτικότητα της τάξεως των 3 g/100 g, αποτελούνται κυρίως από κολλαγόνο και ελαστίνη και είναι αδιάλυτες.

Αυτές οι πρωτεΐνες είναι μέρος του σκελετικού δικτύου (δύναμη, υποστήριξη, σχήμα) και σχετίζονται με τη σκληρότητα του κρέατος. Το κολλαγόνο γίνεται σκληρότερο όσο μεγαλώνει σε ηλικία το ζώο και είναι πλούσιο σε υδροξυπρολίνη, ένα αμινοξύ με χαμηλή βιολογική αξία.

Η ελαστίνη είναι πιο ελαστική και εμπεριέχεται κυρίως σε ιστούς με κάποιο βαθμό ελαστικότητας, όπως το δέρμα, οι τένοντες, οι μύες και τα τοιχώματα των μεγάλων αρτηριών.

Η Σύσταση του Κρέατος

Λιπίδια

Η περιεκτικότητα των μυών σε λίπη κυμαίνεται από 1.5 – 17 g/100 g. Οι κυριότερες κατηγορίες λιπιδίων είναι τα λιπαρά οξέα, οι υδρογονάνθρακες, οι στερόλες, οι μονο-, δι- και τριακυλγλυκερόλες, οι εστέρες στερολών και τα φωσφολιπίδια.

Τα λιπίδια βρίσκονται κυρίως μέσα και ενδιάμεσα στους μύες αλλά και σε λιπώδεις ιστούς (adipose tissues). Η χοληστερόλη είναι η μοναδική στερόλη του κρέατος και βρίσκεται κατά 90% υπό τη μορφή εστέρων.

Οι τριακυλγλυκερόλες χρησιμεύουν ως αποθηκευτικό λίπος και η σύστασή τους σε λιπαρά οξέα κυμαίνεται ανάλογα με το είδος του ζώου και τη διαίτά του.

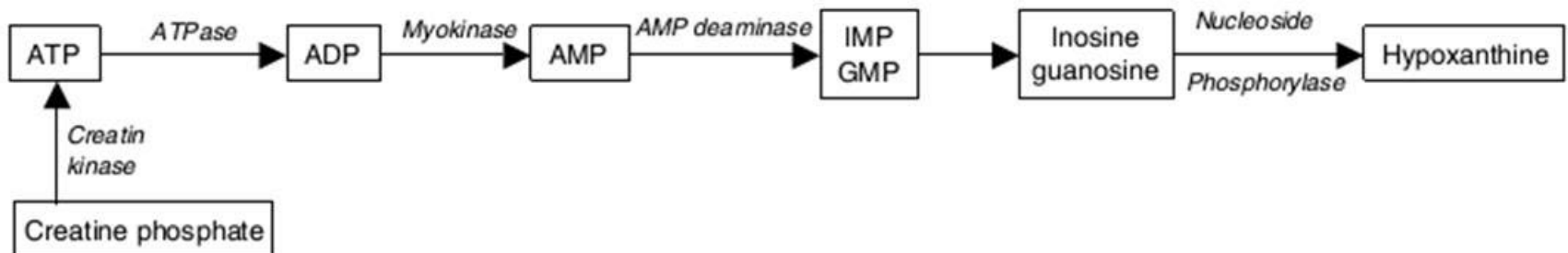
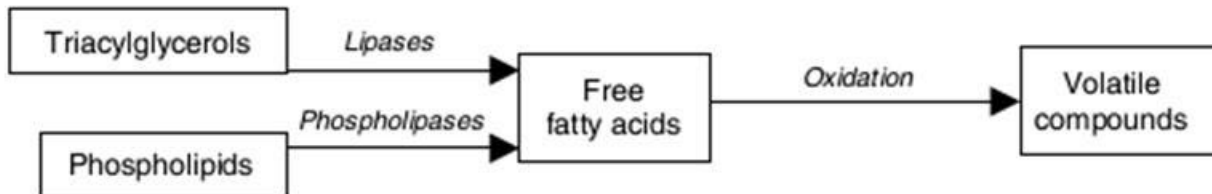
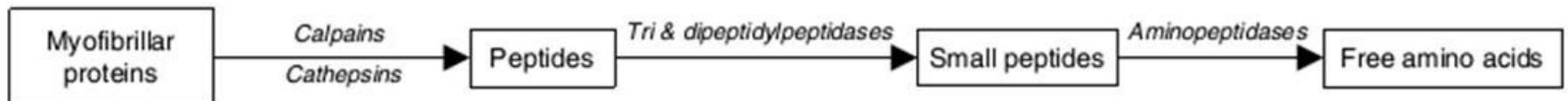
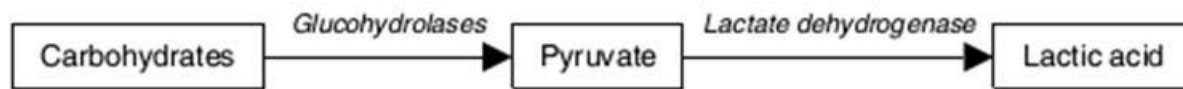
Τα φωσφολιπίδια είναι ήσσονα συστατικά, αλλά λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα παίζουν σημαντικό ρόλο στο άρωμα και τη μεταθανάτια οξείδωση των μυών.

Ενζυμικά Συστήματα του Κρέατος: Βιοχημικές Μεταβολές

Οι σκελετικοί μύες περιέχουν μια ποικιλία ενζύμων που εμπλέκονται σε πολλαπλές μεταβολικές λειτουργίες. Αυτές οι λειτουργίες σχετίζονται με:

- ❑ τον μεταβολισμό των υδατανθράκων (γλυκολυτικά ένζυμα)
- ❑ τη διάσπαση των πρωτεϊνών (ενδοπεπτιδάσες)
- ❑ τη δημιουργία μικρών πεπτιδίων (τρι- και διπεπτιδυλ-πεπτιδάσες)
- ❑ τη δημιουργία αμινοξέων (αμινοπεπτιδάσες και καρβοξυπεπτιδάσες)
- ❑ την υδρόλυση τριακυλγλυκερολών και φωσφολιπιδίων (λιπάσες και φωσφολιπάσες)
- ❑ την μετατροπή του ATP σε διάφορα παράγωγα.

Τα περισσότερα από αυτά τα ένζυμα παραμένουν ενεργά στους ιστούς μεταθανάτια και διαδραματίζουν σημαντικούς ρόλους στη γλυκόλυση, πρωτεόλυση, λιπόλυση και τον μετασχηματισμό των νουκλεοτιδίων. Όλες αυτές οι διεργασίες είναι απαραίτητες στη διαμόρφωση της ποιότητας του κρέατος.



Scheme showing some of the most important enzymatic reactions affecting meat quality.

Ενζυμικά Συστήματα του Κρέατος: Βιοχημικές Μεταβολές

Λιπάσες

Τα κυριότερα λιπολυτικά ένζυμα στους μύες είναι η όξινη λιπάση και η φωσφολιπάση Α. Και τα δύο ένζυμα είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία ελεύθερων λιπαρών οξέων μακράς αλυσίδας στο κρέας.

Η όξινη λιπάση υδρολύει πρωτοταγείς εστερικούς δεσμούς των τριακυλγλυκερολών σε όξινο pH (4.5 – 5.5). Μπορεί επίσης να υδρολύσει και μονο- και δι-ακυλγλυκερόλες, αλλά με μικρότερη ταχύτητα.

Η φωσφολιπάση Α υδρολύει φωσφολιπίδια στις θέσεις 1 και 2. Η σειρά προτίμησης για λιπαρά οξέα, κυρίως πολυακόρεστα C18, εστεροποιημένα σε φωσφολιπίδια, είναι η εξής:

Λινολεϊκό > Ολεϊκό > Λινολενικό > Παλμιτικό > Στεαρικό > Αραχιδονικό

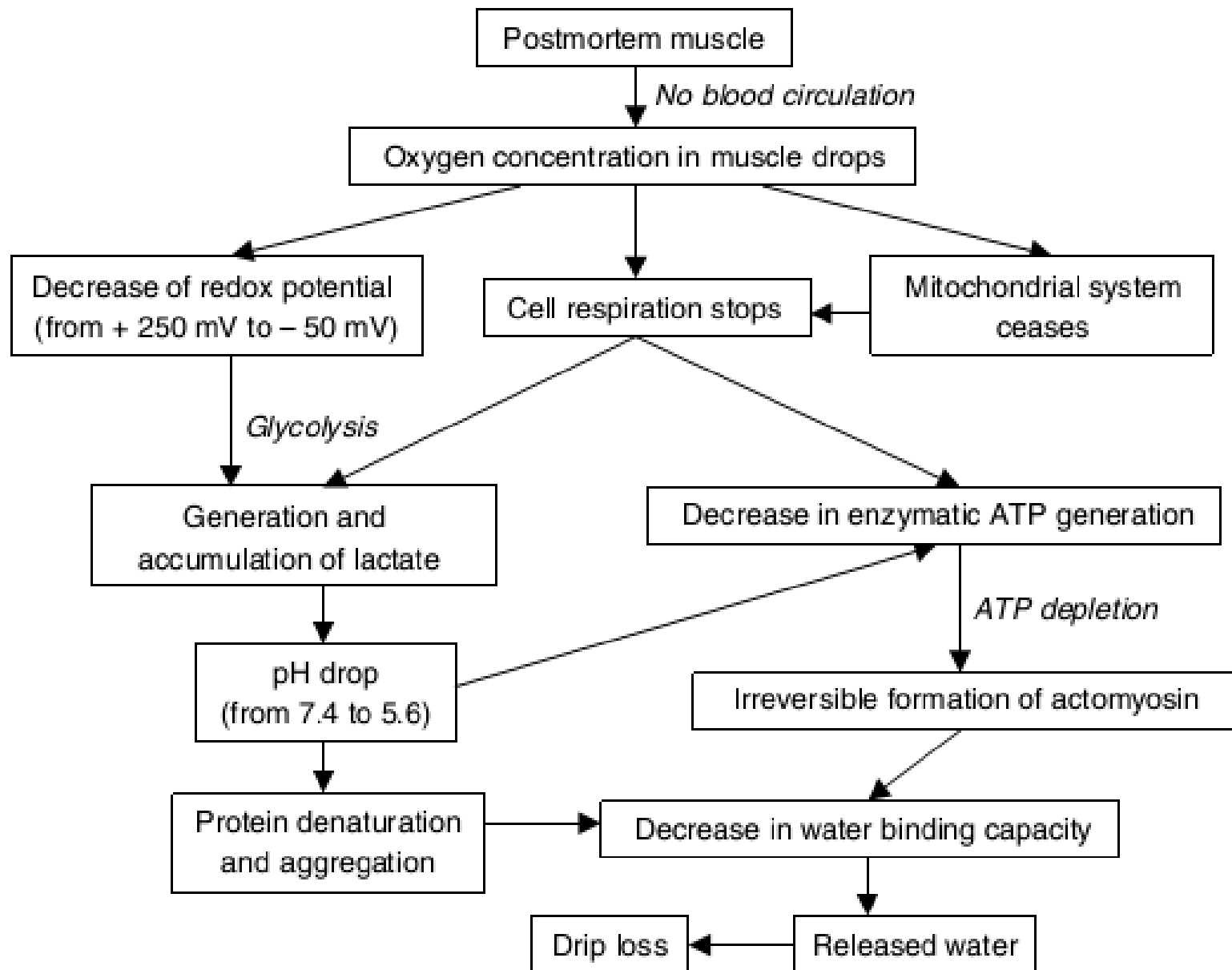
Η Βιοχημεία Μετατροπής των Μυών σε Κρέας

Η πρώτη σημαντική αλλαγή στους μύες μετά τον θάνατο του ζώου είναι η ανικανότητά του να βιοσυνθέτει ή ν' αποδομεί μερικούς μεταβολίτες.

Ο εφοδιασμός οξυγόνου διακόπτεται μόλις σταματήσει η κυκλοφορία του αίματος. Ακολούθως γίνεται μια σταδιακή μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στα μυϊκά κύτταρα και μια μείωση του δυναμικού οξειδοαναγωγής.

Η έλλειψη διαθέσιμου οξυγόνου σταματά τη λειτουργία των μιτοχονδρίων και η κυτταρική αναπνοή σταδιακά παύει. Μόλις υπάρξουν αναερόβιες συνθήκες, παράγεται γαλακτικό οξύ από τη γλυκόζη μέσω γλυκόλυσης.

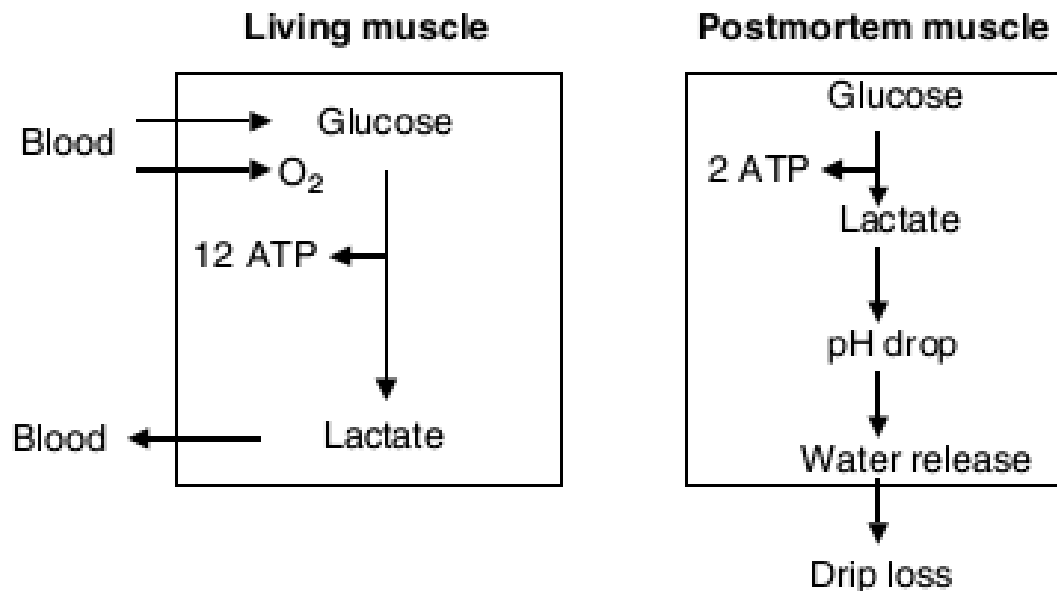
Μια σημαντική συνέπεια της συσσώρευσης γαλακτικού οξέως είναι η πτώση του pH σε 5.6 – 5.9, εντός ολίγων ωρών μετά το θάνατο του ζώου. Καθώς το pH πλησιάζει το ισοηλεκτρικό σημείο των μυοϊνικών πρωτεϊνών (περίπου 5), το φορτίο τους εξουδετερώνεται και μειώνεται σημαντικά η ικανότητά τους να δεσμεύουν νερό. Οι μυοϊνικές πρωτεΐνες τότε μετουσιώνονται μερικώς.



Η Βιοχημεία Μετατροπής των Μυών σε Κρέας

Συνεπώς, η δέσμευση του νερού εξαρτάται από το τελικό pH μέσα στους μύες και η ποσότητα του νερού που αποδεσμεύεται, και χάνεται με τη μορφή σταγόνων, αυξάνει με τη μείωση του pH.

Σε σημαντικές υδατοδιαλυτές ουσίες των μυών, όπως μυογλοβίνη, ένζυμα, νουκλεοτίδια, ελεύθερα αμινοξέα, βιταμίνες και μεταλλικά ιχνοστοιχεία, υπάρχει μερική απώλεια και αυτό επηρεάζει την ποιότητα του κρέατος.



Η Βιοχημεία Μετατροπής των Μυών σε Κρέας

Γλυκόλυση

Η δημιουργία και συσσώρευση του γαλακτικού οξέως στο κρέας προκαλεί μείωση του pH από ουδέτερο (περίπου 7.2) σε όξινο (κάτω από 5.8). Το τελικό pH εξαρτάται από τον τύπο του μυός, το είδος του ζώου και τη φυσιολογική του κατάσταση. Ο ρυθμός της γλυκόλυσης εξαρτάται και από τη θερμοκρασία. Ελάχιστη πτώση pH παρατηρείται στους 10 – 12 °C.

Διάσπαση νουκλεοτιδίων

Το ATP είναι η κύρια πηγή ενέργειας για τις βιοχημικές αντιδράσεις στους μύες, μεταθανάτια. Η περιεκτικότητά του όμως μειώνεται γρήγορα, από 5 – 8 μmol/g μυός που είναι αρχικά, σε αμελητέα επίπεδα.

Το ATP διασπάται σε ADP, AMP και άλλα παράγωγα. Οι περιεκτικότητες των ADP και AMP μειώνονται σε αμελητέα επίπεδα 24 – 48 ώρες μετά τον θάνατο του ζώου. Η 5'-μονοφωσφορική ινοσίνη (IMP) παράγεται από την απαμίνωση του AMP από την απαμινάση του AMP, ένα ένζυμο που είναι πολύ ενεργό σε pH περίπου 6.2.

Η Βιοχημεία Μετατροπής των Μυών σε Κρέας

Η IMP μπορεί να διασπαστεί περαιτέρω σε ινοσίνη και υποξανθίνη. Η περιεκτικότητα και των δύο αυτών ενώσεων αυξάνει καθώς αυξάνει και η παλαιότητα του κρέατος.

Παρόμοιες αντιδράσεις, αν και σε περιορισμένη περιεκτικότητα, παρατηρούνται και με την 5'-μονοφωσφορική γουανοσίνη (GMP). Η ταχύτητα όλων αυτών των αντιδράσεων κυμαίνεται ανάλογα με τη μεταβολική κατάσταση του ζώου πριν τη σφαγή, καθώς και από το pH και τη θερμοκρασία του κρέατος.

Πρωτεόλυση

Η πρωτεόλυση συνίσταται στη σταδιακή ενζυμική αποικοδόμηση των πρωτεϊνών του κρέατος, κυρίως των μυοϊνικών πρωτεϊνών, και τη δημιουργία πεπτιδίων και ελεύθερων αμινοξέων. Η διάσπαση των δομικών πρωτεϊνών έχει ως αποτέλεσμα την αποδυνάμωση του μυοϊνιδιακού δικτύου και μια αισθητή βελτίωση στην τρυφερότητα του κρέατος.

Η Βιοχημεία Μετατροπής των Μυών σε Κρέας

Υπάρχουν αρκετές μυϊκές ενδοπεπτιδάσες (κυρίως καλπαΐνες και καθεψίνες) και εξωπεπτιδάσες (κυρίως τρι- και διπεπτιδυλπεπτιδάσες και αμινοπεπτιδάσες) που εμπλέκονται στην πρωτεόλυση.

Η ενεργότητα αυτών των ενζύμων, ανάμεσα σε άλλους παράγοντες, εξαρτάται επίσης και από την τεχνολογία επεξεργασίας του κρέατος. Για παράδειγμα, η έκταση της δράσης των ενζύμων είναι συνάρτηση του χρόνου και της θερμοκρασίας διατήρησης μετά τη σφαγή.

Γενικά, η ποσότητα των πεπτιδίων αυξάνει με την παλαιότητα του κρέατος. Η δημιουργία των πεπτιδίων μπορεί να παρεμποδιστεί με την προσθήκη άλατος, γιατί αναστέλλονται μερικά πρωτεολυτικά ένζυμα.

Η Βιοχημεία Μετατροπής των Μυών σε Κρέας

Λιπόλυση

Η λιπόλυση συνίσταται στη διάσπαση των τριακυλγλυκερολών από λιπάσες και των φωσφολιπιδίων από φωσφολιπάσες, που έχει ως συνέπεια τη δημιουργία ελεύθερων λιπαρών οξέων.

Μερικά από αυτά τα λιπαρά οξέα μπορεί να συνεισφέρουν στη γεύση, αλλά το πιο σημαντικό είναι ότι τα ακόρεστα λιπαρά οξέα συνεισφέρουν στην ανάπτυξη αρώματος μέσω περεταίρω οξειδωτικών αντιδράσεων.

Τα λιπολυτικά ένζυμα εντοπίζονται στους μύες και τον λιπώδη ιστό και παρόλο που η δραστηότητά τους εξαρτάται από το pH, το αλάτι και την ενεργότητα του νερού, οι συνθήκες μετά τη σφαγή ευνοούν τη δράση τους.

Η δημιουργία λιπαρών οξέων αυξάνει με την παλαιότητα του κρέατος. Στην περίπτωση των ενδομυϊκών λιπών, τα λιπαρά οξέα προέρχονται κυρίως από φωσφολιπίδια, ενώ στον λιπώδη ιστό από τις τριακυλγλυκερόλες.

Η Βιοχημεία Μετατροπής των Μυών σε Κρέας

Τα μονο- και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα που δημιουργούνται είναι ευαίσθητα σε περεταίρω οξειδώσεις, οι οποίες παράγουν πτητικές ουσίες. Η έναρξη της οξείδωσης των λιπών συσχετίζεται με την ανάπτυξη αρώματος.

Όμως, η εκτεταμένη οξείδωση μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία δυσάρεστων οσμών (off-flavours). Αυτός είναι ένας από του κύριους μηχανισμούς υποβάθμισης της ποιότητας στο κρέας και τα κρεατοσκευάσματα.

Ένα από τα σημαντικότερα αισθητικά ελαττώματα αναφέρεται ως η απότομη ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών σε μαγειρεμένα κρέατα μετά από αποθήκευση υπό ψύξη και είναι γνωστό ως «warmed-over flavour (WOF)».

Το WOF χαρακτηρίζεται από την απώλεια της τυπικής οσμής κρέατος και την εμφάνιση οσμών που περιγράφονται ως «τάγγιση/οσμή βερνικιού». Αυτές οι οσμές αναπτύσσονται σε βοδινό και χοιρινό κρέας, καθώς και σε κρέας πουλερικών, ακόμα και μετά από 48 ώρες.

Η Βιοχημεία Μετατροπής των Μυών σε Κρέας

Η έναρξη της οξείδωσης των λιπών γίνεται από ελεύθερες ρίζες και οι σχετικές αντιδράσεις καταλύονται από οξειδωτικά ένζυμα των μυών, όπως οι περοξειδάσες και κυκλοοξυγενάσες, το φως, τη θέρμανση, τα ποσοστά υγρασίας και την παρουσία μεταλλικών ιόντων.

Το επόμενο βήμα της οξείδωσης είναι ο σχηματισμός ριζών υπεροξειδίου (πολλαπλασιασμός), μέσω αντίδρασης των ελευθέρων ριζών με O_2 . Τα υδροπεροξειδία που σχηματίζονται (πρωτοταγή προϊόντα οξείδωσης) είναι άοσμα αλλά πολύ δραστικά, παράγοντας δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης που συμβάλουν στο άρωμα.

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, κυρίως αυτά των φωσφολιπιδίων, είναι ευάλωτα στην οξείδωση. Ο ρυθμός οξείδωσης εξαρτάται από τα επίπεδα των ακόρεστων λιπαρών οξέων και από το βαθμό ακορευστότητάς τους. Για παράδειγμα, ο ρυθμός οξείδωσης των παρακάτω οξέων έχει ως εξής:

Αραχιδονικό (20:4) > λινολεϊκό (18:3) > λινολενικό (18:2) > ολεϊκό (18:1).

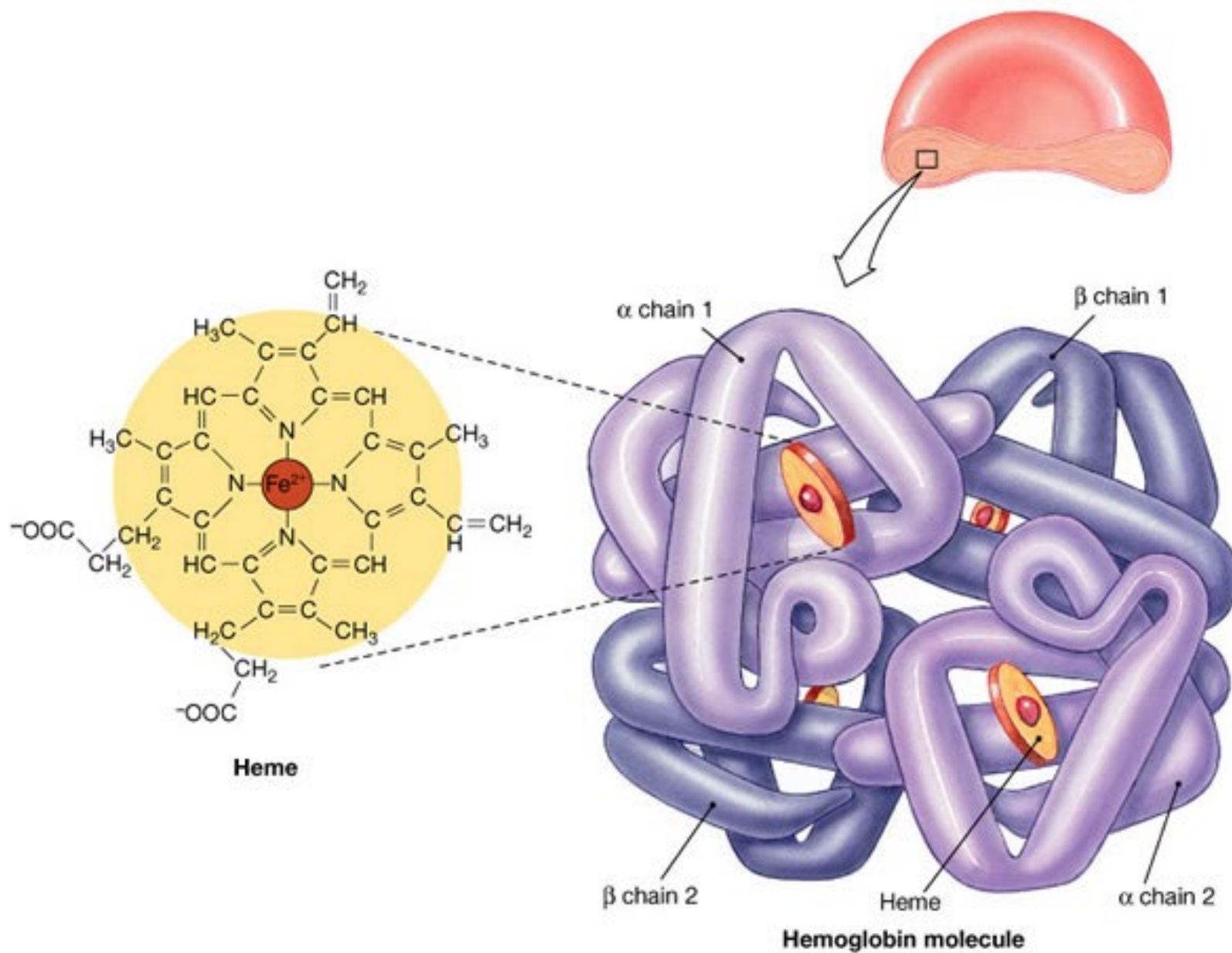
Ανάπτυξη Ποιοτικών Οργανοληπτικών Χαρακτηριστικών

Χρώμα

Η πρωτεΐνη μυογλοβίνη είναι η κυριότερη χρωστική του κρέατος και αποτελεί το 50 – 80% των ολικών χρωστικών. Η μυογλοβίνη αποτελείται από τη γλοβίνη, που είναι μια πρωτεΐνη και την ομάδα της αίμης, η οποία περιέχει σίδηρο.

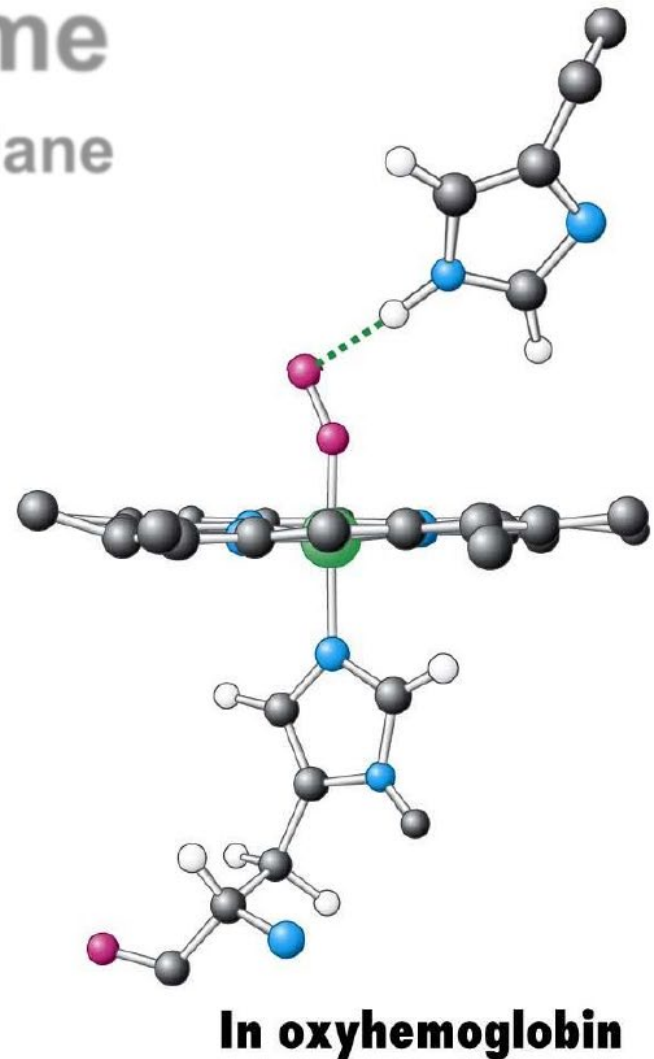
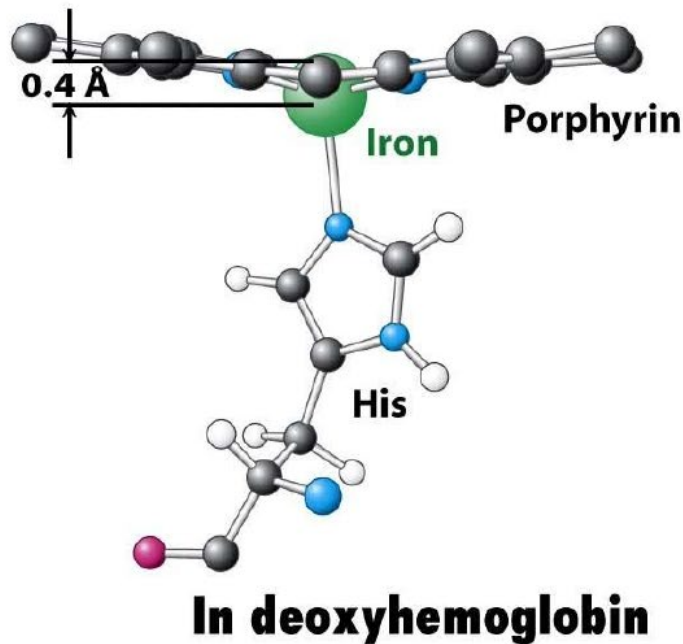
Όταν ο σίδηρος της αίμης βρίσκεται στην ανηγμένη μορφή του, η χρωστική ονομάζεται δεοξυμυογλοβίνη και έχει πορφυροκόκκινο χρώμα. Όταν ο σίδηρος συνδέεται με O_2 , ονομάζεται οξυμυογλοβίνη και έχει κερασί χρώμα.

Και οι δύο αυτές μορφές μπορούν να οξειδωθούν σε μια μορφή που ονομάζεται μετμυογλοβίνη, η οποία έχει ένα ανεπιθύμητο καστανέρυθρο χρώμα. Η μετμυογλοβίνη μπορεί να σχηματισθεί υπό υψηλές θερμοκρασίες, χαμηλό pH και έκθεση σε UV-ακτινοβολία.



Oxygenation of Heme

The iron ion moves in Heme plane upon oxygenation

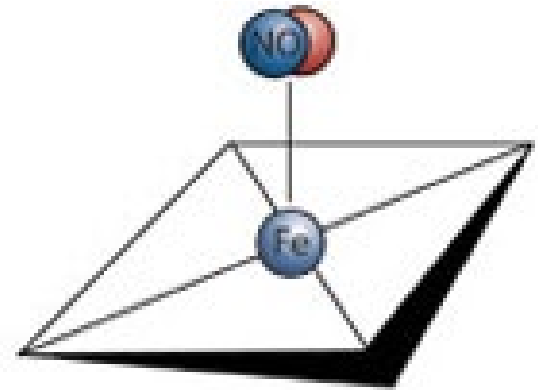
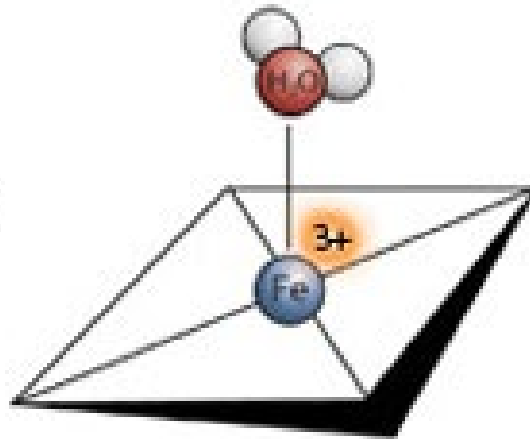
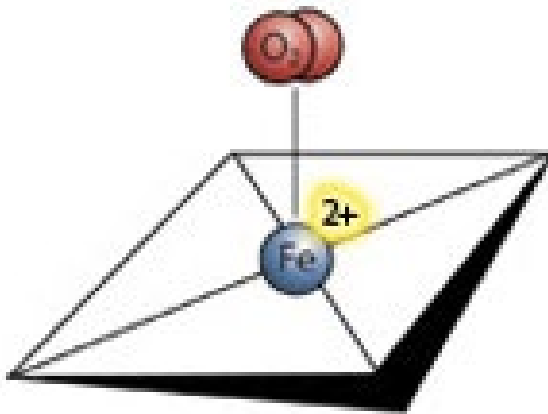
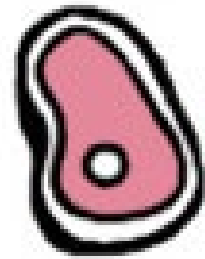
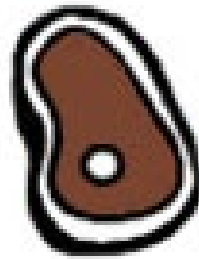
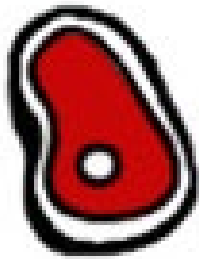


Ανάπτυξη Ποιοτικών Οργανοληπτικών Χαρακτηριστικών

Όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι χαμηλή, το οξυγόνο διίσταται από την αίμη και δημιουργείται μυογλοβίνη. Η περιεκτικότητα της μυογλοβίνης κυμαίνεται ανάλογα με το είδος. Το βοδινό κρέας έχει το πιο σκουρόχρωμο κρέας (5 mg/g), ακολουθούμενο από το κρέας αμνού (2.5 mg/g) και χοίρου (1 mg/g).

Η περιεκτικότητα της μυογλοβίνης αυξάνει με την ηλικία του ζώου. Καλύτερο, κόκκινο χρώμα έχουν τα κρέατα που προέρχονται από ώριμα ζώα. Η σταθερότητα του χρώματος παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του νωπού κρέατος.

Το χρώμα είναι πιο σταθερό σε υψηλότερα τελικά pH. Επίσης, η οξείδωση της μυογλοβίνης επιταχύνεται σε υψηλές θερμοκρασίες. Η συγκέντρωση σε οξυγόνο παίζει σημαντικό ρόλο στην ισορροπία μεταξύ των διάφορων μορφών μυογλοβίνης.



Ανάπτυξη Ποιοτικών Οργανοληπτικών Χαρακτηριστικών

Γεύση - Άρωμα

Το ωμό κρέας έχει ασθενείς οργανοληπτικούς χαρακτήρες, αλλά αυτοί αναπτύσσονται μεταθανάτια στους μύες. Γευστικά, οι πιο σημαντικές ουσίες είναι:

- ☐ τα ελεύθερα αμινοξέα
- ☐ τα πεπτίδια
- ☐ η ινοσίνη και η υποξανθίνη
- ☐ το γαλακτικό και το ηλεκτρικό οξύ
- ☐ τα μετά νατρίου άλατα του του γλουταμινικού και ασπαρτικού οξέως.

Η δημιουργία πεπτιδίων με επιθυμητή γεύση ευνοείται στο βοδινό κρέας, σε pH 5 – 6. Σε ώριμο βοδινό κρέας, τα πεπτίδια με MB 500 – 100 kDa και αυτά με MB > 10,000 kDa δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στη γεύση.

Ανάπτυξη Ποιοτικών Οργανοληπτικών Χαρακτηριστικών

Οι πτητικές ουσίες με αρωματικές ιδιότητες ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες:

- ☐ Αλδεΐδες
- ☐ Κετόνες
- ☐ Εστέρες
- ☐ Υδρογονάνθρακες
- ☐ Οξέα
- ☐ Αλκοόλες
- ☐ Λακτόνες
- ☐ Φουράνια
- ☐ Πυρρόλια
- ☐ Πυριδίνες
- ☐ Πυραζίνες
- ☐ Μη ετεροκυκλικές θειούχες ενώσεις
- ☐ Θειοφαίνια
- ☐ Θειαζόλες

Ανάπτυξη Ποιοτικών Οργανοληπτικών Χαρακτηριστικών

Διάφορες απ' αυτές τις ουσίες δημιουργούνται κατά την επεξεργασία και την ωρίμανση του κρέατος. Στο βοδινό κρέας έχει παρατηρηθεί υψηλή αρωματική ποιότητα μετά την πάροδο 4 ημερών.

Οι κυριότερες αντιδράσεις που εμπλέκονται κατά την επεξεργασία είναι:

- ☐ η πυρόλυση αμινοξέων και πεπτιδίων
- ☐ η διάσπαση υδατανθράκων
- ☐ οι αντιδράσεις Maillard
- ☐ η αποικοδόμηση της θειαμίνης
- ☐ η αποικοδόμηση των λιπιδίων

Ανάλογα με την ισορροπία και τη σχετική ένταση αυτών των αντιδράσεων διαμορφώνεται το τελικό αρωματικό προφίλ. Για παράδειγμα, οι πυραζίνες, τα θειοφαίνια και οι θειαζόλες δίνουν την εντύπωση του «ψητού».

**Maillard reaction of
Sugars and α -amino acids**

↓
Reductones and Dehydroreductones

↓
Hydroxyacetone;
Dihydroxyacetone;
Pyruvaldehyde;
Glycolaldehyde
Glyceraldehyde
Acetoinl;

+ Amino
acids
(Strecker
degradation)

+ H_2S
 NH_3

Aroma compounds:

Furans
Thiophenes
pyrroles

Aldehydes, NH_3 , H_2S , CO_2
 α -aminoketone, methional

↓
Thiazoles; pyrroles
pyrazines; pyridines,
thiols

Lipid oxidation/degradation

↓
Heat

Hydrocarbons,
alcohols, acids
aldehydes,
ketones,
2-alkylfurans

Interaction of lipid &
Maillard reaction

Heterocyclic aroma compounds:
Pyrazines, thiazoles, thiols and etc

Βιβλιογραφία

Toldrá F. (2006) Meat: chemistry and biochemistry. In *“Handbook of Food Science, Technology, and Engineering, Vol. 1”*, Hui Y.H. ed., CRC Taylor & Francis, pp. 28-1, 28-18.