

مكونات ذبائح حيوانات اللحم

تتكون الذبيحة من الأنسجة العضلية والدهون والعظام، وهذه المكونات هي التي تضيف على الذبيحة خواصها الكمية والنوعية. وتعتبر الأنسجة العضلية من الذبيحة وبعضاً من الأنسجة الدهنية الجزء المأكول من الذبيحة، ولفظ العضلات **Muscle** ليس في حقيقة الأمر مرادفاً للفظ اللحم **Meat** حيث انه يشتمل على الألياف العضلية وما تحتويه من دهون وأنسجة عصبية وأنسجة ضامة. ولذلك فسوف نتطرق فيما يلي لشرح تركيب ومكونات النسيج العضلي والنسيج الضام ببعض التفصيل.

١- الأنسجة العضلية:- **Muscle tissue**

تتكون ذبيحة حيوان اللحم مما لا يقل عن ٣٥-٦٥% من مكوناتها من الأنسجة العضلية الهيكلية **Skeletal muscle** والتي هي تعتبر الجزء المأكول من الذبيحة، ولذلك فإن معرفة تركيب ومكونات هذا النسيج ضرورية جداً لمعرفة وفهم التغيرات التي تحدث في اللحم بعد الذبح **Postmortem** وبجانب الأنسجة العضلية الهيكلية هناك كميات أخرى من العضلات الناعمة **Smooth muscle** والتي هي أساساً مكون لأغلفة الأوعية الدموية، وهناك نوع آخر من الأنسجة العضلية وهو أنسجة القلب **Cardiac muscle** وتعرف بأنسجة العضلات الهيكلية والقلبية بالأنسجة المخططة **Striated Muscle** حيث يظهر شكلها تحت المجهر مقلماً (مخططة) بخطوط عرضية.

الأنسجة العضلية الهيكلية:

تتصل أغلبية هذا النوع من العضلات مباشرة بالعظام ما عدا القلة التي تتصل بالعظام بطريقة غير مباشرة من خلال اتصالها بالأربطة والغضاريف، ويوجد في جسم الحيوان ما يزيد عن ٦٠٠ عضلة مختلفة تتفاوت في الشكل والحجم ونوعية النشاط طبقاً للوظيفة الفسيولوجية للعضلة. ويغطي سطح كل عضلة نسيج ضام رقيق يغلف هذه العضلة يسمى **Epimysium** ويمتد متصلًا بالنسيج الضام داخل العضلة متخللاً ما بين الألياف العضلية وعندئذ يسمى **Perimysium** وينتشر في الأنسجة الضامة الأوعية الدموية والليفات

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

العصبية والتي تجعل النسيج الضام كشبكة اتصالات لخروج ودخول المواد الغذائية والفضلات من العضلة واليهما. ووحدة النسيج العضلي هي الليفة العضلية Muscle fiber والتي تكون مالا يقل عن ٧٥-٩٢٪ من حجم النسيج العضلي والباقي عبارة عن الأنسجة الضامة والأوعية الدموية والألياف العصبية وسوائل العضلة Extrocellular fluid والليفة العضلية ذات تركيب متميز يلزم كل دارس لعلم اللحوم الإلمام به.

الألياف العضلية:

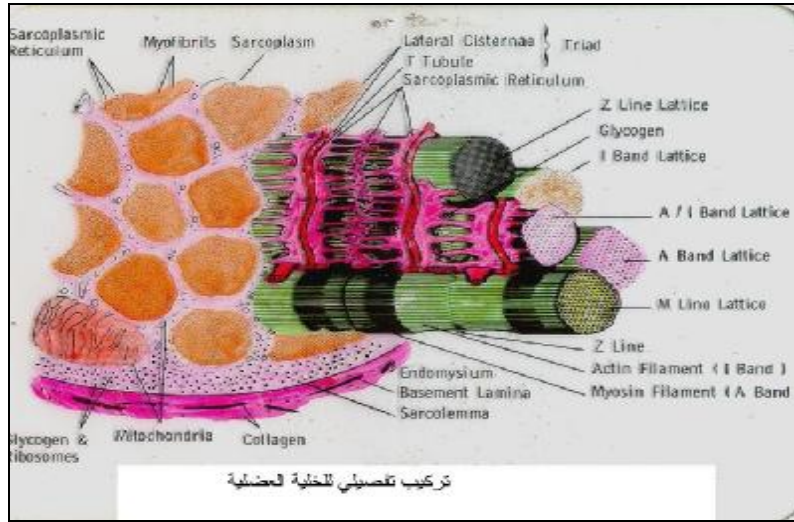
الألياف العضلية في الثدييات والطيور طويلة وغير متشعبة وتشبه الخيط وذات أطراف مسحوبة من الجهتين ويتراوح قطر الليفة العضلية الهيكلية من ١٠ - ١٠٠ ميكرون طبقاً لنوع العضلة وعمر الحيوان وفيما يلي تركيب الألياف العضلية ومكوناتها المختلفة ووظيفة كل مكون.

١- ساركوليمما Sarcolemma

وهو الغلاف المحيط بالليفة العضلية من الخارج وهو عبارة عن نسيج بروتيني ودهني شديد المطاطية يتحمل الضغوط والإنكماش والشد الواقع عليه دون أن يتهدل، ويمكن القول بأن الساركوليمما تشبه في تركيبها بدرجة كبيرة تركيب الأغشية وأغلفة الخلايا الحيوانية في الجسم. وينتشر على طول الليفة العضلية بانتظام وعلى امتداد طولها ثغور تمتد إلى داخل نسيج الليفة العضلية تسمى Transverse tubules وينتهي على سطح الساركو بلازما كثير من النهايات العصبية الحركية Motor nerve التي تبدو وكأنها منغمسة على السطح في تركيب مميز يسمى بالوصلة العضلية العصبية Nyoneural junction أو باسم صفيحة النهايات الحركية Motor end plate.

٢ - ساركوبلازما: Sarcoplasma

وهذا التركيب ما يقابل الستيوبلازما في الخلايا، وهو عبارة عن سائل داخل الخلية الغروي حيث تنغمس وتعلق فيه جميع محتويات الليفة العضلية الداخلية، ويتكون الساركو بلازما من ٧٥-٨٠٪ ماء والباقي قطرات وحببيات دهنية وحببيات جليكوجين وحببيات من المواد البروتينية وغير البروتينية وبعض المركبات غير العضوية.



٣ - النويات:- Nuclei

تتميز الألياف العضلية الهيكلية بأنها متعددة النويات وهذا التعدد يختلف باختلاف طول الليفة نفسها، ففي الألياف التي يكون طولها عدة سنتيمترات يتواجد بها عدة مئات من النويات تنتشر بانتظام على طول الليفة بمعدل نوية كل ٥ ميكرون. ويزداد عدد النويات مع معدله الطبيعي بالقرب من الوصلات العصبية والقرب من اتصال الليفة العضلية مع الأوتار **Tendon** وتتواجد النويات على السطح واسفل الساركوليم مباشرة في الثدييات، والنوية بيضاوية الشكل متميزة الشكل في المظهر الخارجي المفحوص بواسطة المجهر الضوئي.

٤ - ميوفبريل:- Myofibril

و هي عبارة عن اللويقات الصغيرة والتي تتجمع لتكون الليفة العضلية الواحدة وهذه اللويقات ذات شكل مميز، وهي طويلة أسطوانية ودقيقة جداً يصل قطرها إلى ١-٢ ميكرون، وهذه اللويقات ترتب بحيث تكون على نفس امتداد طول الليفة العضلية وهي غالباً ما تكون منغمسة في الساركوبلازما تماماً. وقد أثبت التجارب أن الليفة العضلية الواحدة تحتوي على عدد من الميوفبريل يتراوح بين ١٠٠٠-٢٠٠٠ لويقة في حيوانات اللحم والثدييات التي يبلغ قطر ليفتها العضلية حوالي ٥٠ ميكرون وإذا فحصت لويقات الميوفبريل فسوف نلاحظ أنها

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

تتكون من عدد من اللويقات داكنة اللون وسميكة القطر النسبي و عدداً آخر من اللويقات قائمة اللون و رقيقة السمك، وهذه اللويقات السميكة والرفيعة تسمى بالميوفيلامنت **Myofilament** وهذه اللويقات تترتب طولياً مع امتداد طول اللويقة ومتوازية مع بعضها البعض وتتداخل هذه اللويقات داخل بعضها في بعض المناطق ولذلك فإن المظهر الخارجي للويقات الميوفيبريل تبدو حلقية الترتيب وذات لون فاتح متتابع من لون داكن على طول اللويقة. وهذه الحلقات التتابعية تسمى لتسهيل الوصف طبقاً للآتي:

١ - الأجزاء من طول الميوفيبريل حيث يكون فيها الميوفيلامنت الرقيقة فقط تسمى **I-band** على أساس أن مرور الضوء فيها يكون أسرع ولفظ **I** هنا يرجع إلى الكثافة الضوئية **Isotropic**

٢ - الأجزاء من طول الميوفيبريل حيث يكون فيها الميوفيلامنت السميكة تسمى **A-band** على أساس أن الكثافة الضوئية فيها لا تمر بسهولة **Anisotropic**.

٣ - الجزء من **A-band** حيث لا تتداخل معها الميوفيلامنت الرفيعة و هي الجزء الوسطى من هذه الحلقة تبدو أقل في درجة غمقان اللون تسمى **H-zone** وهذه المساحة مقسمة من المنتصف بواسطة تركيب اغمق في اللون ورفيع جداً في سمكه يسمى **M-line**.

٤ - تقسم **I-band** من المنتصف بواسطة خط داكن ورفيع السمك يسمى **Z-line**، والمسافة بين **Z-line** وآخر تسمى الساركومير **Sarcomere** ، ويعتبر الساركومير هو الوحدة الحلقية التي تكرر على طول لويقات الميوفيبريل والتي تدل على درجة إنسباط أو إنكماش العضلة من خلال دراسة طولها المتغير تحت ظروف العضلة. ويبلغ طول الساركومير في الحالات الطبيعية حوالي ٢،٥ ميكرون.

ولا تختلف اللويقات السميكة والرفيعة فقط في شكلها بل أيضاً في تركيبها الكيميائي، فلويفات الميوفيلامنت السميكة طولها حوالي ١،٥ ميكرون وقطرها ١٤-١٦ نانومتر وتتركب كيميائياً من بروتين يسمى الميوسين **Myosin** وبذلك يطلق عليها اسم لويقات الميوسين، بينما لويقات الميوفيلامنت الرفيعة يبلغ طولها ٢ ميكرون وقطرها ٦-٨ نانومتر و هي

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

كيميائياً تتركب من بروتين يسمى الأكتين **Actin** ولذلك تسمى بلويغات الأكتين. وقد أوضحت دراسات المقطع العرضي للويغات العضلية أن ترتيب لويغات الأكتين والميوسين لها نظام خاص حيث أن كل لويغة ميوسين تحاط بستة لويغات من الأكتين وذلك في تلك المناطق التي تتداخل فيها لويغات الميوسين والأكتين معاً داخل بعضها البعض وخاصة عند المنطقة المسماة **A-band**. ودلت الأبحاث أيضاً على أن لويغات الأكتين نهاية أطرافها تقع عند منطقة **Z-line** وأنها تتصل مع لويغات الأكتين للجانب الآخر من **Z-line** بواسطة لويغات دقيقة جداً وبحيث تربط كل لويغه أكتين مع لويغات أكتين للجانب الآخر وبصورة عامة فإن بروتينات الميوسين والأكتين تمثل حوالي ٧٥-٨٠٪ من إجمالي بروتينات الميوفبريل والباقي بروتينات تسمى بالبروتينات المنظمة وتشمل الآتي:

١- بروتينات التروبوميوسين **Tropomyosin**

٢- بروتين التروبونين **Tropomyosin**

٣- بروتين **M**

٤- بروتين ألفا أكتين **α actinin**

٥- بروتين **C**

٦- بروتين بيتا أكتين **β actinin**

وترتبط بروتينات التروبوميوسين والتروبونين وبيتا أكتين مع لويغات الأكتين بينما بروتينات **C** فمتواجهه مع لويغات الميوسين ، وبروتين ألفا أكتين فهو المكون الرئيسي لـ **Z**

line بينما بروتين **M** فيعتقد انه مكون لـ **M-line**

ومن أهم مميزات بروتين الأكتين أنه غني في الحمض الأميني البرولين **Proline** و الذي من خصائصه أنه يجعل البروتين منكمشاً في صورة حبيبات صغيرة هي في حقيقة الأمر الوحدة الأساسية للويغات الأكتين حيث تسمى هذه الوحدة **G-actin**، وتلتصق عديد من حبيبات الأكتين واحدة تلو الأخرى في شكل يشبه السبحة وتكون لويغة يطلق عليها **F-actin** حيث تلتف لويغتان منهما حول بعضهما على امتداد محورهما الطولي لتكونا لويغة الأكتين.

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

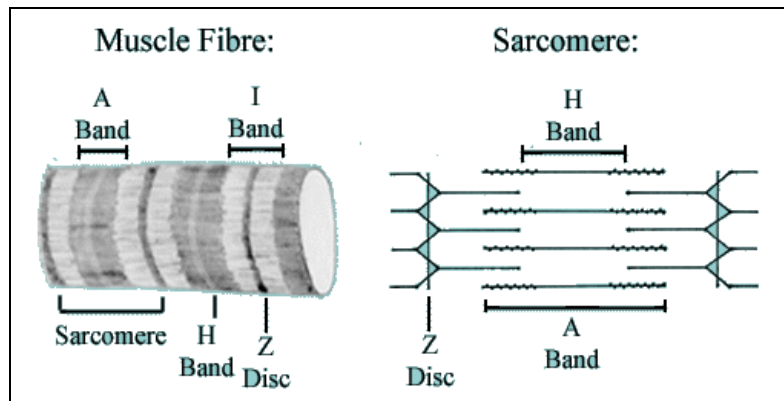
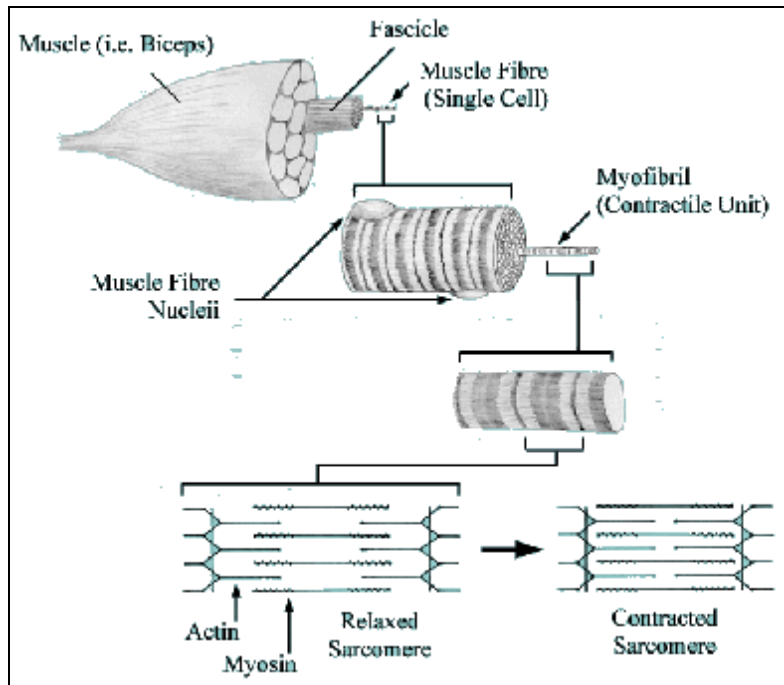
ومن جانب آخر يتميز بروتين الميوسين باحتوائه على نسبة عالية من الأحماض الأمينية القاعدية والحامضية مما يجعله من الجزئيات عالية الشحنات الكهربائية على عكس جزئيات الأكتين. ولويغات الميوسين ليفية الشكل وذات رأس متضخم عند أحد الأطراف و تسمى بمنطقة الرأس **head region** وباقي الجسم يسمى بمنطقة الذيل **Tail region** والمنطقة الواصلة بين هذا التركيب والرأس تسمى بمنطقة الرقبة **Neck** ومنطقة الرأس تتميز بازدواج تركيب الرأس. وتتراخي بروتينات الميوسين متوازية لبعضها وبجانب تظل رؤوس الميوسين بارزة إلى الخارج ويعمل بروتين **C** السابق ذكره لربط ذيول جزئيات الميوسين ولصقها مع بعض مكوناتها بذلك لويغات الميوسين. وعند فحص منطقة **A-band** فإننا نجد أنه على جانبي **M-line** تتواجد ذيول لويغات الميوسين فقط بينما الرؤوس تتواجد على الجانبين بعيدا عن **M-line** وهذه الرؤوس هي المنطقة النشطة أثناء انقباض العضلات حيث ترتبط مع لويغات الأكتين القريبة منها لتكون رابطة قوية بين الميوسين والأكتين لتحولهما إلى مركب كيميائي صلب يسمى **actomyosin** يتواجد بعد ذبح الحيوان في العضلات وتتسبب في صلابة وإتكماش اللحم.

وبروتينات التروبوميوسين **Tropomyosin** ليفية مزدوجة السلسلة و هي مرتبطة مع لويغات الأكتين وبجانب نجد أن إحدى السلاسل الببتيدية لبروتين التروبوميوسين يقع ملتفا مع إحدى لويغات **F-actin** والسلسلة الأخرى ملتفة مع اللويغة الأخرى من **F-actin** ويمتد كل منهما لمسافة قدرها ٧ جزئيات من **G-actin** الحبيبي ومن جانب آخر فإن بروتينات التروبونين **Troponin** هي بروتينات حبيبية الشكل وترتبط أيضا مع لويغات الأكتين وتنتشر فوق سطحه وبجانب تعمل على ربط كل طرفين من بروتينات التروبوميوسين معاً، أي أنها تنتشر على مسافات قدرها أيضا ٧ جزئيات من **G-actin**، وبصورة عامة فإن كل من بروتينات التروبوميوسين والتروبونين تتواجد داخل فراغ الإلتفاف الناشئ من التفاف جزئيين من **F-actin**.

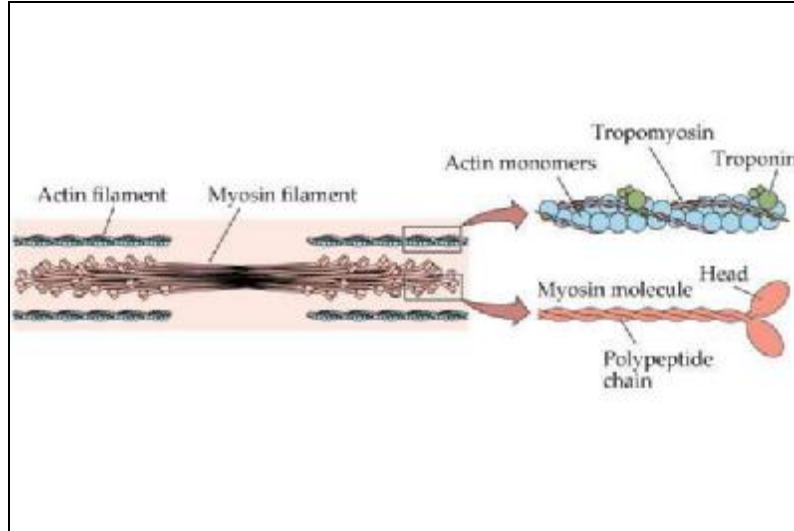
٥ - الشبكة الساركوبلازمية: **Sarcoplasmic Reticulum:**

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

و هي تماثل الشبكة الإندوبلازمية للخلايا الأخرى، وهو تركيب أنبوبي وانتفاخات غشائية تحتوي على مخزون الخلية من أيونات الكالسيوم وتحيط تماما بلويحات الأكتين والميوسين.



مخطط يبين ترتيب العضلة الهيكلية من البناء الى مستوى الجزئية



خطوط الاكتين والميوسين وكيفية ارتباطهما مع الترتومايسين والتروبونين

٢- النسيج الضام : Connective Tissue

هذه الأنسجة تعمل على ضم الأجزاء المختلفة للجسم سوياً، و هي تنتشر في جميع أجزاء الجسم. وهذا النسيج يحيط بالألياف العضلية وبجزءها العضلية وبالعضلة ذاتها ولذلك فإنها من العوامل التي تؤثر على خواص عضلات اللحم المأكل في الذبيحة. ويتميز النسيج الضام باحتوائه على عدد قليل من الخلايا وسوائل خلوية extracellular وفيرة و هي تتراوح في خواصها من المكونات الطرية الجلي Soft jilly إلى المكونات الليفية القاسية. والنسيج الضام يحتوى في أغلب الأحوال على لويقات منغمسة في السوائل الخلوية وذلك من أجل إعطائه الشكل النسيجي المتميز. ويمكن وصف مكونات النسيج الضام فيما يلي:

أ) مكونات النسيج الأساسي: Ground Substance:

و هي تركيب ليس له حدود متميزة حيث تنغمس به الخلايا ولويقات النسيج الضام وهو محلول لزج يحتوى على جليكوبروتينات متعددة وعلى نواتج تمثيل والمكونات اللازمة لوظائف النسيج الضام مثل التروبوكولاجين والتروبوالاستين اللازمين لتكوين الكولاجين والالستين Collagen, Elastin ويحتوى أيضا على أحماض هيلورونك Hyaluronic

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

وكبريتات الذرة درويتم **chondroitin sulfates**، واللذان يعملان كمواد للتشحيم وتلين انزلاق لويقات النسيج الضام ولربط تلك المكونات مع بعضها ولحماية الأنسجة من هجوم الميكروبات المرضية.

(ب) ألياف النسيج الضام:

طبقاً لترتيب الألياف يمكن وصف النسيج الضام بأنه نسيج ضام متماسك **dense** أو سائب **loose** وأيضاً قد تكون الألياف مترتبة بترتيب متوازي مع بعضها مثل تلك الموجودة والمغلقة للعضلات **aponeuroses** أو مترتبة عشوائياً. وهذه الألياف يمكن توصيفها إلى الكولاجين **collagen**، الالستين **Elastin**، رتيكولين **Relicutin** وبصورة عامة فإن الكولاجين هو أكثر البروتينات الموجودة في جسم الحيوان حيث يمثل نسبة ٢٠-٢٥٪ من إجمالي البروتين وهو مسئول أساس عن قسوة اللحم إذا ازدادت نسبته في اللحم ولذلك فإن الأطراف تحتوي على نسبة من الكولاجين أكثر من نسبتها في مناطق الظهر. ويحتوي الكولاجين على حمض الهيدروكسي بـرولين **Hydrpxyproline** بنسبة ثابتة تقريباً (١٣-١٤٪) بالإضافة إلى أن هذا الحامض الأميني غير موجود في أغلبية البروتينات الأخرى، ولذلك فإن التحليل الكيميائي لهذا الحامض يعطى دلالة واضحة عن نسبة الكولاجين في العضلات. وألياف الكولاجين تكون لها المقدرة على الذوبان في محاليل الأملاح المتعادلة وذلك إذا كان مصدرها حيوان صغير حيث تصبح مقاومة للذوبان كلما كبر وازداد عمر الحيوان.

(ج) خلايا النسيج الضام

من أهم خلايا النسيج الضام خلايا الفيروبلاست **Fibroblast** حيث أنها المسئولة عن إنتاج بروتينات التروبوكولاجين والتروبوالاستين بداخلها ثم إفرازها إلى خارج الخلية. وهناك أيضاً خلايا الميزوكيمل غير متميزة **undifferentiated mesenchymal** وهذه الخلايا يمكنها أن تتحول على عديد من الخلايا المتخصصة الأخرى مثل الفيروبلاست أو إلى خلايا دهنية **adipoblast**.

٣ - النسيج الدهني: Adipose tissue

يبدأ تكوين النسيج الدهني عندما تنشط خلايا الميزوكيميل القاطنة بالقرب من الأوعية الدموية في التحول إلى الأديوبلاست **adipoblast** ثم ترسيب الدهون بداخلها لتتحول إلى **Preadipocyte** ثم إلى خلية دهنية **adipocyte** ناضجة ، وعندما تترسب وتتواجد خلايا دهنية بكمية كبيرة في منطقة محددة تسمى بالنسيج الدهني. وهناك نوعان من النسيج الدهني، الأول يسمى بالنسيج الدهني الأبيض والآخر بالنسيج الدهني البني. والنوع الأول هو السائد في جميع الحيوانات، بينما النوع الآخر يتواجد فقط في الحيوانات حديثة الولادة ويختفي بتقدم الحيوان في العمر، وتعتبر منطقة حول الكلية من أهم مناطق تواجده في الحيوانات حديثة الولادة .

الترتيب التنظيمي لمكونات العضلة:

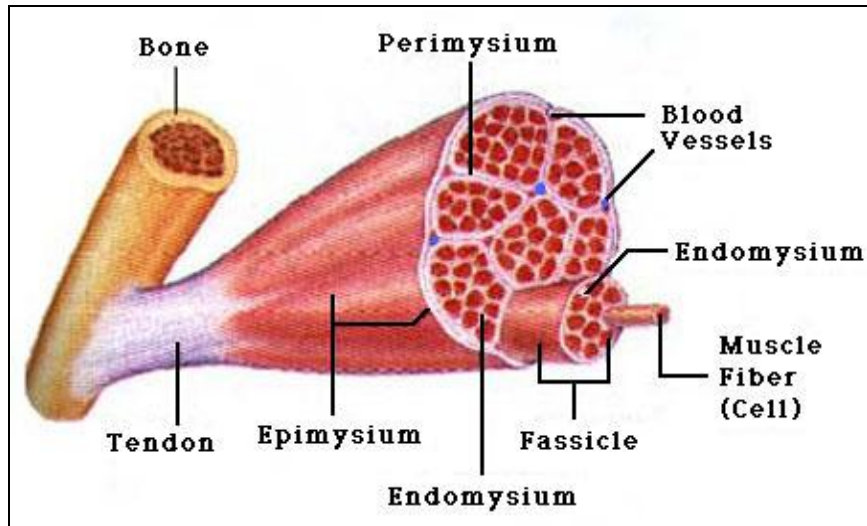
يتكون اللحم من مجموعة من العضلات ملتصقة معاً، وكل عضلة عبارة عن حزم من الألياف العضلية التي تختلف في أحجامها باختلاف المنطقة وعمر الحيوان. وترتبط حزم الألياف العضلية معاً بواسطة النسيج الضام **connective tissue speta** وبصورة عامة فإن حجم الحزم العضلية وسمك النسيج الضام يؤثران بدرجة واضحة في شكل نسيج العضلة . فتلك التي تحتوي حزماً عضلية صغيرة الحجم وطبقة رقيقة من النسيج الضام توصف بأنها ناعمة النسيج و هي غالباً ما تكون العضلات حساسة التحرك والأكثر طراوة في الأكل على عكس النسيج الذي يوصف بأن تركيبه خشن حيث تكون حزمة العضلية كبيرة وتفصل بين كل حزمة وأخرى طبقة سميكة من النسيج الضام.

ويحيط بساركوليم اللويفة العضلية غشاء من نسيج ضام يسمى **Endomysium**

يحتوي على قليل من الألياف الكولاجينية وكمية لا بأس بها من ألياف **Reticular** وغالباً تكون هناك ٢٠-٤٠ ليفة عضلية متجمعة سوياً وتكون ما يسمى بالحزم الأولية والتي يتجمع عدد منها ليكون الحزم الثانوية والتي تكون مغلقة بنسيج ضام يسمى **perimysium** ، ثم تتجمع عدد من الحزم الثانوية سوياً لتكون العضلة والتي تغلف بدورها بواسطة نسيج ضام يسمى **epimysium** ويجب التنويه هنا إلى أن جميع أنواع الأنسجة الضامة سابقة الذكر

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

تتصل معاً دون فواصل بين كل تركيب وآخر مكونه بذلك شبكة معقدة وتتجمع العضلات المختلفة سوياً في أية منطقة من مناطق الجسم وتربطها سوياً نسيج ضام من النوع السائب loose وتمول كل عضله على الأقل بوريد وشریان وجذع عصبي **nerve trunk** يحوي كل من النوعين الحسي والحركي **sensory and motor nerves** بالإضافة إلى وعاء ليمفاوي تدخل إلى داخل العضلة في مناطق النسيج الضام وتتفرع وتكون شبكة متشعبة حول كل ليفة عضلية لتمولها جيداً بالدم والأعصاب. وترسب كميات من الدهن في مناطق **perimysium** لتعطي اللحم خاصية المرمرية **marbling** وهذا الدهن يسمى بدهن **intramuscular fat** داخل العضلات، وترسب الدهن أيضاً في مناطق النسيج الضام السائب بين العضلات المختلفة ويسمى بدهن بين العضلات **intermuscular fat** وبالطبع فإن كمية ترسيب الدهون تختلف باختلاف عوامل كثيرة منها التركيب الوراثي ودرجة التسمين والعمر والجنس.

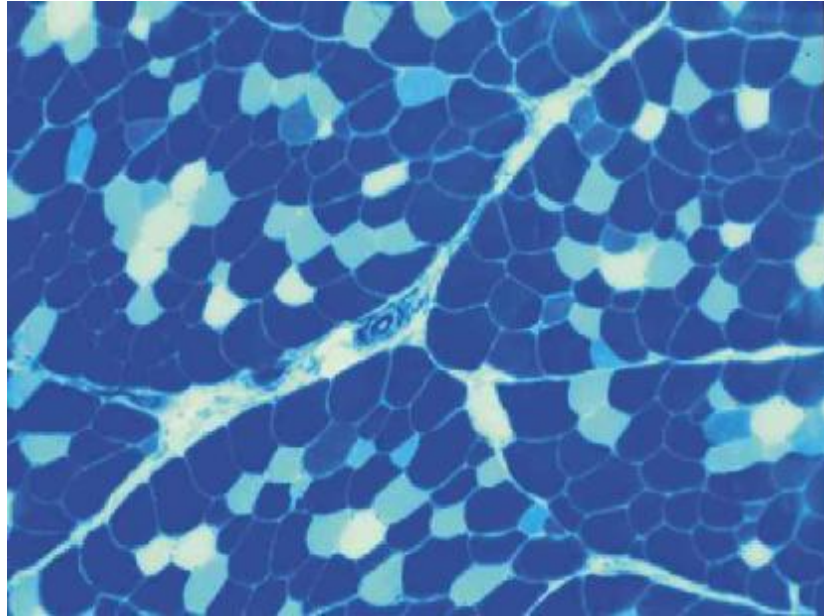


مقطع عرضي للعضلة الهيكلية يوضح الالياف العضلية وتنظيم الحزم والانسجة الرابطة

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

جدول ٢٩ صفات الاليف البيضاء والحمراء

| الصفة | ألياف عضلية حمراء | ألياف عضلية بيضاء |
|-----------------------|-------------------|-------------------|
| اللون | أحمر | أبيض |
| كمية صبغة الميوجلوبين | عالية | منخفضة |
| حجم الليفة | صغير | كبير |
| سرعة الإنقباض | بطيئة | عالية |
| كمية الجليكوجين | صغيرة | عالية |
| الميتوبولزم الهوائي | كبير | صغير |
| الميتابولزم اللاهوائي | صغير | كبير |
| عدد الميتوكوندريا | كبير | صغير |



مقطع عرضي لعضله توضح الاليف الحمراء والبيضاء والمتوسطة

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

نوع العضلات والألياف العضلية:

هناك نوعان من العضلات في حيوانات اللحم النوع الأول يسمى بالعضلات الحمراء Red muscle نسبة إلى تواجد عدد أو نسبة أكبر من الألياف العضلية الحمراء والنوع الآخر يسمى بالعضلات البيضاء نسبة إلى تواجد نسبة أكبر من الألياف العضلية البيضاء. وعموماً فإن أية عضلة تحتوي كل من الألياف العضلية البيضاء والحمراء بنسب تختلف فإذا كانت النسبة لصالح الألياف العضلية الحمراء سميت هذه العضلة بالعضلة الحمراء والعكس صحيح. وتختلف وظائف كل من هذين النوعين من الألياف بدرجة واضحة كما هو موضح في الجدول:

التركيب الكيميائي لذبائح حيوانات اللحم:

يعتبر الماء من أكثر تلك المكونات وفرة في اللحوم يليه في الترتيب البروتينات ما عدا في حالة الحيوانات المسمنة بدرجة كبيرة. وتتواجد البروتينات في الجسم في صورة عضلات ونسيج ضام. ويأتي البروتين في الكمية الدهون، وتتواجد الدهون في الجسم في صورة أحماض دهنية Fatty acids أو في صورة ثلاثي الجلسرين Triglycerides ومعظم الأحماض الدهنية في جسم حيوانات اللحم ذات ١٦ أو ١٨ ذرة كربون C16, C18 وقليل منها C12, C14, C20 وأكثر الأحماض الدهنية المشبعة C18, C16 انتشاراً في الجسم هي حمض البالميتيك Palmitic والاستياريك Stearic بالترتيب في حين أن أكثر تلك الأحماض الدهنية غير مشبعة انتشاراً في الجسم C18, C16 هي Palmitoleic Oleic والتي كل منها يحتوي على رابطة واحدة مزدوجة. ويأتي الدهون في الكمية بالجسم هو الكربوهيدرات حيث تتواجد منها كميات صغيرة في الجسم في صورة جليكوجين مخزن في العضلات أو في الكبد حيث تصل نسبته في الكبد الطازج حوالي ٢-٨% من وزن الكبد. وبالرغم من ضآلة كمية الكربوهيدرات في الجسم إلا أن لها دور وظائفها في عملية الإنباض العضلي. وحيث أن العضلات هي الجزء المأكول من الذبيحة فإن معرفة تركيب العضلات الكيميائي مهم جداً لدارس علم اللحوم كما يتضح من الجدول التالي. وتركيب الذبيحة أيضاً يهتم دارس علم اللحوم حيث يتم تقسيم الذبيحة إلى لحم أو عضلات ودهون

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

وعظام وبالتالي يمكن معرفة نسبة الجزء المأكول من الذبيحة إلى إجمالي وزنها، ويجب القول بأن زيادة نسبة الدهن في الذبيحة يؤدي إلى نقص في كمية اللحم المأكول منها .
جدول ٣٠ تأثير نسبة الدهن وتغيرها على تغير نسبة اللحم والعظام:

| | | | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| نسبة الدهن | %٨ | %١٢ | %٢١ | %٢٦ | %٣٧ | %٤٢ |
| نسبة اللحم | %٦٦ | %٦٢ | %٦١ | %٥٩ | %٤٩ | %٤٦ |
| نسبة العظام | %٢٦ | %٢٦ | %١٨ | %١٥ | %١٤ | %١٢ |

التركيب الكيميائي للعضلات الطازجة

جدول ٣١ النسبة المئوية للتركيب الكيميائي للعضلات الطازجة

| المركب | % | المركب | % |
|----------|--------|--------------------------------|-------|
| الماء | ٦٥-٨٠ | الكربوهيدرات | ١-٠,٥ |
| البروتين | ١٦-٢٢ | معادن مختلفة | ١ |
| الدهون | ١٣-١,٥ | مركبات نيتروجينية غير بروتينية | ١,٥ |

وهنا يجب التنويه إلى أن بروتين العضلات يقسم طبقاً لدرجة ذوبانه إلى ثلاث مجاميع رئيسية هي:

- (أ) يذوب في الماء أو المحاليل الضعيفة وتشمل بروتينات الساركوبلازما وأنزيمات الميتوكوندريا وميوجلوبين والهيموجلوبين والسيتوكروم وتسمى جميع هذه البروتينات بمجموعة الساركوبلازما Sarcoplasmic وتمثل حوالي ٦% من العضلات.
- (ب) تذوب في المحاليل الملحية القوية وتشمل بروتينات الميوسين، الأكتين، التريوميوسين، التربونين، بروتين M، بروتين C، وتسمى هذه المجموعة بمجموعة الميوفيلر Myofibillar وتمثل حوالي ٩,٥% من إجمالي العضلات.

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

ج) لا تذوب نهائياً وتشمل بروتينات الكولاجين والرتيكيولين والاليسيتين وتشمل بمجموعة Stromal وتمثل حوالي ٣٪ من إجمالي العضلات.

ومن المعروف أن العضلات التي تستخدم في الحركة مثل عضلات الأرجل تحتوي على كميات أعلى من النسيج الضام عن العضلات الأخرى الموجودة في جذع الجسم ولذلك فنجد أن عضلات الرجل أو الفخذ أقل في درجة طراوة اللحوم المنتجة منها عن باقي الأجزاء الأخرى. وزيادة عمر الحيوان تؤدي إلى زيادة كمية الأنسجة الضامة في جسمه وإلى تغيرات أخرى هامة في نوعية النسيج الضام نفسه تؤدي إلى زيادة في قسوة العضلات. فمن المعروف أن الكولاجين في الحيوان الصغير تكون عبارة عن ألياف صغيرة منغمسة في وسط جيلاتيني وبزيادة عمر الحيوان تزداد هذه العملية بزيادة العمر وتزداد بالتالي قسوة العضلات أو اللحوم المنتجة منها.

ميكانيكية إنقباض العضلات

العضلات من الأنسجة التي لها مقدرة كبيرة على تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية من خلال عملية الإنقباض العضلي والتي تساعد في حركة الحيوان أثناء حياته، ثم تفقد هذه الخاصية بعد ذبح الحيوان وتحول عضلاته إلى لحم. وإنقباض العضلات أو إنبساطها مسؤولة عن طراوة أو قسوة اللحم المأكول ولذلك فإن معرفة العوامل وفسولوجيا العضلات أثناء الإنقباض شيء مهم جداً لدارس علم اللحوم خاصة في مرحلة ما بعد الذبح

Postmortem

أولاً: التنبيه العصبي في إنقباض العضلات:

تنحرف العضلات للإنقباض نتيجة تنبيهها بواسطة نبضة عصبية متأتية إما من المخ أو من العمود الفقري وتنقل إلى جدار الليفة العضلية Sarcolemma من خلال motor nerve و في حالة الليفة العضلية الطبيعية هناك جهد كهربائي electrical potential على جانبي جدار الخلية مقداره حوالي ١٠-١٠٠ مليفولت، وهذا ناشئ نتيجة أن هناك شحنات سالبة أكثر بقليل من الشحنات الموجبة الموجودة على جدار الليفة العضلية الداخلي

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

والعكس بالنسبة للجدار خارج الخلية حيث توجد عليه شحنات موجبة أكثر بقليل من الشحنات السالبة.

ويمكن القول بأن الجهد الكهربائي على جانبي جدار الخلية العصبية أو العضلية ناشئ من:

- ١- انتقال الأيونات من خلال الأغشية الخلوية.
- ٢- السماح الاختياري لانتقال بعض الأيونات من خلال الأغشية الخلوية.
- ٣- الخواص المميزة للتركيب الأيوني للسوائل داخل وخارج الخلية.

ومن المعروف أن سوائل خارج الخلية تحتوي على تركيزات عالية من الصوديوم والكلوريد وتركيزات ضئيلة من البوتاسيوم وأيونات أخرى غير قابلة للنفاذ وسالبة الشحنات و العكس صحيح لتركيزات هذه الأيونات في سوائل داخل الخلية. وللحفاظ على تركيزات الصوديوم والبوتاسيوم على جانبي جدار الخلايا فإن الانتقال الأيوني النشط أو ما يسمى بمضخة الصوديوم والبوتاسيوم **Na-K-Pump** تعمل على جعل تركيز الصوديوم دائماً قليلاً داخل الخلية وتركيز البوتاسيوم دائماً قليل خارج الخلية وهذا عكس الانتقال الأيوني الطبيعي ويلزم ذلك استهلاك كميات من الطاقة تتأتى من تحليل **ATP** وتحويله إلى **ADP** ويجب التنويه إلى أن سرعة نفاذية البوتاسيوم من داخل إلى خارج الخلية حوالي ٥٠-١٠٠ مرة أسرع من الصوديوم لينتقل من خارج إلى داخل الخلية ونتيجة لذلك فإن تلك العملية تترك شحنات سالبة بكمية كبيرة داخل جدار الخلية ويقابلها شحنات موجبة بكمية كبيرة خارج جدار الخلية لينشأ عن ذلك ما يسمى بالجهد الغشائي **membrane potential** وعند وصول تنبيه عصبي يحدث للإنباض فإنه يمر على هيئة موجة متتابعة، وهذه الموجة التنبهية تحدث تغيرات لحظية في الخواص الكيميائية لجدار الخلية حيث يصبح الجدار أكثر نفاذية للصوديوم من البوتاسيوم فتنتقل أيونات الصوديوم بسرعة كبيرة إلى داخل الخلية ليصبح الجدار الداخلي لحظياً موجب الشحنات وسالب الشحنات من الخارج وتحدث تلك العملية في جزء من ١/١٠٠٠ من الثانية لتعدد الحالة كما كانت من قبل هذا التنبيه مع العلم بأن التنبيه ذلك يمر في جدار الخلية تتابعياً. وعند وصول التنبيه العصبي الكهربائي إلى جدار الخلية العضلية عند الوصلة العصبية العضلية **myoneural junction** أو ما يسمى بنهاية الصفيحة الحركية

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

mator end plate فإنه يلزم تضخيم هذا التنبيه ليحدث إنقباض العضلات، ويحدث ذلك من خلال إفراز مادة الاستيل كولين **acetylcholine** والتي كانت مخزنة في حبيبات صغيرة عن تلك الوصلة العصبية العضلية. ومادة الاستيل كولين تحدث زيادة في نفاذية الصوديوم من خارج الخلية إلى داخلها لتحدث موجة التنبيه العصبي والتي تستمر لمدة عدة أجزاء من ١/١٠٠٠ من الثانية يحدث بعدها تكسير لمادة الاستيل كولين تحت تأثير إفراز أنزيم الكولين استراز **holinesterase** وفيما يلي بعض خصائص هذا التنبيه الإنقباضي .

١- تختلف فترة التنبيه في الألياف العصبية عنه في الألياف العضلية من حيث طول فترة التنبيه عند أية موقع حيث أنها في الألياف العصبية تتراوح ٥،٠-١ جزء من ١/١٠٠٠ الثانية و في الألياف العضلية ٥-١٠ جزء من ١/١٠٠٠ من الثانية.

٢- لا يوجد أكثر من وصلة عصبية عضلية واحدة لكل ليفة عضلية.

٣- ينتقل التنبيه الإنقباضي طولياً ابتداءً من الوصلة العصبية ويمتد على الجانبية لجدار الخلية العضلية **sarcolemma** .

٤- ينتقل التنبيه الإنقباضي إلى جميع الميوفيرل الداخلية للليفة العضلية من خلال **T-tubules**

ثانياً: الإنقباض الميكانيكي للعضلات:

يحدث الإنقباض نتيجة تأثير ٤ أنواع من البروتينات هي:-

١- الأكتين **Actin**

٢- الميوسين **Myosin**

٣- التروبوميوسين **Tropomyosin**

٤- التروبونين **Troponin**

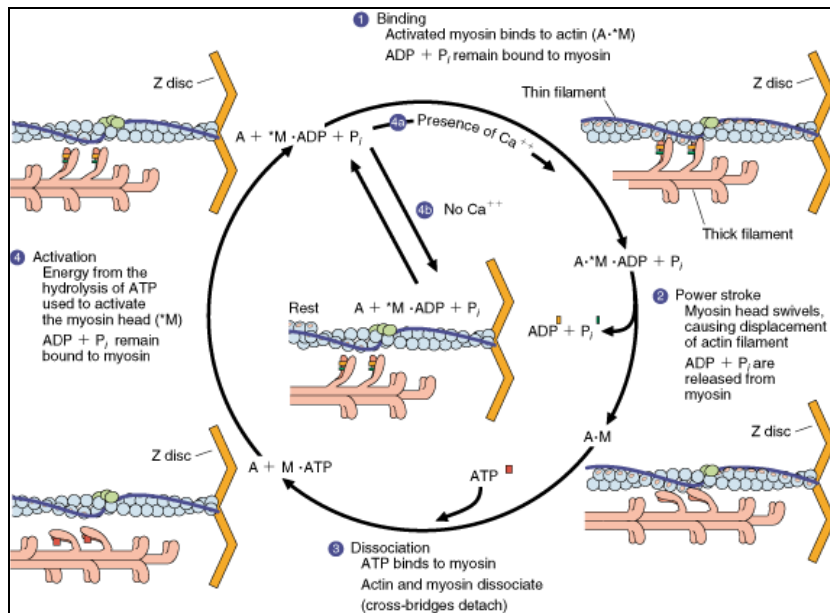
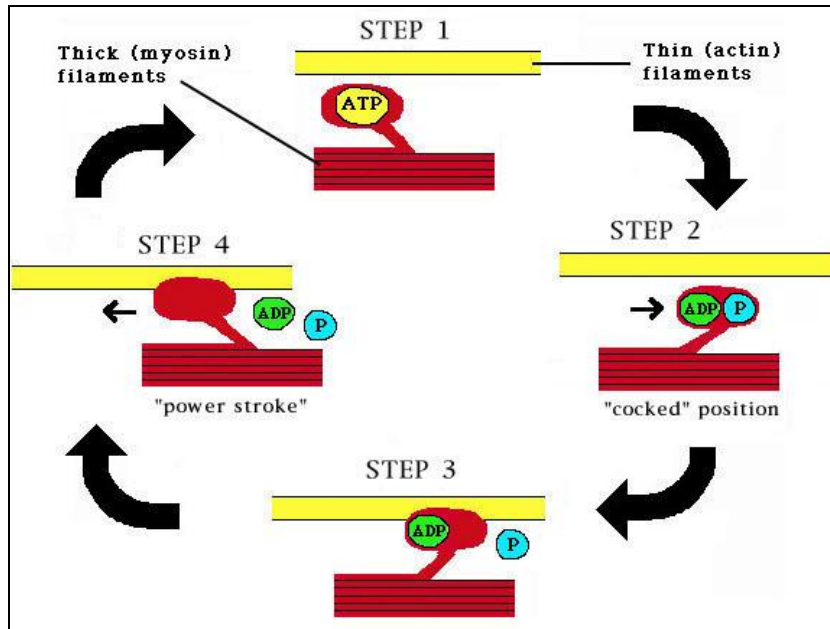
ففي حالة إنسائط العضلات لا تكون هناك أية روابط بين الأكتين والميوسين ولذلك فإن العضلات يمكنها أن تتمدد بسهولة وتستعيد طولها الأصلي بسهولة أيضاً وعند إنقباض العضلات فإن هناك عديد من الروابط تنشأ بين الأكتين والميوسين وهذه الروابط في الحالات الطبيعية تنحل بعد انقضاء الإنقباض ولكن في حالة اللحم في مرحلة ما بعد الذبح فإن هذه

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

الروابط تكون مستديمة ولا تنحل أبداً بعد ذلك. وبالإضافة إلى الأكتين والميوسين فإن التربونين والتربوميوسين يلعبان دوراً هاماً في مساندة عملية الإنقباض العضلي.

العضلات المرنحية تركيز أيون الكالسيوم في السائل الساركوبلازمي لها صغير جداً يصل لحوالي ١٠ مول/لتر، بينما إجمالي تركيز الكالسيوم في الليفة العضلية حوالي ١٠٠٠ ضعف ذلك (١٠ مول/لتر)، وهذا يعني أن أغلبية كالسيوم الحر لتكون مرنحية تركيز عالي من ATP وأغلبية ATP الموجود يكون في صورة مركب $Mg - ATP$ والذي يمنع تكوين الروابط بين الأكتين والميوسين لإحداث الإنقباض. وبعد ذبح الحيوان فإن اللحم في مرحلة ما بعد الذبح يفقد تدريجياً كمية ATP فينخفض تركيزها فيؤدي ذلك تشجيع تكوين الروابط بين الأكتين والميوسين.

عند إحداث التنبيه الإنقباضي ووصوله إلى داخل الليفة العضلية من خلال T-Tubules فإن ذلك يشجع على انطلاق الكالسيوم المرتبط إلى خارج الشبكة الساركوبلازمية يرتفع تركيز الكالسيوم الحر في السائل الساركوبلازمي بمعدل ١٠-١٠٠ مرة (١٠ - ١٠٠ مول/لتر)، يرتبط الكالسيوم الحر مع التربونين Troponin فيتغير الشكل الفراغي لبروتين الأكتين ويسهل بذلك تكوين روابط بين الأكتين والميوسين. نتيجة تكوين روابط الأكتين - الميوسين تتلحق لويقات الأكتين في اتجاه الميوسين وبالتالي فإن طول الساركومير يتغير ويتناقص تبعاً لدرجة الإنقباض وتختلف أيضاً سمك H-zone وتتناقص مع زيادة الإنقباض. مع ملاحظة ثبات سمك A-band في مرحلة ما بعد الذبح يمر اللحم بعملية التيبس الرمي Rigor mortis حيث أن إنقباض العضلات يحدث قصر في طول العضلات مما يؤدي إلى فسوة اللحم وعدم طراوته بالدرجة الطبيعية التي يجب أن يكون عليها. وتحتاج عملية الإنقباض إلى كمية إضافية من الطاقة في صورة ATP وهذه الطاقة لا يستفاد منها إذا توفر أنزيم ATP-ase myosin الموجود عند رأس الميوسين والذي يحول ATP إلى ADP، وهذا الأنزيم لا يعمل إلا إذا توفر تركيز ١٠-١٠٠ مول/لتر من الكالسيوم.



ميكانيكية انقباض العضلة ومصادر الطاقة

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

إذا توفرت الظروف لعودة الليفة العضلية من حالة الإنقباض إلى الإنبساط يحدث التالي:

- ١- يفقد التربونين الكالسيوم المرتبط به.
- ٢- يتجمع الكالسيوم الحر إلى داخل فراغات الشبكة الساركو بلازمية ويصبح كالسيوم مرتبط. ومن الملاحظ أن نفاذية الكالسيوم وانتقاله يكون عكس الاتجاه الطبيعي للتركيز ويحدث ذلك بما يسمى **Calcium-pump** حيث تستهلك وتحتاج إلى **ATP** كمصدر للطاقة.

ثالثاً: مصادر الطاقة المستهلكة في الإنقباض العضلي:

- ١- إنقباض العضلات.
 - ٢- مصدر الطاقة لمرور الكالسيوم الحر إلى داخل فراغ الشبكة الساركو بلازمية.
 - ٣- مصدر الطاقة لمرور الصوديوم والبوتاسيوم من خلال جدار الساركو ليما.
- وبعد إنقباض العضلة أهم مصادر استهلاك الطاقة يليها مرور الكالسيوم ثم أخيراً مرور الصوديوم والبوتاسيوم لإحداث الجهد الكهربائي عبر الساركو ليما. ومخزون الليفة العضلية من الطاقة لا يكفي لإحداث أكثر من نبضة عضلية إنقباضية ولذلك يلزم الليفة جهازاً آخر فعال في إمدادها بالطاقة وإعادة تصنيع **ATP** داخل الليفة.

بعد ذبح الحيوان فإن اللحم يحاول إمداد الليفة العضلية باحتياجاتها من الطاقة كما ولو

كانت العضلة حية ، وأهم مصادر هذه الطاقة هو إعادة فسفرة **ADP**



ويساعد في إتمام عملية الفسفرة أنزيم **creatine kinase** ، وبعد فترة تصبح هذه الوسيلة لإعداد الطاقة غير فعالة بعد إحداث عدد من الإنقباضات وتتجه الليفة إلى وسيلة أكثر فعالية في إمداد الطاقة وهي الميتابولزم الهوائي حيث تخدم الغذاء إلى ثاني أكسيد الكربون وماء وطاقة في صورة **ATP**.

يخزن الكربوهيدرات في صورة جليكوجين بالعضلات والتي لا تزيد عن ١% من تركيب العضلة كيميائياً، عندما تحتاج العضلة إلى طاقة فإن الجليكوجين يتحلل **glycolsis** من خلال عمليات تحليلية متعددة يتطلب أدائها عديداً من الأنزيمات الموجودة في

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

الساركوبلازما ليتحول في النهاية إلى جزئين من حمض البيروفك Pyruvic acid وينتج من هذه الخطوة الأولى ٣ جزئيات من ATP و ٤ أيونات هيدروجين تحمل بواسطة NAD إلى الميتوكوندريا لينشأ عنها ٤ جزئيات أخرى من ATP يدخل حمض البيروفك إلى دورة Tricarboxylic acid (TCA cycle) لينتج عنها ٦ جزئيات ثنائي أكسيد الكربون و ٢٠ أيون هيدروجين تحمل بواسطة NAD إلى الميتوكوندريا لينتج عنها ٣٠ جزئياً من الميتابولزم الهوائي .

ATP ليكون إجمالي تحلل جزئ الجليوكوجين حوالي ٣٧ جزئياً من ATP وتحدث هذه الحالة من الميتابولزم الهوائي عندما تعمل العضلة ببطء متناسب مع معدل وصول الأكسجين إليها من الدم، ولكن في حالة أن تكون العضلة تعمل بسرعة أكبر من وصول أكسجين الدم إليها فإنها تبدأ في الميتابولزم اللاهوائي لفترة قصيرة ويتلخص هذا النوع من الميتابولزم اللاهوائي في أن كمية الهيدروجين المنتجة من الجليكوليزس glycolysis ومن دورة TCA لا تستطيع أن ترتبط بكفاءة وبسرعة مناسبة مع الأكسجين الذي هو أساساً غير متوفر، ولذلك فإن الزيادة من الهيدروجين تحول حمض البيروفك إلى حمض اللاكتيك Lactic acid دون أن يدخل في TCA ولذلك فإن تحلل جزئياً من الجليكوجين لا هوأياً ينتج عنه ٧ جزئيات فقط من ATP وكميات تقدر بحوالي ٢ جزء حمض اللاكتيك تتراكم في العضلة وتؤدي إلى إنخفاض حموضة العضلة pH وقد لوحظ أن إنخفاض pH العضلة إلى ٦-٦,٥ يؤثر بإنخفاض معدل glycolysis وينخفض تركيز ATP وتصاب العضلة بالإجهاد وعدم المقدرة على الإنقباض.

بعد زوال الإجهاد يحمل حمض اللاكتيك مع تيار الدم إلى الكبد ليحول إلى جلوكوز مرة أخرى.

تحول العضلات إلى لحوم

ينتج تفكير دارس علم اللحوم إلى معرفة العوامل المتعددة التي تؤثر في خواص اللحوم وخاصة تلك العوامل التي تؤثر على خواص العضلات في الفترة التالية للذبح مباشرة. فمن المعروف أن العضلات بعد الذبح مباشرة لا تحدث مباشرة وتصبح لحمياً ولكن تقوم بعدة

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

عمليات وتغيرات طبيعية وكمائية تستمر لمدة عدة ساعات قبل أن تصبح لحماً صالحاً للأكل، ولذلك فإن معرفة الوظائف البيولوجية للحياة في نسيج العضلات ضروري لتفهم تلك التغيرات التي تحدث في العضلات في الحيوان المذبوح. ففي النسيج الحي هناك تعاون بين جميع الأعضاء للمحافظة على البيئة الداخلية للنسيج في أفضل حالاته **Homeostasis** ، ولذلك فإن هذا النظام يعمل على إعادة الاتزان الداخلي عند وقوع مؤثرات خارجية شديدة **stresses** ولذلك يستطيع النسيج أن يحافظ على حياته تحت ظروف بيئية ومؤثرات خارجية متباينة الشدة. ويعمل نظام **Homeostasis** عن طريق الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصماء ، وبصورة عامة فإن هذا النظام له دوره الإيجابي في عملية تحول العضلات إلى لحوم وذلك:

١- معظم التغيرات التي تحدث في العضلات بعد الذبح تكون رد فعل للمحافظة على البيئة الداخلية للعضلة وكأنها في الحياة تماما.

٢- الحالة التي عليها العضلات قبل الذبح مباشرة تؤثر على مستوى التغيرات التي تحدث في العضلات للتحول إلى لحم وبالتالي تؤثر على خواص ذلك اللحم المنتج.

ويمكن إجمال تلك العوامل التي تؤثر على خواص العضلات قبل الذبح مباشرة كآلائي:

١- الإجهاد الناشئ عن التداول والنقل والتسويق.

٢- درجة حرارة الجو والحيوان.

٣- طرق الذبح وإعداد الحيوان للذبح.

Exsanguination:- الذبح التزفي

يقصد بالذبح التزفي هو قطع أوردة وشرابين الرقبة بغرض استنزاف أكبر قدر ممكن من دم الجسم، وعملية الذبح هي بداية التغيرات التي تحدث في العضلات حيث أن التزف المفاجئ للحيوان هو عملية ضغط شديد على الحيوان **stress**، ينجم عنها إنخفاض في ضغط الدم. ولمواجهة هذا الإنخفاض الشديد في ضغط الدم يقوم نظام الاتزان البيئي الداخلي **Homeostasis** بعمل التعديلات اللازمة في النظام الدوراني ليحفظ جزء من الدم للأجهزة الداخلية الحيوية لحياة الحيوان، فيقوم القلب بسرعة ضرباته وتنقبض الأوعية الدموية السطحية لرفع ضغط الدم فيها وتقليل الدم بها وتوفيره للأعضاء الحيوية الداخلية، ولذلك

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

يلاحظ أن الترف يؤدي إلى فقد الجسم لحوالي ٥٠% من إجمالي حجم الدم والباقي يحتجز داخل الأعضاء الحيوية الداخلية وهذا في حد ذاته عامل مؤثر وهام على خواص اللحم. فمن المعروف أن الدم يعتبر بيئة ممتازة لنمو الميكروبات المسببة لفساد اللحم وإن وجود كميات من الدم محتجزة في اللحم تؤدي إلى تشويه مظهره وعدول المستهلك عنه، ولذلك فإن الترف يجب أن يكون كاملاً عند الذبح. وبعد الذبح مباشرة ونتيجة لضياع الوسيلة الوحيدة المستخدم (الدم) في نقل المواد الأولية اللازمة لنشاط العضلات ونقل مخلفات التمثيل الغذائي من العضلة إلى الخارج تبدأ عمليات التحول إلى لحم. في الحيوان الحي ينقل الأكسجين من الرئتين إلى الدم ومن الدم إلى العضلات وحيث أن مقدرة ميوجلوبين العضلات على جذب الأكسجين أكبر بكثير من مقدرة هيموجلوبين الدم فينتقل الأكسجين إلى الميوجلوبين العضلي من خلال الدورة الدموية في العضلات ويصبح الميوجلوبين مخزناً للأكسجين اللازم للتمثيل الغذائي للعضلة ولكنه غير كافي إلا لفترة قصيرة فقط بعد انقطاع الدورة الدموية كنتيجة طبيعية للذبح الترفي .

بعد نفاذ كمية الأكسجين المخزنة في العضلات تتحول عمليات الميتابولزم الهوائي لإنتاج الطاقة في العضلات إلى متابولزم لاهوائي كنوع لإستمرار الحياة في العضلة والحفاظة على قوام نسيجها ودرجة حرارتها لفترة من الوقت. وينتج من الميتابولزم اللاهوائي كميات من حمض اللاكتيك كما شرح من قبل ونتيجة لانقطاع الدورة الدموية فإن هذا الحمض يتراكم في العضلة ولا يجد من يحمله منها وتستمر هذه العملية إلى أن ينتهي تقريباً كل الجليكوجين المخزن في العضلة وينخفض تبعاً لذلك درجة حموضة العضلة pH ويتوقف درجة حموضة العضلة على كمية الجليكوجين الأساسية الموجودة في العضلة قبل الذبح.

التغيرات في درجة حموضة وحرارة العضلات بعد الذبح:

بعد إنخفاض تركيز الحموضة في العضلات الناجم عن تراكم حمض اللاكتيك من أهم التغيرات التي تحدث في العضلات بعد الذبح postmortem وأثناء تحولها إلى لحم. وبعد معدل إنخفاض الحموضة ودرجة pH التي يصل إليها اللحم من العوامل المتغيرة بدرجة كبيرة والتي تتأثر بعوامل بيئية شتى. ففي لحوم الخنازير تنخفض فيه pH من ٧ في الحيوان الحي إلى ٥,٦-٥,٧ خلال ٦-٨ ساعات ثم تصل إلى الحد الأدنى لها بعد ٢٤ ساعة وتكون ٥,٣-٥,٥

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

و في بعض الحيوانات وتحت تأثير عوامل بيئية محددة تنخفض درجة pH بعد الذبح بدرجة قليلة جداً خلال الساعات الأولى ثم تقاوم الإنخفاض ويصل قيمة حدتها الأدنى بعد ٢٤ ساعة إلى ٦,٥-٦,٨ فقط، وعلى العكس من ذلك ظروف بيئية أخرى قد تؤدي إلى إنخفاض سريع ومفاجئ في قيمة pH إلى ٥,٤-٥,٥ خلال الساعة الأولى بعد الذبح ثم يصل الحد الأدنى لقيمة pH بعد ٢٤ ساعة إلى ٥,٣-٥,٤ . وقد لوحظ أن الإنخفاض السريع في درجة pH خلال الساعات الأولى من الذبح يؤدي إلى تقليل جودة اللحم حيث أن حموضة العضلات قبل إنخفاض درجة حرارة الجسم الذبيحة تؤدي إلى دنتر بروتين العضلات **Denaturation** وعلى العكس من ذلك فإن الإنخفاض الطبيعي لدرجة حموضة لا يواجه مشكلة الدنترة حيث أن درجة حرارة الذبيحة خلال هذه الفترة قد انخفضت طبيعياً وخلال عمليات التبريد إلى درجة لا تكون فيها الحرارة مؤثرة على خواص بروتين العضلات. وتختلف أنواع البروتينات في الحيوانات المختلفة لدرجة حساسيتها لعملية الدنترة، فمثلاً بروتين عضلات الأسماك سريع الدنترة بدرجة تفوق أية بروتينات أخرى من الثدييات حيث يبدأ في الدنترة عند درجات حرارة منخفضة ودرجة حموضة مرتفعه. وتؤدي الدنترة إلى جعل البروتين يفقد ذوبانه ويفقد مقدرته على ربط الماء ويفقد مقدرته على الاحتفاظ بلونه الطبيعي، وهذه التغيرات غير مرغوبة في خواص اللحم الجيد الصالح للاستهلاك . ولذلك فإن العضلات التي تنخفض سريعاً في قيمة pH لها بعد الذبح تتوقع أن لحومها تكون:

١- باهته اللون.

٢- تفقد قدرتها على الاحتفاظ بالماء ويصبح السطح حديث القطع منها مرطب و في الحالات الشديدة من الدنترة يتساقط الماء منها. وعلى العكس من ذلك فإن العضلات التي تقاوم الإنخفاض الطبيعي لقيمة pH فإنها تكون داكنة اللون وجافة السطح.



لون غامق للابقار DCB



لون طبيعي



لون باهت PSE

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

بعد الذبح وانقطاع الدورة الدموية يضيع على العضلات مصدر هام لتنظيم درجة الحرارة حيث لا يمكن للحرارة الداخلية للعضلات أن تحمل بواسطة الدم إلى الأجزاء السطحية للتخلص منها بواسطة الإشعاع وعلى ذلك فإننا نجد أن العضلات ترتفع درجة حرارتها بعد الذبح مباشرة ويتوقف مدى هذا الإرتفاع على النشاط الميتابولزمي ومدته قبل الذبح ونوع العضلة وموقعها في الجسم وكمية الدهن المحيطة بالعضلة. ويجب التنويه هنا إلى أن العوامل التي تؤدي إلى إرتفاع درجة حرارة العضلة بعد الذبح هي نفسها التي تسبب إنخفاض درجة حموضة pH ويمكن القول بأن العضلات التي ينخفض فيها pH بسرعة ينتج عنها كميات إضافية من الحرارة تقاوم التزول السريع في درجة حرارة العضلة والعكس حيث أن الإنخفاض البطيء في pH يتبعه إنخفاض سريع في الحرارة، ويمكن القول بأن هناك عوامل أخرى تؤثر على درجة حرارة الذبيحة و هي درجة حرارة الجو المحيط بالحيوان قبل الذبح، وطول مدة الذبح والسليخ ودرجة حرارة المبرد التي تحفظ فيه الذبائح بعد الذبح.

التيبس الرمي: Rigor Mortis

أثناء تحول العضلات إلى لحم يحدث لها تصلب وإنكماش و تسمى هذه الظاهرة بالتيبس الرمي Rigor mortis حيث تؤثر هذه الخاصية على خواص وطراوة اللحم بدرجة كبيرة ويحدث التصلب والإنكماش نتيجة تكون روابط بين لويغات الأكتين والميوسين مثلما يحدث في العضلة الحية أثناء الإنسباط والتقلص تماما ولكن الفرق بينهما أن التيبس الرمي يتبعه تكون روابط مستديمة لا يمكن فكها بين الأكتين والميوسين حيث لا يتوفر ATP بوفرة لفك تلك الروابط المتكونة. ويميز العضلة التي في حالة تيبس الرمي بالآتي :

١- فقدان المقدرة على المطاطية والاستطالة والعودة إلى طولها الطبيعي.

٢- قصر طول العضلات.

٣- تصلب العضلة.

وتعد طريقة تتبع مقدرة الليفة العضلية على الاستطالة أفضل الوسائل لتتبع مراحل التيبس الرمي، فبعد الذبح مباشرة ولفترة قصيرة تكون الليفة قادرة على الاستطالة واستعادة طولها الأصلي مرة أخرى فخلال تلك المرحلة لا تكون هناك أية روابط بين الأكتين والميوسين

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

تكونت تعيق من استعادة الليفة لطولها الأصلي قبل الاستطالة وتسمى تلك المرحلة بمرحلة ما قبل التيبس الرمي. بعد ذلك تفقد العضلة بالتدرج محتوياتها من الجليكوجين كمصدر للطاقة وكذلك مركب الكرياتين فوسفات **Creatine phosphate** مصدر إعادة الفسفرة لمركب **ADP** وبالتالي تبدأ العضلة في تكوين الروابط المستديمة بين الأكتين والميوسين وتفقد بالتالي مقدرتها على الاستطالة واستعادة طولها الأصلي تدريجياً مع فقدان مصدر الطاقة إلى أن ينتهي كل مصدر الطاقة وتصبح العضلة غير قادرة على الاستطالة نهائياً ولذلك فإن التيبس الرمي يمكن تعريفه على أنه التقلص العضلي المستمر والذي ينجم عنه قصر وصلابة اللحم.

ويختلف الإنقباض العضلي في العضلة الحية عنه في العضلة بعد الذبح من حيث أن الإنقباض العضلي في العضلة الحية يحدث فيه ارتباط مؤقت بين الأكتين والميوسين في حوالي ٢٠% فقط من الأماكن المخصصة للارتباط على عكس التيبس الرمي حيث يحدث ارتباط مستديم في جميع الأماكن المخصصة للارتباط بين الأكتين والميوسين ويمكن القول بأن العلاقة بين **pH** العضلة وسرعة إتمام التيبس الرمي وثيقة حيث أن ثبات قيمة **pH** يعني انتهاء التيبس الرمي والإنخفاض السريع مهما كان قيمته في **pH** العضلة يعني سرعة الانتهاء من التيبس الرمي وذلك لأن كل من **pH** و التيبس الرمي مرتبط بكمية الجليكوجين الموجودة في العضلة والتي تم تمثيلها إلى حمض لاكتيك وبصورة عامة فإن انتهاء مرحلة التيبس الرمي تجعل العضلات في صورة لحوم صالحة للأكل ويحدث فيها التغيرات التالية:-

١ - فقدان الاتزان البيئي الداخلي للعضلة: **Homeostasis**

بعد فترة من الذبح تفقد العضلة مقدرتها على الاتزان البيئي كنتيجة طبيعية لانتهاء المخزون من الجليكوجين وبالتالي يقف الميتابولزم اللاهوائي وتبدأ درجة حرارة اللحم في الإنخفاض. ومن المعروف أن الجهاز العصبي المركزي يفقد قدرته على التنبيه العصبي بعد الذبح مباشرة بحوالي ٤-٦ دقائق، ولكن التنبيه العصبي اللاإرادي مستمر لفترة أطول مسبباً العديد من الإنقباضات مما قد يتسبب في تغيير في خواص اللحم بدرجة تتناسب مع مدة هذا التنبيه العصبي اللاإرادي.

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

٢ - سهولة الفساد بالبكتريا:-

يستطيع النسيج الحي أن يقاوم غزو البكتريا عن طريق عدة طرق منها الجهاز الليمفاوي وكرات الدم البيضاء، بالإضافة إلى النسيج الضام والأغشية الخلوية. أثناء تحول العضلات إلى لحم تحدث تغيرات في خواص الأغشية الخلوية بالإضافة إلى توقف عمل الجهاز الليمفاوي والدوري فتصبح العضلات عرضة للهجوم من البكتريا وانتشارها في العضلات بدرجة واسعة خاصة وأن اللحم مادة جيدة لنمو البكتريا. قد يكون إنخفاض pH العضلات له تأثير مثبط لبعض أنواع البكتريا، ولذلك فإن حماية اللحم من التلوث البكتيري مهم جداً لمنع الفساد أثناء جميع مراحل التبيس الرمي وتداول الذبيحة بعد الذبح.

٣ - فقدان الشكل النسيجي:-

التركيب النسيجي للعضلة خلال مراحل التبيس الرمي يشبه تماماً العضلات الحية ما عدا تقلصها ثم بعد فترة تبدأ التغيرات في تركيب العضلة وتزداد مع تقدم الوقت ومن هذه التغيرات:

أ) تغيرات في خواص الأغشية

ب) تهدم التركيب المميز لـ z-line

ج) اختلال في تنظيم ترتيب لويغات الميوفيرل.

وتواكب هذه التغيرات تغيرات في خواص اللحم عند استخدامه في الأكل.

٤ - التآكل الأنزيمي:

تتواجد أنزيمات التآكل في صورة غير فعالة داخل الليزوسوم lysosomes، و تسمى هذه الأنزيمات بالـ Cathepsins، وخلال مراحل التبيس الرمي وإنخفاض pH العضلات تنطلق هذه الأنزيمات من الليزوسوم إلى الخلية العضلية في صورة فعالة وتبدأ في مهاجمة التراكيب البروتينية واللويغات وتهدمها، وقد لوحظ أن حفظ اللحم بعد الذبح لمدة متفاوتة تؤدي إلى طراوة اللحم كنتيجة لتآكل لويغات الكولاجين للنسيج الضام وكنتيحة لتآكل Z-line وتعرف هذه الحالة بالتسوية التعتيق Aging وهي أساساً من فعل أنزيمات Cathepsins ومن المعروف أن الإنخفاض السريع لـ pH العضلات بجانب انه

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم

يسبب في دنتره بروتينات الميوفيرل والكولاجين انه أيضا يساعد على سرعة انطلاق أنزيمات التآكل وبالتالي فإن التغيرات التي تحدث في العضلات لا يمكن عزوها لأي من مسبب الأنزيمات أو الدنترة التي حدثت مبكراً في العضلة. ويجب التنويه إلى أن تآكل z-line يؤدي إلى طراوة اللحم نتيجة إنسباط العضلة الناشئ من تهدم النسيج البنائي لها.

٥ - تغيرات في لون النسيج:-

العضلات الحية التي تتوفر لها مصدر أكسجين جيد يكون لونها أحمر زاهي، وعندما يتناقص مصدر الأكسجين يتحول لونها إلى اللون الأحمر الداكن أو قرب اللون البنفسجي المحمر. خلال مرحلة التيبس الرمي يتناقص مصدر الأكسجين ويتحول اللحم إلى اللون الأحمر البنفسجي الداكن، وعندما يتعرض سطح هذا اللحم إلى الجو لمدة عدة دقائق يتم أكسدة الميوجلوبين Oxyghnated myoglobin ويتحول لونه إلى اللون الأحمر الزاهي. اللحم الذي تم دنتره بروتيناته بشدة يكون ذو مظهر باهت حتى ولو كان طازجا.

٦ - تغيرات في القوام النسيجي:-

العضلات الحية تكون متماسكة القوام وذات مظهر قوامي مرن، وخلال مراحل التيبس الرمي وبعده بقليل تصبح العضلات نتيجة التقلصات صلبة القوام منكمشة ثم بعد ذلك وبفترات متناسبة مع الوقت من الذبح تتحول هذه العضلات إلى نسيج فاقد لتماسكه ولين القوام كنتيجة لتآكل الأنزيمي وعمليات الدنترة و إذا كانت الدنترة شديدة أصبح اللحم لين جداً وطرى القوام.

٧ - المقدرة على ربط الماء:- Water binding capacity

يمثل الماء حوالي ٦٥-٨٠% من تركيب العضلة، ومعظم هذا الماء مرتبط بروتينات العضلة، وعندما لا تتم عملية دنتره البروتينات بشدة يظل الماء مرتبطاً مع هذا البروتين حتى وأثناء الطهي معطياً للحم العصيرية المرغوبة فيه كمنتج حيواني وعندما تنخفض pH العضلة بسرعة تتم عملية الدنترة للبروتينات بشدة وبالتالي تفقد البروتينات مقدرتها على ربط الماء ويفقد هذا الماء من العضلات أثناء فترة تحولها إلى لحم في صورة سوائل تخرج من العضلات ويصبح اللحم بعد طهيها جافاً غير مقبول الطعم.

الفصل التاسع مكونات ذبائح حيوانات اللحم