

ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DO MÚSCULO E TECIDOS ASSOCIADOS

Judite Lapa Guimarães, Edilene de Andrade Adell & Pedro E. de Felício

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da estrutura da carne e seus constituintes básicos, bem como da bioquímica do músculo, é fundamental para uma boa compreensão das propriedades funcionais da carne como alimento. A carne é composta basicamente dos tecidos:

- muscular,
- conjuntivo,
- epitelial e
- nervoso

O músculo vivo é um tecido altamente especializado, capaz de converter energia química em mecânica durante sua contração. A habilidade de contrair e relaxar, característica do músculo vivo, é perdida quando o músculo é convertido em carne.

Entretanto, alguns aspectos do mecanismo de contração e relaxamento no músculo vivo estão diretamente relacionados ao encurtamento das fibras e perda da maciez que ocorrem na carne pós-morte. Portanto, um bom entendimento de como funciona o músculo vivo facilita a compreensão das várias propriedades pós morte do músculo como alimento.

2. TECIDO EPITELIAL

Constitui uma pequena parcela do peso do músculo. Em alguns casos, como na formação do aroma, sabor e crocância característicos do frango frito, seu papel é fundamental.

O epitélio recobre as superfícies externas e internas do corpo e a maior parte dele é removida no processo de abate, sendo que o restante está associado principalmente aos vasos sanguíneos e linfáticos, permanecendo também em órgãos comestíveis como o fígado e os rins.

3. TECIDO NERVOSO

O tecido nervoso constitui menos do que 1% da carne, mas sua função no período imediatamente anterior e durante o abate pode ter importante influência sobre sua qualidade.

As fibras nervosas se entremeiam no tecido muscular para transmitir os impulsos nervosos.

4. TECIDO CONJUNTIVO

As principais funções desse tecido são:

- unir e manter ligadas as diversas partes do organismo.
- defesa do organismo funcionando como barreira a agentes infecciosos.

O tecido conjuntivo se caracteriza por possuir, geralmente, poucas células e uma grande quantidade de substância fundamental amorfa, sendo que a consistência desta matriz pode variar de mole e gelatinosa a fibrosa e dura.

4.1. TECIDO CONJUNTIVO PRÓPRIO

É constituído por células e fibras extracelulares envoltas em uma substância fundamental sem estrutura (amorfa). Existem três tipos de fibras extracelulares:

- ✓ colagênicas,
- ✓ reticulares e
- ✓ elásticas

Os tipos celulares podem ser divididos em células:

- ✓ fixas (fibroblastos, células adiposas, células mesenquimatosas indiferenciadas e macrófagos), e
- ✓ livres (monócitos, linfócitos, plasmócitos eosinófilos e mastócitos).

Entre as células fixas do tecido conjuntivo é importante destacar os fibroblastos, células onde são sintetizados os precursores dos componentes extracelulares do tecido conjuntivo, ou seja, tropocolágeno, tropoelastina e substância fundamental. A quantidade relativa dos vários tipos de fibras, células e substância fundamental varia muito de uma região do organismo para outra dependendo das exigências estruturais locais.

SUBSTÂNCIA FUNDAMENTAL

Trata-se de uma solução viscosa de gel fino que contém mucopolissacarídeos como o ácido hialurônico e sulfatos de condroitina. O ácido hialurônico é uma substância muito viscosa que se encontra no líquido sinovial das articulações e entre as fibras do tecido conjuntivo. Os sulfatos de condroitina aparecem nas cartilagens, tendões e ossos adultos. Também se encontram na substância fundamental os precursores do colágeno e da elastina, tropocolágeno e tropoelastina, respectivamente.

FIBRAS EXTRACELULARES

A disposição das fibras extracelulares em estruturas compactas dá origem ao tecido conjuntivo denso e quando formam uma rede de tecido solto constituem o tecido conjuntivo frouxo. O tecido conjuntivo denso ainda pode ser dividido em irregular, quando as fibras estão distribuídas de forma desorganizada, ou regular quando as fibras estão dispostas paralelamente como acontece nos tendões e aponeuroses.

Colágeno

O colágeno forma o principal tipo de fibra extracelular e é a proteína mais abundante do organismo animal (entre 20 e 25% do total de proteínas),

influindo muito na maciez da carne. Ele está presente em grande quantidade nos tendões e ligamentos e existem fibras de colágeno em todos os tecidos e órgãos, incluindo os músculos, onde sua distribuição não é uniforme e guarda certa relação com a atividade física. Assim, a musculatura das extremidades contém mais colágeno que a do dorso e, conseqüentemente, a primeira é mais dura que a última. A glicina representa cerca de um terço do conteúdo total de aminoácidos do colágeno e a prolina e hidroxiprolina outra terça parte.

A hidroxiprolina não aparece em quantidades significativas em outras proteínas e tem uma porcentagem constante no colágeno, sendo portanto utilizada para determinar a porcentagem dessa proteína nos tecidos.

As fibras de colágeno são formadas por um arranjo regular de moléculas de tropocolágeno. As fibras de colágeno são praticamente inextensíveis e individualmente são incolores, porém quando formam agregados apresentam a cor branca que caracteriza os tendões. As moléculas de colágeno apresentam ligações cruzadas entre si, o que se relaciona com sua relativa insolubilidade e resistência à tensão. O número destas ligações cruzadas e sua estabilidade aumenta com a idade do animal, deste modo, os animais jovens possuem um colágeno que se rompe mais facilmente e também mais solúvel (termolábil).

Elastina

As fibras elásticas são formadas por microfilbrilas e pela proteína elastina, apresentando uma cor amarelada. Elas estão presentes nos ligamentos, paredes de artérias e envolvendo vários órgãos, inclusive os músculos. As fibras de elastina se distendem com facilidade, e quando a tensão deixa de existir voltam ao comprimento normal. A elastina é constituída principalmente por glicina e prolina, e apresenta alguns aminoácidos incomuns como a desmosina e isodesmosina.

Embora represente somente 5% do total de tecido conjuntivo do músculo a elastina prejudica a maciez da carne. A extraordinária insolubilidade da elastina se deve, principalmente, ao seu grande conteúdo de aminoácidos não polares e às ligações laterais de desmosina, além disso ela é muito resistente às enzimas digestivas, de modo que sua contribuição para o valor nutritivo da carne é pequena ou nula.

Reticulina

As fibras reticulares são as primeiras a aparecer na diferenciação do mesênquima para o tecido conjuntivo frouxo, mas aos poucos dão lugar a um número cada vez maior de fibras colagênicas no tecido adulto. As fibras reticulares persistem, contudo, sob a forma de delicadas redes que circundam células (fibras musculares, por exemplo) e dão suporte ao epitélio dos vasos sanguíneos, estruturas neurais e à membrana da fibra muscular. Elas constituem, ainda, o tecido fibroso de apoio dos órgãos linfóides e hematopoéticos, o estroma do fígado e outros órgãos epiteliais.

4.2. TECIDO (CONJUNTIVO) ADIPOSEO

O tecido adiposo é um tipo especializado de tecido conjuntivo com predominância de células adiposas (adipócitos) originárias de células do mesênquima que armazenam gorduras neutras.

Os adipócitos estão distribuídos em grupos formando lóbulos, separados por septos de tecido conjuntivo que os sustentam. Este estroma de tecido conjuntivo permite a condução de vasos sanguíneos e nervos para o interior do tecido adiposo.

O tecido adiposo exerce funções que vão desde seu uso como reservatório de energia até a modelação do corpo, servindo ainda para preencher espaços entre os tecidos, ou para proporcionar ao corpo um recurso antichoque, de isolamento térmico e de fonte de calor.

Sua importância no sabor, aroma, maciez e suculência da carne será discutida durante o curso.

4.3. TECIDO CONJUNTIVO DE SUSTENTAÇÃO

As cartilagens e ossos constituem os elementos de suporte e o esqueleto dos animais respectivamente. Durante o desenvolvimento embrionário a maior parte do esqueleto se origina em forma de cartilagem e mais tarde se converte em osso.

Os ossos e cartilagens são importantes para a avaliação da idade do animal, ou melhor, da maturidade da carcaça.

5. TECIDO MUSCULAR

Vertebrados e muitos invertebrados possuem dois tipos de músculos: o liso e o esquelético; um terceiro tipo, o músculo cardíaco está restrito ao coração dos vertebrados.

Os músculos esqueléticos agem sob controle voluntário e os músculos liso e cardíaco sob controle involuntário. Os músculos esquelético e cardíaco são também chamados estriados por apresentarem bandas claras e escuras quando observados ao microscópio. O músculo liso não apresenta bandas.

O músculo esquelético representa de 35 a 65% do peso das carcaças dependendo, naturalmente, da fase de crescimento e engorda do animal, enquanto que o músculo liso aparece em pequena quantidade e principalmente nas paredes dos vasos sanguíneos.

Devido a sua predominância, o músculo esquelético terá sua estrutura descrita com detalhes, enquanto que os músculos liso e cardíaco serão abordados de modo mais breve.

5.1. MÚSCULO ESQUELÉTICO

Os músculos esqueléticos são unidades do sistema muscular que podem estar ligados diretamente aos ossos, mas que, em alguns casos, também se ligam às cartilagens, fâscias e pele. O organismo animal possui mais que 600 músculos que variam em tamanho, forma e função.

A unidade de organização estrutural do músculo esquelético é a fibra muscular, uma célula altamente especializada, longa, cilíndrica e multinucleada. Cerca de 75 a 92% do volume total do tecido muscular é constituído pelas fibras musculares, sendo que a matriz extracelular, tecido conjuntivo, fibras nervosas e vasos sanguíneos constituem o volume restante.

No músculo as fibras são agrupadas paralelamente formando feixes de fibras ou fascículos, os quais estão associados de vários modos para formar os diversos tipos de músculos.

As fibras musculares individuais, os feixes e o músculo como um todo são recobertos pelo tecido conjuntivo que forma uma rede contínua, mas que recebe diferentes nomes de acordo com sua localização.

Deste modo, o tecido conjuntivo que envolve o músculo recebe o nome de epimísio, os delgados septos que se estendem para dentro circundando todos os feixes constituem o perimísio e a rede extremamente delicada que recobre as fibras musculares individualmente chama-se endomísio.

As fibras nervosas e os vasos sanguíneos que irrigam o músculo esquelético acompanham os septos de tecido conjuntivo a partir do epimísio e vão se ramificando até atingir cada fibra muscular. As arteríolas e vênulas são orientadas transversalmente em relação às fibras musculares e a maioria dos capilares são arranjados paralelamente ao eixo longitudinal das fibras. Este arranjo permite uma extensa cobertura da superfície da célula para a troca de nutrientes e produtos do metabolismo celular. Cada fibra nervosa pode se ramificar e enervar numerosas fibras musculares. O contato entre os axônios terminais e as fibras musculares acontece através das placas motoras terminais .

A gordura intramuscular, que proporciona a marmorização da carne é depositada junto ao perimísio, próxima aos vasos sanguíneos, enquanto que a gordura intermuscular se deposita junto ao epimísio. Em ambos os casos a quantidade de gordura depositada pode variar muito, de acordo com a raça, idade e estado nutricional do animal.

FIBRA MUSCULAR ESTRIADA E SEUS CONSTITUINTES

As fibras musculares podem atingir até vários centímetros de comprimento, mas de modo geral não alcançam o comprimento total do músculo. Uma fibra muscular estriada típica mede entre 1 e 40mm de comprimento e tem de 10 a 100µm de diâmetro, dependendo da espécie e do músculo examinado.

Sarcolema

A membrana lipoprotéica que recobre cada fibra muscular não difere essencialmente das membranas plasmáticas de outros tipos celulares, mas recebe o nome de sarcolema, derivado da junção das palavras gregas *sarx* ou *sarkos* que significa músculo e *lema* que significa casca. Ela é bastante elástica para suportar as deformações que ocorrem nas fases de contração, relaxamento e estiramento do músculo. Uma característica exclusiva do sarcolema é a formação de invaginações ao longo de toda a superfície da fibra, formando uma rede de túbulos, chamados de túbulos transversais ou túbulos T.

Sarcoplasma

O sarcoplasma de uma fibra muscular corresponde ao citoplasma de outras células. É constituído, portanto, de uma típica matriz citoplasmática com 75 a 85% de água, gotículas de gordura e grânulos de glicogênio, e de organelas, assim como de miofibrilas peculiares ao músculo.

Núcleos

O número de núcleos de uma fibra muscular esquelética varia de acordo com o seu comprimento, sendo que em uma fibra com vários centímetros de comprimento pode haver centenas deles, distribuídos regularmente a espaços de 5µm ao longo do eixo longitudinal. Perto das junções mioneurais e nas proximidades de união com tendões o número de núcleos aumenta e sua distribuição é menos regular. Os núcleos são alongados na direção da fibra e normalmente se localizam logo abaixo do sarcolema, exceto nas fibras musculares esqueléticas de peixes onde se localizam no centro.

Miofibrilas e miofilamentos

As miofibrilas são estruturas cilíndricas, compridas e delgadas, com diâmetro de 1 a 2µm, orientadas no sentido longitudinal da fibra muscular e que preencham completamente seu interior. Uma fibra muscular de um diâmetro de 50µm pode ter de 1000 até 2000 miofibrilas.

As miofibrilas são formadas por um agrupamento ordenado de filamentos grossos e finos, paralelos entre si, cuja distribuição ao longo da miofibrila é responsável pela formação de bandas.

As miofibrilas, por sua vez, também se agrupam de modo que as bandas ou estrias ficam em sincronia, formando faixas claras e escuras que caracterizam o músculo estriado esquelético. Quando observadas sob luz polarizada em microscópio, as bandas escuras são birrefringentes ou anisotrópicas, e por esta razão receberam o nome de bandas A e as faixas claras, por serem menos anisotrópicas, receberam o nome de bandas I. A banda I é dividida ao meio por uma linha transversal escura chamada linha Z.

A unidade estrutural repetitiva da miofibrila onde os eventos morfológicos do ciclo de contração e relaxamento do músculo ocorrem é o sarcômero, que é definido como o segmento entre duas linhas Z sucessivas,

incluindo, portanto, uma banda A e duas meias bandas I. Os comprimentos do sarcômero e da banda I variam de acordo com o estado de contração do músculo, enquanto que a banda A permanece constante. Nos músculos em repouso de mamíferos o sarcômero tem aproximadamente 2,5µm de comprimento. No centro da banda A existe uma zona mais pálida, chamada faixa H, que por sua vez é atravessada por uma estreita linha escura chamada linha M, que deste modo se localiza precisamente no centro da banda A. Além disso, em cada lado da linha M, dentro da zona H, existe uma região um pouco mais clara que é denominada de pseudo zona H.

O estabelecimento destas bandas e regiões é consequência, como já foi dito, do arranjo dos filamentos grossos e finos no interior da miofibrila, e o conhecimento de suas funções é importante para entender os fenômenos que ocorrem no músculo.

Os filamentos grossos, com 10nm de diâmetro e 1,5µm de comprimento são os principais constituintes da banda A e determinam seu comprimento. Tais filamentos se compõem quase que exclusivamente da proteína miosina e por isso são também chamados de filamentos de miosina, sendo mantidos em posição por conexões transversais delgadas que se localizam no centro da banda A, formando a linha M.

Os filamentos finos se compõem basicamente da proteína actina, têm 5nm de espessura e estendem-se por cerca de 1µm em cada direção a partir da linha Z, constituindo a banda I. Na linha Z cada filamento de actina é contínuo com quatro delgados filamentos divergentes que correm obliquamente através da linha Z para um dos filamentos de actina do outro lado formando um padrão característico em ziguezague.

Os filamentos de actina penetram na banda A onde se interdigitam com os filamentos de miosina, de modo que em cortes transversais na extremidade da banda A pode-se observar um arranjo ordenado onde seis filamentos de actina estão regularmente espaçados ao redor de um filamento de miosina. O grau de penetração dos filamentos de actina na banda A varia com o estado de contração muscular.

A distância entre as extremidades de dois filamentos opostos de actina determina a largura da faixa H, que é definida como a região da banda A que não é penetrada por filamentos de actina. Nas miofibrilas distendidas, a faixa H é, portanto, larga, enquanto que no estado contraído ela é muito estreita ou inteiramente ausente. A distância entre os filamentos grossos e finos na região de interdigitação é de apenas 10 a 22nm e este estreito intervalo é atravessado por pontes transversais regularmente espaçadas que se estendem radialmente de cada filamento de miosina para os filamentos de actina vizinhos.

Proteínas dos miofilamentos

As proteínas miosina e actina constituem de 75 a 80% das proteínas miofibrilares, sendo a porção restante constituída pelas proteínas reguladoras da função muscular, atuando direta ou indiretamente no complexo adenosina trifosfato-actina-miosina. As principais proteínas reguladoras, em ordem

decrecente de concentração na miofibrila são: tropomiosina, troponina, as proteínas da linha M (creatina quinase, miomesina e proteína M), α actinina, proteína C e β actinina.

A actina constitui de 20 a 25% das proteínas miofibrilares. Ela é composta por subunidades globulares de actina G, que se polimerizam formando unidades de uma proteína fibrilar (actina F), que se entrelaçam duas a duas em hélice, forma característica do filamento de actina. A actina é rica em prolina e seu ponto isoelétrico é de aproximadamente 4,7.

A miosina constitui de 50 a 55% da proteína miofibrilar e se caracteriza por sua grande proporção de aminoácidos carregados positiva ou negativamente. Seu pH isoelétrico é de 5,4. A molécula de miosina tem a forma de um bastão com cerca de 150nm de comprimento, com uma projeção globular dupla (chamada cabeça da miosina) em uma das extremidades. Os filamentos de miosina são formados por um arranjo antiparalelo de moléculas de miosina, de tal modo que a porção central é lisa e formada apenas pela região em bastão das moléculas (esta porção central corresponde à pseudo zona H, localizada no centro da banda A e mencionada anteriormente), com as cabeças globulares se projetando para fora. A miosina pode ser quebrada pela ação proteolítica da tripsina originando dois fragmentos chamados meromiosina leve (MML) e meromiosina pesada (MMP), sendo que a última contém a cabeça da miosina.

Durante a contração muscular as cabeças de miosina formam pontes com os filamentos de actina, originando um complexo químico conhecido como actomiosina. A formação de actomiosina proporciona um estado de rigidez e de relativa inextensibilidade muscular. A actomiosina constitui a maior parte das proteínas miofibrilares presentes no músculo em *rigor mortis*. Nos animais vivos ela é um composto transitório uma vez que as pontes formadas se rompem durante a fase de relaxamento muscular. Quando o músculo está em repouso praticamente não existem pontes.

A tropomiosina e a troponina representam, juntas, entre 16 e 20% das proteínas miofibrilares. A tropomiosina é responsável pela sensibilidade do sistema actomiosina ao cálcio que deflagra a contração, e a troponina é a proteína receptora deste íon. Ambas estão associadas ao filamento de actina. A tropomiosina tem uma estrutura fibrilar composta por duas cadeias polipeptídicas enroladas, e se posiciona sobre um sulco da superfície da actina, estendendo-se por 7 unidades de actina G, enquanto que a troponina é formada por três subunidades polipeptídicas, TnT, TnI e TnC, e se distribui a intervalos regulares em sítios específicos da tropomiosina.

Retículo sarcoplasmático e túbulos T

O conjunto de retículo sarcoplasmático (RS) e túbulos T forma um sistema de canais e cisternas, delimitado por membranas, forma uma rede ao redor de cada miofibrila, exibindo um padrão repetitivo e altamente especializado que apresenta uma relação constante com determinadas faixas da mesma. As membranas reticulares do RS são os locais de armazenamento do cálcio das fibras em repouso. Embora desempenhem funções em conjunto estas duas estruturas se originam de sistemas de membranas distintos, uma

vez que o RS corresponde ao retículo endoplasmático de outros tipos celulares, enquanto que os túbulos T se originam do sarcolema e se comunicam com o espaço extracelular. Na região entre as bandas A e I os túbulos longitudinais convergem para canais transversais de maior calibre chamados cisternas terminais. Os túbulos T também são estruturas transversais em relação à miofibrila, e cada um se localiza entre duas cisternas terminais, formando uma estrutura chamada tríade. Nos mamíferos, aves e em alguns peixes as tríades se localizam entre as bandas A e I, existindo, portanto duas tríades por sarcômero, enquanto que nos anfíbios só existe uma tríade por sarcômero, localizada sobre a linha Z. O volume ocupado pelo RS numa fibra muscular é de cerca de 13% do volume total, podendo variar muito de uma fibra para outra. Os túbulos T ocupam somente 0,3% do volume da fibra.

Lisossomos

Os lisossomos são vesículas pequenas que servem como reservatório de diversas enzimas digestivas. Entre as enzimas proteolíticas, as catepsinas são um grupo muito importante pois agem sobre algumas proteínas musculares, contribuindo para o amaciamento da carne durante a maturação. Atualmente, atribui-se maior importância à ação de proteases neutras (sistema calpaínas) no processo de maturação da carne. Estas não fazem parte do conteúdo dos lisossomos.

Mitocôndrias

Nas fibras musculares esqueléticas as mitocôndrias são mais abundantes perto dos polos dos núcleos e imediatamente abaixo do sarcolema, mas também ocorrem no interior da fibra, onde estão distribuídas em fileiras longitudinais entre as miofibrilas, preferivelmente ao lado das linhas Z e na união das bandas A e I. Para a manutenção das altas exigências energéticas necessárias à contração muscular, as mitocôndrias possuem numerosas cristas estreitamente espaçadas. Sua associação íntima com os elementos contráteis situa a fonte de energia química (ATP) próxima aos locais de sua utilização nas miofibrilas.

Complexo de Golgi

O Complexo de Golgi é formado por um conjunto de vesículas planas, de constituição semelhante à da membrana do retículo sarcoplasmático, que se localiza próximo a um polo de cada núcleo por toda a fibra muscular. Sua principal função é concentrar e armazenar os produtos do metabolismo celular.

TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES

Os músculos podem ser classificados em brancos ou vermelhos de acordo com a intensidade de sua coloração, que por sua vez depende da proporção de fibras vermelhas e brancas existentes. Normalmente os músculos são formados por uma mistura de fibras vermelhas e brancas, sendo que as últimas estão sempre em maior proporção, mesmo nos músculos que

são visivelmente vermelhos. Os músculos também exibem fibras com características intermediárias entre os tipos vermelho e branco. O conteúdo maior de mioglobina das fibras vermelhas em relação às brancas é o responsável pela sua coloração. As características estruturais, funcionais e metabólicas das fibras musculares vermelhas, intermediárias e brancas são distintas e estão demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1. Características das fibras musculares vermelhas, intermediárias e brancas de animais de abate.

CARACTERÍSTICA	F. VERMELHAS	F. INTERMEDIÁRIAS	F. BRANCAS
Cor	Vermelha	Vermelha	Branca
Conteúdo em mioglobina	Alto	Alto	Baixo
Diâmetro da fibra	Pequeno	Pequeno-Intermediário	Grande
Velocidade de contração	Lenta	Rápida	Rápida
Tipo de contração	Tônica	Tônica	Fásica
Número de mitocôndrias	Alto	Intermediário	Baixo
Tamanho mitocondrial	Grande	Intermediário	Pequeno
Densidade capilar	Alta	Intermediária	Baixa
Metabolismo oxidativo	Abundante	Intermediário	Escasso
Metabolismo glicolítico	Escasso	Intermediário	Abundante
Conteúdo lipídico	Alto	Intermediário	Baixo
Conteúdo glicogênico	Baixo	Alto	Alto

(JUDGE et al., 1989)

5.2. MÚSCULO LISO

O músculo liso está presente nas paredes do trato digestivo e das vias respiratórias, nos ductos urinários e genitais, nas paredes das artérias, veias e grandes vasos linfáticos e na pele. Suas fibras são normalmente fusiformes mas podem variar muito em tamanho e forma, dependendo de sua localização. As fibras do músculo liso dispõem-se de modo que a parte mais espessa de uma está justaposta às extremidades delgadas de fibras adjacentes. Assim, em cortes transversais o músculo liso apresenta contornos que variam de arredondados até triangulares ou poligonais, com grande diferença de diâmetro entre as células.

O sarcolema forma pontes de contato entre as células vizinhas, e no sarcoplasma o retículo sarcoplasmático é menos desenvolvido que no músculo esquelético. As fibras possuem um único núcleo que normalmente se localiza no centro da célula. Os miofilamentos são menos ordenados em comparação

ao músculo esquelético, e se ordenam aos pares e paralelamente ao eixo longitudinal da fibra. Actina e miosina estão presentes nas mesmas proporções que no músculo esquelético, mas não há formação de estrias.

As células musculares lisas podem apresentar-se isoladas ou em pequenos grupos formando feixes, em qualquer um dos casos são envolvidas por tecido conjuntivo que as mantém unidas e que transmite a força de contração uniformemente. Os espaços entre as fibras do músculo liso são preenchidos por tecido conjuntivo, fibras nervosas e vasos sanguíneos. No entanto, as fibras do músculo liso são menos irrigadas que as do músculo esquelético.

5.3. MÚSCULO CARDÍACO

O músculo cardíaco apresenta algumas características que lembram o músculo liso e outras que lembram o músculo esquelético, e o resultado disto é a sua especialidade para realizar as contínuas e involuntárias contrações necessárias para o bombeamento do sangue através do corpo.

Em relação às fibras do músculo esquelético, as fibras do músculo cardíaco, ou miocárdio, são menores, possuem um sarcoplasma mais abundante e rico em glicogênio, e mitocôndrias maiores e mais numerosas, além disso, possuem um único núcleo no centro da célula e são ramificadas. Os miofilamentos se agregam formando fibrilas que variam muito em tamanho, dependendo de sua localização ao longo do eixo longitudinal da fibra, mas os filamentos de actina e de miosina ainda se alinham resultando em uma aparência estriada.

Outra característica exclusiva do músculo cardíaco é a presença dos discos intercalares, que aparecem como densas linhas transversais que se repetem a intervalos regulares na fibra muscular sempre em sincronia com as bandas I. Tais estruturas são responsáveis pela manutenção de uma firme coesão entre as fibras, e pela transmissão da tensão das fibrilas ao longo do eixo da fibra de uma unidade celular para a seguinte.

A distribuição do tecido conjuntivo, dos vasos sanguíneos e linfáticos e das fibras nervosas no músculo cardíaco não difere da relatada para os outros tipos de músculos, exceto por apresentar uma extensa rede de capilares sanguíneos, o que se relaciona com sua grande capacidade para o metabolismo oxidativo.

6. Composição química do organismo animal

O organismo animal contém normalmente em torno de um terço dos cem elementos químicos existentes. Destes elementos, aproximadamente vinte são essenciais a vida. Os elementos mais abundantes (em peso) no organismo são aqueles presentes na água e nos compostos orgânicos, como as proteínas, lipídios e carboidratos: oxigênio, carbono, hidrogênio e nitrogênio. Estes quatro elementos juntos constituem aproximadamente 96% da composição química do animal. Vários outros elementos estão presentes no organismo como constituintes inorgânicos. As porcentagens destes elementos inorgânicos variam de um máximo de 1,5% (cálcio) até quantidades apenas detectáveis. Porém, a quantidade total de um determinado elemento presente no organismo, não pode ser considerada como uma indicação de sua importância funcional.

6.1. ÁGUA

A água serve como um meio de transporte de nutrientes, metabólitos, hormônios e resíduos através de todo organismo. Ela também constitui-se no meio onde ocorrem a maioria das reações químicas e dos processos metabólicos do organismo animal.

6.2. PROTEÍNAS

As proteínas apresentam-se como um importante grupo dos compostos químicos no organismo. Algumas são necessárias pela sua estrutura e por outras funções nas reações metabólicas vitais. Exceção feita aos animais muito gordos, as proteínas somente são superadas, em peso, pela água. A maioria das proteínas está localizada no músculo e no tecido conjuntivo. As proteínas, presentes no organismo, variam em tamanho e forma; algumas são globulares enquanto outras são fibrosas. As diferenças estruturais nas moléculas protéicas contribuem para suas propriedades funcionais.

6.3. LIPÍDIOS

O organismo animal contém muitas classes de lipídios, porém os lipídios neutros (ácidos graxos e glicerídios) predominam. Em relação aos vários lipídios no organismo, pode-se dizer que alguns apresentam-se como uma fonte de energia para as células; outros contribuem para a estrutura e o funcionamento da membrana celular; outros ainda, como alguns hormônios e vitaminas, estão envolvidos no funcionamento metabólico. A maioria dos lipídios no organismo são encontrados em vários depósitos de gordura, na forma de triglicerídios, ésteres de glicerol de ácidos graxos de cadeias longas. Exceto em gordura de leite, os ácidos graxos contendo cadeias com 10 átomos de carbono ou menos, raramente são encontrados em gordura animal. Por outro lado, ácidos graxos C₁₆ e C₁₈ (moléculas com cadeias contendo 16 e 18 átomos de carbono, respectivamente) predominam, com ácidos C₁₂, C₁₄ e C₂₀ presentes somente em pequenas quantidades.

Quanto aos ácidos graxos saturados, o palmítico e o esteárico (C₁₆ e C₁₈, respectivamente) predominam em gordura animal. Os ácidos graxos insaturados predominantes em gordura animal são o palmitoléico, oléico (C₁₆ e C₁₈, respectivamente, com uma dupla ligação), linoléico (C₁₈, com duas duplas ligações) e linolênico (C₁₈, com três duplas ligações). O ácido graxo mais abundante no organismo animal é o ácido oléico. Em relação aos triglicerídios presentes nas gorduras animais, os mais abundantes são os que contém uma molécula de ácido palmítico e duas de oléico em cada molécula de triglicerídio, seguidos pelos triglicerídios que contém uma molécula de ácido oléico, uma de palmítico e uma de esteárico.

6.4. CARBOIDRATOS

O organismo animal contém poucos carboidratos, e a maioria dos presentes são encontrados nos músculos e no fígado. O carboidrato mais abundante é o glicogênio, que está presente no fígado (2-8% do peso do fígado fresco), enquanto que o músculo contém quantidades bastante pequenas (1% no músculo pré-rigor). Outros carboidratos encontrados no organismo animal incluem intermediários do metabolismo dos carboidratos e glicosaminoglicanas presentes no tecido conjuntivo. Embora os carboidratos estejam presentes em pequenas proporções, eles apresentam funções extremamente importantes no metabolismo energético e nos tecidos estruturais.

7. Composição química do músculo esquelético

O músculo é o principal componente da carne. Assim como o organismo animal, o músculo contém água, proteínas, gordura, carboidratos e constituintes inorgânicos. O tecido muscular sem gordura aparente (2% de lipídios) contém 75% de seu peso em água. É o que temos encontrado no músculo Longissimus dorsi de touros jovens das raças zebuínas. A água é o principal constituinte dos fluidos extracelulares e vários constituintes químicos estão dissolvidos ou suspensos nela. Em função disto, ela age como um meio de transporte de substâncias entre a camada vascular e as fibras musculares.

As proteínas constituem de 16 a 22% da massa muscular e são os principais constituintes da matéria sólida. As proteínas musculares geralmente são classificadas, em relação à sua solubilidade, em:

- ✓ sarcoplasmáticas,
- ✓ miofibrilares e
- ✓ do estroma (tec. conjuntivo)

Além das proteínas, outros compostos nitrogenados estão presentes no músculo. Entre eles, as substâncias nitrogenadas não protéicas, que incluem vários compostos químicos, como por exemplo:

- aminoácidos,
- peptídios simples,
- creatina,
- creatina fosfato,

- creatinina,
- algumas vitaminas,
- nucleosídeos e nucleotídeos, incluindo ATP.

O teor de lipídios no músculo é extremamente variável, estando entre 1,5 a 13%, constituindo-se praticamente apenas de lipídios neutros (triglicerídios) e fosfolipídios.

Em relação aos carboidratos, temos que o músculo apresenta geralmente uma quantidade bastante pequena. O glicogênio, que é o carboidrato mais abundante no músculo, participa com aproximadamente 0,5 a 1,3% do peso muscular. A maioria dos outros carboidratos consistem em glicosaminoglicanas, glicose e outros mono ou dissacarídeos e intermediários do metabolismo glicolítico.

Finalmente, o músculo contém vários constituintes inorgânicos, entre eles cátions e ânions de importância fisiológica, como cálcio, magnésio, potássio, sódio, ferro, fósforo, enxofre e cloro. Vários outros constituintes inorgânicos encontrados no organismo animal também estão presentes no músculo.

8. Composição da carcaça

A composição da carcaça é geralmente a de maior interesse. Em relação aos componentes da carcaça bruta, as proporções de músculo, gordura e ossos são as de maior importância para a avaliação da produção do gado. Quando a porcentagem de gordura na carcaça aumenta, a porcentagem de músculo e de ossos mais tendões diminui. Estas características da composição afetam o valor comercial da carcaça e são influenciadas por fatores genéticos, bem como ambientais, durante o crescimento e o desenvolvimento do animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLOOM, M. & FAWCETT, D. W. **Tratado de Histologia**. 10. ed. Rio de Janeiro, Interamericana, 1977. 940 p.
- DARNELL, J.; LODISH, H. & BALTIMORE, D. **Molecular Cell Biology**. 2. ed. New York, Scientific American Books, 1990.
- JUDGE, M.D. et al. **Principles of Meat Science**. 2.ed. Dubuque, Kendall/Hunt Publishing Company, 1989. 351 p.
- PARDI, M.C. et al. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. v.1. Goiânia, Editora da UFG, 1993. 586 p.