



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG

MATEUS SAURIN MARTINEZ

**EFEITO DO PROCESSAMENTO TÉRMICO NA DIGESTIBILIDADE PROTEICA
DE CARNES: REVISÃO**

SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA

2018

MATEUS SAURIN MARTINEZ

**EFEITO DO PROCESSAMENTO TÉRMICO NA DIGESTIBILIDADE PROTEICA
DE CARNES: REVISÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialista em Qualidade e Segurança de Alimentos da Escola de Química e Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande – FURG, como um dos requisitos necessários à conclusão do curso.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Larine Kupski

SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA

2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, sem Ele não seríamos nada.

À minha mãe Jussara, que sempre me incentivou nas minhas escolhas me dando toda força que precisei. Ao meu pai Juan, que faleceu recentemente e foi um grande exemplo de companheirismo e carinho, com ele aprendi que o amor não precisa de nada para acontecer, basta estar junto.

As minhas irmãs: Mara, Marcia e Matilde, que desde sempre foram grandes amigas, com elas sei que posso contar em todos os momentos.

À minha noiva Anelise, pessoa fundamental na minha caminhada, com ela aprendo todos os dias e por ela quero seguir crescendo.

Aos meus professores de graduação no curso de Engenharia de Alimentos, hoje percebo o quanto eles foram fundamentais na minha formação.

A todos os professores do curso de Especialização em Qualidade e Segurança de Alimentos, por essa iniciativa incrível de realizar uma pós-graduação gratuita e de altíssima qualidade.

À minha orientadora Professora Dra. Larine, que apesar da distância e dos contratempos, sempre se mostrou disposta a ajudar com grandes ideias e sugestões.

À banca examinadora pelas contribuições e apontamentos que contribuirão para enriquecer esse estudo proposto.

RESUMO

A carne é uma das principais refeições na mesa do brasileiro. No ano de 2017 o consumo deste alimento foi de 90 kg por habitante. Alimentos de origem animal, como carnes vermelhas, aves e peixes possuem proteínas em quantidade suficiente para suprir as necessidades do organismo humano, além de serem consideradas de boa qualidade, pois são a melhor fonte de aminoácidos essenciais. Uma proteína pode ter sua qualidade avaliada por procedimentos *in vitro* ou *in vivo*, refletindo sua capacidade de fornecer aminoácidos essenciais nas quantidades necessárias ao crescimento e à manutenção do organismo. Portanto, além de presentes na estrutura polipeptídica, esses aminoácidos devem estar biodisponíveis para o organismo. Vários fatores podem influenciar na digestibilidade das proteínas presente em carnes, porém, o processamento térmico foi abordado com maior evidência no presente trabalho. A cocção de alimentos é um processo diário na vida das pessoas e a maneira de prepara-los pode influenciar diretamente na absorção de nutrientes. Portanto, o objetivo do trabalho foi realizar um estudo bibliográfico com intuito de avaliar como o processamento térmico afeta na digestibilidade dos três tipos de carne mais consumidos no Brasil (frango, bovino e suíno) e demonstrar quais processos podem ter maior influência na qualidade nutricional desses macronutrientes. Com base na literatura, foi possível comprovar que, os diferentes tratamentos térmicos afetam negativamente na digestibilidade de proteínas, principalmente em métodos onde se aplicam temperaturas acima de 100°C por calor direto, ocorrendo reações que dificultam a liberação e biodisponibilidade de aminoácidos. Em vista disso, entender como o processamento térmico pode interferir na absorção de nutrientes, contribui para a busca de alternativas de um consumo com maior qualidade nutricional possível, como por exemplo, o cozimento *sous vide*.

Palavras chave: qualidade, biodisponibilidade, proteína, aminoácidos, cocção.

ABSTRACT

Meat is one of the main meals at the Brazilian's table. In the year 2017 the consumption of this food was 90 kg per inhabitant. Animal foods such as red meats, poultry and fish have enough protein to meet the needs of the human body, and are considered of good quality because they are the best source of essential amino acids. The protein quality can be assessed by *in vitro* or *in vivo* procedures, reflecting its ability to provide essential amino acids in the amounts required for growth and maintenance of the organism. Therefore, in addition to being present in the polypeptide structure, such amino acids must be bioavailable to the body. Several factors may influence the digestibility of the proteins present in meats, however, the thermal processing was approached with greater evidence in the present work. Cooking food is a daily process in people's lives and the way you prepare them can directly influence the absorption of nutrients. Therefore, the objective of this work was to perform a bibliographic study to evaluate how the thermal processing affects the digestibility of the three meat types most consumed in Brazil (chicken, beef and pork) and to demonstrate which processes may have a greater influence on the nutritional quality of these macronutrients. Based on the literature, it was possible to prove that the different thermal treatments affect negatively the protein digestibility, mainly in methods where temperatures above 100 °C are applied by direct heat, occurring reactions that hinder the release and bioavailability of amino acids. Therefore, understanding how thermal processing may interfere with the absorption of nutrients contributes to the search for alternatives of consumption with higher nutritional quality, such as *sous vide* cooking.

Keywords: quality, bioavailability, protein, amino acids, cooking.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3 METODOLOGIA	11
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
4.1 NUTRIENTES.....	12
4.2 PROTEÍNAS	13
4.2.1 Aminoácidos.....	14
4.3 PROTEÍNAS DE ORIGEM ANIMAL	19
4.3.1 Carne Bovina, suína e de frango.....	21
4.4 BIODISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES	24
4.4.1 Métodos para a estimativa da biodisponibilidade em nutrientes	25
4.5 DIGESTIBILIDADE DE PROTEÍNAS.....	26
4.6 FATORES QUE AFETAM A DIGESTIBILIDADE PROTEICA EM CARNES.....	28
4.6.1 Tipos de processamento térmico utilizados no preparo de carnes.....	30
4.6.2 Efeito do processamento térmico na digestibilidade de proteínas.....	32
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

Uma alimentação rica em proteínas, muitas vezes é associada ao consumo de produtos de origem animal, principalmente carnes. No Brasil, no ano de 2017, o consumo de carne foi de 90 kg por habitante (CONAB, 2017). O consumo diário de proteína recomendado para homens e mulheres é em média de 55 e 45 g, respectivamente, ou seja, duas porções de carne por dia. Esses alimentos além de possuírem uma alta digestibilidade, em torno de 95%, apresentam todos os aminoácidos necessários na dieta humana (MAHAN e ESCOTT-STUMP, 2005).

A medida da digestibilidade indica quanto das proteínas são hidrolisadas pelas enzimas digestivas e absorvidas pelo organismo, constituindo o primeiro fator que afeta a eficiência da utilização proteica da dieta. Quando certas ligações peptídicas não são hidrolisadas no processo digestivo, parte da proteína é excretada nas fezes ou transformada em produtos do metabolismo pelos microrganismos do intestino grosso (SGARBIERI, 1996).

Diversos procedimentos podem ser utilizados para medir a qualidade nutricional das proteínas, podendo ser *in vivo* ou *in vitro*, refletindo assim, sua capacidade de fornecer aminoácidos essenciais em quantidades necessárias ao crescimento e à manutenção do organismo. Portanto, além de presentes na estrutura polipeptídica, esses aminoácidos devem estar biodisponíveis para o organismo. Diversos fatores podem influenciar nessa biodisponibilidade, como conformação estrutural e condições de processamento (COZZOLINO, 2016). Durante o processamento dos alimentos ocorrem alterações químicas que podem aumentar ou diminuir a biodisponibilidade de certos nutrientes, favorecendo ou prejudicando sua digestão e absorção, podendo ocorrer também a inativação de determinadas substâncias presentes no alimento (COELHO, 2007).

Atualmente os consumidores estão se tornando cada vez mais esclarecidos e exigentes quanto à qualidade dos produtos de consumo diário. No caso específico das carnes, essa demanda acontece tanto pelos atributos sensoriais, como maciez, sabor e quantidade de gordura, quanto pelos de qualidade como procedência, armazenamento e aparência. Porém, recentemente, existe a preocupação com a qualidade nutricional e características de natureza voltadas para as formas de produção e processamento, como os métodos de cocção empregados durante seu preparo. Os métodos de cocção são importantes meios para facilitar a digestão dos alimentos, porém se realizados de forma incorreta podem ocasionar em perdas na digestibilidade proteica (BETORET, 2011). Portanto, é necessário entender os mecanismos básicos que afetam a digestibilidade da proteína, pois esse conhecimento pode ser utilizado para

orientar no melhor consumo dos alimentos, interferindo o mínimo possível na qualidade e biodisponibilidade nutricional.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo bibliográfico sobre os efeitos do processamento térmico na digestibilidade de proteínas em carne bovina, suína e frango.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a influência de diferentes fatores na digestibilidade de proteínas.
- Descrever os principais tratamentos térmicos empregados em carnes bovina, suína e de frango.
- Avaliar quais tratamentos térmicos tem maior impacto na digestibilidade da proteína e biodisponibilidade dos aminoácidos;

3 METODOLOGIA

O presente estudo é uma revisão literária científica. Após a definição do tema de estudo, para o desenvolvimento do conteúdo e alcance dos objetivos propostos foram utilizadas pesquisas bibliográficas com as palavras chave: “biodisponibilidade”, “proteínas”, “carnes”, em fontes de consultas bibliográficas nacionais e internacionais, como artigo em revistas científicas, livros e plataformas como periódicos CAPES e ScienceDirect. Trata-se de uma abordagem sistemática e abrangente, que descreve as propriedades físicas, químicas, nutricionais e funcionais das proteínas de origem animal; os métodos para avaliar a qualidade nutricional, digestibilidade proteína e biodisponibilidade de aminoácidos; fatores que podem interferir na digestibilidade proteica, assim como efeitos do processamento térmico (tipos de tratamento) na biodisponibilidade de proteína presente na carne.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 NUTRIENTES

Os nutrientes compreendem compostos necessários ao ótimo funcionamento metabólico dos organismos. Estes incluem compostos orgânicos, como carboidratos, lipídeos, proteínas (ou outros elementos construtores, como os aminoácidos), vitaminas, e compostos químicos inorgânicos como os minerais e a água. Os nutrientes são substâncias usadas no metabolismo de um organismo e que podem ser adquiridos a partir do meio envolvente e/ou produzidos pelo próprio organismo (COSTA, 2008). O organismo humano consegue produzir grande parte das substâncias de que necessita através da transformação química dos nutrientes ingeridos na alimentação. Porém, existem outras substâncias nutritivas que não são produzidas pelo organismo, sendo necessário obtê-las prontas no alimento, consideradas nutrientes essenciais (MORAES, 2018).

Os nutrientes podem ser classificados de acordo com as necessidades de ingestão em macronutrientes e micronutrientes. Os carboidratos, proteínas, lipídeos e a água são considerados macronutrientes, ou seja, são necessários em grande quantidade no organismo. Em contrapartida, as vitaminas e os minerais, necessários em pequenas quantidades, são considerados micronutrientes. Outra classificação comumente empregada aos nutrientes está relacionada às principais funções que desempenham no metabolismo dos organismos, podendo ser considerados energéticos, construtores e reguladores (MAHAN AND ESCOTT-STUMP, 2005).

Nutrientes reguladores são vitaminas, minerais e água, obtendo funções importantes no controle e modulação das várias reações metabólicas que ocorrem no interior dos organismos. Dentre os nutrientes energéticos estão os carboidratos, lipídeos e proteínas. As proteínas são utilizadas para o fornecimento de energia somente quando ocorrer a falta de carboidratos e gorduras disponíveis ao metabolismo energético. Proteínas também são consideradas nutrientes construtores ou plásticos e são essenciais para a manutenção da estrutura das células, tecidos e órgãos (ARAÚJO, 2008).

Portanto, proteínas são componentes essenciais a todas as células vivas e estão relacionadas na maioria das funções fisiológicas. São utilizadas na regeneração de tecidos e funcionam como catalisadores nas reações químicas que envolvem enzimas ou hormônios (BRASIL, 2012). A grande parte das proteínas da dieta humana é obtida de fontes de origem

animal, dentre elas as carnes e seus respectivos derivados. As proteínas ingeridas na alimentação fornecem aminoácidos às células, que os utilizam na fabricação de suas próprias proteínas através dos aminoácidos essenciais (COSTA, 2008).

4.2 PROTEÍNAS

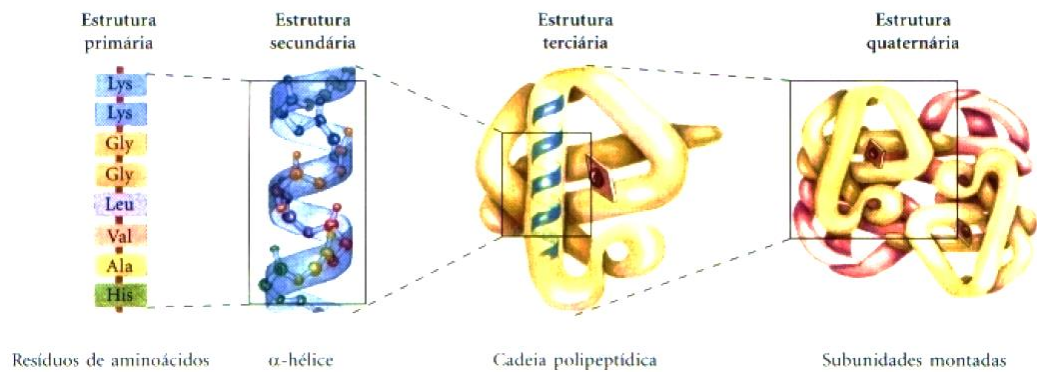
A proteína foi o primeiro nutriente considerado essencial para o organismo. À semelhança de gorduras e carboidratos, contém carbono, hidrogênio e oxigênio. No entanto, é a única que possui nitrogênio (16%), enxofre e alguns outros minerais, como fósforo, ferro e cobalto.

As proteínas são polímeros complexos, compostas por 20 aminoácidos diferentes, unidos entre si por uma ligação peptídica (ligação entre grupo amino e carboxílico de aminoácidos adjacentes), e desempenham inúmeras funções biológicas (COZZOLINO, 2016).

Proteínas podem ser categorizadas conforme sua função biológica, como catalisadores enzimáticos, proteínas estruturais, proteínas contráteis (miosina e actina), hormônios (insulina e hormônio do crescimento), proteínas de armazenamento (albumina do ovo e proteína de grãos), anticorpos (imunoglobulinas), proteínas transportadoras (hemoglobina) e proteínas protetoras (toxinas e alérgenos) (FENNEMA, 2009). Do ponto de vista químico, dividem-se em dois grupos, as proteínas simples, constituídas somente por polipeptídios, e proteínas complexas ou conjugadas, que possuem grupamentos adicionais, como carboidratos, ácidos nucleicos ou lipídeos. As propriedades e funcionalidades das proteínas dependem da composição e arranjo dos aminoácidos presentes (QUEIROZ, 2005).

Com relação à estrutura, dependendo de sua conformação, as proteínas podem apresentar diferentes níveis de complexidade estrutural, desde a mais simples (primária) até a mais complexa (quaternária), como ilustrado na Figura 1. A estrutura primária consiste na sequência linear de aminoácidos que constituem a cadeia polipeptídica. A estrutura secundária caracteriza-se pelo arranjo espacial dos átomos da cadeia polipeptídica, no qual dois padrões de repetição são possíveis, isto é, alfa-hélice ou folha pregueada, estabilizadas por pontes de hidrogênio, tendo como exemplo o colágeno. A estrutura terciária é o arranjo espacial da cadeia polipeptídica obtida da interação de regiões com estrutura regular (alfa-hélice ou folha pregueada). A estrutura quaternária é a conformação espacial adquirida pela interação entre diferentes cadeias polipeptídicas de uma proteína. A formação dessas estruturas oligoméricas é o resultado de interações “proteína-proteína”, estabilizadas por pontes de hidrogênio, interações hidrofóbicas e eletrostáticas (BOBBIO; BOBBIO, 2000).

Figura 1: Conformação estrutural das proteínas

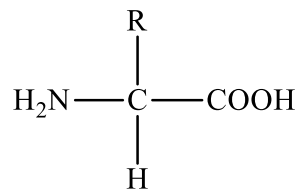


Fonte: NELSON; COX, 2011

4.2.1 Aminoácidos

Os aminoácidos, também chamados de monopectídeos, são moléculas orgânicas formadas por cadeias de carbono, ligadas a átomos de hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e, às vezes, enxofre. Apresentam os seguintes grupos químicos: um grupo carboxila (COOH), um grupo amino (NH₂), um átomo de hidrogênio (H) e um radical ou cadeia lateral (R), como apresentado na Figura 2. Os diversos aminoácidos diferem apenas na natureza química do grupo ligado à cadeia lateral. As propriedades físico-químicas dos aminoácidos, como carga líquida, solubilidade, reatividade química e potencial de ligação com hidrogênio são dependentes da natureza do grupo R (BERG; TYMOCZKO; STRYER, 2004).

Figura 2: Estrutura geral dos aminoácidos.



Fonte: ALBERTS, 2006

Os aminoácidos comuns em proteínas costumam ser designados por abreviações (Tabela 1), sendo utilizadas para indicar a composição e a sequência de aminoácidos polimerizados das proteínas.

Tabela 1: Abreviações e propriedades associadas aos aminoácidos encontrados em proteínas

Aminoácido	Abreviação/símbolo	pI*	Ocorrência em proteínas (%)
Grupos R alifáticos, apolares			
Glicina	Gly G	5,97	7,2
Alanina	Ala A	6,01	7,8
Prolina	Pro P	6,48	5,2
Vanila	Val V	5,97	6,6
Leucina	Leu L	5,98	9,1
Isoleucina	Ile I	6,02	5,3
Metionina	Met M	5,74	2,3
Grupos R aromáticos			
Fenilalanina	Phe F	5,48	3,9
Tirosina	Tly Y	5,66	3,2
Triptofano	Trp W	5,89	1,4
Grupos R polares não carregados			
Serina	Ser S	5,68	6,8
Treonina	Thr T	5,87	5,9
Cisteína	Cys C	5,07	1,9
Asparagina	Asn N	5,41	4,3
Glutamina	Gln Q	5,65	4,2
Grupos R carregados positivamente			
Lisina	Lys K	9,74	5,9
Histidina	His H	7,59	2,3
Arginina	Arg R	10,76	5,1
Grupos R carregados negativamente			
Aspartamo	Asp D	2,77	5,3
Glutamato	Glu E	3,22	6,3

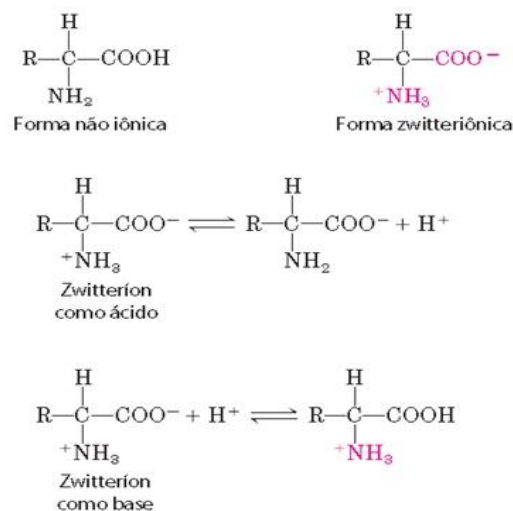
* ponto isoelétrico. Fonte: NELSON; COX, 2011

Os aminoácidos podem ser classificados de acordo com suas propriedades físico-químicas e nutricionais. Com base na capacidade de interação das cadeias laterais com a água,

os aminoácidos podem apresentar características hidrofóbicas, sendo o grupo R apolar com cadeias laterais alifáticas (alanina, isoleucina, leucina, metionina, prolina e valina) ou aromáticas (fenilalanina, triptofano e tirosina). Nos polares, os grupos R destes aminoácidos são hidrofílicos, ou solúveis em água. Isso se deve aos grupos funcionais de suas cadeias laterais que formam pontes de hidrogênio com a água (serina, treonina, asparagina, glutamina, glicina e cisteína). Também existem aminoácidos polares carregados, sendo estes ácidos quando apresentam uma cadeia lateral com carga negativa (ácido aspártico e glutâmico), ou básicos, com carga positiva (arginina, histidina e lisina) (SGARBIERI, 1996). Dessa forma, a polaridade da cadeia lateral do aminoácido determinará seu comportamento em solução e sua disponibilidade para reagir com outros componentes presentes tanto nos alimentos quanto no trato gastrointestinal (BAYLEI, 2014).

Aminoácidos podem atuar como ácidos e bases através do grupo amino e carboxil, juntamente com os grupos R ionizáveis. Quando um aminoácido sem o grupo R ionizável é dissolvido em água a pH neutro, ele começa a fazer parte da solução como um íon dipolar ou *zwitterion* (íon híbrido), o qual pode atuar tanto como um ácido quanto como uma base (Figura 3) (NELSON; COX, 2011).

Figura 3: Forma não iônica e zwitteriônica dos aminoácidos



Fonte: NELSON, COX, 2011

Em relação à classificação nutricional, duas categorias foram inicialmente propostas: aminoácidos essenciais, ou seja, aqueles que devem ser incluídos na dieta, pois não são sintetizados pelo nosso organismo; e aminoácidos não essenciais. De acordo com Cozzolino (2016), essa classificação, a princípio, forneceu base para a abordagem nutricional, mas a partir

de novos estudos, obtiveram-se informações sobre o metabolismo aminoacídico e uma reavaliação tornou-se necessária. Portanto, uma terceira classe foi introduzida: aminoácidos condicionalmente essenciais, definidos como aqueles que podem ser considerados essenciais para o organismo em determinado estado fisiológico de desenvolvimento ou em função de uma determinada condição clínica, como demonstrado no Quadro 1 a seguir:

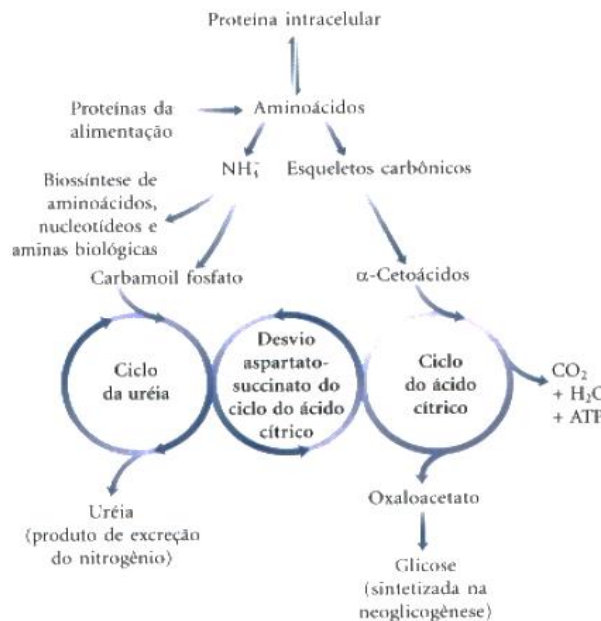
Quadro 1: Classificação nutricional dos aminoácidos

Essenciais	Condicionalmente essenciais	Não essenciais
Fenilalanina	Glicina	Alanina
Triptofano	Prolina	Ácido Aspártico
Vanila	Tirosina	Ácido Glutâmico
Leucina	Serina	Asparagina
Isoleucina	Cisteína e Cistina	
Metionina	Taurina	
Treonina	Arginina	
Leucina	Histidina	
	Glutamina	

Fonte: COZZOLINO, 2016

O uso de aminoácidos no anabolismo ocorre ao longo do dia, mas especialmente após uma refeição (alimentos contendo carboidratos, gordura e proteínas). Os aminoácidos provenientes da dieta e aqueles gerados pela degradação de proteínas no corpo são metabolizados para várias funções em vários tecidos e usados na síntese de várias proteínas no corpo (Figura 4) (GROPPEL et al., 2011).

Figura 4: Resumo do catabolismo dos aminoácidos.



Fonte: NELSON; COX, 2011

A insulina secretada em resposta à ingestão de carboidrato (e proteína) promove a tomada e o uso de aminoácidos para a síntese de proteínas nas células. A insulina também antagoniza a ativação de algumas enzimas responsáveis pela oxidação dos aminoácidos. Contudo, no caso das concentrações sanguíneas de glucagon serem superiores às de insulina, alguns aminoácidos são usados preferencialmente para síntese de glicose. O aminoácido leucina também apresenta papel importante no metabolismo de proteínas, pois este estimula a secreção de insulina pelo pâncreas e promove a síntese de proteína. Assim, normalmente, em uma pessoa saudável, após a refeição, a síntese de proteínas aumenta no corpo e sua degradação diminui (GROPPER et al., 2011).

A síntese proteica pode ser dividida em cinco etapas principais: ativação dos aminoácidos; iniciação; alongamento; terminação e liberação; enovelamento e processamento pós-traducional. As proteínas são sintetizadas com uma sequência específica de aminoácidos, por meio da tradução da informação codificada no RNA mensageiro (mRNA), por um complexo de RNA-proteínas, denominado ribossomo. Os aminoácidos são especificados por códons de mRNA, que consistem de trincas de nucleotídeos. A tradução requer moléculas adaptadoras, os tRNAs (RNA transportadores), que reconhecem códons e inserem aminoácidos em suas posições sequenciais apropriadas no polipeptídeo (NELSON; COX, 2011).

4.3 PROTEÍNAS DE ORIGEM ANIMAL

O consumo de produtos de origem animal está difundido entre diferentes comunidades, tendo como intuito comum satisfazer as necessidades nutricionais humanas, tais como fonte de proteínas, vitamina B12, ácido fólico, ferro e zinco.

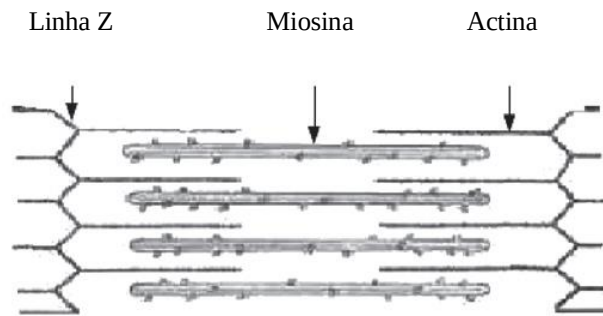
O músculo e os demais tecidos que compõem a carne são constituídos pelo tecido muscular e os tecidos anexos. Os tecidos anexos são formados pelo tecido conjuntivo, tecido epitelial e nervoso (PARDI et al., 1995). Segundo Bouton e Harris (1975), a carne pode ser considerada um conjunto de fibras paralelas com uma estrutura fibrilar, envolvida por um tecido conjuntivo que é responsável pela organização estrutural do músculo.

A composição da carne utilizada para consumo humano é em sua grande maioria constituída pelo tecido muscular esquelético. A unidade estrutural do tecido muscular é uma célula altamente especializada que se denomina fibra muscular. O tecido muscular é composto por 16%-22% de proteínas, 1%-13% de gorduras, 75%-85% de água, 1,5% de substâncias nitrogenadas não proteicas (nucleotídeos, creatina etc.), 1% de carboidratos e 1% de minerais. As proteínas dos músculos podem ser divididas em três classes: miofibrilares, sarcoplasmáticas e do estroma (PARDI et al., 1995).

As proteínas sarcoplasmáticas, que estão presentes no citoplasma do sarcômero, são solúveis em água e perfazem um total de 25 a 30% do conteúdo total proteico, onde estão contidas as enzimas intracelulares e a mioglobina, considerada uma proteína conjugada que atua como reservatório de oxigênio celular e como principal responsável pela cor da carne (SGARBIERI, 1996).

As proteínas miofibrilares compõem em torno de 50% da proteína total do tecido de animais terrestres, podendo atingir entre 65 e 75% em pescado. Nestas, 54% são miosina e 27% actina. As demais são proteínas de massa molecular menor, como a actinina e a tropomiosina, que desempenham papéis fundamentais para que as proteínas de maiores massas moleculares realizem o processo de contração. A actina e a miosina são presentes em maior quantidade nos filamentos finos e grossos. Como resultado dessa disposição, denomina-se banda I aquela formada por filamentos finos não invadidos por filamentos grossos. A banda A é formada principalmente por filamentos grossos, e a banda H somente por filamentos grossos. No centro de cada banda I aparece uma linha transversal escura denominada linha Z (CAMPBELL; FARREL, 2007). A Figura 5 apresenta um esquema da organização das proteínas miofibrilares no interior da fibra muscular em corte longitudinal.

Figura 5: Representação esquemática da organização das proteínas miofibrilares.



Fonte: CAMPBELL; FARREL, 2007

As proteínas do estroma, conhecidas como tecido conjuntivo, são as responsáveis pela estruturação do músculo e constituem entre 10 e 15% do total de proteínas. São constituídas, sobretudo por colágeno, elastina, e outras em menores concentrações (SGARBIERI, 1996; LAWRIE, 2005). No estado nativo, as fibras do colágeno são brancas e têm por principal função manter unidas as fibras musculares. O colágeno representa 30% da proteína total dos tecidos animais, portanto é a mais abundante, e se caracteriza por uma distribuição de aminoácidos diferenciada pelo percentual elevado de três tipos de aminoácidos, contendo 33,5% de glicina, 12% de prolina e 10% de hidroxiprolina, que conferem rigidez à molécula, de acordo com as suas proporções; o percentual restante é dado por outros aminoácidos (BOBBIO; BOBBIO, 2000). O colágeno sob a ação do calor é capaz de se gelatinizar, sendo esta uma característica extremamente importante nos processos que envolvem o cozimento de produtos alimentícios (SILVA, 2004).

Durante a conversão do músculo em carne, ocorrem alterações nas proteínas miofibrilares através de transformações bioquímicas e físico-químicas. O processo ocorre em três estágios. O estado de pré-rigor, no qual o músculo está macio e flexível, se caracteriza quimicamente por uma queda nos níveis de ATP e de creatina fosfato, além de glicólise intensa. Após inicia-se a condição de dureza e rigidez, conhecida como *rigor mortis*, que pode durar entre 8 e 12 horas (suínos), 15 e 20 horas (bovinos) e 1 e 7 horas (pescado) após a morte do animal (LAWRIE, 2005).

O enrijecimento muscular ocorre quando a concentração de ATP não é mais suficiente para manter as miofibrilas em estado de relaxamento. Neste ponto, actina e miosina interagem formando o complexo actomiosina de maneira irreversível, responsável pelo endurecimento muscular. Durante a contração normal ligam-se somente 20% dos sítios de ligação possíveis. Durante o *rigor mortis*, praticamente todos os sítios de ligação entre actina e miosina são

utilizados, fazendo com que ocorra um significativo encurtamento do sarcômero. Posteriormente, o estado de pós-rigor é aquele em que o músculo gradualmente se torna macio e sensorialmente aceitável, pois as proteínas titina, nebulina e desmina, que são responsáveis pela manutenção da ligação da actina com as linhas Z, são degradadas, liberando a tensão muscular. Para a carne de mamíferos, um ótimo de aceitabilidade é atingido quando armazenada a 2 °C por duas a três semanas, após o desaparecimento do *rigor mortis* (PARDI, 2001).

O preparo de alimentos a partir de tecidos animais em nível industrial e doméstico é diversificado, abrangendo tendências regionais específicas e hábitos alimentares fortemente atrelados às diferentes culturas. Sob o aspecto tecnológico, a estrutura proteica e as suas propriedades determinam o valor nutricional, as características sensoriais (sobretudo de textura e cor), seu comportamento diante dos diferentes métodos de cocção ou conservação, assim como transformações bioquímicas e perda de sucos intersticiais (LEFAUCHEUR, 2010).

Proteínas de origem animal apresentam maior biodisponibilidade quando comparadas a proteínas de origem vegetal, ou seja, são mais complexas no que se refere ao aporte de aminoácidos, já que fornecem quase todos os aminoácidos essenciais que o organismo necessita para um bom desenvolvimento e funcionamento. A digestibilidade da fração proteica da carne varia de 90 a 100% (BRASIL, 2012). Dentre as proteínas de origem animal, as carnes suína, de frango e bovina são as mais consumidas mundialmente, representando uma das principais fontes desse nutriente.

4.3.1 Carne Bovina, suína e de frango

O consumo mundial de carne é de aproximadamente 43,11 kg/habitante/ano (Tabela 2), e está correlacionado positivamente ao desenvolvimento econômico da população. Países desenvolvidos, como os Estados Unidos e a Austrália, têm um consumo *per capita* anual superior a 120 kg. No Brasil, principal exportador mundial de carne, o consumo *per capita* de carne é de aproximadamente 92 kg, sendo que desses, 40 kg é de carne bovina (BRIDI, 2017).

Tabela 2: Consumo *per capita* de carne no Brasil e no mundo

Carne	Mundial	Brasil
Suína	15,79	13,08
Frango	14,88	38,00
Bovina	9,54	40,18
Ovina	1,99	0,61
Total	42,2	91,87

Fonte: FAO, 2017

A carne possui uma relevante importância na alimentação, justamente por ser fonte de lipídios e de proteínas de alto valor biológico. Através da ingestão, fornecem os nove aminoácidos essenciais, sendo eles a fenilalanina, valina, treonina, metionina, leucina, isoleucina, lisina e histidina, em proporções aproximadas às necessidades humanas (BRIDI, 2017). A Tabela 3 apresenta a composição de aminoácidos essenciais das principais proteínas presentes nas porções comestíveis do tecido animal.

Tabela 3: Conteúdo de aminoácidos essenciais (g/16 g de N) nas principais proteínas das porções comestíveis do tecido animal

Aminoácidos	Actina	Miosina	Colágeno
Cisteína	1,0	1,3	Traços
Fenilalanina	4,5	4,6	2,2
Histidina	2,2	2,8	0,7
Isoleucina	5,3	7,2	4,8
Leucina	9,9	7,9	Traços
Lisina	11,9	7,3	3,9
Treonina	4,7	6,7	2,1
Triptofano	0,8	2,0	Traços
Valina	4,7	4,7	2,9

Fonte: BELITZ; GROSCH, 1997

A carne bovina magra apresenta em torno de 75% de água, 21 a 22% de proteína, 1 a 2% de gordura, 1% de minerais e menos de 1% de carboidratos. Por ser uma excelente fonte de proteínas tanto em quantidade como em qualidade, 100 g de uma carne magra, por exemplo, “coxão mole”, depois do cozimento, contém 30 g de proteína, o que corresponde a 50% das necessidades diárias do ser humano adulto (ROÇA, 2000).

A carne suína é a proteína animal mais consumida no mundo, porém ocupa a terceira posição na preferência dos brasileiros. O Brasil é o quarto maior produtor mundial deste produto, sendo a maioria exportada para países como Rússia e China (CONAB 2017). A carne suína, assim como as demais carnes vermelhas, é rica em proteínas de alto valor biológico, ácidos graxos monoinsaturados, vitaminas do complexo B e diversos minerais. O teor de gordura e o valor calórico dependem da localização da carne no animal, mas a quantidade dos demais nutrientes é pouco afetada (Quadro 2).

Quadro 2: Composição de alguns cortes suínos (valor nutricional de carne crua 100 g) em comparação com carnes de frango e bovina.

	Lombo	Pernil	Costela	Coxa - Frango	Contra Filé - Bovino
Calorias (Kcal)	136	222	282	211	243
Proteína (g)	20	18,7	16,1	17,2	19,0
Lipídeos (g)	5,4	15,6	23,5	15,2	17,9
Ac. Graxos saturados	1,87	5,44	8,73	4,38	7,29
Ac. Graxos monoinsaturados	2,42	6,98	10,65	6,51	7,78
Colesterol (mg)	66	66	81	84	67
Ferro (mg)	1,2	0,77	0,91	0,99	1,58
Magnésio (mg)	25	21	16	20	18
Sódio (mg)	49	61	75	76	53
Potássio (mg)	359	333	233	192	295

Fonte: SARCINELLI et al., 2007

A composição geral de carne suína consiste de 72% de água, 20% de proteína, 7% de gordura, 1% de minerais e menos que 1% de carboidratos. A carne suína é um alimento rico em proteína, pobre em carboidratos e com relativamente baixo nível energético (em torno de 147 kcal/100g de carne suína). Em relação a carne bovina, a carne suína apresenta maior conteúdo dos aminoácidos essenciais, como por exemplo leucina, lisina e valina. Essa característica pode ser mais acentuada em função da idade do animal. Foi demonstrado que suínos mais velhos possuem proteínas com maior valor biológico por consequência do aumento percentual dos aminoácidos essenciais em relação aos mais jovens. Os aminoácidos presentes na carne suína também auxiliam na adsorção de nutrientes, como a ferro (LEAUCHEUR, 2010).

A composição química média da carne de peito de frango é de 75,13 % de umidade, 1,24 % de minerais, 0,82 % de gordura e 21,82 % de proteína, variando conforme idade, sexo e raça do animal (Roça, 2006). O Brasil é o terceiro maior produtor e líder mundial nas exportações de carne de frango, ocupando 40% do mercado mundial. O país apresenta um dos maiores índices de consumo médio de frango por habitante, que se elevou de 12,7 para 44,6 kg entre 1999 e 2017, atrás apenas dos Estados Unidos com 47,7 kg (ABEF, 2017). Este comportamento pode estar associado ao menor preço quando comparado ao das carnes bovina e suína, pela diversidade e praticidade dos produtos oferecidos, associadas ao conceito de um produto saudável (com baixo teor de gordura), desde que seja consumido sem pele.

4.4 BIODISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES

O termo biodisponibilidade começou a ser utilizado na área da nutrição na década de 1980, a partir do conhecimento de que a simples presença do nutriente no alimento ingerido na dieta não garantia sua utilização pelo organismo. Esta pode ser influenciada pela forma química do nutriente no alimento, quantidade ingerida e presença de outros compostos que são ingeridos simultaneamente (WAITZBERG, 2000).

Biodisponibilidade é o termo técnico para transmitir o fato que nem todos os nutrientes ingeridos serão absorvidos, independentemente de ser consumido sob a forma de alimentos ou suplementos. Portanto, biodisponibilidade de um nutriente pode ser definida como a proporção do nutriente nos alimentos que é absorvida e utilizada, por meio de processos de transporte, assimilação e conversão para a forma biologicamente ativa. Mais especificamente, também pode ser entendida como a proporção de um aminoácido que foi digerido, absorvido e utilizado para a síntese de proteína (PRETORIUS; SCHÖNFELDT, 2018).

Antes de se tornarem biodisponíveis, os nutrientes devem estar liberados de sua matriz alimentar e modificados no trato gastrointestinal. Assim, a biodisponibilidade inclui o termo bioacessibilidade. De fato, é importante analisar se o processo de digestão afeta os nutrientes e sua estabilidade, antes de concluir sobre qualquer efeito potencial sobre a saúde. A bioacessibilidade é definida como a quantidade de um composto que é libertado da sua matriz para o trato gastrointestinal, tornando-se disponível para absorção. A bioacessibilidade é geralmente avaliada por procedimentos de digestão *in vitro*, geralmente simulando a digestão gástrica e do intestino delgado. Normalmente este procedimento é conhecido como digestibilidade (SILVA, 2004).

A digestibilidade de um nutriente está associada a medida do desaparecimento de um nutriente durante sua passagem pelo trato digestivo, uma vez que este nutriente pode ser destruído ou modificado pela ação dos microrganismos em alguns locais do trato digestivo ou metabolizado pelas paredes do mesmo durante a absorção (BIOLO et al, 1995).

4.4.1 Métodos para a estimativa da biodisponibilidade em nutrientes

Diversos métodos têm sido utilizados para estimar a biodisponibilidade de nutrientes, entre eles: técnica *in vitro*, técnica de balanço químico, técnica de depleção seguida de repleção do nutriente, medidas do aparecimento do nutriente no plasma ou ainda da atividade de enzimas, após a suplementação do nutriente, uso de traçadores com radioisótopos ou isótopos estáveis, dentre outros mais recentes que utilizam técnicas de biologia molecular (COZZOLINO, 2016).

A metodologia de técnica *in vitro* é capaz de quantificar a capacidade solúvel ou dialisável do nutriente, mas não sua biodisponibilidade propriamente dita, uma vez que nem todo material solúvel ou dialisável é absorvido. Portanto, o método não reproduz a maioria dos fatores fisiológicos envolvidos na absorção e na utilização do nutriente. Porém, as técnicas *in vitro* apresentam baixo custo e permitem o controle apurado de variáveis, tornando-se modelos importantes para prever e sugerir estudos *in vivo*. Embora esse sistema seja útil para gerar ideias e estabelecer hipóteses, ele não deve ser utilizado isoladamente para estabelecer decisões quanto a programas de fortificação de alimentos ou mesmo desenvolvimento de novos alimentos, sendo necessários, em última instância, estudos conduzidos em humanos (OJIMELUKEW; ONUOHA, 1995).

A técnica de balanço químico é o método tradicionalmente utilizado em estudos de absorção de nutrientes, permitindo quantificar a diferença entre ingestão e excreção de nutrientes. No entanto, exige coleta fecal total, o que dificulta a utilização, sobretudo em experimentos de longa duração. Por outro lado, o método não permite a quantificação direta da excreção endógena, ou seja, da quantidade de nutriente que foi absorvida e novamente excretada no intestino (KING; JANET, 2001).

A técnica de depleção e repleção de um nutriente é um método com mais utilização em modelo animal e por questões éticas, seu uso não é aconselhado em humanos. No entanto, em casos isolados de deficiência do nutriente em grupos populacionais ou em indivíduos, esta técnica pode auxiliar no conhecimento sobre a biodisponibilidade dos nutrientes, por meio de alimentos ou suplementos medicamentosos. A utilização da técnica de suplementação de nutrientes, tem apontado resultados controversos, o que pode ser atribuído à diversidade

quantitativa das doses oferecidas, gerando questionamentos sobre a dose que se deve suplementar e qual influência da interação entre nutrientes e outros fatores (COZZOLINO 2006).

O uso da técnica de traçadores radioativos para estudos de biodisponibilidade, por questões éticas, apresenta restrições para aplicação em crianças e gestantes, embora permita o melhor rastreamento do nutriente, até mesmo da estimativa da excreção endógena. Portanto, considerando os diferentes graus de limitação da maioria dos métodos mencionados e ainda o pressuposto de que o melhor modelo para o homem é o próprio homem, o emprego dos isótopos estáveis, como traçadores biológicos, tem se tornado ferramenta importante e caminho promissor para estudos de biodisponibilidade de nutrientes em humanos. É crescente o número de trabalhos que empregam esse referencial, sobretudo em virtude do aperfeiçoamento das técnicas instrumentais, entretanto, no Brasil o uso do método ainda é pouco utilizado (COZZOLINO, 2006).

4.5 DIGESTIBILIDADE DE PROTEÍNAS

A digestibilidade é um fator importante na determinação do valor nutritivo de uma proteína, sendo que, em geral, as proteínas de origem animal apresentam maior valor nutritivo que as de origem vegetal. Um determinante da qualidade proteica da dieta é a medida da percentagem das proteínas hidrolisadas pelas enzimas digestivas e absorvidas na forma de aminoácidos, ou de qualquer outro composto nitrogenado pelo organismo (RAVINDRAN; BRIDEN, 1999).

A digestibilidade de proteínas e a biodisponibilidade de aminoácidos podem ser classificadas em aparente e verdadeira. A digestibilidade aparente é obtida ao calcular-se os valores de aminoácidos das excretas, ou em material coletado do íleo terminal, e subtraído os valores dos níveis de aminoácidos consumidos. A digestibilidade verdadeira é então determinada com os valores de aminoácidos endógenos encontrados na excreta de animais alimentados com uma dieta isenta de proteína ou em jejum. A determinação da digestibilidade dos aminoácidos pode ser feita através do método de coleta total de fezes e de indicador fecal, sendo o mais utilizado o óxido crômico. Este último método apresenta valores de digestibilidade, aproximadamente, 10% menores que os encontrados pelo método de coleta fecal total sem o uso de indicadores (NEME, 2000).

Valores de digestibilidade verdadeira podem ser determinados pela medida do nitrogênio ingerido com a dieta e do nitrogênio eliminado nas fezes, tanto o nitrogênio

proveniente do próprio animal como a proteína de origem alimentar não digerida. O nitrogênio de origem endógena ao organismo é determinado nas fezes de um grupo semelhante de animais mantidos em dieta completamente sem proteína pelo mesmo período em que durar o experimento (SGARBIERI, 1987).

(Equação1)

$$Dv = \frac{NI - NFa}{NI} * 100$$

Onde: NFa = NF – Nfe

(Equação 2)

Dv = digestibilidade verdadeira

NI = nitrogênio ingerido

NFa = nitrogênio fecal de origem alimentar

NF = nitrogênio fecal

NFe = nitrogênio fecal de origem endógena

A digestibilidade *in vitro* de uma proteína é estimada utilizando enzimas proteolíticas que agem na digestão, procurando simular, inclusive, condições de acidez características do intestino e estômago onde a digestão de proteínas acontece. Dentre os métodos enzimáticos, o da digestibilidade proteica em pepsina sobrenadante é o mais utilizado quando se deseja avaliar a qualidade da proteína das farinhas de origem animal, sendo que este é o único método *in vitro* reconhecido pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1999). No Brasil a metodologia mais utilizada é a recomendada pelo Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (Sindirações, 2009), que se assemelha ao do AOAC. Esse método *in vitro* é amplamente aceito pela indústria de alimentos por ser relativamente simples, de baixo custo, rápido e por possibilitar comparações entre grande número de amostras simultaneamente (RAVINDRAN; BRIDEN, 1999).

No estudo realizado Pires et. al. (2006) foi avaliado a digestibilidade de diversas fontes proteicas e os autores encontraram valores superiores para fontes de origem animal, como carne bovina (92,4%) e rã com osso (91,0%) quando comparada ao trigo (89,4%). Valores semelhantes foram encontrados por Dominguez-Hernandez (2018) obtendo valores de 94,9% para a carne de peixe, 94,7% para carne de frango e 93,7% para carne suína. Pezzato (2002) estudando a digestibilidade de diversos produtos de peixe encontrou valores que variaram de 90,6 a 98,7%, resultados que ressaltam a alta digestibilidade de proteínas de origem animal.

Diferenças na digestibilidade de proteínas advêm da natureza proteica do alimento, da presença de constituintes que interferem nos processos de absorção e utilização pelo organismo, além das condições de processamento (BARBOSA, 2009).

4.6 FATORES QUE AFETAM A DIGESTIBILIDADE PROTEICA EM CARNES

O conteúdo de aminoácidos essenciais é considerado o maior indicativo da qualidade proteica, no entanto, a verdadeira qualidade vai depender também do nível de utilização desses aminoácidos pelo organismo. Dessa maneira, a digestibilidade proteica e a biodisponibilidade de aminoácidos podem interferir na qualidade das proteínas. As proteínas de origem animal geralmente apresentam maior digestibilidade do que as proteínas de origem vegetal (Tabela 4). Contudo, diversos fatores podem interferir na biodisponibilidade das proteínas (FAO/WHO/UNU 1985).

Tabela 4: Digestibilidade de proteínas alimentares

Fonte Proteica	Digestibilidade (%)	Fonte Proteica	Digestibilidade (%)
Ovo	97	Milheto	79
Leite, queijo	95	Ervas	88
Carne, peixe	94	Amendoim	94
Milho	85	Isolado proteico de soja	95
Arroz	88	Farinha de soja	86
Trigo	86	Cereal de milho	70
Farinha de trigo	96	Cereal de trigo	77
Glúten de trigo	99	Cereal de arroz	75
Farinha de aveia	86	Feijões	78

Fonte: FAO/WHO/UNU, 1985.

Os diversos valores de digestibilidade protéica nas carnes podem estar associados à diferenças na natureza da proteína (configuração de proteína, sequência de aminoácidos) e ao processamento, devido a alteração da liberação de aminoácidos das proteínas nos processos enzimáticos (COZZOLINO, 2016).

A importância da estrutura proteica na biodisponibilidade de aminoácidos para o organismo está relacionada, sobretudo, ao acesso das enzimas digestivas (proteases) à cadeia polipeptídica, uma vez que quanto menor a complexidade estrutural, mais fácil se torna a ação

dessas enzimas proteolíticas na clivagem de ligações peptídicas específicas, com consequente liberação de peptídeos e aminoácidos para o processo de absorção (FENNEMA, 2009).

Um dos fatores que alteram a conformação espacial das proteínas a partir de seu estado nativo é o processo conhecido como desnaturação. Nele a ação de diferentes agentes químicos ou físicos, como temperatura, irradiação, pressão, pH e outros, tem por consequência a ruptura das interações que mantêm as estruturas mais complexas que envolvem as cadeias polipeptídicas. Desse modo, ocorre a alteração da configuração original nativa a uma estrutura linear, dependendo do agente desnaturante utilizado e da intensidade do processo de desnaturação (SGARBIERI, 1996). Entretanto, a sequência de aminoácidos não é alterada, pois a desnaturação corresponde apenas a perda de conformação espacial das proteínas (NELSON; COX, 2011).

A maioria das proteínas pode ser desnaturada pelo calor, que tem efeito complexo nas fracas ligações presentes (principalmente ligações de hidrogênio). Se o aquecimento ocorre de forma gradual, a conformação da proteína geralmente continua intacta, até que em uma estreita faixa de temperatura, ocorre uma perda abrupta da estrutura, desestabilizando outras partes da proteína, sendo o desdobramento um processo em cadeia. Como mencionado anteriormente, as proteínas também podem ser desnaturadas por pHs extremos, por certos solventes orgânicos miscíveis, como álcool ou acetona, por certos solutos de uréia e hidrocarboneto de guanidina, ou por detergentes. Cada um desses agentes desnaturantes representa um tratamento considerado brando, pois nenhuma ligação covalente da cadeia polipeptídica é rompida (NELSON; COX, 2011). Dessa forma, pode-se afirmar que, em geral, a desnaturação sob condições controladas facilita o acesso das enzimas proteolíticas à cadeia polipeptídica, resultando no aumento de sua digestibilidade e na melhor utilização de seus aminoácidos pelo organismo.

Em carnes, aquecimentos acima de 60 °C podem ocasionar a reação de Maillard. Esta reação, também conhecida como reação de escurecimento não enzimático, é aquela que causa o maior impacto sensorial e nutricional entre as reações químicas decorrente do tratamento térmico. Essa reação refere-se a um complexo conjunto de reações iniciadas pela interação entre aminas e resíduos carbonila, as quais, em temperaturas elevadas, decompõem-se e, eventualmente, condensam-se em compostos insolúveis de coloração marrom, conhecidos por “melanoidinas”. Proteínas e aminoácidos normalmente fornecem a componente amina, enquanto o componente carbonila é fornecido por açúcares redutores (aldoses e cetoses), ácidos ascórbicos, compostos carbonílicos e derivados de processos oxidativos (FENNEMA, 2009).

Algumas das carbonilas derivadas da sequência de reações do escurecimento não enzimático reagem rapidamente com aminoácidos livres, o que resulta na degradação dos aminoácidos em aldeídos, amônia e dióxido de carbono, sendo essa reação conhecida por “degradação de Strecker”. Os aldeídos contribuem para o desenvolvimento dos aromas durante a reação de escurecimento. Na “degradação de Strecker”, cada tipo de aminoácido resulta em um aldeído específico com aroma diferenciado. A Lisina é um dos aminoácidos mais reativos nos estágios iniciais da reação de Maillard e sua degradação ocorre no decorrer do processo, sendo essa perda de maior importância, em alimentos que contenham a lisina como aminoácido limitante (ANDRADE; HENARES, 2006).

As alterações do valor nutritivo induzidas por esta sequência de reações incluem: decréscimo da digestibilidade proteica, redução da biodisponibilidade da lisina e de outros aminoácidos essenciais e possivelmente, a formação de substâncias que podem ser tóxicas. As fases avançadas da reação de Maillard conduzem à destruição de aminoácidos nas fontes de proteína, o que pode ser facilmente evidenciado por cromatografia de troca iônica. Além da destruição de aminoácidos, a reação de Maillard pode provocar um decréscimo da sua biodisponibilidade. Logicamente, a consequência negativa mais evidente da reação de Maillard nos alimentos é a diminuição do valor nutritivo das fontes de proteína (NUNES; BAPTISTA, 2001).

Apesar das reações que podem interferir na absorção de nutrientes, o tratamento térmico é o mais indicado para conservação de alimentos cárneos além de estar presente no preparo desses alimentos, melhorando atributos sensoriais. As alterações físico-químicas nas proteínas da carne que ocorrem durante o cozimento são induzidas principalmente pelo aquecimento (temperatura e tempo) e são consequências da desnaturação da proteína e aceleração das taxas de reatividade química (LUO et al., 2018).

4.6.1 Tipos de processamento térmico utilizados no preparo de carnes

Durante o processamento térmico ocorre transferência de energia de uma fonte de calor para o alimento. Esta energia ocasiona modificações nas estruturas moleculares dos alimentos, provocando alterações nos sabores, aromas, texturas e aparência, melhorando o paladar e facilitando a ingestão e digestão dos alimentos. Durante o cozimento da carne essas alterações ocorrem nas proteínas miofibrilares, na capacidade de retenção de água e na redistribuição da gordura e alteração do tecido conectivo. Todas essas alterações que afetam a qualidade da carne estão ligadas não somente ao processo de cocção utilizado, mas também à espécie do animal,

sua alimentação, idade e sexo, bem como ao estado físico (maior ou menor teor de glicogênio) antes do abate (BOBBIO; BOBBIO, 2000).

A transmissão de calor para os alimentos pode ocorrer de três formas: irradiação, convecção e condução. A irradiação ocorre por via eletromagnética onde um corpo quente emite energia, e esta é absorvida por um corpo frio. O aquecimento por convecção é a transferência de calor de um fluido (líquido ou gás) para o meio ambiente, o fluido é conservado em movimento e capaz de absorver calor da fonte de aquecimento e repassar para o corpo frio. Já a condução obedece a uma distribuição homogênea de temperatura no meio pela difusão de zonas mais quentes (onde a energia é alta) para zonas mais frias (onde a energia é baixa), ou seja, é a transferência de calor da parte externa ao interior do objeto (BRENNAN et al., 1980).

O modo de transferência de calor vai variar de acordo com cada tipo de cozimento. No caso da convecção o fluido de aquecimento poderá ser a água, o vapor d'água, o ar úmido ou as gorduras. Price e Schweigert (1994) citam que o aquecimento visando o cozimento a seco se caracteriza por utilizar tempos mais curtos em temperaturas altas, sendo a forma mais utilizada na vida doméstica.

Os processamentos que envolvem aplicação de calor mais usualmente utilizada para cocção de alimentos são: calor úmido, calor seco e misto (EVANGELISTA, 1994). Nos alimentos que são processados via calor úmido, esperam-se perdas de nutrientes e outras substâncias, por dissolução por componentes hidrossolúveis, não ocorrendo a formação de crostas, alterando desta forma, o valor nutritivo do alimento (SILVA, 2004).

O calor seco ocorre quando, no método de cozimento, a ação é a desidratação do alimento. A aplicação desta forma de calor pode ser realizada utilizando ar e/ou óleo (gordura), aplicando calor de forma direta ou indireta. A cocção por calor seco visa manter sempre o ar ambiente aquecido, que produz no alimento modificações de sua superfície. Em presença de produtos com grande teor de água, o calor seco provoca sua lenta evaporação (PHILIPPI, 2003).

O calor misto é a cocção por emprego de calor úmido e seco. O cozimento inicia no calor seco, e termina em calor úmido. É um método de cocção lento que se aplica principalmente a carnes, aves e legumes. As substâncias sensoriais são primeiramente concentradas no alimento, para depois, pela adição de líquidos, espalhar seu sabor em todo o produto. Em um primeiro momento o calor é transmitido para o alimento por condução e após por convecção pelos líquidos adicionados (SILVA, 2004).

Segundo Potter & Hotchkiss (1995), quando utilizado formas de aquecimento convencionais (chama direta, ar quente, contato direto com chapa quente e outros similares), as fontes de calor fazem com que as moléculas do alimento sejam aquecidas da superfície da peça

até o interior da massa muscular, de maneira que o aquecimento ocorre em camadas sucessivas. Isso determina o cozimento do exterior da peça, ou seja, a coagulação das proteínas, formando um envoltório (uma casca), que evita a perda de componentes cárneos para o exterior antes que sua temperatura interna aumente, resultando em perdas mais baixas no cozimento. A transferência de calor por micro-ondas ocorre por meio da irradiação eletromagnética, emitida por um corpo quente e absorvida por um corpo frio, que determina aumento da energia cinética proporcionado por uma excitação térmica na qual a distribuição da temperatura é homogênea desde a zona em que a temperatura é alta até a zona em que a temperatura é fria (ARAÚJO, 1982). Assim, o calor é gerado rápido e distribuído igualmente por toda a peça e as moléculas de água entram em ebulição no interior do alimento e o vapor aquece os sólidos adjacentes por condução que escapa para o meio externo (GIRARD, 1991).

Durante o preparo de carnes, evidências apontam para o fato de que tratamentos muito severos com calor (fritura ou assar excessivamente), que deixa os cortes de carne com aspecto muito tostado, estão associados à produção de compostos como aminas heterocíclicas – AH, e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos HAP. As AH se mostraram potencialmente mutagênicas em animais, e carcinogênicas em camundongos, ratos e primatas, especialmente em fígado, mas também pele, pulmão, cólon e mama. As condições ideais de preparo devem, portanto, ter pré-estabelecidos o tempo e temperatura adequados. A cocção úmida (em água, ou sob pressão) é a mais segura. O uso de calor seco (grelhar, assar, e especialmente, fritar) deve evitar a “queima” do alimento, ou de partes do corte (MAHAN; KRAUSE, 1998).

4.6.2 Efeito do processamento térmico na digestibilidade de proteínas

Os diferentes métodos de cocção existentes podem ser um fator importante na qualidade da proteína da carne. Quando é aplicada uma temperatura elevada na carne (acima de 60 °C), suas proteínas se desnaturam e ocorre a reação de Maillard, responsável por produzir componentes que não serão absorvidos e aproveitados pelo organismo humano (SGARBIER, 1996). Além da reação de Maillard, os tratamentos térmicos como a cocção de um alimento protéico promovem a conversão do colágeno em gelatina e a desnaturação das proteínas. As diferentes proteínas musculares se desnaturam a distintas temperaturas. As proteínas solúveis e a miosina são termolábeis e sua desnaturação começa a 45-50°C. As proteínas do tecido conjuntivo desnaturam a temperaturas de 60-70°C, dependendo do grau de ligações cruzadas do colágeno (FLORES; BERMELL, 1984).

Durante a desnaturação proteica pelo calor, rompe-se a estrutura natural das proteínas, permitindo assim uma ação mais efetiva das enzimas proteolíticas (digestivas) e uma maior digestão, aumentando a biodisponibilidade dos aminoácidos (SGARBIERI, 1996). Porém, este fenômeno não deve ocorrer de forma excessiva (acima de 90 °C), pois ocorre insolubilização da proteína, afetando suas propriedades funcionais e aumentando a viscosidade (ARAÚJO, 2008).

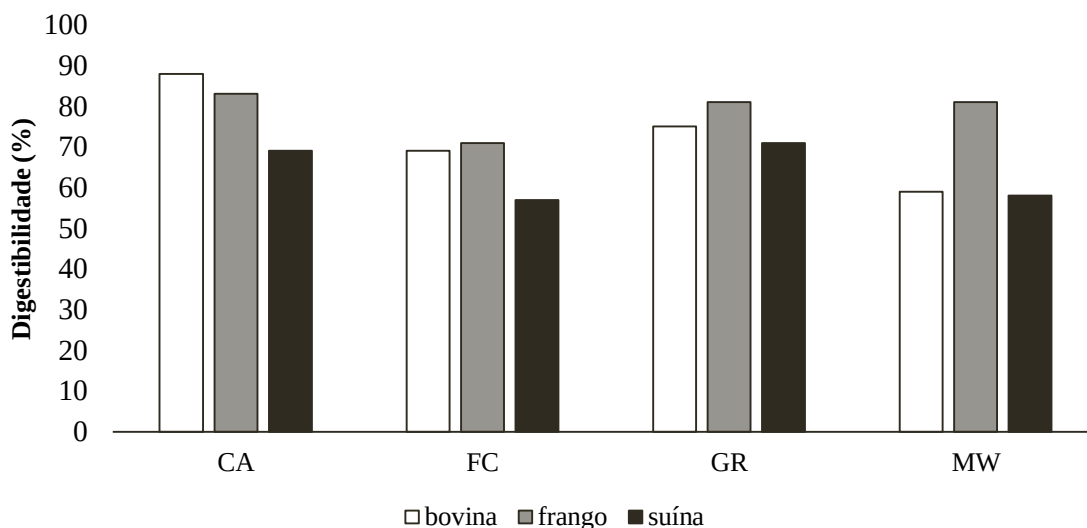
Quando a carne é bem cozida ocorre endurecimento, sendo esse denominado de "endurecimento proteico". Ao atingir uma temperatura em torno de 64 °C as proteínas miofibrilares se tornam menos tenras e vão perdendo a capacidade de reter água. Comportamento contrário ocorre para o colágeno, pois é após a temperatura de 64 °C que a molécula de colágeno se solubiliza e, em presença de água, forma gelatina. Sendo que o processo térmico, nesse caso, melhora a digestibilidade da carne, já que da forma natural o colágeno é pouco digestível. Enquanto a cocção continua, as proteínas coagulam, as cadeias polipeptídicas firmemente enroladas se desdobram formando grandes agregados (DE LA POMÉLIE; VERÓNIQUE, 2018).

O cozimento de carne a altas temperaturas resulta na formação de ligações cruzadas intermoleculares, que podem reduzir a susceptibilidade das proteínas à proteólise enzimática, afetando a liberação de aminoácidos e a biodisponibilidade durante a digestão. Em síntese, o tratamento térmico deve ser adequado, para que não haja resultados desfavoráveis, incluindo, nesse caso, diminuição da digestibilidade protéica e da disponibilidade de aminoácidos indispensáveis (DE LA POMÉLIE e VÉRONIQUE 2018).

Vieira (2007) avaliou diferentes métodos de cocção na composição centesimal em peitos de frango e constatou que o cozimento influencia no teor de proteína presente no alimento, sendo que no produto cru este percentual é de 23% e após cocção em forno micro-ondas o valor médio subiu para 40%. Resultado semelhante foi encontrado por Borda (2010), encontrando 21,3% de proteína em hambúrguer de carne bovina preparada em forno micro-ondas e 14,6% no mesmo produto cru. Os autores atribuíram tal comportamento à maior perda de água durante o processamento, favorecendo a concentração de proteína.

Estudo realizado por Menezes (2010), ao avaliar a disponibilidade proteica em diferentes métodos de processo térmico em carne bovina, frango e suína demonstrou que, dependendo do tipo de processo há variação nos teores de digestibilidade de proteína *in vitro*, como ilustrado na Figura 6. Os tratamentos térmicos utilizados foram forno convencional (45 min, 180 °C), forno micro-ondas (potência máxima 650 W, 6 min), cozimento em água (30 min, 100 °C) e grelha (230 °C, 10 min).

Figura 6: Valores de digestibilidade proteica em carnes bovina suína e frango submetidos a diferentes métodos de cocção.



CA: cozimento em água, FC: forno convencional, GR: grelha, MW: micro-ondas

Fonte: MENEZES, 2010

Na carne bovina o método que apresentou melhor disponibilidade proteica foi cocção em água com 88%, seguido da grelha com 75%. Durante a cocção em água, está pode ter ficado retida na proteína, facilitando a quebra das moléculas e consequentemente, melhorando sua digestibilidade. Os métodos por micro-ondas e forno convencional apresentaram menores valores para a digestibilidade, com 59 e 69%, respectivamente. De acordo com Rosa (2003), este fato pode ser atribuído à uniformidade da temperatura no interior e na superfície da amostra, que causa a desnaturação das proteínas superficiais, tornando-as insolúveis e resultando na formação de compostos da reação de Maillard que deixam os alimentos proteicos com baixa digestibilidade e, consequentemente, com a sua absorção diminuída.

Assim como a carne bovina, a carne de frango também apresentou melhor digestibilidade na cocção em água (83%), sendo esta a forma de cocção que menos altera a composição da carne de frango. A carne cozida em forno convencional apresentou 71% de disponibilidade proteica, apresentado o menor valor entre os métodos de cocção. Em relação a carne suína, pode-se perceber que a digestibilidade foi menor quando comparada aos outros tipos de carne, isso talvez se deva ao fato dessa carne ser rica em gorduras e por sua vez as enzimas digestivas não serem capazes de hidrolisar as proteínas até o ponto das mesmas serem totalmente absorvidas (MENEZES, 2010).

Santé-Lhoutellier et al. (2008) avaliaram diferentes condições de cocção de carne bovina (100 °C durante 5, 15, 30 e 45 minutos e 270 °C durante 1 minuto) na digestibilidade *in vitro* de proteínas miofibrilares. De acordo com os autores, um cozimento rápido (100 °C/5 minutos ou 270 °C/1 minuto) praticamente não causou efeito sobre a digestibilidade proteica quando comparado com a digestibilidade da carne crua. Em contrapartida, uma diminuição significativa na digestibilidade (75%) foi observada em tempos de cocção elevados (100 °C/45 min).

Comportamento similar foi observado por Li et al. (2017). Os autores avaliaram a digestibilidade proteica de diferentes produtos de carne de porco (carne de porco cozida, salsichão, carne de porco curada, carne de porco estufada) e concluíram que salga e secagem à longo prazo e cozimento a longo e a altas temperaturas podem induzir as proteínas da carne de porco a serem menos suscetíveis à digestão com pepsina, e consequentemente, têm-se a redução na digestibilidade proteica. De acordo com os autores, a redução na digestibilidade da carne de porco cozida está atrelada ao fato que o tempo elevado de cozimento a 72 °C pode induzir proteínas à oxidação e agregação das proteínas, afetando a susceptibilidade proteolítica.

Kaur et al. (2014) avaliaram a cocção da carne bovina a 100 °C por 10 e 30 minutos para investigar o efeito das condições de cozimento geralmente utilizadas durante o preparo de ensopado de carne (cozimento em banho-maria) sobre a digestibilidade *in vitro* da proteína. Com base no estudo os autores concluíram que a carne crua e carne cozida a diferiam na maneira em que são hidrolisadas pelas enzimas digestivas. A ação enzimática (tanto da pepsina quanto da pancreatina) foi mais aleatória na carne crua, enquanto progrediu das bordas miofibrilares em direção ao centro da miofibrila em carne cozida. A estrutura da carne crua parecia mais suscetível à ação enzimática do que a estrutura compacta de carne cozida. Embora a desnaturação das proteínas da carne durante o cozimento tenha resultado em digestão e maior mais rápida de proteínas e polipeptídeos com MM> 25 kDa (particularmente durante a digestão gástrica), várias modificações de aminoácidos ocorridas durante o cozimento podem ter levado à formação de “peptídeos limites”, que não são subdivididos em aminoácidos individuais, afetando sua biodisponibilidade. De acordo com os autores, uma alternativa promissora à técnica de preparo normalmente utilizada seria a técnica *sous vide*, onde é aplicado vácuo para o cozimento, havendo um aumento da digestibilidade proteica da carne cozida. O cozimento *sous vide* consiste em um método de cozimento em sacolas plásticas seladas a vácuo em baixas temperaturas por um tempo maior que o tradicional. O tempo pode variar entre 2 horas e 72 horas e a temperatura precisa ser estável, normalmente entre 40 °C e 70 °C, dependendo do que se cozinha. Este tratamento tem se mostrado vantajoso, pois promove a intensa solubilização

do colágeno, enquanto minimiza a desnaturação das proteínas miofibrilares e, portanto, o endurecimento da carne (MORAES, 2016). Além disso, durante o cozimento de carne a altas temperaturas ocorre a formação de ligações cruzadas intermoleculares e agregados, que pode reduzir a susceptibilidade proteica à proteólise enzimática, afetando a liberação de aminoácidos e a biodisponibilidade durante a digestão (KAUR et.al, 2014). Fato que não ocorrerá durante o cozimento *sous vide*.

Estes estudos elucidam a importância do conhecimento do efeito dos diferentes modos de preparo na digestibilidade protéica, onde se observa que apesar do teor inicial de proteína nas carnes ser o mesmo, dependendo do processo aplicado este nutriente ficará menos bioacessível ao organismo e consequentemente haverá uma menor biodisponibilidade dos aminoácidos presentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do estudo bibliográfico foi possível entender como os tratamentos térmicos alteram a estrutura das carnes e influenciam na digestibilidade de proteínas.

A natureza da proteína (conformação estrutural e sequência de aminoácidos) determina os diferentes valores de digestibilidade nos alimentos *in natura*, pois quanto menor a complexidade, mais fácil se torna o acesso e a ação de enzimas digestivas e a liberação de aminoácidos para o processo de absorção. Observou-se que a temperatura acima de 45 °C inicia o processo de desnaturação, ocorrendo as primeiras alterações na conformação da proteína, e se empregado um tratamento térmico de maneira controlada a desnaturação proteica facilita o acesso de enzimas à cadeia proteolítica resultando num aumento da sua digestibilidade.

As carnes suína, bovina e de frango possuem digestibilidade de 90 a 100%, no entanto após o preparo os melhores resultados encontrados na literatura foram de 83%, utilizando o método de cocção em água a 100 °C. Processamentos utilizando temperaturas acima de 100 °C e empregando calor seco direto (micro-ondas ou assamento) obtiveram resultados inferiores a 80%. Portanto, os diferentes métodos de preparo, em geral, diminuem a digestibilidade proteica, pois favorecem a coagulação e formação de grandes agregados proteicos.

Em vista disso, entender como o processamento térmico pode interferir na absorção de nutrientes, contribui para a busca de alternativas de um consumo com maior qualidade nutricional possível como no caso das técnicas de preparo *sous vide*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTS, B; et al. **Fundamentos da Biologia Celular**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES E EXPORTADORES DE FRANGOS (ABEF). **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/estatisticas.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2019
- ANDRADE, D. C., HENARES J.A. **Study on fluorescence of Maillard reaction compounds in breakfast cereals**. Molecular nutrition & food research, v. 50, n. 9, p. 799-804, 2006.
- ARAÚJO, J.M.A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 4.ed. Viçosa: Editora UFV, 2008.
- BAYLEI, C. H. Improved meta-analytic methods show no effect of chromium supplements on fasting glucose. **Biological trace element research**. v. 157, n. 1, p. 1-8, 2014
- BELITZ HD, GROSCH W. **Química de los Alimentos**. 2ªed. Zaragoza: Ed. Acribia: 1134p, 1997.
- BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; STRYER, L. **Bioquímica**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004
- BETORET, E. et al. Functional foods development: trends and technologies. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 9, p. 498-508, 2011.
- BIOLO, G, et al. Increased rates of muscle protein turnover and amino acid transport after resistance exercise in humans. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**, v. 268, n. 3, p. 514-520, 1995.
- BOBBIO, P.A, BOBBIO F.O. **Química do Processamento de Alimentos**, 3. ed. São Paulo: Varela, 2000.
- BORBA, C. M et al. **Avaliação Físico-Química de Hambúrguer de Carne Bovina e de Frango Submetidos a Diferentes Processamentos Térmicos**. Brazilian Journal of Food & Nutrition/Alimentos e Nutrição, v. 24, n. 1, 2013.
- BOUTON, P. E.; HARRIS, P. V.; SHORTHOSE, W. R. Changes in shear parameters of meat associated with structural changes produced by aging, cooking and myofibrillar contraction. **Journal of Food Science**, v. 40, n. 6, p. 122-126, 1975.
- BRASIL, F. I. Dossiê Proteínas. **Revista FT**, São Paulo n. 22, p. 58-68, Abr .2012. Disponível em: < http://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060218449001464976098.pdf>. Acesso em: 20 set. 2018.
- BRENNAN, J.G.; BTTERS, J.R.; COWELL, N.D.; LILLY A.E.V. **Las operaciones de la ingeniería de los alimentos**. 3.ed Espanha: Acribia,1980.
- BRIDI, A.M. **Consumo de carne bovina e saúde humana: convergências e divergências**. Universidade Estadual de Londrina. Disponível

em:<<http://www.uel.br/grupopesquisa/gpac/pages/arquivos/consumo/ronaldo.pdf>>. Acesso em: 21. dez.2018.

CAMPBELL MK, FARREL SO. **Bioquímica, COMBO**. 1ª ed, São Paulo, Thomson Learning: 840p, 2007.

COELHO R. G. **Biodisponibilidade de microelementos**. Seminário de Micronutrientes em Alimentos: Necessidades e Interações. ITAL Campinas, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Histórico anual de carnes**, Brasília, 2017. Disponível em: <www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado>. Acesso em: 15 dez. 2018.

COSTA, N.M.B; PELUZIO, M.C.G. **Nutrição básica e metabolismo**. 1.ed.Viçosa: Editora UFV, 2008.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 5. ed. São Paulo: Manole, 2016.

DE LA POMÉLIE, D., S.-L. VÉRONIQUE, T. Sayd and P. Gatellier. **Oxidation and nitrosation of meat proteins under gastro-intestinal conditions**: Consequences in terms of nutritional and health values of meat. Food chemistry , 2018

DOMINGUEZ-HERNANDEZ, E; SALASEVICIENE, A; ERTBJERG, Per. **Low-temperature long-time cooking of meat: Eating quality and underlying mechanisms**. Meat science, 2018.

EVANGELISTA, J. Alimentos – **Um Estudo Abrangente**. São Paulo: Atheneu: SP, 1994.

FAO/WHO/UNU, E. C. **Energy and protein requirements** World Health Organ Tech Rep, 1985

FENNEMA, O. R.. **Química de alimentos de Fennema**. 5. ed. Artmed Editora, 2009

GIRARD, J. P. **Tecnología de la carne y los productos cárnicos**. 1. ed. Espanha: Acribia, 1991.

GROPPER, S. S; SMITH, J.L.; GROFF, J.L. **Nutrição avançada e metabolismo humano**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

KAUR, L.; MAUDENS, E.; HAISMAN, D. R.;BOLAND, M. J., SINGH, H. **LWT-Food Science and Technology**, v. 55, n. 2, p. 612-620, 2014.

LAWRIE, R. A. **Ciência da Carne**, trad, Jane Maria Rubensam, 6ª ed. Porto Alegre, RS. Ed. Artmed: 384p, 2005.

LEFAUCHEUR, L. A second look into fibre typing–Relation to meat quality. **Meat science**, v. 84, n. 2, p. 257-270, fev. 2010.

LI, L.; LIU, Y.; ZOU, X.; HE, J.; XU, X.; ZH.U, G.; LI, C. In vitro protein digestibility of pork products is affected by the method of processing. **Food Research International**, v. 92, p. 88-94, 2017.

LUO, J.; TAYLOR,C.; NEBL,C.; KEN, N.; BENNETT, L.E. Effects of macro-nutrient, micro-nutrient composition and cooking conditions on in vitro digestibility of meat and aquatic dietary proteins. **Food chemistry**, Austrália, v. 254, p. 292-301, 2018.

MAHAN, L. K; ESCOTT-STUMP. S. **Krause, alimentos, nutrição & dietoterapia**, Rio de Janeiro: ed. Roca, 2005.

MENEZES, E. A. **Determinação da disponibilidade de Ca, Cu, Fe, Mg e Zn em amostras de carnes bovinas, suínas e de frango *In natura* e processadas termicamente** [Tese de Doutorado] Universidade Federal de São Carlos, São Carlos : UFSCar, 2010.

MORAES, F. **Sous vide de carne bovina (músculo semitendinosus): efeitos das condições de processamento e comparação com os sistemas cook chill e convencional**. 328. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

MORAES, P. L. "Nutrientes"; **Brasil Escola**. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/saude-na-escola/nutrientes.htm>>. Acesso em 24 de novembro de 2018.

OJIMELUKEW, P., C. ONUOHA. Z. O. **Effects of processing and in vitro proteolytic digestion on soybean and yambean hemagglutinins**. Plant foods for human nutrition, 1995.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

NEME, R. **Digestibilidade verdadeira e biodisponibilidade da lisina sulfato e da lisina HCL determinadas em aves**. Tese, (Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

NUNES, C. S.; BAPTISTA, A. O. Implications of the Maillard reaction in food and in biological systems. **Revista portuguesa de ciências veterinárias**, v. 96, n. 536, p. 53-59, 2001.

PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 1.ed. Goiânia: Editora da UFG, 1995. 586p.

PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2.ed. Goiânia: UFG. 2001. 623p.

PEZZATO, L. E. et al. **Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Revista Brasileira de Zootecnia, p. 1595-1604, 2002.

PIRES, C. V., M. d. A. OLIVEIRA, J. C. ROSA and N. M. B. COSTA. **Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2006

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e Técnica e Dietética**. Barueri, SP: Manole, 2003.

POTTER, N.; HOTCHKISS, H. **Ciencia de los alimentos**. Acribia, 1999.

PRETORIUS, B.; SCHÖNFELDT, H.C. **The contribution of processed pork meat products to total salt intake in the diet**. Food Chemistry. England, v.238, p.139-145, 2018

PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S. Muscle proteins and palatability. **Journal of Food Quality**, v.6, n.4, p.290-315, 1984.

QUEIROZ, Y. U. et al. **Desenvolvimento e avaliação das propriedades físico-químicas de hambúrgueres com reduzidos teores de gordura e de colesterol**. Revista Nacional da Carne, v. 338, n. 2, p. 84-89, 2005.

RAVINDRAN, V.; BRIDEN, W. L. Amino acid availability in poultry – in vitro and in vivo measurements. **Australian Journal on Agricultural Research**, Sindey, v. 50, p. 889-908, 1999.

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, 2000. 202p

ROSA, F. C et al. **Efeito de métodos de cocção sobre a composição química e colesterol em peito e coxa de frangos de corte**. Ciência Agrotecnica, v. 30, n. 4, p. 707-714, 2006.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. **Características da carne suína**. Boletim Técnico. Universidade Federal do Espírito Santo. 2007. Disponível em <http://www.agais.com/telomc/b00907_caracteristicas_carnesuina.pdf>. Acesso em 11 janeiro 2019.

SANTÉ-LHOUTELLIER, Veronique et al. Effect of meat cooking on physicochemical state and in vitro digestibility of myofibrillar proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 4, p. 1488-1494, 2008.

SILVA, L.M. **Efeito de dois métodos de cocção - água e vapor - nos parâmetros de qualidade do músculo semitendinosus**. 2004.114. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos**. São Paulo: Livraria Varela, 1996.

VIEIRA, E. C., **Avaliação de Potencialidades e Aplicações de Espectrômetros com Plasma Acoplado Indutivamente em Análises Químicas**. São Carlos, [Tese de doutorado]. Programa de Pós-Graduação em Química – UFSCar, 2007.

WAITZBERG, D. L. **Nutrição Oral, Enteral e Parenteral na Prática Clínica**. 3ª. ed. São Paulo: Atheneu, 2000.