

**INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM**  
**ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE SANTARÉM**

**MESTRADO EM SISTEMAS DE PREVENÇÃO E CONTROLO ALIMENTAR**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CARNE DE AVES**  
**SEPARADA MECANICAMENTE**

Marta Vieira Madeira

SANTARÉM

Julho, 2014

**INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM**  
**ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE SANTARÉM**

**MESTRADO EM SISTEMAS DE PREVENÇÃO E CONTROLO ALIMENTAR**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CARNE DE AVES  
SEPARADA MECANICAMENTE**

Trabalho realizado com vista à obtenção do grau de Mestre a  
Sistemas de Prevenção e Controlo Alimentar

Nome: Marta Vieira Madeira

N.º100369008

Orientador:

Professor Coordenador António José Faria Raimundo

Co-orientadores:

Professora Adjunta Cristina Maria C. Laranjeira

Engenheiro Paulo Alexandre Semedo Rovisco

SANTARÉM

Julho, 2014

# **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos aqueles que me ajudaram e apoiaram durante a sua realização.

# AGRADECIMENTOS

Pela contribuição para a realização desta dissertação gostaria de manifestar o meu agradecimento:

- À empresa Nobre Alimentação S. A., pela disponibilidade e oportunidade dada para a realização do presente trabalho.
- Ao Engenheiro Paulo Rovisco, pelo empenho revelado durante a realização deste trabalho, bem como todo o apoio e esclarecimentos prestados.
- À Técnica do Laboratório de química, Maria Carmencita Colaço, pela simpatia, amizade e disponibilidade sempre demonstrada durante a realização do estágio.
- Ao Professor Doutor António Raimundo, Orientador da dissertação, por ter aceitado a orientação do presente trabalho, pelo seu apoio, disponibilidade e empenho na realização do mesmo.
- À Mestre Cristina Laranjeira, Co-orientadora da dissertação, por ter aceitado a co-orientação do presente trabalho, pelo seu apoio, disponibilidade e empenho na realização do mesmo.
- Às técnicas do sector da Química da ESAS, Anabela Matos e Ana Reis pela ajuda e disponibilidade demonstradas na realização dos ensaios laboratoriais.
- À minha mãe e ao meu irmão, pelo apoio prestado durante o estágio e conceção deste trabalho.
- Ao Gonçalo por todo o apoio e pela partilha dos sacrifícios que passámos juntos nesta fase da nossa vida.
- A todos os meus amigos, que sempre me acompanharam nos bons e maus momentos, pelo seu carinho e compreensão.
- Aos que eventualmente me falta aqui referir e que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Fatores como a procura por produtos mais económicos e uma maior preocupação com a saúde contribuíram para um acentuado crescimento do consumo de carne de aves nos últimos anos. A preferência dos consumidores por frangos de corte despertou a necessidade de encontrar meios de aproveitamento de determinadas partes das carcaças de aves resultantes da desossa manual. Estas são eficientemente recuperadas com auxílio de separadores mecânicos; no entanto, o processo de separação mecânica pode afetar as propriedades nutricionais e funcionais da carne.

O objetivo deste trabalho foi comparar alguns parâmetros químicos e físicos da carne de peru e de frango separada mecanicamente. As amostras foram analisadas quanto à sua composição centesimal (percentagens de gordura, humidade e cinzas) e pH. Paralelamente, pretendeu-se caracterizar e definir os limites de aceitabilidade do índice de peróxidos, teor de cálcio e partículas ósseas, por forma a garantir que os produtos fabricados com esta matéria-prima cheguem ao consumidor com elevada qualidade.

A carne de frango mostrou teores médios de matéria gorda inferiores e teores de humidade superiores aos da carne de peru, contudo não foram significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ), enquanto que os teores médios de cinzas foram significativamente superiores na carne de peru que na carne de frango. A análise da correlação dos teores de matéria gorda e humidade mostrou uma relação fraca e não significativa no caso da carne de frango e uma relação significativa na carne peru. O valor médio do pH apresentou valores significativamente superiores na carne de frango que na carne de peru. O índice de peróxidos foi significativamente superior na que de peru que na carne de frango e uma vez que houve uma grande variabilidade de valores deste parâmetro, o método foi validado através do índice de iodo. Os teores de cálcio e de partículas ósseas também apresentaram valores significativamente superiores na carne de peru que na carne de frango. A análise da correlação mostrou que existe uma relação forte e significativa entre estes dois parâmetros.

**Palavras-chave:** Carne de aves separada mecanicamente; Composição centesimal; Índice de peróxidos; Índice de Iodo; Cálcio; Partículas ósseas.

## ***ABSTRAT***

Factors such as the demand for cheaper products and a greater concern with health contributed to a sharp increase in consumption of poultry meat in recent years. The consumer preference for broilers raised the need to find ways to use certain parts of poultry carcasses resulting from the boning. These are efficiently recovered with the aid of mechanical separators, but the mechanical separation process can affect the functional and nutritional properties of the meat.

The objective of this study was to compare some chemical and physical characteristics of mechanically separated chicken and turkey meat. The samples were analysed for their proximate composition (content fat, moisture and ash) and pH. In parallel, we intend to characterize and define the limits of acceptability of the peroxide value, calcium and bone particles to ensure that products manufactured from this raw material from reaching the consumer with high quality.

The chicken meat showed average levels of fat and lower levels of excess moisture to the turkey meat, but were not significantly different ( $P < 0.05$ ), whereas the average ash content were significantly higher in turkey meat in chicken. Correlation analysis of fat content and moisture ratio showed a weak and not significant in the case of chicken and a significant link in turkey meat. The average pH value showed significantly higher values in chicken than in turkey meat. The peroxide value was significantly higher than that of turkey in chicken and since there was a large variability in the values of this parameter, the method was validated by iodine value. The levels of calcium and bone particles also showed significantly higher values in the turkey meat in chicken. Correlation analysis showed that there is a strong and significant relationship between these two parameters.

*Keywords:* Mechanically separated poultry meat; Proximate Composition; Peroxide Value; Calcium; Iodine Value; Bone particles.

# ÍNDICE GERAL

	<b>Página</b>
<b>Dedicatória</b>	I
<b>Agradecimentos</b>	II
<b>Resumo</b>	III
<b><i>Abstract</i></b>	IV
<b>Índice geral</b>	V
<b>Índice de tabelas</b>	VII
<b>Índice de figuras</b>	IX
<b>Lista de abreviaturas</b>	XI
<b>1. Introdução</b>	1
<b>2. Objetivos</b>	6
<b>3. Revisão bibliográfica</b>	7
3.1. Processos e equipamentos de desossa mecânica	7
3.2. Características e problemas associados às carnes separadas mecanicamente	13
3.2.1. Características estruturais	13
3.2.2. Composição centesimal	15
3.2.3. Valor de pH	16
3.2.4. Qualidade da proteína	17
3.2.5. Teor de cálcio e dimensão das partículas ósseas	17
3.2.6. Cor e pigmentos hemínicos	21
3.2.7. Rancificação das carnes separadas mecanicamente	22
3.2.7.1. Composição em ácidos gordos	22
3.2.7.2. Oxidação lipídica	24
3.2.7.3. Fatores que promovem a rancificação das CSM	28
3.2.7.4. Avaliação do grau de rancidez oxidativa das CSM	30
3.2.7.5. Prevenção da oxidação lipídica	33
3.2.8. Características funcionais	34
3.2.9. Características microbiológicas	35
<b>4. Métodos e materiais</b>	36
4.1. Materiais	36
4.2. Métodos	36

4.2.1. Composição centesimal	36
4.2.1.1. Determinação do teor de matéria gorda	36
4.2.1.2. Determinação do teor de cinzas totais	37
4.2.1.3. Determinação do teor de humidade	38
4.2.2. Determinação do valor de pH	38
4.2.3. Determinação do índice de peróxidos (IP)	38
4.2.4. Validação do índice de peróxidos usando o índice de iodo como parâmetro de controlo	40
4.2.4.1. Fundamentação e procedimentos de validação do Índice de peróxidos	40
4.2.4.2. Determinação do Índice de Iodo (IndI)	42
4.2.5. Determinação do teor de cálcio	43
4.2.6. Partículas ósseas	44
4.2.6.1. Determinação do teor de partículas ósseas	44
4.2.6.2. Determinação do tamanho das partículas ósseas	45
4.3. Análise estatística	46
<b>5. Apresentação e discussão dos resultados</b>	<b>48</b>
5.1. Composição centesimal	48
5.2. Valor do pH	55
5.3. Índice de peróxidos	57
5.4. Validação do índice de peróxidos usando o índice de iodo como parâmetro de controlo	59
5.5. Teores de cálcio e de partículas ósseas	63
5.5.1. Dimensão das partículas ósseas	68
<b>6. Conclusões finais</b>	<b>73</b>
<b>7. Bibliografia</b>	<b>74</b>
<b>Apendice I</b>	<b>a</b>
<b>Apendice II</b>	<b>d</b>

# INDICE DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1</b> – Vantagens na utilização de carnes de separadas mecanicamente.	3
<b>Tabela 2</b> – Aplicações da carne separada mecanicamente.	4
<b>Tabela 3</b> – Desvantagens identificadas em carnes separadas mecanicamente.	4
<b>Tabela 4</b> – Valores da composição centesimal, segundo diversos autores, para carnes de aves separadas mecanicamente.	15
<b>Tabela 5</b> – Valores dos teores de cálcio e de partículas ósseas encontradas por diferentes autores.	20
<b>Tabela 6</b> – Teores de cálcio e fragmentos ósseas encontrados por diferentes autores utilizando diferentes separadores mecânicos.	21
<b>Tabela 7</b> – Composição ponderal de ácidos gordos mais representativos na gordura de carnes de frango e peru encontradas por diferentes autores.	23
<b>Tabela 8</b> – Consequências e efeitos da oxidação lipídica na carne.	25
<b>Tabela 9</b> – Média, desvio padrão, coeficiente de variabilidade, máximo e mínimo dos resultados obtidos para o teor de matéria gorda (%) para CFSM e CPSM.	49
<b>Tabela 10</b> – Teste F: duas amostras para variâncias (matéria gorda).	49
<b>Tabela 11</b> – Teste T: duas amostras com variâncias desiguais (matéria gorda).	49
<b>Tabela 12</b> – Média, desvio padrão, coeficiente de variabilidade, máximo e mínimo dos resultados obtidos para o teor de humidade (%) para CFSM e CPSM.	50
<b>Tabela 13</b> – Teste F: duas amostras para variâncias (humidade).	50
<b>Tabela 14</b> – Teste T: duas amostras com variâncias desiguais (humidade).	51
<b>Tabela 15</b> – Correlação entre o teor de matéria gorda e o teor de humidade na CFSM.	52
<b>Tabela 16</b> – Correlação entre o teor de matéria gorda e o teor de humidade na CPSM.	52
<b>Tabela 17</b> – Média, desvio padrão, coeficiente de variabilidade, máximo e mínimo dos resultados obtidos para o teor de cinzas (%) para CFSM e CPSM.	53
<b>Tabela 18</b> – Teste F: duas amostras para variâncias (cinzas).	54
<b>Tabela 19</b> – Teste T: duas amostras com variâncias desiguais (cinzas).	54
<b>Tabela 20</b> – Média, desvio padrão, coeficiente de variabilidade, máximo e mínimo dos resultados obtidos para o valor do pH para CFSM e CPSM.	55
<b>Tabela 21</b> – Teste F: duas amostras para variâncias (valor do pH).	55
<b>Tabela 22</b> – Teste T: duas amostras com variâncias iguais (valor do pH).	56

<b>Tabela 23</b> – Média, desvio padrão, coeficiente de variabilidade, máximo e mínimo dos resultados obtidos para o índice de peróxidos para CFSM e CPSM.	57
<b>Tabela 24</b> – Teste F: duas amostras para variâncias (índice de peróxidos).	57
<b>Tabela 25</b> – Teste T: duas amostras com variâncias iguais (índice de peróxidos).	58
<b>Tabela 26</b> – Resultados do IP realizados a produtos comerciais transformados (salsichas tipo <i>Franckfurt</i> ) introduzindo alterações à técnica base (STD).	59
<b>Tabela 27</b> – Correlação entre o IP e o IndI.	62
<b>Tabela 28</b> – Média, desvio padrão, coeficiente de variabilidade, máximo e mínimo dos resultados obtidos para o teor de cálcio e de partículas ósseas para CFSM e CPSM.	64
<b>Tabela 29</b> – Teste F: duas amostras para variâncias (teor de cálcio).	64
<b>Tabela 30</b> – Teste T: duas amostras com variâncias desiguais (teor de cálcio).	64
<b>Tabela 31</b> – Teste F: duas amostras para variâncias (partículas ósseas).	65
<b>Tabela 32</b> – Teste T: duas amostras com variâncias desiguais (partículas ósseas).	65
<b>Tabela 33</b> – Correlação entre os teores de cálcio e de partículas ósseas na CFSM.	66
<b>Tabela 34</b> - Correlação entre os teores de cálcio e de partículas ósseas na CPSM.	67
<b>Tabela 35</b> – Valores encontrados para a composição centesimal (teor de gordura, teor de humidade e teor de cinzas), pH, índice de peróxidos, teor de cálcio e teor de partículas ósseas em carnes separadas mecanicamente de frango (F) e peru (P) (n=30).	b
<b>Tabela 36</b> – Resultados obtidos para os valores de IP e IndI nos ensaios de validação do método.	e
<b>Tabela 37</b> – Teste <i>Post hoc</i> de Fisher.	f
<b>Tabela 38</b> – Diferenças significativas entre os diferentes métodos de determinação do IP.	f
<b>Tabela 39</b> – Diferenças significativas entre os diferentes métodos de determinação do IndI.	f
<b>Tabela 40</b> – Correlação entre os parâmetros IndI e IP considerando todos os ensaios e preparação das amostras.	g
<b>Tabela 41</b> – Teste de significância de Wilks.	g

# INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1</b> – Evolução da forma de comercialização da carne de aves a nível mundial desde 1962 até 2010.	2
<b>Figura 2</b> – Máquina de separação mecânica da <i>Beehive</i> , modelo RSTC-04.	8
<b>Figura 3</b> – Esquema do interior do mecanismo <i>Beehive</i> .	8
<b>Figura 4</b> – Parafuso sem fim da separadora mecânica <i>Beehive</i> .	9
<b>Figura 5</b> – Crivo perfurado da separadora mecânica <i>Beehive</i> .	9
<b>Figura 6</b> – Descarga dos resíduos ósseos.	10
<b>Figura 7</b> – Descarga do produto final.	10
<b>Figura 8</b> – Máquina de separação mecânica da Townsend-Protecon, modelo DMP45.	11
<b>Figura 9</b> – Princípio de funcionamento do mecanismo Townsend-Protecon.	12
<b>Figura 10</b> – Fibras musculares de carne de frango intata.	14
<b>Figura 11</b> – Fibras musculares de carne de frango separada em separador da <i>Beehive</i> .	14
<b>Figura 12</b> – Fibras musculares de carne de frango separada em separador Townsend-Protecon.	14
<b>Figura 13</b> - Degradação oxidativa de lípidos – etapa radicalar de iniciação.	26
<b>Figura 14</b> - Degradação oxidativa de lípidos – etapa de propagação radicalar em cadeia.	27
<b>Figura 15</b> - Degradação oxidativa de lípidos – etapas de terminação radicalar de terminação.	28
<b>Figura 16</b> – Amostra de carne de frango separada mecanicamente.	36
<b>Figura 17</b> – Amostra de carne de peru separada mecanicamente.	36
<b>Figura 18</b> – Cor da solução antes da titulação.	39
<b>Figura 19</b> – Cor da solução após a titulação.	39
<b>Figura 20</b> – Solução antes de titulação com EDTA.	44
<b>Figura 21</b> – Solução após titulação com EDTA.	44
<b>Figura 22</b> – Filtro com partículas ósseas.	45
<b>Figura 23</b> – Gráfico de dispersão para os resultados de teor de matéria gorda (%) na CFMS e na CPSM.	48
<b>Figura 24</b> – Gráfico de dispersão para os resultados de teor de humidade (%) na CFMS e na CPSM.	50

<b>Figura 25</b> – Regressão linear entre os teores de matéria gorda e de humidade na CFSM.	51
<b>Figura 26</b> – Regressão linear entre os teores de matéria gorda e de humidade na CPSM.	52
<b>Figura 27</b> – Gráfico de dispersão para os resultados de teor de cinzas (%) na CFSM e na CPSM.	53
<b>Figura 28</b> – Gráfico de dispersão para os resultados do valor do pH na CFSM e na CPSM.	55
<b>Figura 29</b> – Gráfico de dispersão para os resultados do índice de peróxidos na CFSM e na CPSM.	57
<b>Figura 30</b> – Pares de valores IP e IndI obtidos nos quatro ensaios realizados.	61
<b>Figura 31</b> – Correlação entre os parâmetros IndI e IP considerando todos os ensaios e preparação de amostra.	62
<b>Figura 32</b> – Gráfico de dispersão para os resultados do teor de cálcio na CFSM e na CPSM.	63
<b>Figura 33</b> – Gráfico de dispersão para os resultados do teor de partículas ósseas na CFSM e na CPSM.	63
<b>Figura 34</b> – Regressão linear entre os teores de cálcio e de partículas na CFSM.	66
<b>Figura 35</b> – Regressão linear entre os teores de cálcio e de partículas ósseas na CPSM.	67
<b>Figura 36</b> – Representação gráfica do número total das partículas ósseas encontradas nas amostras de carne de frango separada mecanicamente e em cada classe de tamanho.	68
<b>Figura 37</b> – Representação gráfica do número total das partículas ósseas encontradas nas amostras de carne de frango separada mecanicamente e em cada classe de tamanho.	68
<b>Figura 38</b> – Percentagem das diferentes classes de tamanho de partículas ósseas, em cada uma das amostras de carne de frango.	69
<b>Figura 39</b> – Percentagem das diferentes classes de tamanho de partículas ósseas, em cada uma das amostras de carne de peru.	70

# **LISTA DE ABREVIATURAS**

CSM – Carne separada mecánicamente

CFSM – Carne de frango separada mecánicamente

CPSM – Carne de peru separada mecánicamente

IP – Índice de peróxidos

IndI – Índice de iodo

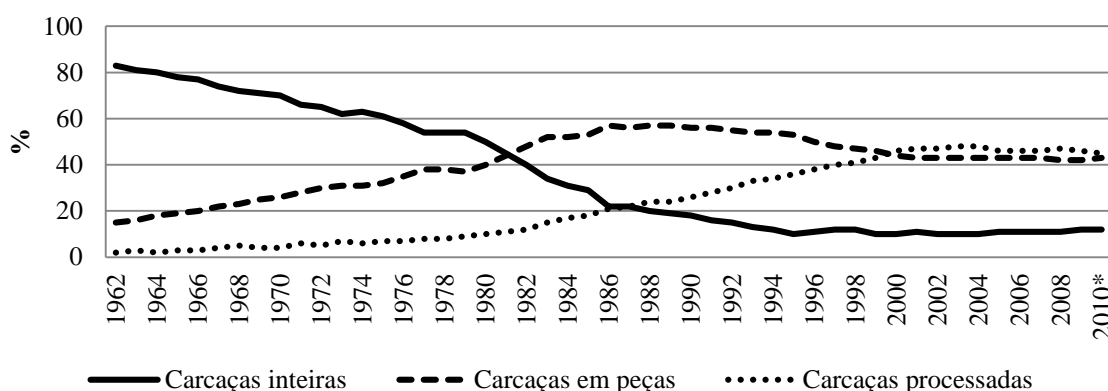
# 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Food and Agriculture Organization (FAO) (2010) a carne de aves constitui uma importante fonte de proteína animal, de fósforo, entre outros minerais e vitaminas do complexo B. Apresenta um teor de gordura inferior à maioria das restantes carne de corte, como a carne bovina ou suína e a proporção de ácidos gordos insaturados é maior do que a proporção de ácidos gordos saturados, sugerindo uma alternativa mais saudável à carne vermelha. A carne de aves é responsável por cerca 30% do consumo mundial de carne e a média mundial de consumo *per capita* da carne de frango quase que quadruplicou desde 1960, sendo atualmente de 12,41 kg.

Nos anos 60, no mundo, o principal foco da produção avícola era a produção de carcaças inteiras. Contudo, alterações no estilo de vida das pessoas, tais como maior preocupação com a saúde e a procura por produtos mais económicos forçaram a indústria avícola a evoluir de forma a conhecer melhor as expectativas do consumidor e a satisfazer as suas exigências (Chang, 2007). A Figura 1 mostra que a aquisição de aves inteiras pelos consumidores tem diminuído ao longo do tempo privilegiando o consumo de carcaças já processadas. Segundo dados facultados pelo Nacional Chicken Council (NCC) (2011) a aquisição de carcaças inteiras tem vindo a diminuir consideravelmente. Em 1962, o consumo de aves inteiras representava 83% do mercado de processamento de frangos, enquanto que em 2009 apenas 12% de frangos foram vendidos como aves inteiras. Em contrapartida, o consumo de carne de frango já processados aumentou de 2% em 1962 para 46% em 2009.

A Organisation for Economic Co-operation and Development (OCDE) (2011) revelou que em 2009, o consumo *per capita* de carnes de aves, a nível mundial, foi de 12,20 kg e estima e que em 2020 o consumo *per capita* seja de 14,02 kg. Segundo Haščík *et al.*, (2011) o aumento contínuo do consumo de carnes de aves deve-se à mudança de hábitos dos consumidores.

### Evolução da comercialização da carne de aves



**Figura 1** - Evolução da forma de comercialização da carne de aves a nível mundial desde 1962 até 2010. Adaptado de Nacional Chicken Council (2011) (<http://www.nationalchickencouncil.org/about-the-industry/statistics/how-broilers-are-marketed>)\_Acedido a 09.01.2012).

A preferência dos consumidores por frangos de corte e posteriormente por produtos de conveniência como os *nuggets* e hambúrgueres exigiu que fossem encontradas novas formas de processar determinadas partes da carcaça das aves, como dorso, pescoço e asas., difíceis de desossar manualmente (Trindade *et al.*, 2004). Estas representam cerca de 24% da parte comestível (Trindade *et al.*, 2004) e são eficientemente recuperada com auxílio de separadores mecânicos (Ionescu *et al.*, 2003a). No entanto o Código de práticas de higiene para a carne (CAC/RCP 58-2005) refere que quando a carne crua é desmanchada mecanicamente, a autoridade competente deve restringir o tipo de partes do animal que podem ser utilizados, fazendo referencia à não utilização de crânios. Dentro deste âmbito, o Regulamento (CE) N.º 853/2004 indica que as matérias-primas utilizadas na produção de carne aves separada mecanicamente não devem incluir patas, pele do pescoço, ossos do pescoço e cabeças.

Carne separada mecanicamente (CSM), carne desossada mecanicamente (CDM), tecido desossado mecanicamente (TDM), ou carne removida mecanicamente (CRM) são termos utilizados para descrever a carne que é removida dos ossos de uma carcaça por processos mecânicos após ter sido previamente desossada manualmente. (Hecer & Sözen, 2011; Püssa *et al.*, 2009; Serdaroçlu *et al.*, 2005). O Regulamento (CE) N.º 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 define carne separada mecanicamente ou C. S. M. como o “produto obtido pela remoção da carne dos ossos carnudos depois da desmancha ou de carcaças de aves de capoeira, utilizando meios mecânicos que provoquem a perda ou a alteração da estrutura das fibras musculares”. O processo de separação mecânica é eficiente quer na recuperação dos pedaços de carne em peças previamente desossadas manualmente quer no

aproveitamento de algumas peças anatômicas de aves, tais como asas, pescoço e dorso, difíceis de serem separadas manualmente. (Ikhlas *et al*, 2011; Serdaroçlu *et al.*, 2005; Ionescu *et al*, 2003a).

Dois tipos de separadores mecânicos podem ser usados na indústria da carne. Separadores contínuos em que a matéria-prima é introduzida num separador do tipo prensa de parafuso sem-fim. Este cria pressão à medida que roda e aumenta a velocidade angular do parafuso, forçando a carne a passar por um crivo de aço, mantendo os resíduos ósseos no interior do crivo (Barbut, 2002; Froning & McKee, 2001). Outros tipos de separadores são os separadores descontínuos em que o material é pressionado contra um crivo através de um pistão hidráulico, obrigando a carne a passar pelos orifícios ficando a massa de osso retida no seu interior (Barbut, 2002). O rendimento das carnes de aves separadas mecanicamente varia entre os 55 e os 80% dependendo da peça desossada e da configuração do equipamento (Botka-Petrak *et al.*, 2011; Perlo, 2006; Serdaroçlu *et al.*, 2005; Ikhlas *et al.*, 2011).

A subida do preço da carne e, conseqüentemente o aumento do custo de produção de subprodutos transformados à base de carne conduziram à otimização da utilização de todas as fontes proteicas disponíveis (Hecer & Sözen, 2011). A utilização desta matéria-prima como ingrediente em alguns produtos alimentares adicionou-lhe valor comercial (Yuste, 1999).

A consistência macia e o baixo custo em conjunto com as adequadas propriedades nutricionais e funcionais da carne de aves separada mecanicamente (Tabela 1), tornam-na adequada para a formulação de vários produtos à base de carne tais como salsichas, mortadelas, salames, *nuggets* e sopas secas (Tabela 2) (Hecer & Sözen, 2011; Ikhlas *et al*, 2011; Serdaroçlu *et al.*, 2005; Pettersen *et al*, 2004; Trindade *et al.*, 2004).

**Tabela 1** - Vantagens na utilização de carnes separadas mecanicamente.

<b>Vantagem</b>	<b>Aspetos particulares</b>	<b>Referência</b>
Propriedades nutricionais	Elevado teor de proteína	Koolmees <i>et al.</i> (1986); Yuste <i>et al.</i> (1999)
Propriedades tecnológicas	Consistência fina e macia; Facilidade de incorporação.	Koolmees <i>et al.</i> , 1986; Yuste <i>et al.</i> , 1999; Pettersen <i>et al.</i> , 2004; Hecer & Sözen, 2011; Serdaroçlu <i>et al.</i> , 2005; Ikhlas <i>et al.</i> , 2011
Baixos custos	Matéria-prima com menor valor comercial.	Hecer & Sözen, 2011; Trindade <i>et al.</i> , 2004

**Tabela 2** - Aplicações da carne separada mecanicamente.

<b>Utilização de C. S. M.</b>	<b>Referências</b>
Salsichas	Froning & McKee (2001); Trindade <i>et al.</i> (2004); Hecer & Sözen (2011); Ikhlas <i>et al.</i> (2011)
Mortadelas	Froning & McKee (2001); Trindade <i>et al.</i> (2004); Hecer & Sözen (2011)
<i>Nuggets</i>	Froning & McKee (2001); Hecer & Sözen (2011); Ikhlas <i>et al.</i> (2011); Perlo <i>et al.</i> (2006)
Salames	Hecer & Sözen (2011)
<i>Roasts</i>	Froning & McKee (2001)
Sopas secas	Hecer & Sözen (2011)

No entanto, as carnes separadas mecanicamente apresentam igualmente desvantagens. Apresentam elevados teores de pigmentos do grupo heme, de tecido conjuntivo, medula óssea, cálcio e gordura (Ionescu *et al.*, 2003a). As características específicas das carnes separadas mecanicamente desencadeiam algumas desvantagens tais como suscetibilidade oxidativa dos lípidos que podem conduzir ao aparecimento sabores e odores desagradáveis, perda de estabilidade da matéria-prima (Trindade *et al.*, 2004; Froning & McKee, 2001), textura pastosa, alteração de cor (Trindade *et al.*, 2004; Kolsarici & Candogan, 2001; Yuste *et al.*, 1999). Além disso, os subprodutos derivados de carnes de aves separadas mecanicamente são a causa de uma das maiores preocupações para as autoridades de saúde pública, devido aos riscos associados a bactérias de intoxicação alimentar (Hecer & Sözen, 2011). A grande área de superfície, a libertação de compostos celulares e o calor gerado durante a separação mecânica conduzem a um aumento do crescimento e da carga bacteriana, o que pode tornar o produto mais perecível e perigoso (Hecer & Sözen, 2011; Yuste *et al.*, 1999).

**Tabela 3** - Desvantagens identificadas em carnes separadas mecanicamente.

<b>Desvantagens</b>	<b>Referências</b>
Presença de pigmentos do grupo heme; tecido conjuntivo e medula óssea	Ionescu <i>et al.</i> , 2003a
Elevado teor gordura	Ionescu <i>et al.</i> , 2003a
Elevado teor de cálcio	Ionescu <i>et al.</i> , 2003a
Oxidação lipídica	Kolsarici & Candogan, 2001; Trindade <i>et al.</i> , 2004
Elevada carga microbiana	Kolsarici & Candogan, 2001; Yuste <i>et al.</i> , 1999; Trindade <i>et al.</i> , 2004; Hecer & Sözen, 2011
Alteração da cor	Yuste <i>et al.</i> , 1999; Froning & McKee, 2001
Textura pastosa	Yuste <i>et al.</i> , 1999
Alteração Sabor	Yuste <i>et al.</i> , 1999
Altamente perecível	Yuste <i>et al.</i> , 1999
Perda de estabilidade	Froning & McKee, 2001; Trindade <i>et al.</i> , 2004
Curto tempo de prateleira	Hecer & Sözen, 2011

De entre as desvantagens mencionadas podemos ainda isolar a oxidação lipídica que é considerada um dos maiores problemas na indústria da carne (Pettersen *et al.*, 2004). Fatores como a destruição da membrana celular durante o processo de desossa (Ionescu *et al.*, 2003a; Serdaročlu *et al.*, 2005), a incorporação de elevados níveis de gorduras insaturadas e de componentes da medula óssea promovem a oxidação dos ácidos gordos insaturados (Ionescu *et al.*, 2003a), dando origem a produtos com elevado potencial oxidativo (Ozkececi *et al.*, 2008), favorecendo o aparecimento de sabores rançosos provenientes da deterioração e a perda de valor nutricional do produto (Pettersen *et al.*, 2004).

A incorporação da carne de aves separada mecanicamente em produtos à base de carne tornou-se num outro segmento dentro da indústria da carne de frango (Ozkececi *et al.*, 2008). No entanto, é difícil para o consumidor identificar a natureza da carne que o produto contém (Komrska, *et al.*, 2010). Assim, para uma melhor transparência do consumidor, a Directiva 2001/101/CE da Comissão de 26 de Novembro de 2001 que altera a Directiva 2000/13/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros respeitantes à rotulagem, apresentação e publicidade dos géneros alimentícios, exige que a utilização de CSM seja declarada na lista de ingredientes no rótulo do produto final, sendo designada pelo seu nome específico “Carnes separadas mecanicamente”, seguido do nome da espécie.

Alguns estudos mostram que carnes separadas mecanicamente com maiores teores em ossos apresentam também maiores teores de cinzas, fosfatos e cálcio (Serdaročlu *et al.*, 2005). O teor de cálcio da CSM também é indicador da possível presença de partículas de osso em quantidades e dimensões superior ao adequado (Al-Najdawi e Abdullah, 2002). De acordo com o Regulamento (CE) N.º 2074/2005 da Comissão de 5 de Dezembro de 2005 o cálcio não deve exceder 0,1 % (*i.e.*, 100 mg/100 g ou 1 000 ppm) de produto fresco, devendo ser determinado por um método normalizado internacional, como indicado nesse regulamento, no Anexo IV.

A pesquisa de partículas de osso e a sua quantificação em CSM é outro parâmetro que permite avaliar a qualidade da CSM, pois a presença de fragmentos ósseos podem pôr em causa a qualidade e higiene do produto (Tremlováp & Štarha, 2003). Sendo higiene do produto definida, segundo o Código de boas práticas de higiene para a carne (CAC/RCP 58-2005), como todas as condições e medidas necessárias para assegurar a segurança e adequação da carne em todas as fases da cadeia alimentar.

## 2. OBJECTIVOS

O estudo desenvolvido pretendeu avaliar a qualidade física e química das carnes de frango e de peru separadas mecanicamente.

Uma vez que:

- as carnes de aves separadas mecanicamente, quando comparadas com outros tipos de carnes, apresentam um maior teor de ácidos gordos insaturados, são mais propensas à oxidação e conseqüentemente ao aparecimento de peróxidos;
- e sendo o teor de cálcio um possível indicador da presença de partículas de osso;

determinaram-se os valores dos seguintes parâmetros:

- composição centesimal: gordura total, humidade e cinzas;
- valor do pH;
- índice de peróxidos;
- teor de cálcio;
- teor de partículas de osso;
- dimensão das partículas de osso;

e compararam-se os valores destes parâmetros entre as carnes CSM das duas espécies.

Para além das determinações e pesquisa a efetuar analisaram-se também possíveis correlações entre:

- o teor de gordura e o teor de humidade encontrados em cada matéria-prima;
- o teor de cálcio, a presença de partículas ósseas e o teor de cinzas.

A avaliação dos parâmetros e a definição dos limites de aceitabilidade do índice de peróxidos, teores de cálcio e de partículas ósseas, enquadram-se no objetivo de garantir que os produtos fabricados com este tipo de matéria-prima chegam ao consumidor com a mesma qualidade que os produtos fabricados sem carnes separadas mecanicamente.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1. Processos e equipamentos de desossa mecânica

Os primeiros equipamentos de separação mecânica foram desenvolvidos para a indústria de peixe no Japão no final de 1940, como resultado da necessidade do processo industrial; a separação mecânica de carne das aves começou no final de 1950 nos Estados Unidos da América (Hecer & Sözen, 2011).

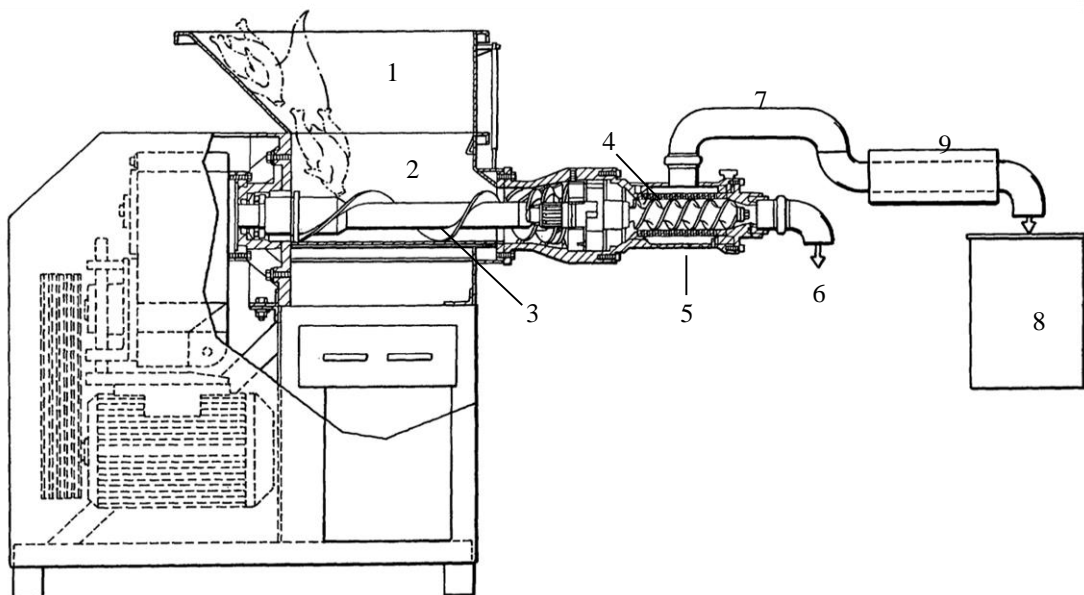
A utilização de sistemas mecânicos de recuperação de carne residual após a desossa manual tem conduzido a um aumento da incorporação de carne de aves separadas mecanicamente em produtos processados à base de carne (Froning & McKee, 2001; Yuste *et al.*, 1999).

Atualmente, no mercado existem vários tipos de equipamentos de separação mecânica de carnes, que se distinguem por possuir diferentes tipos de sistemas de desossa, diferentes produções por hora e algumas ainda requerem tratamento prévio da matéria-prima antes da desossa. De entre os separadores mecânicos existentes no mercado podemos destacar os equipamentos *Beehive* e os equipamentos de marca *Protecon*.

A empresa *Beehive* atua numa ampla gama de segmentos de separação mecânica de carne e dispõe de equipamentos para todos os setores de abate, incluindo aves, suínos, bovinos, caprinos e pescados (Beehive, 2012). Em 1983, a *Beehive* desenvolveu o modelo RSTC-04 exclusivamente para a separação de carne de aves e de pescado (WATTAgNET, 2012). Atualmente, o modelo RSTC-04 da Beehive (Figura 2) é o mais utilizado para a separação mecânica de aves (Froning & McKee, 2001).



**Figura 2** - Máquina de separação mecânica da *Beehive*, modelo RSTC-04.  
Adaptado: WATTAgNET, 2012



**Figura 3** - Esquema do interior do mecanismo *Beehive*.  
Adaptado: WIPO, 2012

A Figura 3 esquematiza o princípio de funcionamento do mecanismo Beehive. As carcaças de aves são colocadas no interior da tremonha (1), que encaminha a carcaça para uma câmara de separação (2) com uma prensa do tipo parafuso sem-fim (3) (Figura 4)



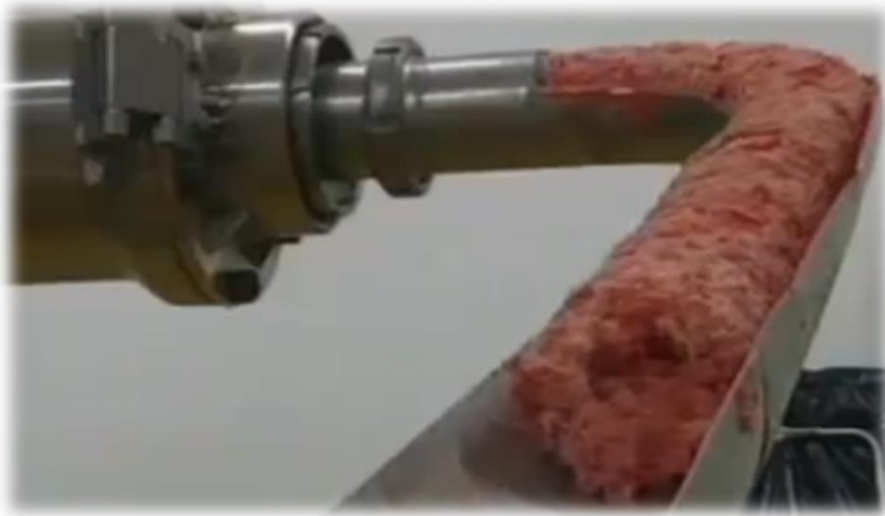
**Figura 4** - Parafuso sem fim da separadora mecânica *Beehive*.  
Adaptado: CERVO, 2012

As carcaças inteiras são conduzidas para uma câmara de extrusão (4) que está envolvida por um crivo perfurado (5) (Figura 5).



**Figura 5** - Crivo perfurado da separadora mecânica *Beehive*.  
Adaptado: CERVO, 2012

A rotação do eixo helicoidal transporta a carcaça através da camara de extrusão que gera pressão à medida que aumenta a velocidade angular. A carne é forçada a passar por um crivo de aço, mantendo no seu interior as partículas de osso e de tecido conjuntivo com dimensões inferiores ao diâmetro das perfurações e transportando-as até à extremidade de descarga (6) (Figura 6). À medida que a carne passa pelo crivo, sai através da conduta de saída (7) até ao recetor (8) (Figura 7), passando por um dispositivo de arrefecimento (9).



**Figura 6** - Descarga dos resíduos ósseos.  
Adaptado: Anónimo, 2012



**Figura 7** - Descarga do produto final.  
Adaptado: Anónimo, 2012

Este modelo tem a capacidade de processar entre 680 a 1 361 kg de produto por hora, dependendo do tipo de matéria-prima.

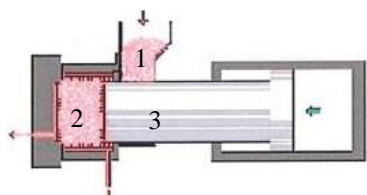
A outra empresa produtora de equipamentos para a produção de carne separada mecanicamente, a Townsend-Protecon, desenvolveu o mecanismo de separação utilizando um pistão hidráulico, em que o material é introduzido numa câmara e pressionado contra um crivo perfurado. A pressão gerada pelo cilindro obriga a carne a passar pelos orifícios, ficando as partículas de ossos retidas no interior (Barbut, 2002). A Townsend-Protecon aperfeiçoou este processo para a carne de aves, que resultou no desenvolvimento da separadora DMP-45 (Figura 8).

Este sistema tem um maior rendimento que o sistema de eixos rotativos, o produto obtido é de qualidade superior e apresenta baixos custos de manutenção. A tecnologia Townsend-Protecon permitir obter uma pasta de carne com uma estrutura de 3 milímetros, colhendo apenas a carne residual, sem medula óssea e separando os ossos que ficam praticamente intactos.

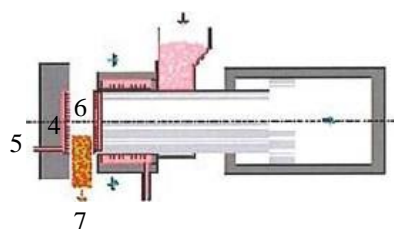


**Figura 8** - Máquina de separação mecânica da Townsend-Protecon, modelo DMP45.  
Adaptado: Marel 2012

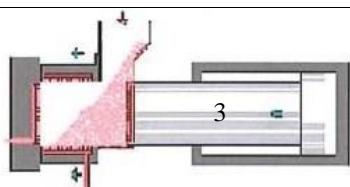
A Figura 9 esquematiza o princípio de funcionamento do mecanismo Townsend-Protecon:



A tremonha de alimentação (1) liberta os ossos contendo a carne residual para a câmara de compressão (2), onde o pistão hidráulico (3) aplica uma força de baixa pressão.



Na câmara de compressão é aplicada uma suave pressão fazendo com que as peças se friccionem umas nas outras, libertando a carne suavemente, obrigando-a a passar primeiro por um sistema de filtro (4) e posteriormente encaminhado por um tubo de saída (5). De seguida o raspador (6) remove a torta de ossos (7) e limpa a superfície dos filtros.



Posteriormente o pistão hidráulico (3) recolhe e a máquina fica pronta para um novo ciclo

**Figura 9** - Princípio de funcionamento do mecanismo Townsend-Protecon.  
Adaptado: Townsend, 2012

Segundo Froning & McKee (2001), existem vários fatores relacionados com o equipamento que podem afetar a qualidade do produto final. Um desses fatores é o rendimento do equipamento, que varia de acordo com a pressão que é aplicada à matéria-prima quando empurrada através do crivo. Contudo, o aumento de pressão pode tornar o processo de separação menos eficiente, permitindo que maiores quantidades de fragmentos ósseos, tendões e outros resíduos cárneos passem para o produto final. A manutenção do equipamento é outro fator que afeta a qualidade do produto. As superfícies de corte devem manter as arestas afiadas, pois caso contrário podem originar produtos de textura pastosa. O tamanho dos crivos também pode alterar a textura do produto final, pois quanto maior for o tamanho do poro do crivo mais pastosa é a textura do produto final.

Ainda segundo os mesmos autores, a temperatura a que a matéria-prima se encontra também é um fator que pode alterar a qualidade do produto final. A maioria dos equipamentos processa a carne refrigerada, não congelada. O processamento das peças congeladas é uma

enorme vantagem porque o produto apresenta uma textura superior, um maior tempo de congelação e uma menor contagem bacteriana.

## **3.2. Caraterísticas e problemas associados às carnes separadas mecanicamente**

Com a introdução e utilização crescente das carnes de aves separadas mecanicamente na elaboração de vários produtos industrializados, muitas questões surgiram em relação à sua qualidade nutricional para consumo humano (Trindade *et al.*, 2004). Neste sentido, têm sido realizados vários estudos sobre a composição destas carnes, tais como a qualidade e o teor de proteínas, lípidos e minerais, o teor de partículas de ossos, a estabilidade das proteínas e lípidos, patogenicidade e deterioração bacteriológica, entre outros e provaram que apresentam boas propriedades nutricionais e funcionais e que o seu consumo não põe em causa a saúde humana (Trindade *et al.*, 2004). A utilização da desossa mecânica permite evitar o desperdício de grandes quantidades de minerais, lípidos e proteínas e o produto resultante deste processo é adequado para a formulação de produtos feito à base de carne. (Serdaroçlu *et al.*, 2005; Trindade *et al.*, 2004).

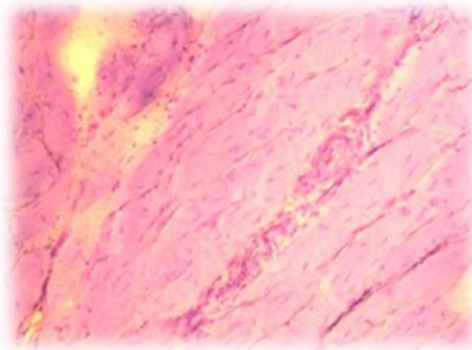
### **3.2.1. Caraterísticas estruturais**

A estrutura de CSM é um importante ponto de crítica levantada pelo consumidor, contudo existe pouca informação disponível no que respeita ao nível de degradação da estrutura do músculo que é aceitável (Henckel *et al.*, 2004). A CSM é caracterizada por apresentar uma textura pastosa. Textura que se deve à elevada proporção de resíduos de fibras musculares e à presença de uma quantidade significativa de fibras musculares parcialmente desestruturadas (Komrska *et al.*, 2010; Sifre *et al.*, 2009). O termo utilizado para essa perda ou modificação da estrutura das fibras musculares é "desestruturação" causada pela separação mecânica (Komrska *et al.*, 2010; Nagy *et al.*, 2007).

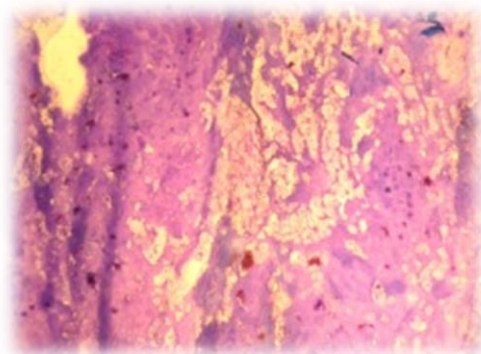
Segundo Sifre *et al.* (2009) a visualização da desestruturação das fibras musculares é possível com cortes histológicos, no entanto esta visualização levanta o problema de definir qual o grau de desestruturação da matéria-prima que corresponde à definição de carne separada mecanicamente de acordo com o Regulamento (CE) nº 853/2004. Até à data não

tem havido sistemas de análise suficientemente preciosos e reprodutíveis para a quantificação do nível de desestruturação das fibras musculares. Para tal, os mesmos autores, definiram M. D. I. (Meat Destructuration Indicator) como a razão entre a fibra muscular desestruturada e a fibra muscular total. Sifre *et al.* (2009) após análises histológicas e sensoriais, em várias amostras de carnes separadas mecanicamente, concluiriam que uma carne crua com M. D. I. superior a 58,1 % continha fibras musculares suficientemente desestruturadas para serem consideradas como carne separada mecanicamente.

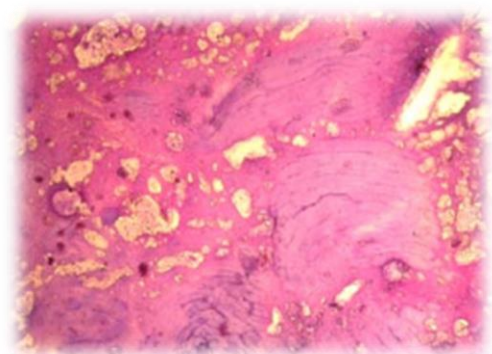
O princípio da separação mecânica, o alinhamento e a pressão exercida influênciam a quantidade e tamanho do tecido ósseo no produto resultante e o grau de lesão das fibras musculares (Komrska *et al.*, 2010; Henckel *et al.*, 2004). A Figura 10 mostra as fibras musculares de uma carne de frango intacta e as Figuras 11 e 12 mostram a desestruturação das fibras musculares de uma carne de frango submetida a um separador mecânico da Beehive e a um separador mecânico da Townsend-Protecon, respectivamente.



**Figura 10** - Fibras musculares de carne de frango intacta.



**Figura 11** - Fibras musculares de carne de frango separada em separador da Beehive.



**Figura 12** - Fibras musculares de carne de frango separada em separador Townsend-Protecon.

Adaptado: Groves, 2010

### 3.2.2. Composição centesimal

A composição centesimal das carnes de aves separadas mecanicamente, segundo diversos autores, é apresentada na Tabela 4. Apresenta uma variabilidade bastante alargada e depende de fatores como a espécie, a raça, a idade, a proporção de osso e gordura no material a ser desossado, bem como as partes das carcaças utilizadas e do tipo de máquina e da sua configuração (Field, 2004; Henckel *et al.*, 2004; Froning & McKee, 2001).

**Tabela 4** - Valores da composição centesimal, segundo diversos autores, para carnes de aves separadas mecanicamente.

Matéria-prima	Proteína	Gordura	Humidade %	Cinzas %	Referências
	%	%			
CPSM	15,50	14,00	69,20	0,90	Serdaroçlu <i>et al.</i> (2005)
	-	16,8	65,5	0,90	Crosland <i>et al.</i> (1994)
	13,60	14,50	70,70	-	Perlo <i>et al.</i> (2006)
CFSM	16,56	14,08	67,70	0,79	Ionescu <i>et al.</i> (2003b)
	16,90	12,34	68,82	1,45	Kolsarici <i>et al.</i> (2010)
CFSM sem pele	20,35	7,55	70,95	1,32	Al-Najdawi e Abdullah, (2002)
CPSM com pele	20,45	9,15	69,85	1,25	Al-Najdawi e Abdullah, (2002)
CCFSM	12,55	13,90	69,15	0,93	Ozkececi <i>et al.</i> (2008)
	15,57	12,40	69,14	0,40	Botka-Petrak <i>et al.</i> (2011)
CPFSM	12,40	4,37	77,36	0,93	Ozkececi <i>et al.</i> (2008)
	14,89	6,29	51,01	1,37	Botka-Petrak <i>et al.</i> (2011)
CDFSM	-	23,3	60,50	1,00	Crosland <i>et al.</i> (1994)

CPSM, carne de peru separada mecanicamente; CFSM, carne de frango separada mecanicamente; CCFSM, carne de carcaça de frango separada mecanicamente; CPFSM, carne pescoço de frango separada mecanicamente; CDFSM, carne do dorso de frango separada mecanicamente

As aves mais jovens, geralmente apresentam mais componentes hemínicos e lipídicos provenientes da medula óssea influenciando a composição centesimal (Froning & McKee, 2001). O processo de separação mecânica dá origem à destruição celular devido à ação do corte (Serdaroçlu *et al.*, 2005; Froning & McKee, 2001). A extensão do dano é afetada pelo tamanho do poro do crivo utilizado (Froning & McKee, 2001) e permite a incorporação de quantidades consideráveis de lípidos presentes na matéria-prima no produto final, diluindo o teor de proteína e aumentando o teor lipídico dos tecido desossados (Al-Najdawi e Abdullah, 2002; Trindade *et al.*, 2004). O teor lipídico na medula óssea de aves é de aproximadamente de 46,5 % (Al-Najdawi e Abdullah, 2002). Al-Najdawi e Abdullah (2002) mostraram que a carne separada mecanicamente apresenta maiores teores de gordura e de

humidade e menores teores de proteína que a carne separada manualmente. Field (2004) indica que o teor de proteína em carnes de aves separadas mecanicamente varia entre 11,4 % e 20,4 %, dependendo do tipo de material desossado (pescoço, dorso, idade). Segundo o mesmo autor, à medida que o teor proteico aumenta o teor de gordura diminui de 24,7 % para 7,5 %. Os lípidos são provenientes da medula óssea que é libertada a partir dos ossos quebrados, da gordura subcutânea, pele e gordura abdominal, excluindo a gordura das vísceras que são removidas durante o processo de abate (Trindade *et al.*, 2004). O teor de pele pode aumentar muito o teor de gordura nas carnes separadas mecanicamente, pois a maior parte da gordura das aves está associada à pele (Field, 2004).

A composição centesimal pode ainda ser afetada pelos rendimentos dos diferentes tipos de equipamentos de desossa. O teor de gordura e cinzas pode aumentar caso os equipamentos sejam definidos para a obtenção de elevados rendimentos. Além disso, elevados rendimentos conduzem a um aumento da temperatura desnaturando as proteínas (Froning & McKee, 2001).

### **3.2.3. Valor do pH**

Geralmente, as carnes separadas mecanicamente apresentam um pH mais elevado que as carnes separadas manualmente, devido à incorporação da medula óssea, que apresenta um pH de 6,8 a 7,4 (Abdullah & Al-Najdawi, 2005; Serdaročlu *et al.*, 2005; Trindade *et al.*, 2004). De acordo com Abdullah & Al-Najdawi (2005) o pH da carne de frango separada manualmente situa-se entre 6,33 e 6,32 para carne de frango com pele e sem pele, respetivamente, enquanto a carne de frango com pele separada mecanicamente apresenta um valor de pH de 6,48 e a carne de frango sem pele um valor de pH de 6,44. Perlo *et al.* (2006) encontrou valores de pH para a carne de frango separada mecanicamente de 6,47 e Serdaročlu *et al.* (2005) encontrou valores para a carne de peru de 6,00. Estes valores de pH favorecem a capacidade de retenção de água, mas por outro lado contribuem para o aumento da carga microbiana, acelerando o processo de deterioração (Trindade *et al.*, 2004).

### **3.2.4. Qualidade da proteína**

A carne, o peixe, as aves e os legumes são importantes fontes proteicas, que fornecem aminoácidos essenciais para a constituição das proteínas, que muitas vezes são referidas como proteína de elevada qualidade (Babji, *et al.*, 2010). Segundo a World Health Organization (W.H.O.) (2007), a avaliação da qualidade da proteína tem por objetivo a determinação da capacidade das fontes alimentares proteicas e dietas satisfazerem as necessidades metabólicas de aminoácidos e nitrogénio. De acordo com Schaafsma (2000) e Reeds *et al.* (2000) existe uma variedade de métodos para determinar a qualidade da proteína. Geralmente estes métodos incluem o perfil de aminoácidos, o rácio de eficiência proteica (PER), o valor biológico (VB) e a pontuação corrigida da digestibilidade dos aminoácidos da proteína (PDCAAS). O método mais utilizado para a determinação da qualidade nutricional da proteína é o cálculo do índice de eficiência proteica que determina o ganho de peso por grama de proteína ingerida (Nielsen, 2010).

Com a introdução e o uso crescente da CSM na elaboração de salsichas e outros produtos industrializados, muitas perguntas surgiram à cerca do seu valor nutricional para consumo humano (Trindade *et al.*, 2004). Babji *et al.*, (2010) compara o valor de PER de diferentes produtos e conclui que as carnes de aves separadas mecanicamente apresentam os maiores valores (variando de 3,01 e 3,34 para a carne de frango e peru, respetivamente), sendo comparáveis à da caseína (3,22), proteína de elevada qualidade. Neste sentido, as carnes de aves separada mecanicamente apresentam uma qualidade muito comparável à carne separada manualmente. Assim, as carnes separadas mecanicamente podem ser usadas em diversos produtos sem sacrificar a qualidade da proteína (Froning, 1981).

### **3.2.5. Teor de cálcio e dimensão de partículas ósseas**

A presença de partículas ósseas em determinados produtos surge com o aparecimento da separação mecânica e a utilização do produto resultante em produtos à base de carne (Tremlová & Starha, 2003). Em carnes separadas mecanicamente, o teor de partículas ósseas, bem como o teor de cálcio são bastante elevados quando comparados com carne fresca (Branscheid *et al.*, 2009; Henckel *et al.*, 2004) tornando-se um dos principais pontos de crítica levantados por grupos de defesa dos consumidores para a aceitação e uso de carnes

separadas mecanicamente (Henckel *et al.*, 2004; Trindade *et al.*, 2004; Froning & McKee, 2001).

As partículas ósseas encontradas nas carnes de aves separadas mecanicamente são diretamente responsáveis pela redução substancial na qualidade sensorial. (Branscheid & Judas, 2011). Apresentam dimensões muito pequenas (Froning & McKee, 2001) que são totalmente solubilizadas em soluções de ácido clorídrico (HCl) em concentrações semelhantes às encontradas no estômago (Trindade *et al.*, 2004), rejeitando a hipótese de possíveis efeitos colaterais negativos gastroentéricas (Branscheid & Judas, 2011). No entanto, a sua presença em determinados produtos pode por em causa alguns riscos de higiene e deteriora os parâmetros de qualidade (Tremlová & Starha, 2003; Koolmees *et al.*, 1986).

Tanto os Estados Unidos da América (EUA) como a União Europeia (EU) desenvolveram um quadro jurídico na identificação e deteção de carne separada mecanicamente. As duas legislações apresentam métodos distintos na deteção de partículas ósseas (Branscheid & Judas, 2011). O sistema dos EUA define os valores críticos para o conteúdo e dimensão das partículas ósseas. Segundo Código de Regulamentação Federal dos EUA 9 CRF 381.173, a carne de aves separada mecanicamente não deve apresentar um teor de partículas ósseas superior a 1 %, em que 98% % das partículas ósseas presentes não deve ter uma dimensão superior a 1,5mm e não deverá haver partículas ósseas com dimensões superiores a 2 mm. O Código de Regulamentação Federal dos EUA 9 CRF 381.173 define como valor crítico para o teor de cálcio em aves maduras ou perus e frangos de 0,235 % e 0,175 %, respetivamente. Na legislação da EU o teor de cálcio é um critério importante, mas não apresenta nenhuma descrição detalhada à cerca dos fragmentos ósseos.

A pesquisa de fragmentos ósseos ou a determinação do teor de cálcio em carnes separadas mecanicamente permite controlar o rendimento mecânico dos equipamentos de separação (Trindade *et al.*, 2004). Um elevado conteúdo de fragmentos ósseos significa que a pressão utilizada no processo de desossa era demasiado elevada ou que a relação carne/osso era demasiado baixa (Trindade *et al.*, 2004).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) (2001) recomendam uma ingestão de Cálcio de cerca de 750 mg por dia para adultos saudáveis. Exceto para indivíduos hiper-absorventes de pouco cálcio, em que o cálcio presente nas carnes separadas mecanicamente pode ser um benefício nutricional. Contudo, se o teor de cálcio for considerado demasiado elevado (37%

do teor de osso de aves) este pode tornar-se prejudicial à saúde (Trindade *et al.*, 2004), em particular, para pessoas com elevada capacidade de absorção de cálcio (Ionescu *et al.*, 2003b). É particularmente difícil a definição de um limite para o teor de cálcio carnes separadas mecanicamente, porque o teor de cálcio dos ossos varia com o tipo de osso (trabecular ou compacto), bem como com a espécie, a alimentação ou a idade dos animais abatidos (Branscheid *et al.*, 2009).

De acordo Regulamento N.º 2074/2005 da Comissão de 5 de Dezembro de 2005, Anexo IV, o teor de cálcio da carne separada mecanicamente não deve exceder 0,1% (= 100 mg/100 g ou 1 000 ppm) de produto fresco, devendo ser determinado por um método normalizado internacional. Não existe qualquer informação que os níveis de cálcio nas carnes separadas mecanicamente sejam nocivos. Existem muitos consumidores que não atingem os níveis de cálcio recomendados nas suas dietas. Neste sentido, a adição de cálcio nestas carnes pode ser vantajoso, contudo está em desacordo com os teores de cálcio encontrados nas carnes frescas, tornando-se não uma questão de segurança alimentar, mas uma questão de identidade. Além disso, o cálcio adicional provem do osso que envolve o processo de desossa, podendo dar origem a um possível perigo devido à presença de fragmentos ósseos (Crawford, s.d.).

Segundo Froning & McKee (2001), os produtos fabricados a partir de carne de peru apresentam teores de cálcio superiores aos produtos de carne fabricados a partir de carne de frango, uma vez que o peru apresenta ossos maiores, aumentando ligeiramente o teor de cálcio proveniente do osso residual. Serdaroçlu *et al.* (2005) avaliou o teor de cálcio em carnes de peru separadas mecanicamente e encontrou valores de 229 Ca (mg/kg). Komrska *et al.* (2010) encontrou para a carne de frango separada mecanicamente teores médios de 162 Ca (mg/kg).

O teor de osso remanescente em carne separada mecanicamente é facilmente determinado, pois a carne livre de osso contém aproximadamente 0,01 % de cálcio e o osso contém cerca de 20 a 25 % de cálcio. A grande diferença torna possível analisar o teor de cálcio e calcular o teor de partículas ósseas presentes na carne separada mecanicamente (Field, 1999). Neste sentido, o teor de cálcio tem sido geralmente utilizado como uma forma indireta da determinação do teor de partículas ósseas em carnes separadas mecanicamente (Serdaroçlu *et al.*, 2005; Trindade *et al.*, 2004), no entanto reque o cálculo de um fator de conversão que varia com o tipo e idade dos ossos. (Negatu *et al.*, 2006). A desvantagem deste método é a

impossibilidade da determinação do número e tamanho das partículas ósseas, pois o osso é totalmente dissolvido durante o processo de análise. A determinação do teor de cálcio é geralmente feita utilizando hidróxido de potássio (KOH), espectrometria de absorção atômica ou a conversão de cinzas (Tremlová & Starha, 2003). Segundo Henckel *et al.* (2004) e Al-Najdawi & Abdullah (2002) elevados teores de cálcio estão normalmente associados a elevadas quantidades de fragmentos ósseos no produto. A Tabela 6 mostra, com resultados de diferentes autores, que os teores de cálcio são maiores em carnes com teores de partículas ósseas maiores.

**Tabela 5** - Valores dos teores de cálcio e de partículas ósseas encontrados por diferentes autores.

	<b>Teor de cálcio (mg/kg)</b>	<b>Partículas ósseas (%)</b>	<b>Referências</b>
CFSM	162,5	0,670	Al-Najdawi e Abdullah (2002)
CPFSM	355	1,11	Henckel <i>et al.</i> (2004)
CCFSM	1223	4,11	Henckel <i>et al.</i> (2004)

CFSM, carne de frango separada mecanicamente; CPFSM, carne de peito de frango separada mecanicamente; CCFSM, carne da coxa de frango separada mecanicamente

A determinação do teor de partículas ósseas e do número e tamanho dos fragmentos ósseos necessita de um procedimento de digestão da carne aderente aos fragmentos ósseos, seguida da sua separação (Negatu *et al.*, 2006). O método padrão para a separação de fragmentos ósseos baseia-se na digestão da papaína durante um longo período de incubação e a utilização de reagentes químicos nocivos, tais como o tetracloreto de carbono e a acetona (Negatu *et al.*, 2006). Segundo Field e Arasu (1981), este método de isolamento permite a recuperação de apenas cerca de 80 % das partículas de osso adicionada à carne separada mecanicamente. De acordo com Froning *et al.*, (1981), o método de KOH alcoólica foi determinado para ser uma técnica exata para a determinação do tamanho da partícula de osso proporcionando um tempo de digestão consideravelmente inferior ao da técnica da enzima, tornando-o mais prático para a indústria da transformação.

O conteúdo total de osso pode ser determinado por métodos diretos, quer físicos (histologia, radiografia), bioquímicos e químicos, que fornecem informação sobre a quantidade de tecido ósseo, bem como o tamanho, forma e localização dos fragmentos de osso no produto (Negatu *et al.*, 2006; Tremlová & Starha, 2003). O tipo de equipamento utilizado tem influência quer na quantidade, quer no tamanho dos fragmentos ósseos encontrados produto resultante (Komrska *et al.*, 2010). O tamanho das partículas ósseas é determinado principalmente pelo diâmetro das aberturas através da qual a carne é forçada a sair, variando de acordo com o

tipo de equipamento (Koolmees *et al.*, 1986). A Tabela 7 mostra a percentagem de cálcio e fragmentos ósseos encontrados por alguns autores quando utilizaram diferentes tipos de separadores mecânicos. Todos os autores encontraram teores de cálcio e fragmentos ósseos mais elevados nas carnes submetidas ao equipamento tipo *Beehive* que no equipamento tipo *Protecon*.

**Tabela 6** - Teores de cálcio e fragmentos ósseos encontrados por diferentes autores utilizando diferentes separadores mecânicos.

	Separador tipo <i>Beehive</i>		Separador tipo <i>Protecon</i>		Referências
	Ca (%)	Partículas ósseas (%)	Ca (%)	Partículas	
CSM	0,25	0,60	0,07	0,19	Koolmees <i>et al.</i> , 1986
	0,18	1,05	0,06	0,15	Komrska <i>et al.</i> , 2010
	0,12	4,11	-	-	Henckel <i>et al.</i> 2004
	-	-	0,09	0,27	Nagy <i>et al.</i> , 2007

O tamanho da partícula residual de osso deve ser limitada, de forma a que 98% das partículas não sejam de dimensão superior a a 1,5 mm (Froning & McKee, 2001), contudo durante o processo de separação mecânica o produto final não pode ser contaminado por fragmentos ósseos que excedem os 2 mm, pois podem representar um perigo físico para o consumidor (Baptista *et al.*, 2003; Froning & McKee, 2001).

### 3.2.6. Cor e pigmentos hemínicos

Os pigmentos hemínicos (hemoglobina e mioglobina) são os principais responsáveis pela cor da carne. Ambas são proteínas heme e são constituídas por uma porção proteica (globina) e um componente não proteico (heme) (Kranen *et al.*, 1999; Clydesdale, 1998). O heme é composto por um átomo de ferro, no estado ferroso [Fe(II)] no centro de quatro anéis pirrólicos (Stryer, 1988). A hemoglobina é composta por quatro subunidades. Na mioglobina, o grupo heme está ligado à globina, enquanto que a hemoglobina consiste na ligação de quatro mioglobinas entre si (Clydesdale, 1998).

Segundo Field *et al.* (1978) in Pérez-Alvarez e Fernández-López (2007), a medula óssea apresenta elevados teores de hemoglobina, enquanto que o músculo tem um elevado teor de mioglobina. Neste sentido, as carnes separadas mecanicamente apresentam quantidades substanciais de pigmentos hemínicos, nomeadamente hemoglobina, que é libertada da medula óssea e incorporada na carne durante o processo de desossa mecânica (Trindade *et*

*al.*, 2007; Froning & McKee, 2001; Yuste *et al.*, 1999). O teor de mioglobina não é alterado pelo processo de desossa mecânica (Abdullah & Al-Najdawi, 2005). A hemoglobina é facilmente oxidada e uma vez que a separação mecânica expõe grande parte da carne ao ar acelerando o processo de oxidação, a carne separada mecanicamente pode apresentar tonalidades anormais como castanho, verde e cinza, que podem ser encontradas nos produtos finais (Serdaroçlu *et al.*, 2005; Froning & McKee, 2001). A conversão de mioglobina para oximioglobina nas carnes separadas mecanicamente também pode ter influência na alteração da cor (Abdullah & Al-Najdawi, 2005).

### **3.2.7. Rancificação das carnes separadas mecanicamente**

#### **3.2.7.1. Composição em ácidos gordos**

As carnes de aves estão normalmente associadas a elevados níveis de ácidos gordos insaturados. Estes são considerados como benéficos para a saúde humana, no entanto são altamente suscetíveis à oxidação lipídica (Sun *et al.*, 2011; Mariutti & Bragagnolo, 2009; Trindade *et al.*, 2004). A utilização de carnes de aves separadas mecanicamente aumenta a tendência dos produtos de aves oxidarem (Ladikos & Lougovois, 1989). Os principais ácidos gordos insaturados que constituem os lípidos dos tecidos animais, são os ácidos oleico (C18:1), linoleico (C18:2), linolénico (C18:3) e araquidónico (C20:4) (Kolsarici *et al.*, 2010; Püssa *et al.*, 2009; Ladikos & Lougovois, 1989;). Na forma livre, estes ácidos são especialmente sensíveis quer à oxidação por radicais livres quer à oxidação por via enzimática (Püssa *et al.*, 2009). A Tabela 7 mostra a composição de ácidos gordos mais representativos na carne de frango e peru encontrada por diferentes autores.

A composição de ácidos gordos em carnes separadas mecanicamente pode variar dependendo de vários fatores como a origem da carne, a quantidade de carne e pele que é incorporada no produto durante o processo de separação (Kolsarici *et al.*, 2010). Segundo o mesmo autor estes fatores determinam a distribuição de ácidos gordos no produto final (concentração de ácidos gordos saturados e insaturados) afetando o grau de oxidação lipídica.

**Tabela 7** - Composição ponderal de ácidos gordos mais representativos na gordura de carnes de frango e peru encontradas por diferentes autores.

	Saturados	Insaturados				Referências	
		Monoinsaturados		Polinsaturados			
CFSM	29,7	48,6		21,5		Püssa <i>et al.</i> (2009)	
	Ác. Palmítico (16:0)	Ác. Palmitoléico (16:1)	Ác. Oleico (18:1)	Ác. Linoleico (18:2)	Ác. Linolénico (18:3)	Ác. Araquidónico (20:4)	
	-	-	-	17,8	2,7	0,4	Püssa <i>et al.</i> (2009)
	16,73	4,83	29,53	35,41	4,74	1,32	Kolsarici <i>et al.</i> , (2010)
CPSM	31,2	47,2		21,3		Püssa <i>et al.</i> (2009)	
	36,28	29,83		33,89		Serdaroçlu <i>et al.</i> (2005)	
	-	34,4		25,8		Petterson <i>et al.</i> (2004)	
	Ác. Palmítico (16:0)	Ác. Palmitoléico (16:1)	Ác. Oleico (18:1)	Ác. Linoleico (18:2)	Ác. Linolénico (18:3)	Ác. Araquidónico (20:4)	
	-	-	-	18,4	2,3	0,3	Püssa <i>et al.</i> (2009)
	20,3	-	29,3	20,9	-	-	Petterson <i>et al.</i> (2004)
	26,0	4,7	38,3	17,8	1,2	0,6	Mielnik <i>et al.</i> (2003)
	24,36	3,22	26,61	27,8	2,43	2,6	Serdaroçlu <i>et al.</i> (2005)

CFSM – carne de frango separada mecanicamente; CPSM – carne de peru separada mecanicamente

A fração lipídica dos alimentos congelados sofre reações oxidativas que se iniciam nos lípidos ligados à membrana, em particular os ácidos gordos insaturados, como os presentes na carne de frango e de peru, que desempenham um papel significativo neste processo (Kolsarici *et al.*, 2010). Püssa *et al.* (2009) relataram que os ácidos gordos polinsaturados são altamente suscetíveis à peroxidação dos lípidos devido ao grupo metilénico bi-álílico, e tanto o ácido linoleico como o ácido araquidónico, que contêm duas e quatro duplas ligações, respetivamente, na sua maioria contribuem para o processo de peroxidação de ácidos gordos insaturados em carnes separadas mecanicamente.

Geralmente, a carne de peru desossada mecanicamente é conhecida por apresentar elevadas quantidades de triacilgliceróis, alguns dos quais são derivados da gordura adiposa e da

medula óssea, o que explica a elevada proporção de ácidos gordos monoinsaturados, especialmente ácido oleico, encontrado na carne de peru desossada (Mielnik et al., 2003).

De acordo com Wilson *et al.* (1976) in Ladikos & Lougovois (1989) a carne de peru, contém baixos níveis de tocoferol natural, portanto é mais suscetível ao desenvolvimento de sabores desagradáveis, seguido pela carne de frango com valores idênticos, em seguida a carne bovina, suína e de carneiro.

### **3.2.7.2.Oxidação lipídica**

Os elevados níveis de ácidos gordos polinsaturados tornam os produtos de aves muito suscetíveis ao desenvolvimento de oxidação lipídica (Gomes et al., 2003; Ladikos & Lougovois, 1989).

A oxidação lipídica e as alterações a ela associadas é uma das principais causas da deterioração da qualidade de produtos cárneos crus e cozidos durante o armazenamento refrigerado ou congelado (Soyer *et al.*, 2010; Gomes *et al.*, 2003; Nawar, 1996; Ladikos & Lougovois, 1989). É um processo espontâneo e inevitável com implicações diretas no valor comercial dos produtos alimentares (Silva *et al.* 1998a) e de extrema importância económica para a indústria das carnes (Mielnik et al., 2003). Além de reduzir a vida de prateleira dos produtos (Sun *et al.*, 2011; Mariutti & Bragagnolo, 2009), as perdas da qualidade são manifestadas por uma variedade de consequências que se encontram resumidas na Tabela 10. De entre elas pode-se salientar a deterioração do sabor original (Ladikos & Lougovois, 1989), o aparecimento de sabores e odores desagradáveis (Erickson, 2002; Nawar, 1996), a alteração de cor e textura, perda de valor nutricional e produção a compostos tóxicos (Gheisari, 2011; Sun *et al.*, 2011; Soyer *et al.*, 2010; Mariutti & Bragagnolo, 2009; Mielnik et al., 2003). Tais alterações podem apresentar para o consumidor ou transformador industrial uma importante causa de depreciação ou rejeição (Silva *et al.* 1998a).

O processo de oxidação lipídica é bastante complexo, no qual os ácidos gordos insaturados reagem com o oxigénio molecular através de reações em cadeia desencadeadas por radicais livres, formando peróxidos, hidroperóxidos e outros produtos primários da oxidação (Pettersen *et al.*, 2004). Contudo os peróxidos não são produtos finais estáveis, são compostos intermediários com um tempo de vida muito curto e elevada reatividade química, bons substratos para várias enzimas tais como peroxidases e fosfolipases, sofrendo várias

reações secundárias de natureza enzimática ou puramente química (Laranjeira *et al.*, 2013; Niki *et al.*, 2005). Produtos finais da oxidação secundária, são compostos resultantes de cisão molecular, com baixa massa molar e voláteis: aldeídos, cetonas, esterés, álcoois e ácidos carboxílicos e por outro lado, hidrocarbonetos poliméricos, não voláteis, que no seu conjunto são responsáveis pela deterioração, acompanhada do escurecimento da fração gorda e do característico odor e sabor a ranço (Laranjeira *et al.*, 2013; Pettersen *et al.*, 2004).

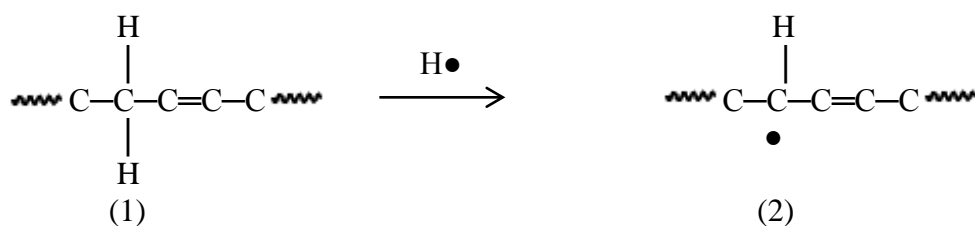
**Tabela 8** - Consequências e efeitos da oxidação lipídica na carne.

Consequências	Efeitos	Referências
Perda de qualidade	Sabor rançoso	Ladikos & Lougovois (1989); Silva <i>et al.</i> (1998a); Mielnik <i>et al.</i> (2002)
	Odores desagradáveis	Erickson, 2002; Nawar (1996)
	Alteração de sabor, cor e textura	Mariutti & Bragagnolo (2009); Soyer <i>et al.</i> (2010); Sun <i>et al.</i> (2011)
	Não aceitação pelo consumidor	Silva <i>et al.</i> (1998a); Nawar (1996)
	Perda de valor comercial	Silva <i>et al.</i> (1998a)
Perda valor nutricional	Tempo de vida de prateleira limitado	Mariutti & Bragagnolo, (2009); Sun <i>et al.</i> (2011)
	Destrução parcial dos ácidos gordos insaturados	Silva <i>et al.</i> (1998a)
Riscos para a saúde	Destrução proteínas, membranas e componentes biológicos	Ladikos & Lougovois, (1989);
	Formação de compostos tóxicos	Ladikos & Lougovois, (1989); Ferrari & Torres, (2002); Mariutti & Bragagnolo, (2009); Sun <i>et al.</i> (2011); Nawar (1996); Mielnik <i>et al.</i> (2002)
	Doenças cancerígenas;	Ladikos & Lougovois (1989); Ferrari & Torres (2002); Lima & Abdalla (2001)
	Doenças cardiovasculares	Ferrari & Torres (2002); Sun <i>et al.</i> (2011)
	Diabetes	Ferrari & Torres (2002)

O oxigénio no estado fundamental não tem reatividade suficientemente forte para desencadear o processo de oxidação, contudo pode ser convertido em espécies reativas de oxigénio, tais como o radical hidroxil (OH·), o anião superóxido (O<sub>2</sub><sup>-·</sup>), o radical oxigénio (O·), o oxigénio tripleto (O<sub>2</sub><sup>-·</sup>), peróxido de hidrogénio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub><sup>-·</sup>), radical hidroperoxil (HO<sub>2</sub><sup>-·</sup>), o radical peroxil (ROO·), radical alcóxil (RO·) entre outros. Além disso, agentes como enzimas e metais de transição (Fe e Cu), bem como a luz e o calor, podem, direta ou indiretamente, catalisar estes processos oxidativos através de mecanismos enzimáticos ou puramente químicos (Laranjeira *et al.*, 2013; Min & Ahn, 2005; Lima & Abdalla, 2001).

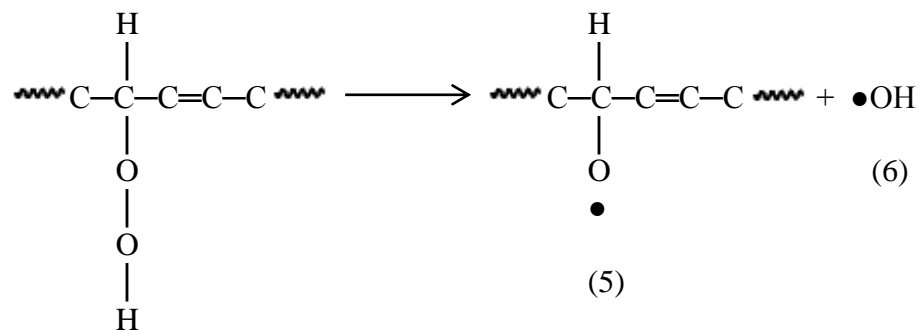
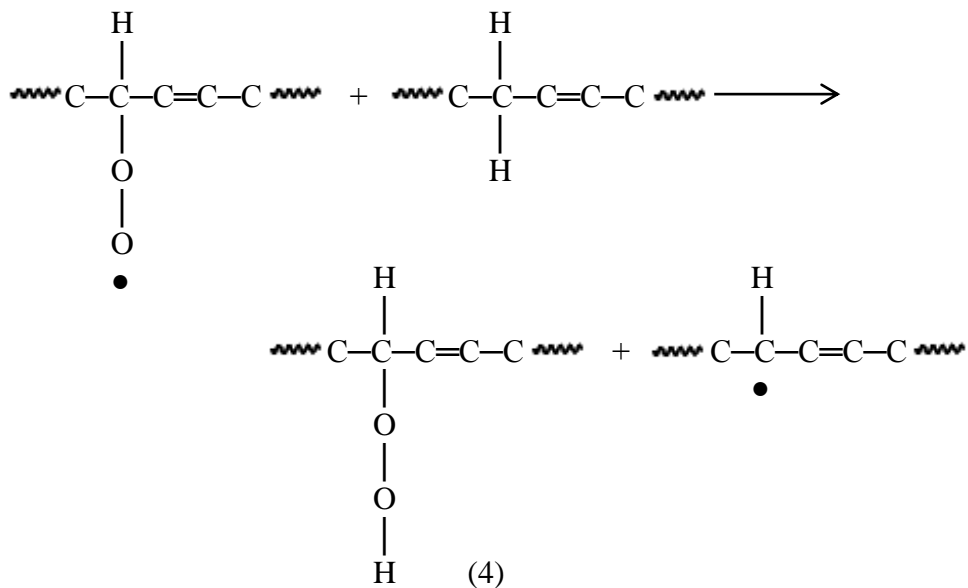
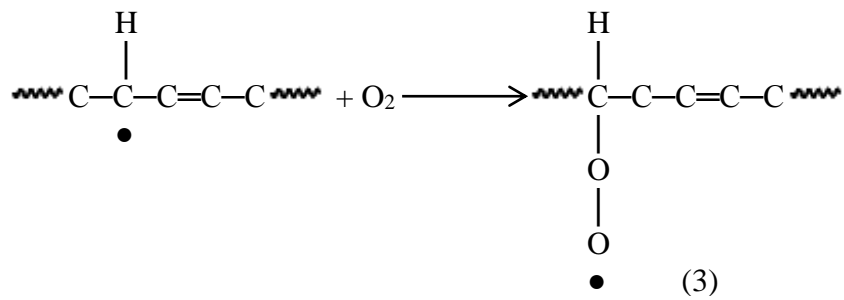
Neste processo, o oxigénio da atmosfera é adicionado a determinado ácido gordo insaturado, originando intermediários instáveis que, posteriormente dão origem a compostos com sabores desagradáveis. Embora a oxidação por via enzimática e o mecanismo de fotoxidação possam desempenhar um papel importante, a autoxidação é o principal mecanismo de oxidação e está associada à reação do oxigénio com os ácidos gordos insaturados. Este mecanismo ocorre em três etapas distintas: iniciação, propagação e terminação (Laranjeira *et al.*, 2013; Min & Ahn, 2005; Erickson, 2002).

A iniciação (Figura 13) é a etapa durante a qual ocorre a formação de um radical livre (2) após a remoção de um átomo de hidrogénio do carbono ao lado da ligação dupla (1), deixando um eletrão desemparelhado. Este mecanismo, que é desencadeado devido à instabilidade de algumas moléculas orgânicas e à atividade de alguns catalisadores, ocorre a formação do primeiro radical livre (Silva, 1998b).



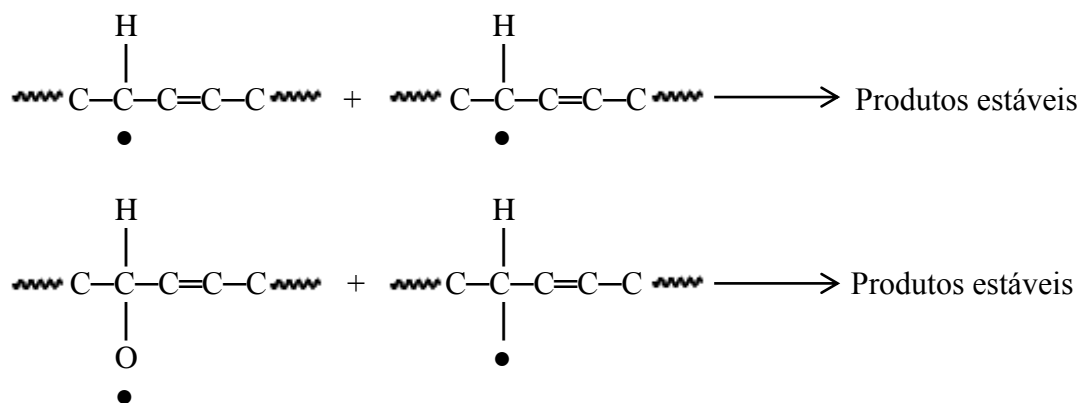
**Figura 13** - Degradação oxidativa de lípidos – etapa radicalar de iniciação.

A propagação (Figura 14) é desencadeada pela reação rápida dos radicais lipídicos com o oxigénio molecular originando a formação de radicais peróxil (3). Estes podem, por sua vez reagir com novas moléculas de ácido gordo insaturado, com consequente formação de novos radicais lipídicos e de hidroperóxidos (4). A quebra homolítica da ligação O—O dos hidroperóxidos pode igualmente originar a formação de outros radicais livres, nomeadamente radicais alcóxil (5) e hidroxil (6), ajudando a propagar a cadeia. A terminação ocorre quando os radicais livres reagem entre si produzindo compostos inativos, que impedem a continuidade da reação em cadeia (Silva, 1998b).



**Figura 14** - Degradação oxidativa de lípidos – etapa de propagação radicalar em cadeia.

Na etapa de terminação (Figura15), dá-se a interrupção das reações em virtude da reduzida quantidade de ácido gordo insaturado disponível no sistema, conduzindo preferencialmente a reações entre dois radicais livres, dando origem a produtos finais estáveis. (Silva, 1998b).



**Figura 15** - Degradação oxidativa de lípidos – etapas de terminação radicalar de terminação.

A evolução da degradação oxidativa de uma matéria gorda compreende, assim, três estágios fundamentais:

- i) Desaparecimento dos substratos originais de oxidação (oxigênio, lípido insaturado);
- ii) Aparecimento dos produtos primários de oxidação, instáveis (peróxidos e hidroperóxidos e outros produtos da oxidação primária), cuja estrutura depende da natureza dos ácidos gordos presentes;
- iii) Aparecimento dos produtos secundários de oxidação (compostos voláteis e não voláteis) obtidos por cisão, rearranjo e condensação dos produtos primários da oxidação e cuja natureza e proporção dependem de diversos parâmetros. A formação deste tipo de produtos finais (*i.e.* aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonetos, entre outros) está diretamente relacionada com as alterações das propriedades sensoriais (*i.e.* aparecimento de sabores e odores desagradáveis, entre outros) e físico-químicas dos produtos oxidados (Laranjeira *et al.*, 2013; Silva, 1998b).

### 3.2.7.3. Fatores que promovem a rancificação das CSM

A oxidação lipídica em carnes e produtos cárneos é influenciada por alguns fatores de processamento (Min & Ahn, 2005). Sempre que o processamento cause perturbações e alterações no sistema da membrana celular, como a moagem e a desossa mecânica, os lípidos são expostos aos catalisadores de oxidação, atenuando a ação dos antioxidantes e aumentando a exposição de tecido ao oxigênio, acelerando o desenvolvimento de ranço oxidativo (Min & Ahn, 2005; Erickson, 2002; Ladikos & Lougovois, 1989).

A natureza e as proporções relativas dos compostos formados a partir da oxidação de lípidos depende da composição da gordura do animal a partir do qual eles derivam. Outros fatores, tais como o processamento, as condições de armazenagem e as concentrações de antioxidantes, são muito importantes na determinação da taxa de desenvolvimento e nos possíveis efeitos deletérios da oxidação de lípidos (Ladikos & Lougovois, 1989). O sabor típico desenvolvido a partir dos compostos de oxidação de lípidos voláteis depende de uma multiplicidade de interações complexas, gamas de concentração e o meio no qual os produtos são provados (Ladikos & Lougovois, 1989).

A disponibilidade de oxigênio é um dos fatores mais importante para o desenvolvimento da oxidação lipídica e conseqüentemente para a deterioração dos ácidos gordos (Min & Ahn, 2005). A rutura mecânica do tecido também induz a formação de membranas lipídicas com vesículas menores, aumentando a área de superfície exposta e conseqüentemente acelerando a sua degradação (Erickson, 2002). No caso das carnes separadas mecanicamente, estas apresentam maior suscetibilidade à oxidação lipídica, pois as alterações bioquímicas e a rutura dos sistemas celulares que acompanham o processo de desossa permitem a incorporação de elevados níveis de pigmentos hemínicos, tecido conjuntivo, cálcio (Ionescu *et al.*, 2003b) e a libertação de hemoglobina, lípidos e ferro a partir da medula óssea (Froning and McKee, 2001; Erickson, 2002). As elevadas concentrações de hemoproteínas, ricas em ferro, na presença de iões cálcio provenientes dos fragmentos ósseos, podem atuar como catalisadores mistos e facilitar a oxidação dos ácidos gordos insaturados livres (adaptado de Abdullah & Al-Najdawi, 2005). A oxidação do ácido linoleico é também catalisada por iões metálicos, tais como  $Fe^{2+}$  ou  $Cu^{2+}$  (Kim *et al.*, 2002) que podem provir do material da própria máquina de desossa (Abdullah & Al-Najdawi, 2005). Tais alterações favorecem a eliminação de água e a ação de enzimas lipolíticas (lipases) (Froning & McKee, 2001).

O desgaste da carne e o grau de tensão aplicados durante o processo de desossa não conduzem a variações significativas de estabilidade oxidativa, no entanto a pressão gerada pela rosca utilizada e o calor produzido (Froning & McKee, 2001) durante a desossa mecânica, alteram a composição química do produto e por sua vez a sua suscetibilidade oxidativa (Erickson, 2002). Uma vez que a taxa de oxidação lipídica aumenta à medida que a temperatura também aumenta (Nawar, 1996), o aquecimento gerado pela desossa mecânica pode promover a oxidação lipídica pela desnaturação das proteínas, que pode causar a perda de atividade das enzimas antioxidantes e a rutura das membranas celulares, colocando os

ácidos gordos insaturados em contacto com os radicais livres e com o ferro proveniente da mioglobina (Mariutti & Bragagnolo, 2009; Min & Ahn, 2005).

O armazenamento congelado é, frequentemente, usado como um método de conservação de carne e produtos cárneos (Soyer *et al.* 2010; Mielnik *et al.*, 2003). Quando comparados com outros métodos, conduz à perda mínima da qualidade durante o armazenamento congelado, (Soyer *et al.* 2010) no entanto as reações oxidativas, que afetam adversamente a qualidade do produto, continuam a ocorrer (Mielnik *et al.*, 2003).

#### **3.2.7.4. Avaliação do grau de rancidez oxidativa nas CSM**

A toxicidade dos produtos de oxidação dos ácidos gordos insaturados tem sido estudada tanto em animais como em experiências de culturas de celulares (Püssa *et al.*, 2009). Michiels & Remacle (1991) demonstraram que os produtos iniciais da oxidação dos ácidos gordos (hidroperóxidos) são mais tóxicos para os fibroblastos humanos do que os produtos finais de malondialdeído ou o 4-hidroxinonal. Portanto, para a estimativa da qualidade dos alimentos, a quantificação de ácidos gordos oxidados parece ser ainda mais informativa do que os valores de medição de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).

A avaliação do estado de oxidação, ou seja a medida do grau de rancificação, é uma determinação importante a nível industrial. Trata-se, em primeiro lugar, de um meio de controlar e garantir a qualidade das matérias-primas adquiridas, bem como um método de controlo da qualidade dos produtos comercializados (Silva *et al.*, 1998a).

A oxidação lipídica em alimentos pode ser quantificação e monitorizada por uma variedade de métodos físicos, químicos e físico-químicos, que medem quer as alterações primárias ou quer as alterações secundárias (adaptado de Ladikos & Lougovois, 1989 e Silva *et al.*, 1998a). A adequação de cada um destes métodos depende do tipo de produto e do modo como foi processado e armazenado (Ladikos & Lougovois, 1989). Contudo, nenhum método se correlaciona de forma perfeita com as alterações organoléticas produzidas no decurso da oxidação (Silva *et al.*, 1998a).

Métodos que identificam alterações primárias, tais como a incorporação de oxigénio, a perda de ácidos gordos polinsaturados e formação de hidroperóxidos (Índice de Peróxidos), são em geral mais adequados para medir níveis baixos de oxidação em produtos crus

armazenados a baixas temperaturas (Ladikos & Lougovois, 1989). Apesar de a determinação do índice de peróxidos (IP) ser o indicador de qualidade mais comum (Shahidi & Zhong, 2005), a sua determinação não deve ser utilizada como uma medida da oxidação lipídica em carnes, durante um armazenamento prolongado, especialmente quando a carne é moída (Ladikos & Lougovois, 1989).

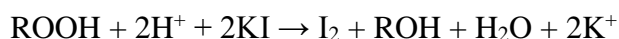
A taxa de formação de peróxidos é superior à taxa de decomposição durante a fase inicial de oxidação (Shahidi & Zhong, 2005). O parâmetro IP representa a diferença entre formação e a decomposição de peróxidos, pois durante a fase inicial de oxidação a taxa de formação de peróxidos é superior á taxa de decomposição (Shahidi & Zhong, 2005; Silva *et al.*, 1998a).

Segundo alguns autores o índice de peróxidos deve ser determinado nos primeiros estados de processo oxidativo. A variação do nível de peróxidos ao longo do tempo ocorre de forma aproximadamente gaussiana, descrita por uma função polinomial sinusoidal, pelo que um nível baixo de peróxidos não constitui uma garantia de boa estabilidade oxidativa, podendo, pelo contrário, ser sinónimo de alteração pronunciada, severa (adaptado de Silva *et al.*, 1998a).

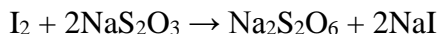
Os métodos analíticos para a determinação de peróxidos podem ser classificados em dois grupos: os que determinam a quantidade total de peróxidos (incluindo hidroperóxidos) e os que são baseados em técnicas cromatográficas, que fornecem informação detalhada sobre a estrutura e quantidade de peróxidos específicos presentes numa amostra. Uma variedade de métodos tem sido desenvolvida para a determinação do índice de peróxidos, a titulação iodométrica (método clássico) e a determinação do ião férrico por espectrofotometria e espectroscopia de infravermelhos são os mais utilizados (Shahidi & Zhong, 2005).

A titulação iodométrica baseia-se na oxidação do ião iodeto (I<sup>-</sup>) pelos peróxidos (ROOH), sendo esta a reação química base da determinação do índice de peróxidos. Neste método, uma solução saturação de iodeto de potássio (KI) é adicionada à amostra para reagir com os peróxidos (ROOH). O iodo libertado (I<sub>2</sub>) é titulado com uma solução padronizada de tiosulfato de sódio (NaS<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), utilizando o amido como indicador. O índice de peróxido (IP) é obtido através de cálculo e expresso em miliequivalentes de oxigénio ativo por kg de amostra ou matéria gorda (meq O<sub>2</sub>/kg) (Shahidi & Zhong, 2005). A determinação recomendada é descrita nos métodos oficiais de análises da *Association of Official Agricultural Chemists* (AOAC, 1995). Trata-se de um método volumétrico redox indireto, cujas reações envolvidas estão indicadas abaixo:

1) *Oxidação do ião iodeto pelos peróxidos:*



2) *Titulação redox de iodeto libertado pelo tiosulfato de sódio:*



Embora a titulação iodométrica seja o método mais comum para a medição do IP, este apresenta algumas desvantagens (Shahidi & Zhong, 2005). Ao efetuar esta determinação deve-se ter em consideração as suas limitações metodológicas (reações secundárias, que competem com as reações químicas que caracterizam o método analítico) e os erros instrumentais e de leitura:

- o iodo libertado pode competir com o oxigénio molecular e fixar-se às duplas ligações dos ácidos gordos insaturados (halogenação), dando um valor de índice de peróxido por defeito (Laranjeira *et al.*, 2013; Shahidi & Zhong, 2005);

- o oxigénio presente no meio pode reagir diretamente com o iodeto, levando à libertação de iodo e dar origem a um índice de peróxidos por excesso. É portanto aconselhável efetuar o desarejamento prévio do meio, bem como evitar a agitação no decurso da reação (Laranjeira *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 1998b);

- a determinação visual do ponto final da titulação é difícil quando o nível de peróxidos é baixo (IP=0,06-20), mesmo em presença de amido (Silva *et al.*, 1998b).

O procedimento é demorado e requer trabalho intensivo. O ensaio inclui seis etapas (Silva *et al.*, 1998b; AOAC, 1995):

1. Pesagem precisa da amostra;
2. Dissolução dos lípidos em solvente orgânico (habitualmente clorofórmio);
3. Acidificação com ácido acético;
4. Adição de iodeto de potássio;
5. Incubação durante exatamente 1 ou 5 minutos;
6. Titulação com tiosulfato de sódio.

Ozkececi *et al.* (2008) avaliou o índice de peróxidos em carnes de frango separadas mecanicamente de duas zonas distintas da carcaça (pescoço e coxa) e encontrou valores de

5,06 meq O<sub>2</sub>/kg nas amostras provenientes do pescoço e 7,70 meq O<sub>2</sub>/kg nas amostras provenientes da coxa.

Sendo os peróxidos produtos intermediários da reação de oxidação, que reagem para formar aldeídos e cetonas odoríferas indicativos de rancidez oxidativa, o índice de peróxidos não é um valor estático. É difícil obter uma correlação específica entre o IP e a rancidez. Elevados índices de peróxidos são um indicativo seguro de uma gordura rançosa, mas valores moderados podem ser resultado da diminuição de peróxidos depois de atingir concentrações elevadas. Em gorduras altamente insaturadas, mesmo após a oxidação extensiva, a quantidade de peróxidos pode permanecer baixa. Isto porque os peróxidos inicialmente formados a partir de gorduras insaturadas são eles próprios altamente insaturados e portanto, instáveis, reagindo rapidamente para formar produtos secundários de oxidação. Baixos valores de peróxidos podem ser obtidos por produtos com rancidez severa, pois os peróxidos inicialmente formados são consumidos em reações de oxidação adicionais (Gheisari, 2011), secundárias e de terminação.

O Índice de Iodo (IInd), embora não seja uma medida específica de estabilidade da gordura, pode ser um indicador do potencial oxidativo de uma gordura. Este método mede a reação do iodo com as duplas ligações dos ácidos gordos insaturados (halogenação). Menos específico que o IP, o índice de iodo não é útil por si só, mas como método de comparação ou referência (Laranjeira *et al.*, 2013; Gheisari, 2011).

### **3.2.7.5.Prevenção da oxidação lipídica**

#### ***Avaliação sensorial***

Esta análise por si só não constitui um método de controlo. Para além de ser difícil de aplicar e com custos elevados, a análise sensorial apresenta limitações. Tendo em conta que a sensação percebida não é única e que se modifica à medida que a oxidação evolui, o reconhecimento e a quantificação de sabores e odores desagradáveis necessita de uma longa aprendizagem. Se por um lado os diferentes constituintes de um produto influenciam a percepção, por outro lado a sensibilidade difere de indivíduo para indivíduo (Silva *et al.*, 1998a).

### *Utilização de antioxidantes*

O mais importante mecanismo de defesa da oxidação lipídica é a presença de antioxidantes, que podem atrasar ou diminuir a taxa de oxidação dos materiais auto-oxidáveis (Erickson, 2002). Uma das estratégias de prevenção da oxidação lipídica, mais utilizada em carnes de aves separadas mecanicamente, é a utilização de radicais livres terminadores, como antioxidantes fenólicos que restringem o acesso ao oxigênio durante o armazenamento (Pettersen *et al.*, 2004).

### **3.2.8. Características funcionais**

A elevada proporção de medula óssea nas carnes separadas mecanicamente, além de aumentar os teores de gordura, altera ainda a capacidade de retenção de água, cor, estabilidade do sabor, emulsão, pH e solubilidade quando comparada com outras carnes (Field, 1999; Trindade *et al.*, 2004). Segundo Field (1999), a qualidade organolética do produto final é melhorada devido à inclusão de pequenas quantidades deste tipo de matéria-prima.

De acordo com Abdullah & Al-Najdawi (2005), outra propriedade importante da carne utilizada para a produção de produtos é a capacidade de retenção de água. Como outras carnes, as aves contêm aproximadamente 70% de água no estado bruto, no entanto uma grande quantidade dessa água não está fortemente ligada e é conhecida como água livre. A capacidade de retenção de água dos alimentos tem sido utilizada como um indicador de palatabilidade, qualidade microbiológica e potencial de transformação. É importante para a formulação, o processamento, a cozedura e o congelamento de produtos cárneos, uma vez que está relacionada com a perda de peso e qualidade do produto acabado. Os fatores que afetam a capacidade de retenção de água são o valor do pH, a presença de ferro, cobrem, cálcio e magnésio a partir do osso, o conteúdo de pele e colagénio e os processos de cozimento e congelamento.

A capacidade emulsificante é uma importante propriedade deste tipo de matéria-prima e pode ser afetada pela concentração de proteína, o valor de pH, temperatura e força mecânica (Abdullah & Al-Najdawi, 2005). A capacidade emulsificante da carne de aves separada mecanicamente pode ainda ser influenciada pela desossa de peças com inclusão de pele (Serdaroçlu, 2005). Elevados teores de pele diminui a estabilidade e capacidade da

emulsificante devido aos elevados teores de gordura contidos na pele (Froning & McKee, 2001). Estudos realizados por Abdullah & Al-Najdawi (2005), mostraram a influência do teor de pele das carnes separadas mecanicamente na capacidade emulsificante e observaram que as amostras de carne sem pele apresentaram uma capacidade emulsificante maior que as amostras de carne com pele. Segundo os mesmos autores a presença de pele diminui a capacidade emulsificante devido ao seu teor de colagénio.

Outro fator que tem influência sobre a capacidade emulsificante é o período de armazenamento congelado, ou seja, à medida que aumenta o período de congelamento da carne a capacidade emulsificante diminui devido á desnaturação parcial das proteínas (Abdullah & Al-Najdawi, 2005).

O problema da incorporação de elevadas quantidades de carnes separadas mecanicamente em produtos à base de carne é a baixa estabilidade desta matéria-prima, que é muito propícia à oxidação lipídica e ao crescimento microbiano (Trindade *et al.*, 2004).

A funcionalidade das proteínas miofibrilares determina a qualidade da emulsão de carne formada, principalmente no que respeita à textura, rendimento do processo e estabilidade da emulsão. No entanto a oxidação lipídica, que pode estar presente nas carnes separadas mecanicamente, pode originar a polimerização da proteína e a sua insolubilização. O polipéptido rompe a cadeia, destruindo os aminoácidos e forma produtos com adição de proteína. Estas interações influenciam negativamente as propriedades funcionais da carne (Trindade *et al.*, 2004).

### **3.2.9. Características microbiológicas**

A contaminação de carnes com micro-organismos patogénicos continua a ser um grave problema de saúde (Tuboly *et al.*, 2003). Estas carnes são normalmente contaminadas com micro-organismos que são introduzidos durante o processo de desossa manual e posteriormente mecânica. Isto faz com que a carne separada mecanicamente seja altamente perecível. O tamanho pequeno das partículas, a libertação de fluidos celulares devido à maceração do tecido e o calor gerado durante o processo de desossa mecânica favorece o crescimento bacteriano. Portanto as carnes separadas mecanicamente têm uma vida útil reduzida, mesmo sob refrigeração, sendo o armazenamento congelado o mais usado (Yuste *et al.*, 1998).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Materiais

As amostras usadas para este estudo foram provenientes de carne de aves separadas mecanicamente (CSM's), nomeadamente frango e peru, obtidas em condições industriais. As análises foram realizadas no dia seguinte à receção das carnes, sendo conservadas em câmara refrigeradora a 5° C durante 17 horas para descongelamento. As amostras examinadas são previamente homogeneizadas (Figuras 16 e 17).



**Figura 16** - Amostra de carne de frango separada mecanicamente.



**Figura 17** - Amostra de carne de peru separada mecanicamente.

### 4.2. Métodos

#### 4.2.1. Composição centesimal

As amostras foram analisadas por métodos gravimétricos, quanto aos teores de gordura, humidade e cinzas totais. Os resultados dos parâmetros de análise proximal, abaixo mencionados, foram expressos em percentagem mássica (% m/m).

##### 4.2.1.1. Determinação do teor de matéria gorda

O teor de matéria gorda total foi determinado, de acordo com a Norma Portuguesa 1613 (1979) relativa à determinação gravimétrica do teor de gordura bruta em carnes, derivados e produtos cárneos. A matéria gorda foi determinada por extração sólido-líquido, em extrator

semi-contínuo automático (Soxtec Aventi 2050 da Foss Tecator), sobre amostras previamente hidrolisadas, das quais se extrai o resíduo gordo bruto, usando éter petróleo como solvente extratante.

Para efetuar a hidrólise foram pesados 2 g de amostra previamente homogeneizada, com rigor de  $\pm 0,0001$ g, para um *erlenmeyer* de 100 mL, ao qual foram adicionados 50 mL de ácido clorídrico (HCl) 4 N. A mistura foi aquecida até à fervura, mantida durante cerca de 30 minutos em manta de areia. De seguida fez-se a filtração e neutralização do hidrolisado ácido, com lavagens sucessivas de água destilada. Concluída a neutralização, as amostras foram submetidas a secagem em estufa (Firlabo) a  $103 \pm 2$  °C durante cerca de 1 hora. Após o arrefecimento, procedeu-se à extração da gordura no extrator semi-automático (Soxtec Aventi 2050 da Foss Tecator) em que foi utilizado como solvente extratante o éter de petróleo. Finda a extração submeteu-se o resíduo a secagem em estufa (Firlabo) a  $103 \pm 2$  °C e posterior arrefecimento em excicador, seguido de subsequente pesagem.

O teor de gordura total é expresso em percentagem e é dado por:

$$\frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100$$

onde,

$m_0$  – peso da amostra, em g

$m_1$  – peso do copo de alumínio sem gordura, em g

$m_2$  – peso do copo de alumínio com gordura extraída, em g

#### **4.2.1.2.Determinação do teor de cinzas totais**

De acordo com a Norma Portuguesa 1615 (2002) relativa à determinação gravimétrica do teor de cinzas totais na carne e produtos cárneos, a determinação realizou-se através da mineralização por via seca, em mufla (P-Selecta, modelo Select-Horn), a uma temperatura de incineração de  $600 \pm 1$  °C durante 5 horas, em amostras de dimensão nominal de 3g, pesadas com rigor de  $\pm 0,0001$ g.

A massa do resíduo foi determinada utilizando a expressão:

$$\frac{m_0 - m_2}{m_1 - m_2} \times 100$$

em que,

$m_0$  – Peso do cadinho vazio, em g;

$m_1$  – Peso do cadinho com amostra, em g;

$m_2$  – Peso do cadinho com amostra incinerada, em g.

#### **4.2.1.3. Determinação do teor de humidade**

O teor de humidade foi determinado através de uma balança de infravermelhos, de marca Mettler Toledo, modelo HB43 Halogen, em que se colocava uma quantidade de amostra entre 1 a 1,5 g. O equipamento devolvia o teor de humidade expresso em percentagem mássica (% m/m).

#### **4.2.2. Determinação do valor de pH**

O valor do pH foi medido de acordo com a NP 3441 (2008) relativa à medição do pH em carnes e produtos cárneos. A análise de pH foi feita utilizando um potenciómetro (Hanna instruments, HI 8424) previamente calibrado, a 20°C, com duas soluções padrão de 7,01 e 4,01, respetivamente. O potenciómetro é equipado com elétrodo combinado de penetração medidor de pH, sendo o elétrodo inserido diretamente na carne, previamente moída e homogeneizada numa picadora de uso doméstico e laboratorial (marca *Molinox*, modelo A 327 R1).

#### **4.2.3. Determinação do índice de peróxidos**

A oxidação lipídica das amostras foi quantificada através da determinação do índice de peróxidos (IP) por iodometria (volumetria redox), através de procedimento interno da

empresa baseado no método oficial AOAC (1995), sendo expresso em miliequivalentes de oxigénio ativo por kg de gordura (meq O<sub>2</sub>/kg).

Para a determinação do IP foram dissolvidas 5 g de amostra previamente homogeneizada e pesada com rigor de ± 0,0001, em 7,5 mL de clorofórmio, a que se adiciona posteriormente 22,5 mL de ácido acético glacial e 0,5 mL de uma solução saturada de iodeto de potássio (I<sub>2</sub>). Após agitação deixou-se em repouso durante 1 minuto no escuro. Em seguida, adicionou-se 30 mL de água destilada e 1 mL de indicador cozimento de amido a 1,0 % (m/v). Realizou-se a titulação com uma solução aferida de tiosulfato de sódio 0,01N até à viragem de azul forte para branco translucido (Figuras 18 e 19).



**Figura 18** – Cor da solução antes da titulação.



**Figura 19** – Cor da solução após a titulação.

O IP, expresso em miliequivalentes de oxigénio ativo por kg de gordura da amostra, é dado pela fórmula:

$$\frac{V \times N \times 1000}{m}$$

onde:

V – volume de solução aferida de tiosulfato de sódio 0,01N, gasto na titulação, mL;

N – concentração da solução aferida de tiosulfato de sódio, em Eq-g/L;

m – massa da toma da amostra em estudo, em g.

A fórmula apresentada permite, contudo, expressar os resultados em duas bases de cálculo distintas, conforme o entendimento que se dá à “massa gorda”: a massa da amostra *tal e qual* ou a massa de gordura presente na amostra. Esta última base de cálculo pressupõe a extração e quantificação prévia da gordura da amostra, com e sem hidrólise (adaptado de Silva *et al.*, 1998a e AMT, 1997)

#### **4.2.4. Validação do índice de peróxidos usando o índice de iodo como parâmetro de controlo.**

##### **4.2.4.1. Fundamentação e procedimentos de validação do Índice de peróxidos**

A oxidação química é um fenómeno superficial, isto é, dá-se exclusivamente a partir da interface da superfície exposta a um agente oxidante. As CSM's ao apresentarem consideráveis teores de lípidos provenientes da medula óssea libertada a partir dos ossos quebrados, podem originar produtos com elevado potencial oxidativo (Raimundo *et al.* 2012). A elevada área específica das carnes moídas, tanto maior quanto maior o grau de moenda, bem como a heterogeneidade da sua composição e a sua susceptibilidade à oxidação, justifica que o IP seja testado em amostras de CMS's *tal e qual*, mas também nos seus extratos etéreos (*i.e.* resíduo obtido para a determinação do parâmetro Gordura Livre) e em extratos etéreos de amostras previamente hidrolisadas (*i.e.* resíduo obtido para a determinação do parâmetro Gordura Bruta), da mesma proveniência. (Silva *et al.*, 1998a; AMT, 1997; AOAC, 1995). Por outro lado, a precisão dos métodos volumétricos é variável com a dimensão da amostra, o volume de titulante, o erro volumétrico (de leitura e instrumental), bem como com a concentração e padronização do titulante (adaptado de Laranjeira *et al.*, 2013).

A dispersão de resultados observada no decurso da análise do histórico de valores de IP obtidos na empresa, em CMS's de amostras simples (sem replicação), veio reforçar a importância do rigor analítico e a necessidade de verificar e otimizar esta técnica, quando usada em rotina e o modo de expressar os resultados. Importou despistar variáveis que justifiquem a dispersão de resultados por razões metodológicas, para só depois se poderem interpretar esses mesmos resultados, à luz da qualidade intrínseca das amostras.

O que se propôs neste trabalho, foi a inclusão de um pequeno estudo da validação paramétrica do IP, com fim à definição de limites de aceitabilidade interna para este parâmetro, replicando nos laboratórios da ESAS, em condições de repetibilidade analítica (n=5), os ensaios de IP realizados segundo o procedimento interno da empresa, descrito em 4.2.6., aqui denominado técnica-base (SDT) e introduzindo alterações em variáveis críticas deste mesmo procedimento: tempo de reação (etapa de repouso, ao abrigo da luz) e concentração do padrão titulante. Numa primeira fase do estudo, consideraram-se as seguintes variantes à técnica-base:

V1 – Concentração do padrão de tiosulfato de sódio: diluição 1/10 da solução mãe (de 0,01N para 0,001N)

V2 – tempo de reação (repouso, no escuro): de 1 para 5 minutos

Para este estudo preliminar, foram utilizadas apenas amostras de referência, produtos comerciais transformados a partir de carnes separadas mecanicamente, concretamente salsicha tipo *Franckfurt*.

Na outra face da questão e por razões já apontadas, acresce à necessidade de verificação e otimização da técnica de IP, a sua validação paramétrica. Para esse fim, utilizou-se como parâmetro de controlo o Índice de Iodo (IndI). Com efeito, a variabilidade do IP, sendo uma função polinomial de tipo sinusoidal (gaussiana), limita a sua aplicabilidade e correta interpretação para valores baixos deste parâmetro (adaptado de Laranjeira *et al.*, 2013 e Gheisari., 2011). Pelo contrário, como o grau de insaturação do óleo decresce com a extensão da oxidação, o IndI diminui continuamente ao longo do tempo de vida do produto. Em consequência, apenas para amostras de matérias gordas em bom estado de conservação, onde a extensão da degradação oxidativa é incipiente ou pouco expressiva, é possível observar uma correlação negativa entre os dois parâmetros, IP *versus* IndI (*i.e.* IP aumenta e IndI diminui, nas primeiras fases da oxidação). A correlação inverte de sentido para estados de oxidação severa (adaptado de Laranjeira *et al.*, 2013). Este comportamento pode ser observado experimentalmente e foi utilizado, no presente estudo, como processo de verificar a aplicabilidade do IP como parâmetro de rotina, em CMS's.

Neste contexto, numa segunda fase do estudo, procedeu-se à quantificação da oxidação lipídica por iodometria – Índice de Peróxidos (IP), validado pelo Índice de Iodo (IndI) - em amostras provenientes de carnes de aves (frango e peru), obtidas em condições industriais.

A par das amostras *tal e qual* e respetivos extratos gordos hidrolisados, foram também analisados, em condições de repetibilidade (n=3,4,5), extratos etéreos simples, provenientes de quatro lotes distintos de CMS's, fornecidos pela empresa. Amostras, com os três tipos de tratamento prévio, foram submetidas a determinações de IP e IInd.

#### 4.2.4.2. Determinação do Índice de Iodo (IndI)

O Índice de Iodo (IndI) é definido como a quantidade de halogéneos, expressa em percentagem de iodo que pode ser fixada pela fração gorda de um produto, em determinadas condições. Pode ser expresso em miliequivalentes de iodo molecular por kg de gordura (meq I<sub>2</sub>/kg), ou em miliequivalentes de oxigénio ativo por kg de gordura (meq O<sub>2</sub>/kg), ou ainda em percentagem mássica de iodo molecular, fixada pela fração gorda de 100 g de amostra. Foi determinado por iodometria através de procedimento interno ESAS baseado na Norma Portuguesa NP 941 (1985), submetendo as amostras aos mesmos três tipos distintos de tratamento prévio referidos para o parâmetro IP:

**Amostra A)** Amostra *tal e qual*, com dimensão nominal de 5 gramas, moída e homogeneizada (código **ATQ**).

**Amostra B)** Resíduo gordo de 5 gramas de amostra *tal e qual*, obtido por hidrólise em ácido clorídrico (HCl), seguida de extração por éter petróleo, em *Soxhlet* (a preparação da amostra segue o procedimento descrito para a determinação da gordura total) (código **AES**).

**Amostra C)** Extrato etéreo de 10 gramas da amostra *tal e qual*, obtido por extração por éter petróleo, em *Soxhlet* (código **AH**).

A cada uma das amostras foram adicionados 50 mL da mistura dissolvente (25 mL de n-hexano e 25 mL de ácido acético glacial) e pipetados 25 mL de reagente de *Wijs*. Posteriormente, a mistura foi deixada sob agitação suave e constante, para favorecer as condições de contato e miscibilidade das fases, durante 2 horas no escuro. Em seguida foram adicionados 20 mL de solução de iodeto de potássio 100g/L e 150 mL de água destilada, sendo titulada com uma solução aferida de tiosulfato de sódio 0,1N até ao aparecimento de uma fraca coloração amarela. Adicionou-se em seguida 2 mL de solução indicadora de cozimento de amido 1 % (m/v), continuando a titulação até ao completo desaparecimento da cor azul. Paralelamente, foi realizado um ensaio em branco.

O índice de iodo (IndI), considerando a fórmula abaixo apresentada (AMT, 1998; NP 941, 1985), é calculado como uma percentagem mássica (%m/m) e embora expresso como número adimensional, representa a massa de iodo molecular fixada pela fração gorda de 100 g de amostra (g I<sub>2</sub>/100g):

$$\frac{12,65 \times 0,1 \times (V_1 - V_2)}{m}$$

onde:

V<sub>1</sub> – volume da solução titulada de tiosulfato de sódio gasto no ensaio em branco, em mL;

V<sub>2</sub> – volume da solução titulada de tiosulfato de sódio gasto nas amostras, em mL;

m – massa da toma da amostra em estudo, em g.

#### **4.2.5. Determinação do teor de cálcio**

O teor de cálcio foi determinado por volumetria complexométrica, através de procedimento interno da empresa baseado no método descrito por Burin *et al.* (2008).

A determinação do teor de cálcio foi feita a partir do resíduo mineralizado da amostra (cinzas totais), obtido de acordo com o descrito no ponto 4.1.1. O resíduo foi dissolvido numa solução quente de ácido clorídrico (HCl) e água destilada, numa proporção volumétrica de 1:3, filtrado, lavado e posteriormente aquecido em placa de aquecimento elétrica (100°C) até à evaporação total da solução. O processo de redissolução ácida, filtração e evaporação foi repetido por mais duas vezes. O último resíduo ácido filtrado, foi neutralizado com amoníaco a 5% (v/v) com a ajuda de um potenciometro (Hanna instruments, HI 110).

Transferiu-se, por pipetagem, 25 mL da solução neutralizada para um balão de erlenmeyer de 250 mL e adicionaram-se 100 mL de água destilada. Posteriormente, alcalinizou-se o meio, adicionando 10 mL de hidróxido de potássio (KOH) a 25% (m/v) e algumas gotas de solução de ácido calconcarboxílico, usando como indicador. A solução foi titulada com padrão EDTA, (*titriplex III* 0,01N) até à viragem para a tonalidade azul celeste (Figuras 20 e 21).

A quantidade de cálcio é expressa em percentagem e calculada de acordo com a fórmula:

$$\frac{V \times 0,16032}{P}$$

em que,

V – volume de ácido *titriplex III* gasto na titulação, mL;

P – peso das cinzas totais, em g.



**Figura 20** - Solução antes de titulação com EDTA.



**Figura 21** - Solução após titulação com EDTA.

## 4.2.6. Partículas ósseas

### 4.2.6.1. Determinação do teor de partículas ósseas

A determinação do teor de partículas ósseas foi realizada por método gravimétrico, baseado na digestão da carne, sendo os ossos resistentes a este tipo de digestão.

Uma amostra com cerca de 100 g de carne separada mecanicamente foi diluída em 500 mL de água destilada e digerida com 100 g de hidróxido de potássio (KOH) por aquecimento em banho-maria a 60-65°C. A mistura foi removida ao fim de 20 minutos no banho-maria e deixou-se arrefecer de forma a permitir a precipitação das partículas de ossos. O fluído sobrenadante foi decantado e as partículas foram lavadas várias vezes com água destilada, até que toda a gordura fosse removida. As partículas de osso foram arrastadas, com água destilada, para um papel de filtro previamente pesado. O filtro com as partículas ósseas foi colocado em funil de *Buchner* a fim de ajudar a secar e posteriormente colocado em estufa

a  $102 \pm 3^\circ\text{C}$  durante 1 hora. Depois de arrefecido, o filtro com as partículas ósseas foi pesado (Figura 22).



**Figura 22** - Filtro com partículas ósseas.

A quantidade de partículas ósseas foi expressa em percentagem e calculada através:

$$\% \text{ Partículas ósseas} = \frac{m_1 - m_2}{P}$$

Em que,

$m_1$  – Peso do papel de filtro sem partículas ósseas, em g;

$m_2$  – Peso do papel de filtro com partículas ósseas, em g;

$P$  – Peso da amostra, em g.

#### **4.2.6.2. Determinação do tamanho das partículas ósseas**

Para determinar o tamanho das partículas ósseas encontradas pelo método anteriormente descrito, apenas foram consideradas as partículas com dimensões superiores a 1mm. A amostra foi peneirada numa malha de 1 mm e as partículas que ficaram retidas foram espalhadas sobre uma folha de papel milimétrico e contabilizadas segundo as dimensões:

- 1 e 1,5 mm
- 1,5 e 2 mm

- 2 e 2,5 mm
- 2,5 e 3 mm
- > 3 mm

Após a contabilização das partículas ósseas, estas foram analisadas estatisticamente por frequência em cada amostra.

### 4.3. Análise estatística

Os dados obtidos durante o estudo apresentam, para cada parâmetro de análise referido, uma análise baseada na dispersão e um tratamento estatístico baseado em valores de média, desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CVr), máximo (Máx) e mínimo (Min), obtidos por tratamento estatístico preliminar de resultados, a partir de um universo de 71 (setenta e uma) amostras para a carne de frango e de 49 (quarenta e nove) para a carne de peru, correspondente ao histórico de dados recentes, facultado internamente pela empresa. Desta análise para as médias, foram excluídas as amostras mais discrepantes, usando como critério de rejeição, ensaios que apresentassem valores anómalos em dois ou mais parâmetros.

Para comparação estatística dos valores médios dos parâmetros anteriormente referidos entre as duas espécies foi aplicado o teste F para avaliar as variações seguido por um teste T para variáveis iguais ou desiguais, dependendo do teste F, utilizando Microsoft Office Excel 2013. A significância das médias foi comparada, usando como critério  $p < 0,05$ .

Para avaliar a existência de uma relação entre o teor de gordura e de humidade, bem como o teor de cinzas e de partículas ósseas para ambas as espécies fez-se uma análise de correlações em Microsoft Office Excel 2013. Para comprovar se o coeficiente de correlação é significativo foi realizado o seguinte teste de hipóteses:

Hipóteses:

$$H_0: \rho = 0$$

$$H_1: \rho \neq 0$$

A estatística de teste é  $t_c = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$ , com n-2 graus de liberdade na tabela t de Studet, em que se  $t_c$  for superior ao valor crítico de t, rejeitamos a hipótese nula, ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ , e podemos concluir que existe uma relação significativa entre as variáveis.

Para análise da correlação entre o IP e IndI recorreu-se programa *Statistica*, versão 7.0 (*Stat Soft. Inc.*) e procedeu-se à análise de variância ANOVA/MANOVA fatorial, nomeadamente ao teste de *Tukey HSD*, considerando duas variáveis independentes: método analítico (IP e IndI) e tipo de (preparação da) amostra (*tal e qual*, extrato gordo livre e extrato gordo hidrolisado). Aplicou-se o teste de significância de Wilks para verificar se havia homogeneidade para um nível de significância de 5 % ( $p < 0,05$ ), para as os três tipos de preparação da amostra e para os dois parâmetros analíticos. Foram calculados a média e o desvio-padrão de cada parâmetro, para cada tipo de preparação da amostra e utilizou-se o teste *Post hoc* de LSD Fisher de comparação de médias, para um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). Os resultados foram ainda tratados através da análise de variância, do teste *Post hoc* distribuição Log-Normal, para determinação de uma correlação entre os dois parâmetros.

.

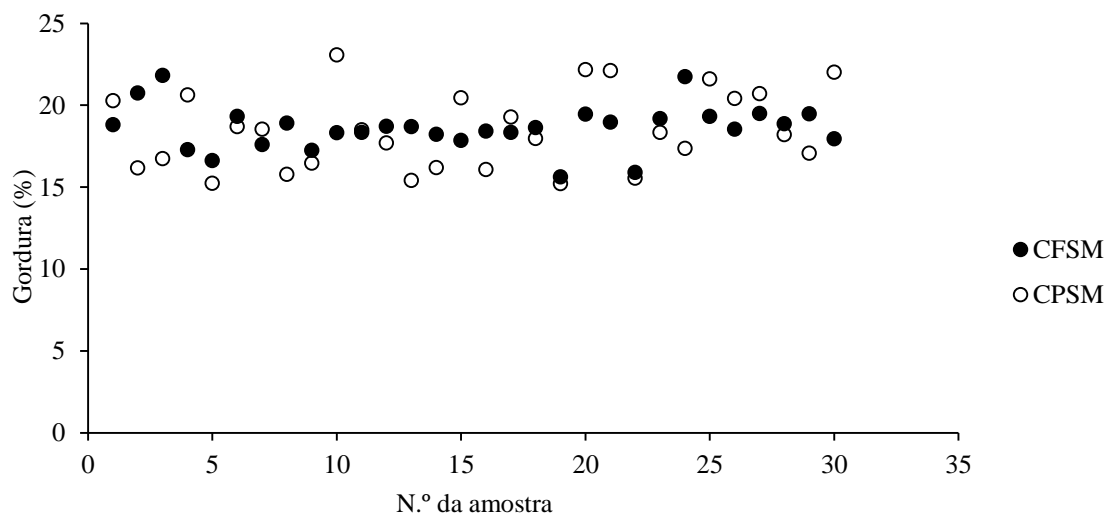
## 5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos para os parâmetros propostos nos objetivos do presente trabalho: composição centesimal (teor de gordura, humidade e cinzas); valor do pH; índice de peróxidos; teor de cálcio e teor de partículas ósseas, estão representados na Tabela 35 do Apêndice I.

### 5.1. Composição centesimal

A análise dos resultados relativos à composição centesimal das amostras de carne de frango e de peru encontram-se representados e descritos abaixo.

Na Figura 23 estão representados os valores encontrados para o teor de matéria gorda, em carne de frango separada mecanicamente e carne de peru separada mecanicamente. As Tabelas de 9 a 11 mostram os resultados das análises estatísticas.



**Figura 13** - Gráfico de dispersão para os resultados de teor de matéria gorda (%) na CFSM e na CPSM.

**Tabela 9** – Média, desvio padrão, coeficiente de variabilidade, máximo e mínimo dos resultados obtidos para o teor de matéria gorda (%) para CFSM e CPSM.

	Matéria gorda (%)	
	CFSM	CPSM
<b>Média</b>	18,46	18,69
<b>DP</b>	1,63	2,12
<b>CVr</b>	8,82	11,32
<b>Máx</b>	21,83	22,12
<b>Min</b>	14,02	15,42

**Tabela 10** - Teste F: duas amostras para variâncias (matéria gorda).

	CFSM	CPSM
<b>Média</b>	18,62	18,47
<b>Variância</b>	1,89	5,70
<b>Observações</b>	30	30
<b>gl</b>	29	29
<b>F</b>	0,33	
<b>P (F &lt;= f) uni-caudal</b>	2,04E-03	
<b>F crítico uni-caudal</b>	0,54	

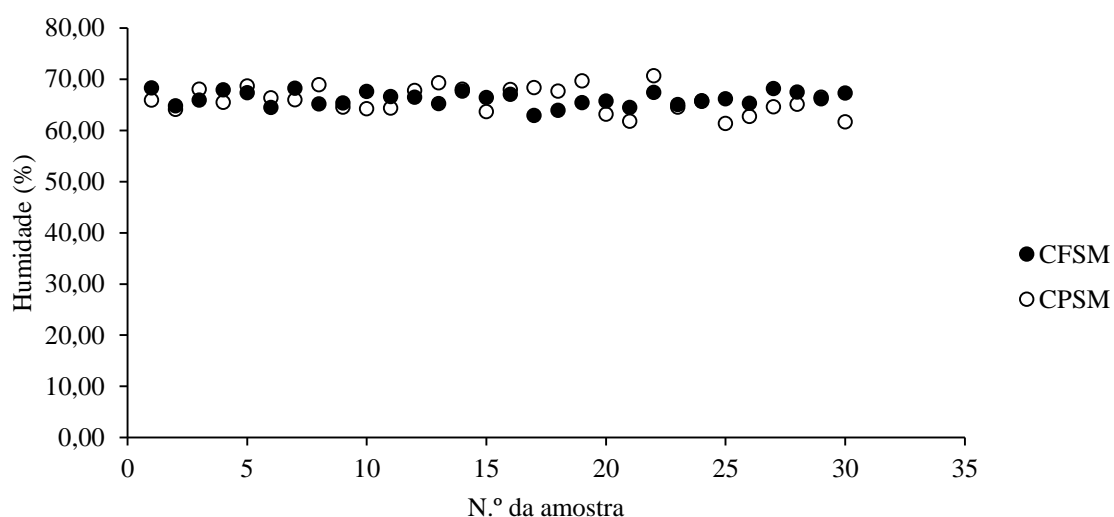
**Tabela 11** - Teste T: duas amostras com variâncias desiguais (matéria gorda).

	CFSM	CPSM
<b>Média</b>	18,62	18,47
<b>Variância</b>	1,89	5,70
<b>Observações</b>	30	30
<b>Hipótese de diferença de média</b>	0	
<b>gl</b>	46	
<b>Stat t</b>	0,30	
<b>P(T&lt;=t) uni-caudal</b>	0,38	
<b>t crítico uni-caudal</b>	1,68	
<b>P(T&lt;=t) bi-caudal</b>	0,77	
<b>t crítico bi-caudal</b>	2,01	

O teor de matéria gorda na CFSM apresentou um valor médio de 18,46 %, com um desvio padrão de 1,63, e valores máximo e mínimo de 21,83 % e 14,02 %, respectivamente. Na CPSM o teor médio de matéria gorda foi ligeiramente superior, com um valor médio de 18,47 %, com um desvio padrão de 2,39 e valores máximos e mínimos de 23,03 % e 15,23 %, respectivamente. O teste F mostrou variâncias desiguais entre as variáveis ( $P(F \leq f)$  unicaudal  $< 0,05$ ). O teste T para duas amostras de variâncias desiguais mostra que o teor de

matéria gorda na CFMS e CPSM não apresentam diferenças significativas ( $P(T \leq t)$  bicaudal  $> 0,05$ ).

Os valores obtidos referentes teor de humidade para as carnes analisadas encontram-se representados na Figura 24 e os resultados das análises estatísticas encontram-se nas Tabelas 12 a 14.



**Figura 24** - Gráfico de dispersão para os resultados de teor de humidade (%) na CFMS e na CPSM.

**Tabela 12** - Média, desvio padrão, coeficiente de variabilidade, máximo e mínimo dos resultados obtidos para o teor de humidade (%) para CFMS e CPSM.

	Humidade (%)	
	CFMS	CPSM
<b>Média</b>	66,27	65,85
<b>DP</b>	1,50	2,43
<b>CVr</b>	2,27	3,69
<b>Máx</b>	69,94	70,68
<b>Mín</b>	62,88	61,35

**Tabela 13** - Teste F: duas amostras para variâncias (humidade).

	CFMS	CPSM
<b>Média</b>	66,181	65,890
<b>Variância</b>	1,936	6,373
<b>Observações</b>	30	30
<b>gl</b>	29	29
<b>F</b>	0,304	
<b>P(F&lt;=f) uni-caudal</b>	0,001	
<b>F crítico uni-caudal</b>	0,537	

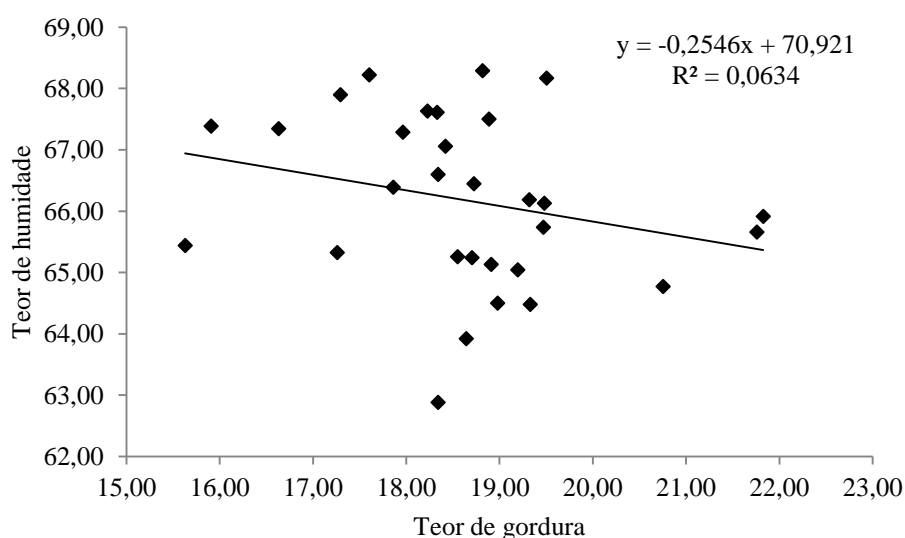
**Tabela 14** - Teste T: duas amostras com variâncias desiguais (humidade).

	CFSM	CPSM
Média	66,181	65,890
Variância	1,936	6,373
Observações	30	30
Hipótese de diferença de média	0	
gl	45	
Stat t	0,552	
P(T<=t) uni-caudal	0,292	
t crítico uni-caudal	1,679	
P(T<=t) bi-caudal	0,584	
t crítico bi-caudal	2,014	

A carne de frango apresentou valores médios de humidade ligeiramente superiores (66,14 % de média, desvio padrão de 1,37, máximo 68,29 % e mínimo 62,88 %), no peru os mesmos valores foram, respetivamente, 65,89 %, 2,52, 70,68 % e 61,35 %.

O F-teste mostrou variâncias desiguais entre as variáveis ( $P(F \leq f) \text{ unicaudal} < 0,05$ ). O teste T para duas amostras presumindo variâncias diferentes mostraram que o teor de humidade entre a carne de frango e a carne de peru não apresentam diferenças significativas ( $P(T \leq t) \text{ bicaudal} > 0,05$ ).

A relação entre o teor de matéria gorda e o teor de humidade da carne de frango separada mecanicamente foi analisada através do gráfico regressão linear representado na Figura 25 e a correlação entre os dois parâmetros está descrita na Tabela 15.



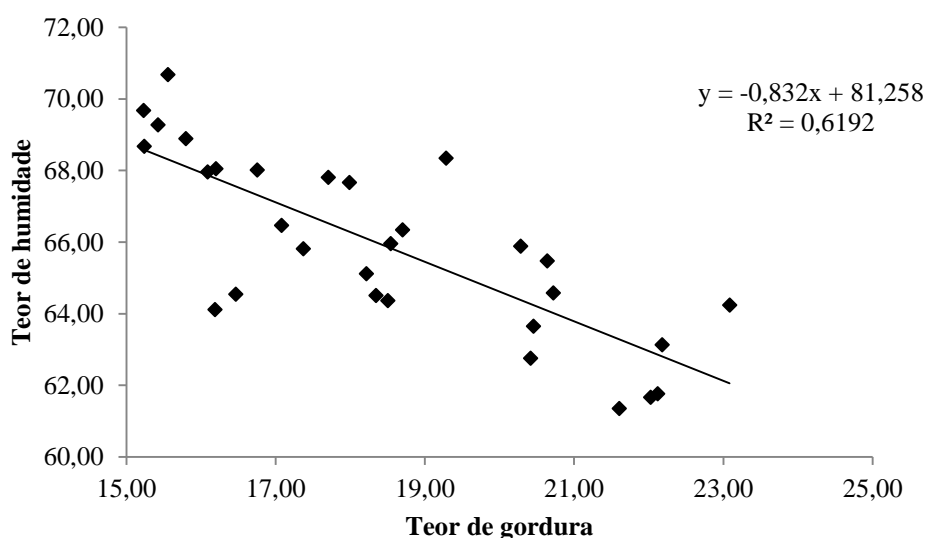
**Figura 25** – Regressão linear entre os teores de matéria gorda e de humidade na CFSM.

**Tabela 15** - Correlação entre o teor de matéria gorda e o teor de humidade na CFSM.

	Teor de gordura	Teor de humidade
Teor de gordura	1	0,25
Teor de humidade	-0,25	1

O gráfico de dispersão mostra que o teor de humidade aumentou cerca de 6% à medida que o teor de matéria gorda diminuiu ( $R^2 = 0,0634$ ). Segundo a Tabela 16 os teores de matéria gorda e de humidade da carne de frango separada mecanicamente apresentam um coeficiente de correlação ( $r = -0,25$ ) negativo e não significativo para  $\alpha = 0,05$ .

A Tabela 26 mostra a relação entre o teor de matéria gorda e o teor de humidade da carne de peru separada mecanicamente e a Tabela 16 apresenta a correlação dos mesmos.



**Figura 26** - Regressão linear entre os teores de matéria gorda e de humidade na CPSM.

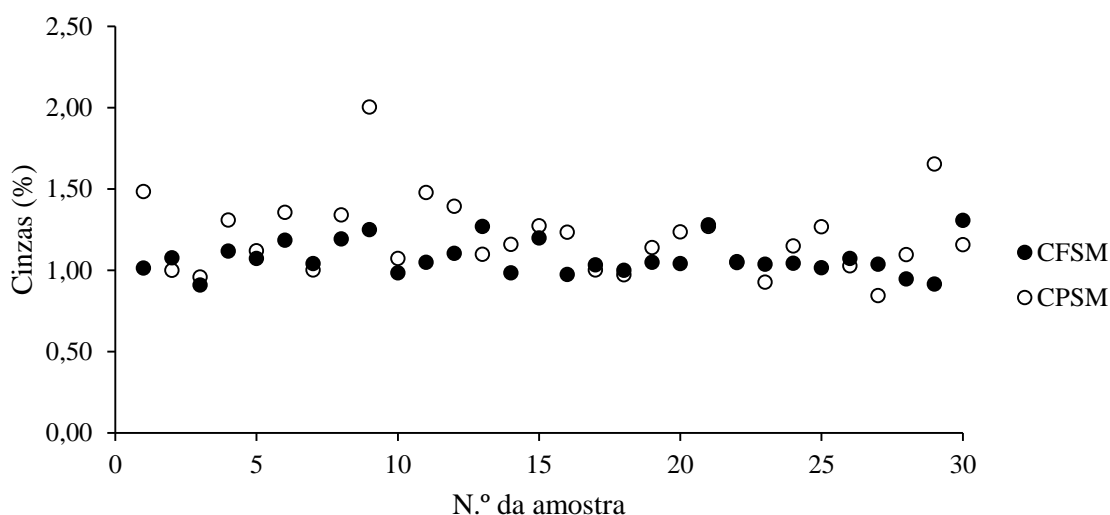
**Tabela 16** - Correlação entre o teor de gordura e o teor de humidade na CPSM.

	Teor de gordura	Teor de humidade
Teor de gordura	1	0,79
Teor de humidade	-0,79	1

No que diz respeito à carne de peru, o teor de humidade aumentou cerca de 62 % à medida que o teor de matéria gorda diminuiu ( $R^2 = 0,6192$ ). A análise de correlação dos parâmetros mencionados revela que existe uma relação significativamente negativa ( $r = -0,79$ ) entre as duas variáveis, para  $\alpha = 0,05$ .

A carne de frango apresentou valores médios de matéria gorda superiores aos valores encontrados na carne de peru e valores médios de humidade inferiores. Apesar de as diferenças dos dois parâmetros mencionados não serem significativas, muito provavelmente representam a diferença de idade ao abate, que no frango é de 6 a 8 semanas e no peru é de 9 a 16 semanas (Sams, 2001). É provável que no caso do frango o limiar de gordura atingido ainda não permita que se verifique a sua correlação com o teor de humidade, o que será explicado por, segundo Lawrie & Ledward (2006), aumento da idade ser acompanhado pelo aumento da gordura intramuscular e conseqüentemente por uma diminuição do teor de humidade.

Os resultados obtidos para o teor de cinzas são apresentados na Figura 27 e os resultados das análises estatísticas encontram-se nas Tabelas de 17 a 19.



**Figura 27** - Gráfico de dispersão para os resultados de teor de cinzas (%) na CFSM e na CPSM.

**Tabela 17** - Média, desvio padrão, coeficiente de variabilidade, máximo e mínimo dos resultados obtidos para o teor de cinzas (%) para CFSM e CPSM.

	Cinzas (%)	
	CFSM	CPSM
<b>Média</b>	1,07 <sup>a</sup>	1,21 <sup>b</sup>
<b>DP</b>	0,11	0,25
<b>CVr</b>	9,81	20,93
<b>Máx</b>	1,31	2,00
<b>Mín</b>	0,91	0,84

**Tabela 18** - Teste F: duas amostras para variâncias (cinzas).

	CFSM	CPSM
<b>Média</b>	1,075	1,202
<b>Variância</b>	0,011	0,057
<b>Observações</b>	30	30
<b>gl</b>	29	29
<b>F</b>	0,197	
<b>P(F&lt;=f) uni-caudal</b>	1,818E-05	
<b>F crítico uni-caudal</b>	0,537	

**Tabela 19** - Teste T: duas amostras com variâncias desiguais (cinzas).

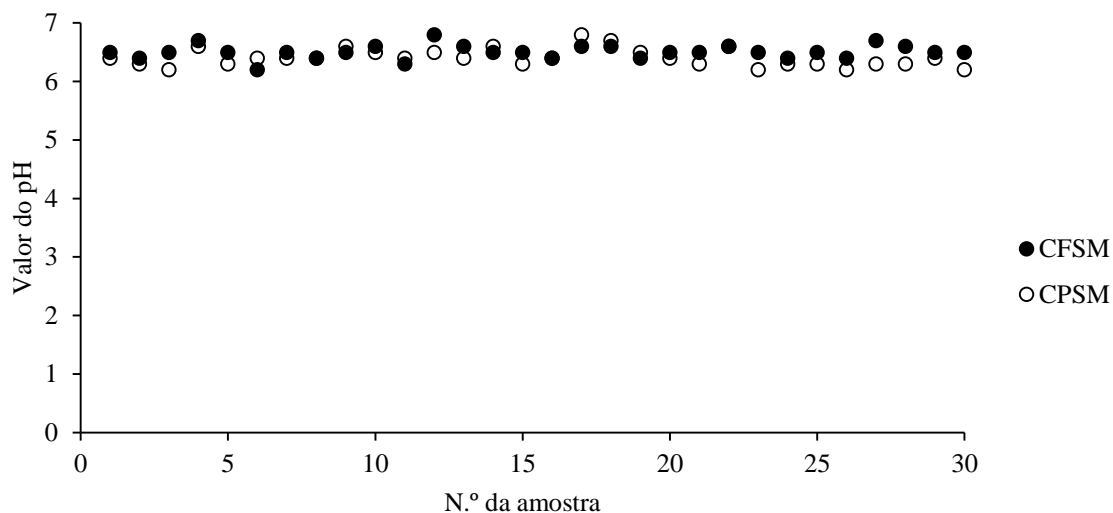
	CFSM	CPSM
<b>Média</b>	1,075	1,202
<b>Variância</b>	0,011	0,057
<b>Observações</b>	30	30
<b>Hipótese de diferença de média</b>	0	
<b>gl</b>	40	
<b>Stat t</b>	-2,672	
<b>P(T&lt;=t) uni-caudal</b>	0,005	
<b>t crítico uni-caudal</b>	1,684	
<b>P(T&lt;=t) bi-caudal</b>	0,011	
<b>t crítico bi-caudal</b>	2,021	

O valor médio medido para o teor de cinzas na carne de frango foi de 1,07 % e o desvio padrão foi de 0,11, com valores máximo e mínimo de 1,31 e 0,91, respectivamente. Na carne de peru para esses valores foram, respectivamente, 1,20 0,24, 2,00 0,84. O teste F mostrou variâncias desiguais ( $P(F \leq f)$  unicaudal  $< 0,05$ ). O teste T para duas variáveis assumindo que são desiguais mostrou que o teor de cinzas nas CFSM diferem significativamente das CPSM ( $P(T \leq t)$  bicaudal  $< 0,05$ ).

Segundo Field (2000), os valores mais elevados de cinza nos animais mais velhos, quando comparados com animais mais novos, refletem a calcificação progressiva do osso com a idade, o que muito provavelmente levou à diferença observada nas cinzas entre o CFSM e o CPSM, uma vez que a idade ao abate no frango é de 6 a 8 semanas e no peru é de 9 a 16 semanas (Sams, 2001).

## 5.2. Valor do pH

Os valores de pH obtidos estão representados na Figura 28 e as Tabelas 20 a 22 mostram os resultados das análises estatísticas.



**Figura 28** - Gráfico de dispersão para os resultados do valor do pH na CFSM e na CPSM.

**Tabela 20** - Resultados estatísticos dos resultados obtidos para o valor do pH para CFSM e CPSM.

	Valor de pH	
	CFSM	CPSM
Média	6,51	6,41
DP	0,12	0,15
CVr	1,84	2,39
Máx	6,80	6,80
Min	6,20	6,20

**Tabela 21** - Teste F: duas amostras para variâncias (valor do pH).

	CFSM	CPSM
Média	6,507	6,407
Variância	0,014	0,023
Observações	30	30
gl	29	29
F	0,617	
P(F<=f) uni-caudal	0,100	
F crítico uni-caudal	0,537	

**Tabela 22** - Teste T: duas amostras com variâncias iguais (valor do pH).

	CFSM	CPSM
<b>Média</b>	6,507	6,407
<b>Variância</b>	0,014	0,023
<b>Observações</b>	30	30
<b>Variância agrupada</b>	0,019	
<b>Hipótese de diferença de média</b>	0	
<b>gl</b>	58	
<b>Stat t</b>	2,816	
<b>P(T&lt;=t) uni-caudal</b>	0,003	
<b>t crítico uni-caudal</b>	1,672	
<b>P(T&lt;=t) bi-caudal</b>	0,007	
<b>t crítico bi-caudal</b>	2,002	

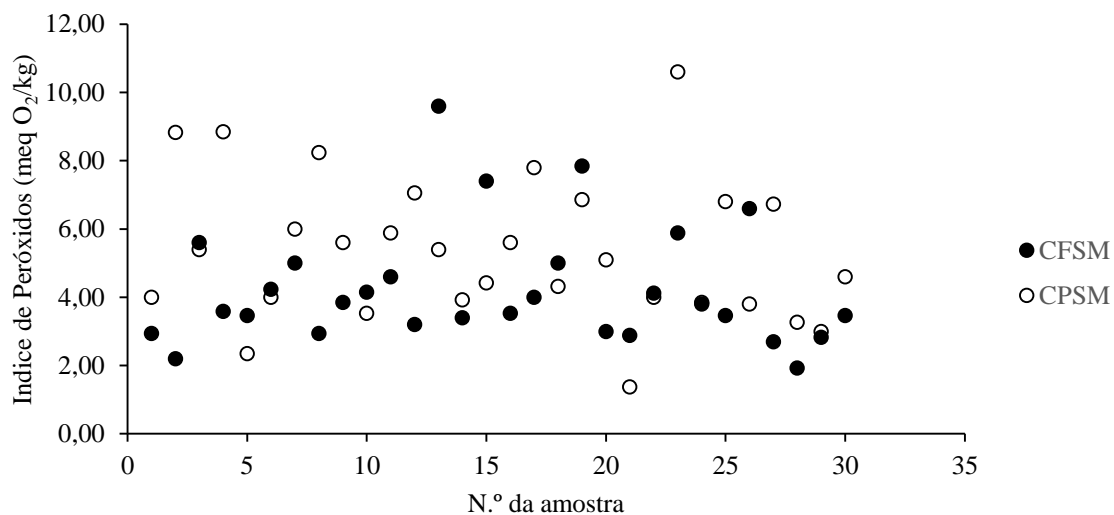
O pH médio para a CFSM foi de 6,5, com um desvio padrão de 0,1 e com um valor máximo de 6,8 e um mínimo de 6,2. A CPSM registou um valor de pH médio 6,4 com um desvio padrão de 0,2. O valor máximo e mínimo foram de 6,8 e 6,2, respetivamente.

O teste F mostrou variância iguais entre ambas as espécies de carne ( $P(F \leq f)$  unicaudal  $> 0,05$ ). O teste T para variâncias iguais mostraram que o valor do pH na carne de frango e de peru separada mecanicamente diferem significativamente ( $P(T \leq t)$  bicaudal  $< 0,05$ ).

Os elevados valores de pH encontrados nas carnes separadas mecanicamente, quando comparadas com a carne separada manualmente, pode ser atribuída à presença de medula óssea no produto (Field, 1999; Abdullah & Al-Najdawi 2005). Abdullah & Al-Najdawi (2005) relatam valores médios do pH de 6,44 – idênticos aos obtidos nas nossas amostras – para a carne de aves separada mecanicamente, significativamente superior aos das carnes de aves separada manualmente (6,32). A relação entre o valor de pH e a percentagem de medula óssea foi estudada por Field e Arasu (1981), que encontraram um coeficiente de correlação de 0,96, pelo que concluíram que os valores de pH podem ser usados para estimar a concentração de medula óssea na carne. Perlo *et al.* (2006), também encontrou valores médios de pH (6,5) para a carne de frango separada mecanicamente, idênticos ao valor médio por nós determinado. Serdaroulu *et al.* (2008) na carne de peru determinou um valor médio de 6,0, inferior ao que medimos. Neste último caso a diferença em relação ao nosso resultado poderá dever-se a diferentes condições de manuseamento dos animais em vida ou das carcaças *post mortem*.

### 5.3. Índice de peróxidos

A Figura 29 evidencia os resultados obtidos para o IP e as Tabelas 23 a 25 mostra o tratamento estatístico do IP determinado nas amostras de carne de frango e peru separadas mecanicamente.



**Figura 29** - Gráfico de dispersão para os resultados do índice de peróxidos na CFSM e na CPSM.

**Tabela 23** - Média, desvio padrão, coeficiente de variabilidade, máximo e mínimo dos resultados obtidos para o índice de peróxidos para CFSM e CPSM.

	Índice Peróxidos (meq O <sub>2</sub> /kg)	
	CFSM	CPSM
<b>Média</b>	4,32	5,37
<b>DP</b>	1,73	2,11
<b>CVr</b>	40,11	39,25
<b>Máx</b>	9,60	10,60
<b>Mín</b>	1,92	1,37

**Tabela 24** - Teste F: duas amostras para variâncias (índice de peróxidos).

	CFSM	CPSM
Média	4,239	5,372
Variância	3,060	4,445
Observações	30	30
gl	29	29
F	0,688	
P(F<=f) uni-caudal	0,160	
F crítico uni-caudal	0,537	

**Tabela 25** - Teste T: duas amostras com variâncias iguais (índice de peróxidos).

	CFSM	CPSM
Média	4,239	5,372
Variância	3,060	4,445
Observações	30	30
Variância agrupada	3,753	
Hipótese de diferença de média	0	
gl	58	
Stat t	-2,265	
P(T<=t) uni-caudal	0,014	
t crítico uni-caudal	1,672	
P(T<=t) bi-caudal	0,027	
t crítico bi-caudal	2,002	

O índice de peróxido na carne de frango apresentou um valor médio de 4,32 meq O<sub>2</sub>/kg, com um desvio padrão de 1,73, um coeficiente de variação de 40,11 % e valores máximo e mínimo de 9,60 e 1,92 meq O<sub>2</sub>/kg, respectivamente. A carne de peru apresentou um valor médio de índice de peróxido superior (5,37 meq O<sub>2</sub>/kg), com desvio padrão de 2,11, um grau de incerteza de 39,25 e valores máximos e mínimos de 10,60 e 1,37, respectivamente.

A análise do teste F confirmou variâncias iguais ( $P(F <= f) \text{ unicaudal} > 0,05$ ) e o teste T para variâncias iguais confirmaram que a média do índice de peróxidos foi significativamente diferente na carne de frango e peru separada mecanicamente ( $P(T <= t) \text{ bicaudal} < 0,05$ ).

Note-se porém que os CVr são extremamente elevados. A dispersão de resultados observada, pode ser um indicador, por um lado, tanto de limitações metodológicas associadas à própria técnica analítica utilizada e à adoção, por parte do laboratório, de uma prática de não replicação dos ensaios em bancada, quanto à variabilidade da proveniência das amostras de CSM e sua heterogeneidade de composição, mesmo após preparação para análise, refletindo-se esta variabilidade na avaliação da qualidade intrínseca desta matéria-prima.

Mielnik *et al.* (2003) sugeriram que para diminuir a oxidação de ácidos gordos e alcançar uma diminuição substancial na perda de qualidade de CSM, a utilização de anti-oxidantes deve ser considerada durante todos os passos de manuseamento de CSM, a partir da fase de fabrico inicial.

## 5.4. Validação do índice de peróxidos usando o índice de iodo como parâmetro de controle.

Uma das dificuldades para avaliar o grau de oxidação reside na escolha do momento e do método analítico mais adequados para efetuar essa determinação. O IP relaciona-se com o aparecimento dos produtos primários de oxidação (peróxidos e hidropéroxidos) e o IndI com os produtos secundários da oxidação. Como o IP apresenta um comportamento gaussiano e o IndI diminui sempre com o avanço do processo oxidativo, o estudo de validação teve como objetivo verificar se amostras de carne se encontrariam, ou não, num “período de indução” ou de propagação inicial da reação, onde o avanço da degradação oxidativa é traduzido pelo aumento do IP (adaptado Silva, 1998a).

A determinação do índice de peróxidos (IP) pode, também, ser realizada sob diversas condições experimentais (Gheisari *et al.*, 2011), pelo que é importante a otimização da técnica ou a sua verificação, para efeitos de validação do procedimento analítico (Laranjeira *et al.*, 2013). A Tabela 26 mostra os resultados obtidos a partir do estudo prévio de validação paramétrica do IP, onde se testaram duas alterações à técnica (STD) seguida pela empresa.

**Tabela 26** - Resultados do IP realizados a produtos comerciais transformados (salsichas tipo *Franckfurt*) introduzindo alterações à técnica base (STD).

	Amostra	STD	V1	V2
	1	4,00	4,13	3,00
	2	3,80	2,77	2,90
	3	3,90	2,59	2,80
	4	4,00	2,98	2,90
	5	3,80	2,60	3,10
<b>Média (meq O<sub>2</sub>/kg)</b>		3,90	3,01	2,94
<b>Desvio Padrão, s (meq O<sub>2</sub>/kg)</b>		0,10	0,65	0,11
<b>Limite da repetibilidade, r (r = 3,747.s) (meq O<sub>2</sub>/kg)</b>		0,38	2,42	0,43
<b>Coefficiente variação repetibilidade, CVr(%)</b>		9,67	80,42	14,48

STD – Técnica base; V1 – Concentração do padrão de tiosulfato de sódio: diluição 1/10 da solução mãe (de 0,01N para 0,001N); V2 – tempo de reação (repouso, no escuro): de 1 para 5 minutos.

Por análise da Tabela 26 pode-se verificar que a técnica base (STD) apresenta um valor médio de IP (3,90 meq O<sub>2</sub>/kg) mais elevado que os obtidos pelas técnicas alternativas V1 e V2, (3,01 e 2,4 meq O<sub>2</sub>/kg, respetivamente), em amostras idênticas. Acresce que os limites de repetibilidade (r) e os respetivos coeficientes de variação de repetibilidade (CVr) de V1 e V2 são maiores que os obtidos pela técnica base, pelo que esta última é mais precisa.

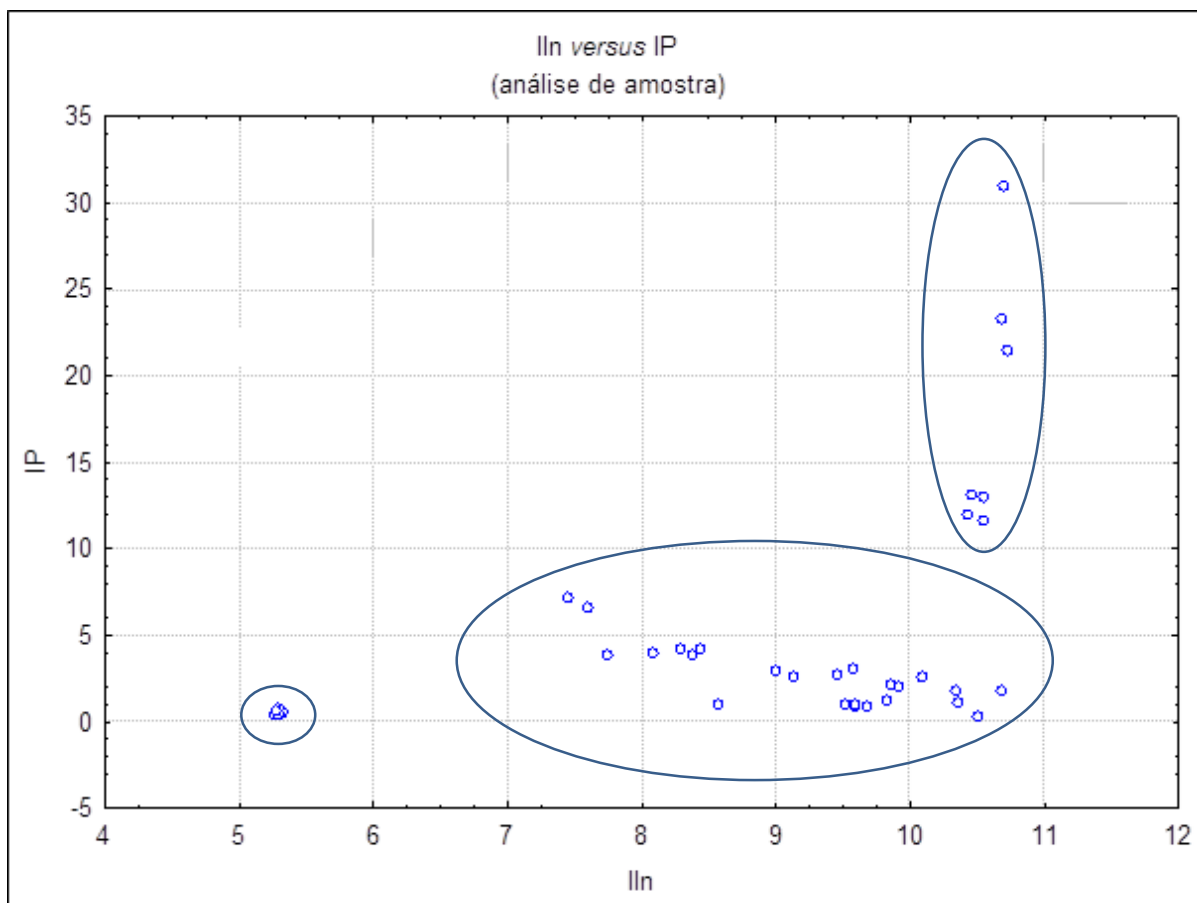
Verifica-se, assim, neste caso, que as práticas de diluição do padrão titulante (V1) ou de aumento do tempo de reacção de 1 para 5 minutos (V2), não contribuem positivamente para a *boa prática*, nem para o rigor analítico do procedimento. Concluiu-se que a técnica seguida pela empresa (SDT) é a que melhor expressa os resultados.

Analisando amostras de CMS fornecidas pela empresa, prosseguiu-se o estudo com o objectivo de estabelecer o tipo de correlação entre o IP e o IndI, considerando-se também os três tipos de preparação da amostra (*vide* 4.2.4.2).

Os dados foram analisados no programa Statistica, versão 7.0, submetidos à técnica fatorial de análise de variâncias ANOVA, teste de *Tukey* HSD, considerando duas variáveis independentes, método analítico (IP e IndI) e tipo de preparação da amostra (ATQ, AH e AES). Os resultados do teste *Post hoc* de Fisher, para um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ), encontram-se na Tabela 37 do Apêndice II. Foi ainda aplicado o teste de significância de Wilks (Tabela 41 do Apêndice II); os resultados desse teste mostraram existir interação entre as amostras e os métodos de análise (IP e IndI), para  $p < 0,05$  (o valor de  $p$  obtido foi de 0,010762). Apresentam-se também os resultados da análise de variância, do teste *Post hoc* distribuição Log-Normal, para determinação duma correlação entre os dois parâmetros.

Verificou-se que os resultados obtidos para o IP e para o IndI (Tabelas 38 e 39, Apêndice II) em função do tipo de preparação da amostra, dão resultados com diferenças significativas, obtendo-se também maior dispersão quando as amostras são submetidas a extração simples (AES) ou após hidrólise e extração (AH), do que com as amostras *tal e qual* (ATQ). Apesar de se terem encontrado, na análise estatística dos resultados, alguns grupos homogêneos (para os quais não existem diferenças significativas), conclui-se que a preparação da amostra influi nos resultados e se obtêm diferenças entre os procedimentos (Tabelas 38 e 39, Apêndice II).

A Figura 30 representa os pares de valores IP e IndI obtidos nos quatro ensaios realizados para este estudo. A Figura 31 permite evidenciar a correlação (logarítmica) entre os dois parâmetros.

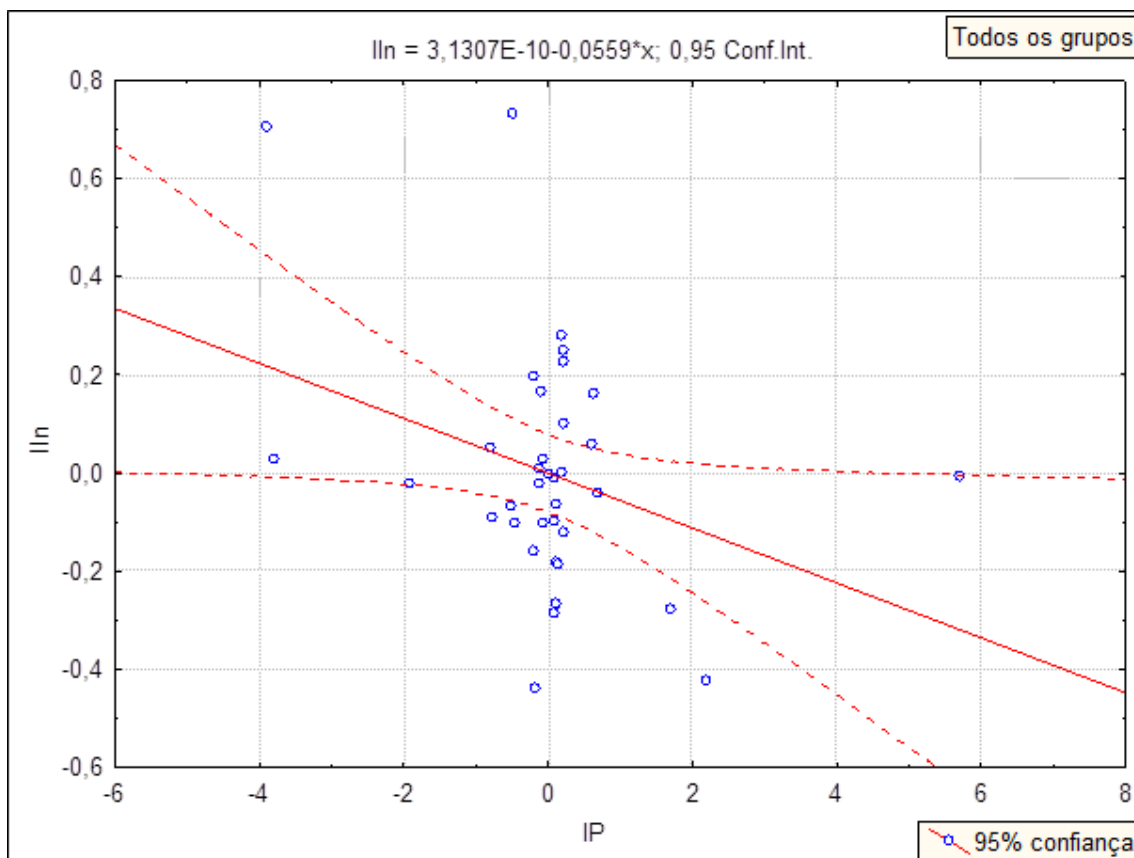


**Figura 30** - Pares de valores IP e IndI obtidos nos quatro ensaios realizados.

Na figura 30 (que traduz graficamente a informação apresentada nas Tabelas 38, 39 e 40, Apêndice II), podem-se distinguir três grupos de resultados. Um primeiro grupo muito homogêneo caracterizado por baixos valores de IP e de IndI que corresponde ao ensaio I e à amostra AES (Tabela 40, Apêndice II). Um segundo grupo que inclui a maior parte dos pontos (e todos aqueles que foram obtidos com amostras *tal e qual*, ATQ) e um terceiro grupo caracterizado por elevados valores de IP e que corresponde aos 2<sup>os</sup> e 4<sup>os</sup> ensaios das amostras AH.

Estes resultados, analisados globalmente, permitem concluir que se obtém melhor precisão analítica (para IP e para IndI) com amostras *tal e qual*. Conclui-se que é este o tipo de preparação de amostra que se revela mais adequado para os produtos e as duas metodologias em estudo.

A Figura 31 mostra graficamente a correlação logarítmica (Log-Normal) entre os parâmetros IndI e IP considerando todos os ensaios e preparações de amostra (36 pontos). A Tabela 27 apresenta o coeficiente de correlação entre os dois parâmetros.



**Figura 31** - Correlação entre os parâmetros IndI e IP considerando todos os ensaios e preparação de amostra.

**Tabela 27** - Correlação entre o IP e o IndI.

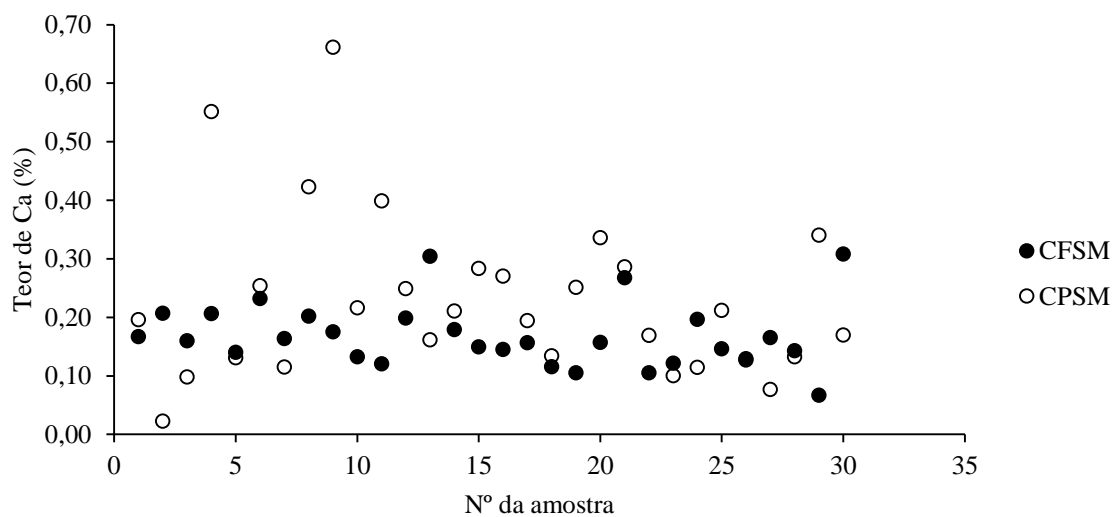
	IP	IIn
IP	1	-0,614
IndI	-0,614	1

Apesar da dispersão de resultados, observável na Figura 31, estabelece-se estatisticamente uma correlação inversa entre os dois parâmetros, para 95% de confiança, validada pelo valor do seu coeficiente de correlação experimental ( $r = -0,614$ ) (Tabela 27).

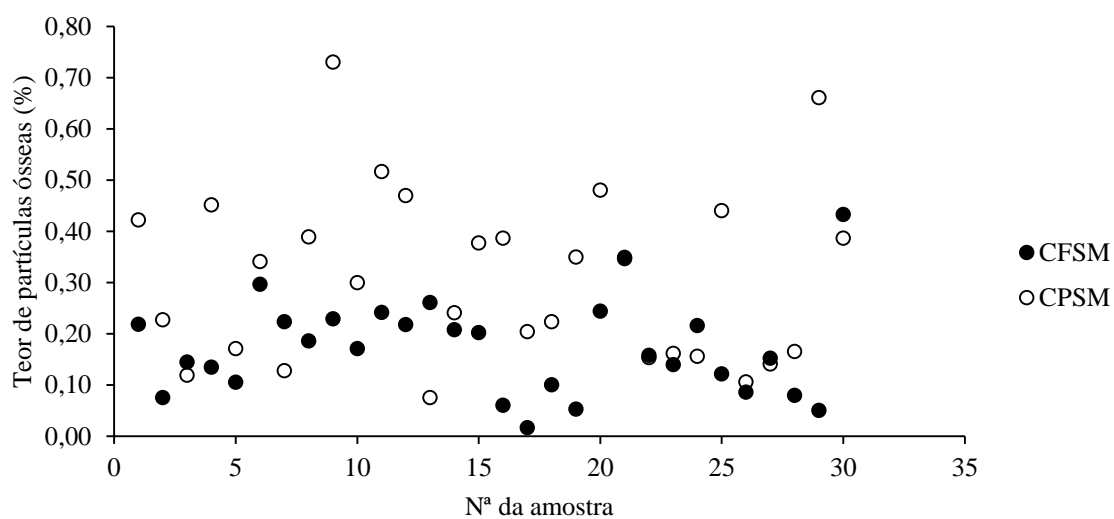
Demonstra-se assim que o modelo matemático é válido, IndI e IP apresentam uma evolução logarítmica inversamente proporcional para as amostras de CSM em estudo (IP aumenta e IInd diminui) e portanto, que o grau de oxidação destas amostras é inferior ao ponto crítico de oxidação (Silva, 1998a), a partir do qual o IP deixaria de ter valor (significado preciso) enquanto indicador de degradação da qualidade (Laranjeira *et al.*, 2013). O procedimento para determinação do índice de peróxidos, enquanto indicador de degradação oxidativa de CSM, foi validado.

## 5.5. Teores de cálcio e de partículas ósseas

As Figuras 32 e 33 mostram a dispersão dos resultados obtidos para o teor de cálcio e de partículas ósseas, respetivamente e as Tabelas 28 a 32 mostram os resultados estatísticos.



**Figura 32** - Gráfico de dispersão para os resultados do teor de cálcio na CFMS e na CPSM.



**Figura 33** - Gráfico de dispersão para os resultados do teor de partículas ósseas na CFMS e na CPSM.

**Tabela 28** - Média, desvio padrão, coeficiente de variabilidade, máximo e mínimo dos resultados obtidos para o teor de cálcio e de partículas ósseas para CFMSM e CPSM.

	Teor de cálcio (%)		Teor partículas ósseas (%)	
	F	P	F	P
<b>Média</b>	0,17	0,23	0,17	0,31
<b>DP</b>	0,06	0,14	0,10	0,17
<b>CVr</b>	33,19	61,03	56,88	53,74
<b>Máx</b>	0,31	0,66	0,43	0,73
<b>Min</b>	0,07	0,02	0,02	0,08

O teor médio de cálcio, em percentagem mássica, foi de 0,16% para a CFMSM, com valores a variar entre 0,07 % e 0,31 %. A carne de peru apresentou valores médios de 0,23 %, com um mínimo de 0,02 % e um máximo de 0,66 %. O teor de partículas ósseas variou entre 0,02 % e 0,43 % na CFMSM e entre 0,08 e 0,73 % na CPSM. Os valores médios foram de 0,17 % na carne de frango, com um desvio padrão de 0,10, e de 0,31 %, com um desvio padrão de 0,17 na CPSM.

**Tabela 29** - Teste F: duas amostras para variâncias (teor de cálcio).

	CFMSM	CPSM
Média	0,1690	0,2296
Variância	0,0031	0,0196
Observações	30	30
gl	29	29
F	0,157	
P(F<=f) uni-caudal	1,66E-06	
F crítico uni-caudal	0,537	

**Tabela 30** - Teste T: duas amostras com variâncias desiguais (teor de cálcio).

	CFMSM	CPSM
Média	0,169	0,230
Variância	0,003	0,020
Observações	30	30
Hipótese de diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	-2,204	
P(T<=t) uni-caudal	0,017	
t crítico uni-caudal	1,686	
P(T<=t) bi-caudal	0,034	
t crítico bi-caudal	2,024	

**Tabela 31** - Teste F: duas amostras para variâncias (partículas ósseas).

	CFSM	CPSM
Média	0,173	0,311
Variância	0,009	0,028
Observações	30	30
gl	29	29
F	0,314	
P(F<=f) uni-caudal	0,001	
F crítico uni-caudal	0,537	

**Tabela 32** - Teste T: duas amostras com variâncias desiguais (partículas ósseas).

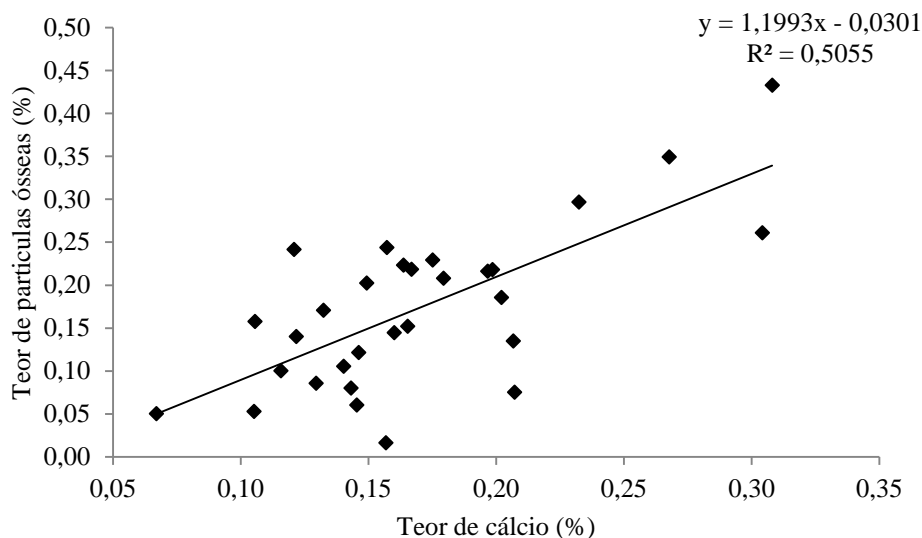
	CFSM	CPSM
Média	0,173	0,311
Variância	0,009	0,028
Observações	30	30
Hipótese de diferença de média	0	
gl	46	
Stat t	-3,955	
P(T<=t) uni-caudal	1,31E-04	
t crítico uni-caudal	1,679	
P(T<=t) bi-caudal	0,000	
t crítico bi-caudal	2,013	

Para ambos os parâmetros, o teste F mostrou variâncias desiguais ( $P(F \leq f)$  unicaudal  $< 0,05$ ) e o teste T, assumindo variâncias desiguais, revelou medias significativamente diferentes entre ambas as espécies de carnes, com a carne de peru apresentando uma média de 0,31 %, muito significativamente maior que o registado na carne de frango.

No presente estudo, o teor de cálcio, encontra-se dentro da gama proposta pelos Regulamentos EUA, Code of Federal Regulations 9 CFR 381.173, em que o teor de cálcio não deve exceder 0,235 % (m/m) em carnes de peru e 0,175 % (m/m) em carnes de frango, uma vez que o peru apresenta ossos maiores, o teor de cálcio proveniente do osso aumenta ligeiramente. Enquanto, os teores de cálcio obtidos foram superiores ao indicado como conforme pelo Regulamento (CE) N.º 2074/2005 da Comissão de 5 de Dezembro de 2005, segundo o qual o teor de cálcio não deve exceder 0,1 %.

Relativamente à relação entre o teor de cálcio e o teor de partículas ósseas, a Figura 34 mostra o gráfico de regressão linear entre o teor de cálcio e o teor de partículas ósseas da

carne separada mecanicamente e a correlação entre os dois parâmetros estão representados na Tabela 33.



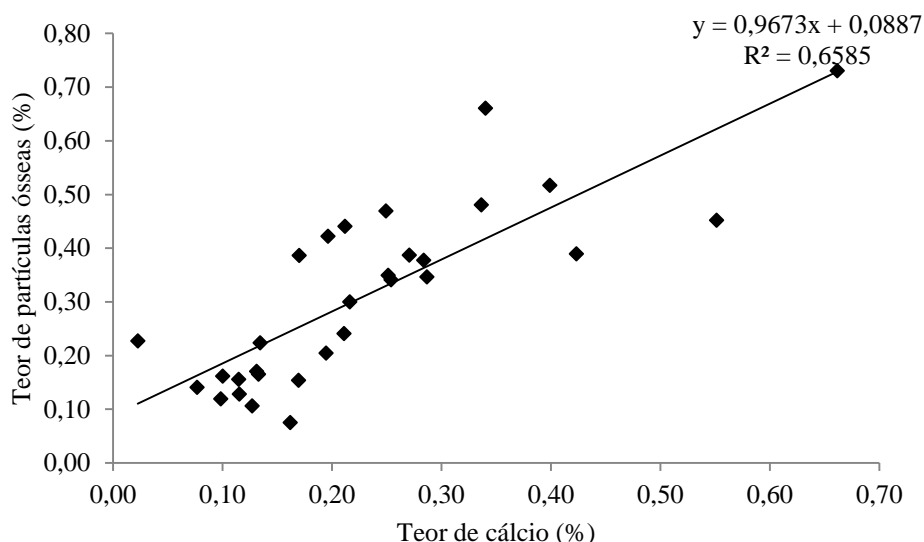
**Figura 34** - Regressão linear entre os teores de cálcio e de partículas na CFMS.

**Tabela 33** - Correlação entre os teores de cálcio e de partículas ósseas na CFMS.

	Teor de cálcio	Teor de partículas ósseas
Teor de cálcio	1	-0,711
Teor de partículas ósseas	0,711	1

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ), mostra que em 50 % dos casos o teor de cálcio influenciou o teor de partículas ósseas ( $R^2=0,5055$ ). É possível afirmar, por análise da correlação que existe uma relação significativa entre as duas variáveis ( $r=0,711$ ) para  $\alpha=0,05$ . Komrska *et al.* (2011), obtiveram, em CFMS um valor semelhante, 0,718.

A relação entre o teor de cálcio e de partículas ósseas na carne de peru separada mecanicamente está representada na Figura 35, por meio de um gráfico de regressão linear e a correlação está exibida na Tabela 34.



**Figura 35** - Regressão linear entre os teores de cálcio e de partículas ósseas na CPSM.

**Tabela 34-** Correlação entre os teores de cálcio e de partículas ósseas na CPSM.

	Teor de cálcio	Teor de partículas ósseas
Teor de cálcio	1	0,811
Teor de partículas ósseas	0,811	1

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ), mostra que em 50 % dos casos o teor de cálcio influenciou o teor de partículas ósseas ( $R^2=0,5055$ ).

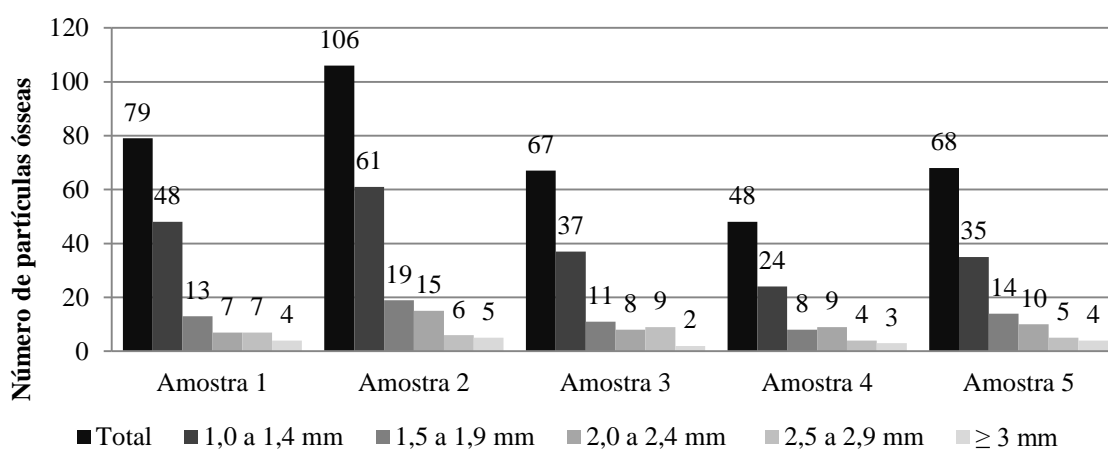
Segundo o gráfico de regressão linear, é possível concluir que em 61,9% dos casos o teor de cálcio influenciou o teor de partículas ósseas. ( $R^2=0,6192$ ). A análise de correlação dos parâmetros mencionados revela que existe uma correlação significativa entre as duas variáveis ( $r=-0,811$ ) para  $\alpha=0,05$ .

Segundo alguns autores, como Al-Najdawi & Abdullah (2002) e Henckel *et al.* (2004), o teor de cálcio está diretamente relacionado com a presença de fragmentos ósseos. Neste sentido, procedemos à análise da relação entre o teor de cálcio o teor de partículas ósseas nas amostras que estudamos. O teor de cálcio tem sido geralmente utilizado como uma forma indireta da determinação do teor de partículas ósseas em carnes separadas mecanicamente (Trindade *et al.*, 2004; Serdaroçlu *et al.*, 2005). A análise da relação e da correlação dos teores de cálcio e de partículas ósseas no nosso trabalho confirmaram a relação entre os dois parâmetros referida pelos autores, que concluíram que um elevado teor de cálcio geralmente está associado a uma elevada quantidade de partículas ósseas. Em ambas as espécies

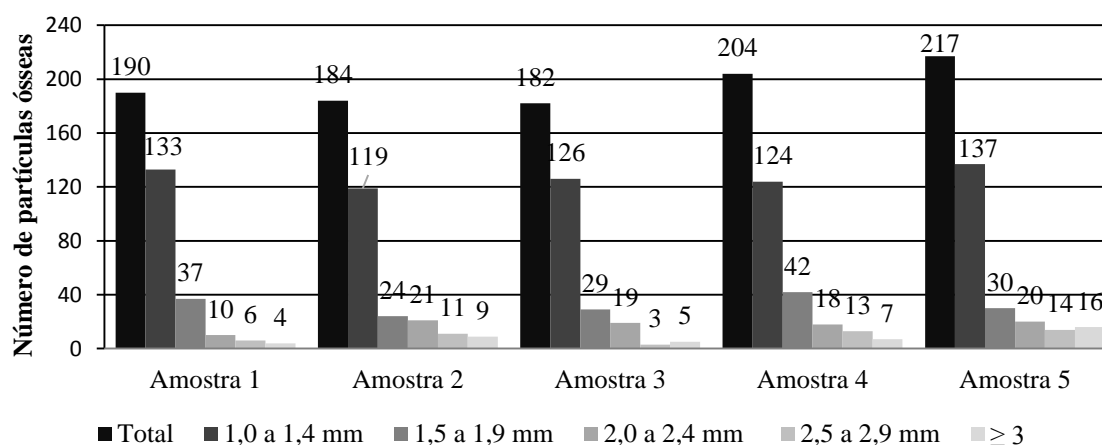
analisadas neste projeto, o teor de cálcio aumenta com o teor de partículas ósseas, contudo a correlação entre estes dois parâmetros foi mais forte nas carnes de peru que nas carnes de frango.

### 5.5.1. Dimensão das partículas ósseas

As dimensões das partículas ósseas das nossas amostras medidas encontram-se representadas nas Figuras 17 (CFSM) e 18 (CPSM), separadas por classes de tamanho (1,0 a 1,4 mm, 1,5 a 1,9 mm, 2,0 a 2,4 mm, 2,5 a 2,9 mm e  $\geq 3$  mm).



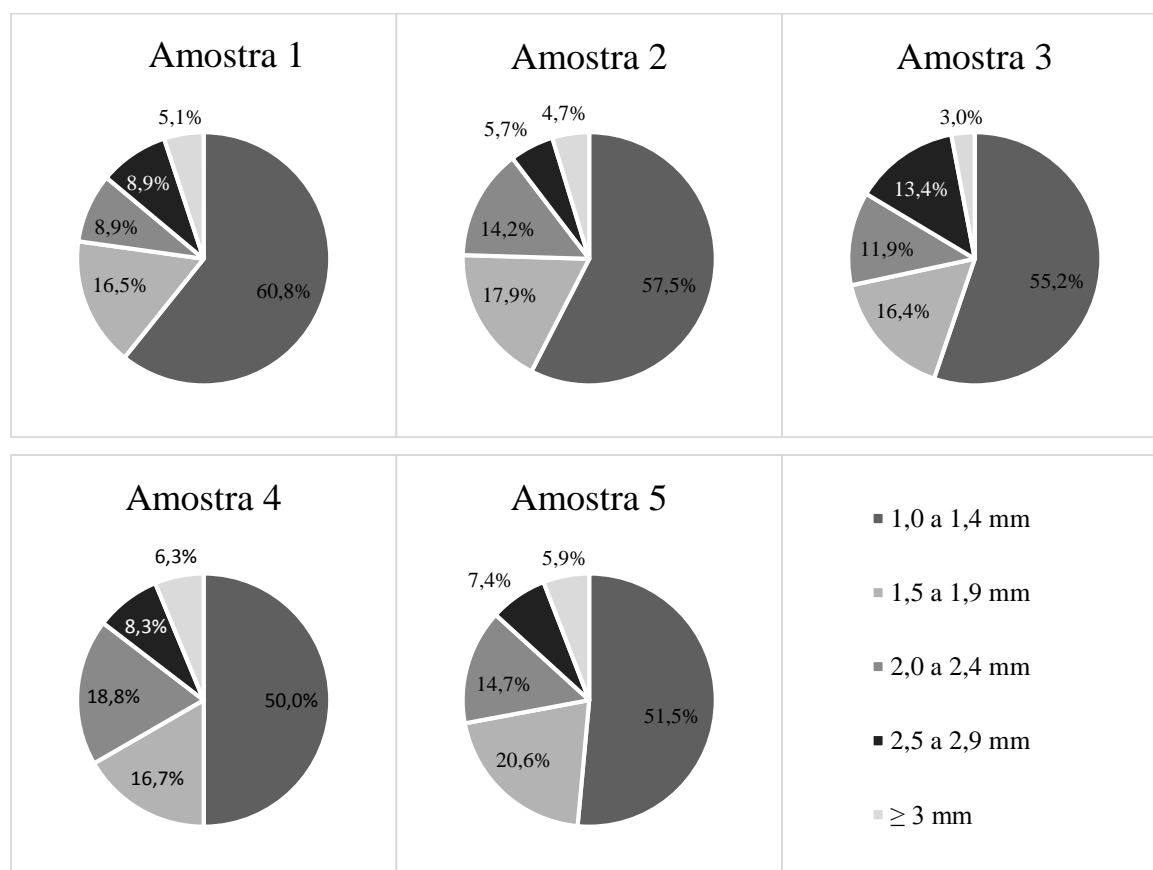
**Figura 36** - Representação gráfica do número total das partículas ósseas encontradas nas amostras de carne de frango separada mecanicamente e em cada classe de tamanho.



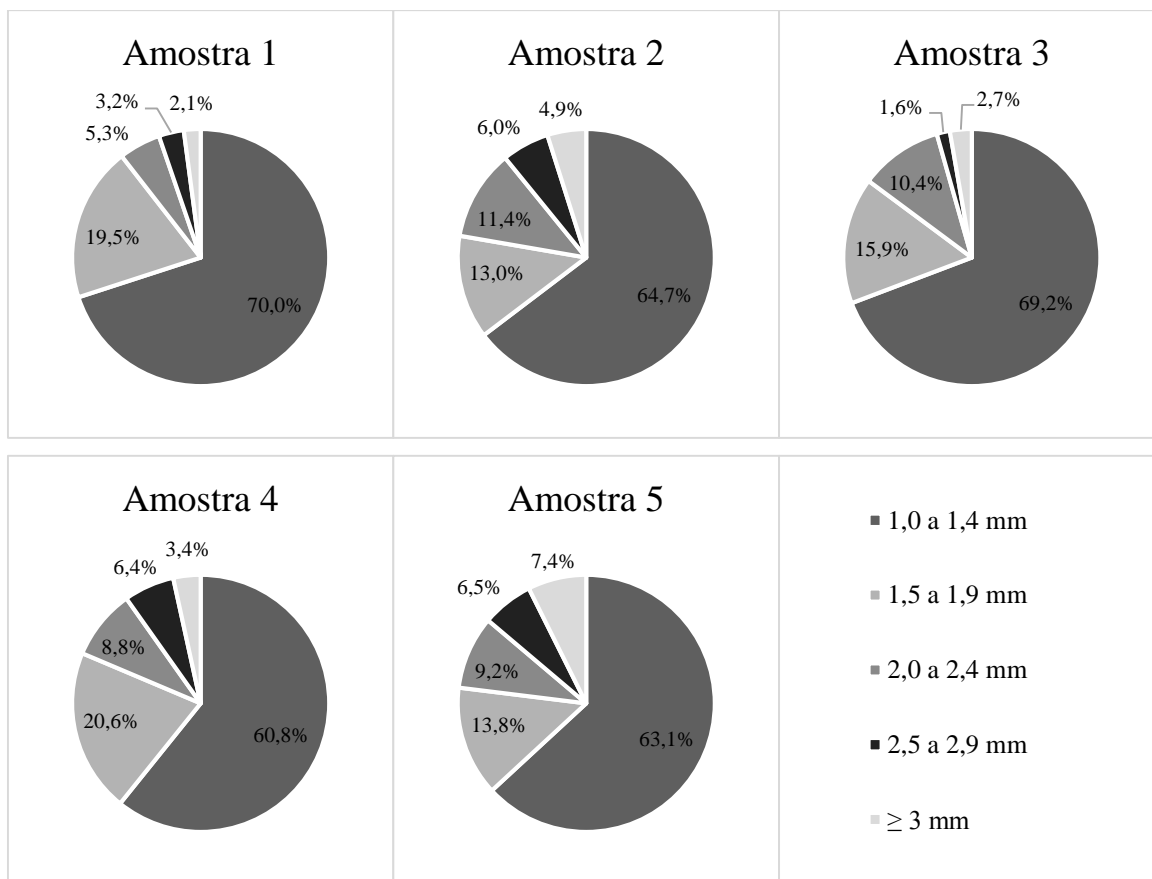
**Figura 37** - Representação gráfica do número total das partículas ósseas encontradas nas amostras de carne de peru separada mecanicamente e em cada classe de tamanho.

Por análise das Figuras anteriores pode-se verificar que o número total de partículas ósseas foi superior nas amostras de carne de peru que nas amostras de carne de frango. Nas amostras de carne de peru o número total de partículas ósseas variou entre 182, na amostra 3, e 217, na amostra 5. Enquanto nas amostras de carne de frango, o número de partículas ósseas variou entre as 48 partículas, na amostra 4, e as 106, na amostra 2. O maior número de partículas ósseas encontradas nas carnes de peru pode ser justificado pelo fato de o peru apresentar ossos de maiores dimensões (Froning & McKee, 2001) e mais duros devido à sua calcificação ao longo da idade (Field, 2000).

Os resultados anteriores foram distribuídos em percentagem por classes de distribuição de dimensões de partículas e encontram-se representados nas Figuras 19 e 20.



**Figura 38** - Percentagem das diferentes classes de tamanho de partículas ósseas, em cada uma das amostras de carne de frango.



**Figura 39** - Percentagem das diferentes classes de tamanho de partículas ósseas, em cada uma das amostras de carne de peru.

Pode-se verificar que em todas as amostras de carne de frango, a percentagem de partículas ósseas correspondente à classe de 1,0 a 1,4 mm – o intervalo com as partículas de menores dimensões – foi menor que nas amostras de carne de peru. Nesta classe a percentagem de partículas ósseas nas amostras de carne de frango variou entre 50 %, na amostra 4, e 60,8 %, na amostra 1. Nas amostras de peru a variação foi de 60,8% a 70 %, nas amostras 4 e 1, respetivamente.

Tendo em conta que apenas foram contabilizadas as partículas ósseas com dimensões superiores a 1 mm, podemos verificar que nas carnes de frango e de peru, 17,62 % e 16,56 % das partículas ósseas, respetivamente, apresentaram dimensões entre 1,5 mm e 1,9 mm. Ou seja, nesta classe, com partículas maiores que na anterior, a CPSM já tem uma percentagem menor que na CFSM.

Nas amostras analisadas, em ambas as espécies, houve partículas ósseas com dimensões superiores a 2 mm. As carnes de frango apresentaram 26,6 % de partículas com dimensões superiores a 2 mm e as carnes de peru 18 %.

Conclui-se, portanto, que o número de partículas foi superior na CPSM, mas que as partículas nesta foram de menores dimensões, uma vez que a CPSM só teve uma maior percentagem de partículas na classe de partículas de menores dimensões, enquanto a CFMSM nas duas classes seguintes – maiores dimensões – teve maiores percentagens.

### **Limite de aceitabilidade do teor de cálcio e de partículas ósseas**

O Regulamento N.º 2074/2005 da Comissão de 5 de Dezembro de 2005, Anexo IV, prescreve um valor limite de 0,1% (= 100 mg/100 g ou 1 000 ppm) para teor de cálcio na carne separada mecanicamente. Este valor resulta de uma tolerância para o teor de cálcio proveniente do osso que é incorporado na carne. O Regulamento dos EUA (Code of Federal Regulations 9 CFR 381.173) indica que o teor de cálcio das CSM não deve ser superior a 0,235% quando feita a partir de aves maduras ou perus e 0,175 quando feita a partir de outras aves. Os limites superiores de aceitação para o teor de cálcio, no Regulamento dos EUA, dependendo da espécie em questão, permite que os métodos de separação facilmente cumpram os valores em vigor.

Os valores médios de cálcio observados no nosso estudo excederam (0,17 na carne de frango e 0,23 na carne de peru) os valores legalmente indicados, pelo limite de aceitabilidade do Regulamento N.º 2074/2005 da Comissão de 5 de Dezembro de 2005, Anexo IV. Contudo, apresentaram um teor de cálcio dentro dos valores apresentados pelos Regulamentos dos EUA.

Na EU não existe qualquer regulamento que defina o tamanho das partículas ósseas, mas o Regulamento dos EUA (Code of Federal Regulations 9 CFR 381.173) indica que o teor de partículas ósseas não deve exceder 1%, sendo que pelo menos 98% deve ter um tamanho máximo de 1,5 mm e não deverá haver nenhuma partícula óssea com dimensões superiores a 2,0 mm. Baptista *et al.* (2003), também refere que durante o processo de separação mecânica o produto final não pode ser contaminado por fragmentos ósseos que excedem os 2 mm, pois podem representar um perigo físico para o consumidor.

Os teores médios de partículas ósseas encontrados no decorrer do estudo (0,17 % na carne de frango e 0,31 % na carne de peru) excederem os valores indicados pelo Regulamento dos EUA (Code of Federal Regulations 9 CFR 381.173). No que se refere às dimensões das partículas ósseas, todas as amostras por nós analisadas, quer as amostras de carne de frango,

quer as amostras que carne de peru, apresentaram partículas ósseas com dimensões superiores a 2 mm.

O limite do teor de cálcio é bastante apertado definido pelo Regulamento N.º 2074/2005 da Comissão de 5 de Dezembro de 2005, Anexo IV tem o intuito de restringir o número e dimensões das partículas ósseas, daí não existir na EU qualquer regulamento que defina o tamanho das partículas ósseas. Contudo, a partir dos resultados obtidos no nosso estudo foi possível demonstrar que um limite de cálcio de acordo com o legalmente permitido não garante que os tamanhos das partículas ósseas se possam considerar legalmente conformes.

## 6. CONCLUSÕES FINAIS

As diferenças encontradas entre os diferentes parâmetros analisados no que respeita à composição centesimal muito possivelmente são atribuídos à diferença de idade ao abate entre as duas espécies animais. O teor de matéria gorda e de humidade foram semelhantes para ambas as espécies de carnes, contudo o teor de matéria gorda é ligeiramente superior na carne de peru enquanto que o teor de humidade é um pouco superior na carne de frango. O teor de cinzas é significativamente superior na carne de peru, pois este apresenta ossos maiores e mais calcificados. Após análise dos resultados é possível concluir que a composição centesimal da carne de peru e de frango não tem qualquer tipo de influência na qualidade da carne. O valor do pH também superior na carne de peru.

O IP superior na carne de peru que na carne de frango, muito possivelmente está relacionado com o maior teor de matéria gorda, contudo foi comprovado que os valores de IP determinados encontram-se abaixo do ponto crítico de oxidação e que o aumento deste índice traduz um aumento da degradação oxidativa.

A partir dos resultados obtidos para o teor de cálcio e de partículas ósseas, em que a carne de peru apresentou teores superiores à da carne de frango e uma correlação mais forte, podemos concluir que a idade ao abate influi na qualidade da CSM.

Em suma, a idade ao abate teve influência nos resultados de todos os parâmetros analisado, em que a carne de frango, de uma forma geral apresentou valores mais aceitáveis que os valores obtidos na carne de peru.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Abdullah, B., Al-Najdawi, R. (2005): *Functional and sensory properties of chicken meat from spent-hen carcasses deboned manually or mechanically in Jordan*. International Journal of Food Science and Technology. Vol 40 no 5, 537-543.
- Al-Najdawi, R.; Abdullah, B. (2002): *Proximate composition, selected minerals, cholesterol content and lipid oxidation of mechanically and hand-deboned chickens from the Jordanian market*. Meat Science. Vol 61 no 3, 243-247.
- Anónimo, (2012): <http://www.youtube.com/watch?v=rkDaajzamfA>, acedido a 26-02-2012
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1997): *Peroxide Value of Oils and Fats, AOAC Official Method 965.33*, 16th edn., edited by William Horvitz, Washington, D.C., Chapter 41, 1997, 9B.
- Australian Meat Technology (AMT) (1997): Peroxide Value. Meat Research Corporation. Australia. [http://www.meatupdate.csiro.au/data/Micro\\_Testing\\_Advisory\\_Pack\\_15-98.pdf](http://www.meatupdate.csiro.au/data/Micro_Testing_Advisory_Pack_15-98.pdf).
- Australian Meat Technology (AMT) (1998): Iodine Value. Meat Research Corporation. Australia. [http://www.meatupdate.csiro.au/data/Micro\\_Testing\\_Advisory\\_Pack\\_20-98.pdf](http://www.meatupdate.csiro.au/data/Micro_Testing_Advisory_Pack_20-98.pdf).
- Babji, A.S., Fatimah, S., Abolhassani, Y. and Ghassem, M (2010): *Nutritional quality and properties of protein and lipid in processed meat products – a perspective*. International Food Research Journal vol 17, no. 1, 35-44.
- Baptista, P.; Noronha, J.; Oliveira, J.; Saraiva, J. (2003): *Modelos Genéricos de HACCP*. De Colecção - Segurança Alimentar na Indústria Agro-Alimentar, publicado por Forvisão- Consultoria em Formação Integrada, Lda.; Guimarães.
- Barbut, S. (2002): *Inspection, grading, cut up and composition in Poultry Products Processing*. An Industry Guide. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Beehive (2012): <http://www.provisur.com/beehive>, acedido a 26-02-2012

- Botka-Petrak, K.; Hraste, A.; Lucić, H.; Gottstein, Ž.; Gomerčić, M.D.; Jakšić, S.; Petrak, T. (2011): *Histological and chemical characteristics of mechanically deboned meat of broiler chickens*. Journal Veterinarski Arhiv. Vol. 81, no. 2, 273-283.
- Branscheid, W. e Judas, M. (2011). *Detection of bone in meat*. In: *Handbook of Analysis of Edible Animal By-Products*. CRC Press, 247-285.
- Branscheid, W., Judas, M., Höreth, R. (2009): *The morphological detection of bone and cartilage particles in mechanically separated meat*. Meat Science. Vol 81, no 4, 46-50.
- Chang, H. (2007): *Overview of the world broiler industry: implications for the philippines*. Asian Journal of Agriculture and Development. Vol 4 no 2, 67-82.
- Clydesdale, F. M. (1998): *Color: origin, stability, measurement and quality*. Pages 175-190 in *Food Storage Stability*. Irwin A. T. and Singh R. P. eds, CRC Press, Florida.
- Code. of. Federal. Regulations. 9 CFR 381.173.
- Codex Alimentarius Commission, CAC/RCP 58-2005: *Código de prácticas de higiene para a carne*.
- Crawford, L. M. (s. d.): *Advanced meat recovery systems*. Center for Food & Nutrition Policy.
- Crosland, A.R; Patterson, R.L.; Higman, R.C.; Stewart, C. A.; Hargin, K.D. (1995): *Investigation of methods to detect mechanically recovered meat in meat products - I: Chemical composition*. Meat Science. Vol 40, no 3, 289-302.
- Directiva da Comissão 2001/101/CE de 26 de Novembro de 2001. Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º L 310 de 28/11/2001, 19-21.
- Erickson, M. C. (2002): *Lipid oxidation of muscle foods*. Pages 383-429 in *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*, Third Edition edited by Akoh, C. C.; Min, D. B., Second Edition, Marcel Dekker, New York.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2010): *Agribusiness Handbook: Poultry Meat & Eggs*.

- Ferrari, C., K., B., Torres, E., F., S. (2002): *Lipid oxidation and quality parameters of sausages marketed locally in the town of São Paulo (Brazil)*. Czech Journal Food Science, vol. 20, no. 4, 144–150.
- Field R. A. (2004): *Mechanically recovered meat*. In: Encyclopedia of Meat Science. San Diego, CA: Academic Press, 720-727.
- Field, R. A. (1999): *Bone marrow measurements for mechanically recovered products from machines that press bones*. Meat Science Vol 51, no 3, 205–214.
- Field, R. A. (2000): *Ash and calcium as measures of bone in meat and bone mixtures*. Meat Science Vol 55, no 3, 255–264.
- Field, R. A.; Arasu, P. (1981): *A simple method for estimating amount of red marrow present in mechanically deboned meat*. Journal of Food Science Vol 46, no 5, 1622–1623
- Froning, G. W. & S. R. McKee (2001): *Mechanical separation of poultry meat and its use in products*. Pages 243-256 in Poultry Meat Processing. A. R. Sams, ed. Washington, CRC Press.
- Froning, G. W. (1981): *Mechanical deboning of poultry and fish*. Advances in Food Research, Volume 27, 110-147.
- Froning, G.W.; Cunningham, F.E.; Suderman, D.R.; Sackett, B.M. (1981): *Characteristics of bone particles and measurement of bone particle size from mechanically deboned poultry*. Poultry Science. Vol 60, no 7, 1443–1447.
- Gheisari, H., R. (2011): *Correlation between acid, TBA, peroxide and iodine values, catalase and glutathione peroxidase activities of chicken, cattle and camel meat during refrigerated storage*. Veterinary World. Vol 4, 153-157.
- Gomes, H. A.; Silva, E. N.; Nascimento, M. R. L.; Takuji-Fukuma, H. (2003): *Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat*. Food Chemistry, Oxford, vol. 80, no. 3, 433-437.
- Groves K, 2011. Evaluation of Simple Microscopy Protocol for Identifying Mechanically Separated Meat in Pork, Chicken and Turkey. Leatherhead Food research, 1-52. [http://www.governmentchemist.org.uk/dm\\_documents/4.Kathy\\_Groves\\_4Ggv7.pdf](http://www.governmentchemist.org.uk/dm_documents/4.Kathy_Groves_4Ggv7.pdf)

- Haščík, P., Garlík, J., Elimam, I. O. E., Kačániová, M., Pochop, J., Bobko, M., Kročko, M., Benczová, E. (2011): *Sensory quality of poultry meat after propolis application*. In Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, vol. 1, no. 1, p. 70-82.
- Hecer, C., Sözen B. H. U. (2011): *Microbiological properties of mechanically deboned poultry meat that applied lactic acid, acetic acid and sodium lactate*. African Journal of Agricultural Research vol. 6, no 16, 3847-3852.
- Henckel, P., M. Vyberg, S. Thode, and S. Hermansen. (2004): *Assessing the quality of mechanically and manually recovered chicken meat*. Food Science. Technololy Vol 37, no 6, 593-601.
- Ikhlas, B., Huda N., Noryati I. (2011): *Chemical composition and physicochemical properties of maetballs prepared from mechanically deboned quail meat using various types of flour*. International Journal of Poultry Science vol. 10, no 1, 30-37.
- Ionescu, A., Aprodu, I., Zara, M.L., Gurau, G. (2003a): *Researches concerning biochemical stability of mechanical deboned poultry meat during freezing*. The Annals of the University Dunarea de Jos Galati. Fascicle VI – Food Technology, 38-43.
- Ionescu, A., Aprodu, I., Zara, M.L., Vasile, A., Gurau, G. (2003b): *The obtaining and characterization of the mechanically deboned chicken myofibrillar protein concentrates*. The Annals of the University Dunarea de Jos Galati. Fascicle VI – Food Technology, 44-52.
- Kolsarici, N.; Candoğan, K.; Akoğlu, I. T. (2010): *Effect of frozen storage on alterations in lipids of mechanically deboned chicken meats*. Gıda. Vol. 35, no 6, 403-410.
- Komrska, P., Tremlova, B., Štarha, P., Simeonovova, J., Randulova, Z. (2011): *A comparison of histological and chemical analysis in mechanically separated meat*. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. Vol 59, no. 1, 145-151.
- Koolmees, J., G., Bijker, P., G., Van Logtestijn, J., G., Tuinstra-Melgers, J. (1986): *Histometrical and chemical analysis of mechanically deboned pork, poultry and veal*. Journal of Animal Science. Vol 63, no 6, 1830-1837.

- Kranen, R. W. T. H.; Van Kuppevelt, H. A.; Goedhart, C. H.; Veerkamp, E.; Lambooy, J. H.; Veerkamp (1999): *Hemoglobin and myoglobin content in muscles of broiler chickens*. Poultry. Science. Vol 78, 467–476.
- Ladikos, D., Lougovois, V. (1990): *Lipid Oxidation in Muscle Foods: A Review*. Food Chemistry, vol 35, 295-314
- Laranjeira, C.; Ventura, C.; Bermejo, S.; Ribeiro, M.; Henriques, M. (2013): *Óleos alimentares usados: caracterização físico-química para selecção de indicadores de degradação de qualidade e de melhores práticas laboratoriais disponíveis*. Revista da UIIPS. Vol.2. Junho de 2013. 256-286. ISSN 2182-9608. <http://www.ipsantarem.pt/arquivo/5004>
- Lawrie, R.A. & Ledward, D.A. (2006): *Lawrie's meat science. 7th ed.*, 105-108. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge: England and CRC Press Boca Raton, New York, Washington DC.
- Lima, É., S., Abdalla, D., S., P. (2001): *Peroxidação lipídica: mecanismos e avaliação em amostras biológicas*. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, vol. 37, no 3, 293-303.
- Marel (2012): <http://marel.com/poultry-processing/systems-and-equipment/broilers/meat-harvesting/meat-harvesters/dmp45-minced-meat-system/301?prdct=1&pc=1>, aceso a 26-02-2012
- Mariutti, L., R., B., Bragagnolo, N. (2009): *A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (Salvia officinalis, L.) e de alho (Allium sativum, L.) como antioxidantes naturais*. Revista do Instituto Adolfo Luz, vol 68, no 1, 1-11.
- Michiels, C.; Remacle, J. (1991): *Cytotoxicity of linoleic acid peroxide, malondialdehyde and 4-hydroxynonenal towards human fibroblasts*. Toxicology, Vol 66, no 2, 225-234.
- Mielnik, M. B.; Aaby, K.; Skrede, G. (2003) *Commercial antioxidants control lipid oxidation in mechanically deboned turkey meat*. Meat Science; vol 65, no 2, 1147-1155.
- Min, B., Ahn, D., U. (2005): *Mechanism of Lipid Peroxidation in Meat and Meat Products -A Review*. Food Sci. Biotechnol. vol. 14, no. 1, 152-163.

- Nagy, J., Lenhardt, L., Korimová, L., Dičáková, Z., Popelka, P., Pipová, M., Tomková, I. (2007): *Comparison of the quality of mechanically deboned poultry meat after different methods of separation*. Meso, Broj 2, Ožujak – Travanj, vol. 10, 92-95
- Nawar, W. W. (1996): *Lipids in Food Chemistry*, thirth edition. Edited by Fennema, O. R., 225-320
- NCC (National Chicken Council). 2011. Statistics and research. How broilers are marketed. <http://www.nationalchickencouncil.org/about-the-industry/statistics/how-broilers-are-marketed/>. Acedido a 09.01.2012.
- Negatu, Z.; Mcnitt, J. I.; Mcmillin, K. W. (2006): *Determination of small bone fragments in mechanically separated rabbit meat*. Journal of Muscle Foods. Vol 17 no2, 185-197.
- Nielsen, S.S. (2010). *Food analysis*. 4th edition. Nova Iorque: Spring Science-Business Media. 550p
- Niki, E., Yoshida, Y., Saito, Y., Noguchi, N. (2005): *Lipid peroxidation: Mechanisms, inhibition, and biological effects*. Biochemical and Biophysical Research Communications. Vol 338, no 1, 668-676
- Norma Portuguesa – 1613:1979, Carnes, derivados e produtos cárneos. Determinação da matéria gorda total. Método de referência.
- Norma Portuguesa – 1615:2002, Carnes e produtos cárneos. Determinação da cinza total. Método de referência.
- Norma Portuguesa – 3441 2008 Determinação do pH. Método de referência.
- OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2011. <http://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?QueryId=30101&vh=0000&vf=0&l&il=blank&l ang=en>. Acedido a 10.10.2012
- Ozkececi, R.B., Karakaya, M., Yilmaz, M.T., Saricoban, C., Ockerman H.W. (2008): *The Effect of Carcass Part and Packaging Method on the Storage Stability of Mechanically Deboned Chicken Meat*. Journal of Muscle Foods vol 19, no3, 288–301.

- Pérez-Alvarez, J. A.; Fernández-López, J. (2007): *Chemical and biochemical aspects of color in muscle foods*. Pages 25-44. Nollet, L.;ed. Handbook of meat, poultry and seafood quality.
- Perlo, F., Bonato, P., Teira, G., Fabre, R., Kueider, S. (2006): *Physicochemical and sensory properties of chicken nuggets with washed mechanically deboned chicken meat: Research note*. Meat Science Vol 72, no 4, 785-788
- Pettersen, M. K., Mielnik, M. B., Eie, T., Skrede, G., Nilsson, A. (2004): *Lipid oxidation in frozen, mechanically deboned turkey meat as affected by packaging parameters and storage conditions*. Poultry Science, vol 83, 1240-1248.
- Püssa, T.; Raudsepp, P.; Toomik, P.; Pällin, R.; Mäeorg, U.; Kuusik, S.; Soidla, R.; Rei, M. (2009): *A study of oxidation products of free polyunsaturated fatty acids in mechanically deboned meat*. Journal of Food Composition and Analysis, vol 22, no 24, 307-314.
- Reeds, P., Schaafsma, G., Tome, D. and Young, V. (2000): *Criteria and significance of dietary protein sources in humans. Summary of the workshop with recommendations*. The Journal of Nutrition, vol 130, no. 7, 1874S-1876S.
- Regulamento (CE) N.º 2074/2005 da Comissão de 5 de Dezembro de 2005. Jornal Oficial das Comunidades Europeias N.º L 338 de 22.12.2005, 27p.
- Regulamento (CE) N.º 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Abril de 2004. Jornal Oficial das Comunidades Europeias N.º L 139 de 30.04.2004, 55p.
- Sams, A. R. (2001): *Introduction to poultry meat processing*. Pages 1-2 in Poultry Meat Processing. A. R. Sams, ed. CRC Press, Washington, DC.
- Schaafsma, G. (2000): *The protein digestibility – corrected amino acid score*. The Journal of Nutrition, vol 130, no. 7, 1865S– 1867S.
- Serdaroçlu, M., Yildiz Turp, G., Baçdatlioçlu, N. (2005): *Effect off deboning methods on chemical composition and some properties of beef and turkey meat*. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, vol 29, 707–802.
- SERVO (2012): <http://www.servo-maszyny.pl/en,p,11039,beehive-separator.html>, acedido a 26-02-2012

- Shahidi, F.; Zhong, Y. (2005): *Lipid Oxidation: Measurement Methods*. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, F Shahidi, John Wiley & Sons Ltd, 357-386.
- Sifre, L.; André, B.; Coton, J. P. (2009): *Development of a system to quantify muscle fibre destructureation*. Meat Science. Vol 81 no 3, 515-522.
- Silva, F., A., M.; Borges, (1998b): *Síntese de derivados de ácidos cinamicos determinação da actividade anti-radicalar e antioxidante*. Dissertação de candidatura ao grau de Mestre em Controlo de Qualidade (área de especialização: Água e Alimentos) apresentada à Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto.
- Silva, F., A., M.; Borges, M., F., M., Ferreira, M., A (1998a): *Métodos de avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante*. Quimica Nova, Vol 22, no 1, 94-103
- Soyer, A.; Özalp, B.; Dalmis, Ü.; Bilgin, V. (2010): *Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat*. Food Chemistry Vol 120, no 4, 1025–1030.
- Stryer, L. (1988): *Biochemistry*. WH. Freeman and Company, 3rd Edition, New York.
- Sun, Y-E.; Wang W-D.; Chen H-W.; Li, C. (2011): *Autoxidation of unsaturated lipids in food emulsion*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, vol. 51, no 5, 453–466.
- Townsend, catálogo Townsend DMO 45 System (2012): [http://www.proteconlangen.com/userdocs/productDetails/en\\_DMPHarvesting.pdf](http://www.proteconlangen.com/userdocs/productDetails/en_DMPHarvesting.pdf), acedido a 26-02-2012.
- Tremlová, B., Starha, P. (2003): *Histometric evaluation of meat products – determination of area and comparison of results obtained by histology and chemistry*. Czech Journal of Food Sciences, Vol 21, no 3 101–106.
- Trindade, M.A., Felicio, P.E., Castilho, C.J.C. (2004): *Mechanically Separated Meat of Broilerbreeder and White Layer Spent Hens*. Scientia Agricola, vol 61, no2, 234-239.
- Tuboly, E.; Lebovics, V. K.; Gaál, Ö; Mészáros, L.; Farkas, J. (2003): *Microbiological and lipid oxidation studies on mechanically deboned turkey meat treated by hydrostatic pressure*. Journal of Food Engineering. Vol 56, no 2-3 , 241-244.

WATTAgNET (2012): <http://www.wattagnet.com/9071.html>, acessado a 26-02-2012

World Health Organization (W.H.O) ou Organização Mundial de Saúde (O.M.S) (2001):  
*Human Vitamin and Mineral Requirements*. Roma

World Health Organization (W.H.O) ou Organização Mundial de Saúde (O.M.S) (2007):  
*Protein and amino acid requirements in human nutrition*.

World Intellectual Property Organization (WIPO): (2012):  
<http://patentscope.wipo.int/search/en/WO2004019703>, acessado a 26-02-2012.

Yuste, J., Mor-Mur, M., Capellas, M., Guamis, B., Pla, R. (1999): *Mechanically Recovered Poultry Meat Sausages Manufactures with Hydrostatic Pressure*. Poultry Science vol. 78, no 6, 914-921.

# APÊNDICE I

**Tabela 35** - Valores encontrados para a composição centesimal (teor de gordura, teor de humidade e teor de cinzas), pH, índice de peróxidos, teor de cálcio e teor de partículas ósseas em carnes separadas mecanicamente de frango (F) e peru (P) (n=30)

	Composição centesimal						pH	Índice Peróxidos		Cálcio		Partículas Ósseas		
	Gordura		Humidade		Cinzas			(meq O <sub>2</sub> /kg)		(%)		(%)		
	F	P	F	P	F	P		F	P	F	P	F	P	
1	18,82	20,28	68,29	65,88	1,01	1,48	6,5	6,4	2,94	4,00	0,17	0,20	0,22	0,42
2	20,75	16,18	64,77	64,11	1,08	1,00	6,4	6,3	2,20	8,82	0,21	0,02	0,08	0,23
3	21,83	16,75	65,91	68,01	0,91	0,96	6,5	6,2	5,60	5,40	0,16	0,10	0,14	0,12
4	17,29	20,64	67,90	65,47	1,12	1,31	6,7	6,6	3,58	8,85	0,21	0,55	0,13	0,45
5	16,63	15,24	67,35	68,68	1,07	1,12	6,5	6,3	3,46	2,35	0,14	0,13	0,11	0,17
6	19,33	18,70	64,48	66,35	1,19	1,36	6,2	6,4	4,23	4,00	0,23	0,25	0,30	0,34
7	17,60	18,54	68,22	65,96	1,04	1,00	6,5	6,4	5,00	6,00	0,16	0,12	0,22	0,13
8	18,91	15,79	65,13	68,89	1,19	1,34	6,4	6,4	2,94	8,24	0,20	0,42	0,19	0,39
9	17,26	16,46	65,33	64,54	1,25	2,00	6,5	6,6	3,85	5,60	0,18	0,66	0,23	0,73
10	18,33	23,08	67,61	64,24	0,98	1,07	6,6	6,5	4,15	3,53	0,13	0,22	0,17	0,30
11	18,34	18,50	66,60	64,36	1,05	1,48	6,3	6,4	4,60	5,88	0,12	0,40	0,24	0,52
12	18,72	17,70	66,45	67,81	1,10	1,39	6,8	6,5	3,20	7,06	0,20	0,25	0,22	0,47
13	18,70	15,42	65,24	69,28	1,27	1,10	6,6	6,4	9,60	5,40	0,30	0,16	0,26	0,08
14	18,23	16,20	67,63	68,05	0,98	1,16	6,5	6,6	3,40	3,92	0,18	0,21	0,21	0,24
15	17,86	20,45	66,39	63,65	1,20	1,27	6,5	6,3	7,40	4,42	0,15	0,28	0,20	0,38
16	18,42	16,09	67,06	67,96	0,97	1,23	6,4	6,4	3,53	5,60	0,15	0,27	0,06	0,39
17	18,34	19,28	62,88	68,35	1,03	1,00	6,6	6,8	4,00	7,80	0,16	0,19	0,02	0,20
18	18,64	17,99	63,92	67,66	1,00	0,97	6,6	6,7	5,00	4,31	0,12	0,13	0,10	0,22
19	15,63	15,23	65,44	69,68	1,05	1,14	6,4	6,5	7,84	6,86	0,11	0,25	0,05	0,35
20	19,47	22,18	65,74	63,13	1,04	1,24	6,5	6,4	3,00	5,10	0,16	0,34	0,24	0,48

**Tabela 35 (cont.)** - Valores encontrados para a composição centesimal (teor de gordura, teor de humidade e teor de cinzas), pH, índice de peróxidos, teor de cálcio e teor de partículas ósseas em carnes separadas mecanicamente de frango (F) e peru (P) (n=30) (Cont.)

	Composição centesimal						pH		Índice Peróxidos (meq O <sub>2</sub> /kg)		Cálcio (%)		Partículas Ósseas (%)	
	Gordura (%)		Humidade (%)		Cinzas (%)									
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
<b>21</b>	18,98	22,12	64,50	61,76	1,28	1,27	6,5	6,3	2,88	1,37	0,27	0,29	0,35	0,35
<b>22</b>	15,91	15,55	67,39	70,68	1,05	1,05	6,6	6,6	4,12	4,00	0,11	0,17	0,16	0,15
<b>23</b>	19,19	18,34	65,05	64,51	1,04	0,93	6,5	6,2	5,88	10,60	0,12	0,10	0,14	0,16
<b>24</b>	21,76	17,37	65,66	65,81	1,04	1,15	6,4	6,3	3,80	3,85	0,20	0,11	0,22	0,16
<b>25</b>	19,32	21,60	66,19	61,35	1,02	1,27	6,5	6,3	3,46	6,80	0,15	0,21	0,12	0,44
<b>26</b>	18,55	20,41	65,26	62,75	1,07	1,03	6,4	6,2	6,60	3,80	0,13	0,13	0,09	0,11
<b>27</b>	19,50	20,72	68,17	64,58	1,04	0,84	6,7	6,3	2,69	6,73	0,17	0,08	0,15	0,14
<b>28</b>	18,88	18,21	67,50	65,12	0,95	1,10	6,6	6,3	1,92	3,27	0,14	0,13	0,08	0,17
<b>29</b>	19,48	17,08	66,13	66,47	0,92	1,65	6,5	6,4	2,83	3,00	0,07	0,34	0,05	0,66
<b>30</b>	17,96	22,03	67,29	61,67	1,31	1,16	6,5	6,2	3,46	4,60	0,31	0,17	0,43	0,39

# APÊNDICE II

Tabela 36 - Resultados obtidos para os valores de IP e IndI nos ensaios de validação do método.

	Amostra tal e qual		Amostra hidrolisada				Amostra com extração simples				
	IP	IndI	GB (g)	IP	GB (g)	IndI	GL (g)	IP	GL (g)	IndI	
Ensaio I	1	3,80	7,75	0,2250	0,29	1,1238	10,51	0,7574	0,40	1,0463	5,27
	2	3,90	8,09	0,6934	0,86	0,7424	9,69	0,9602	0,45	0,8287	5,32
	3	4,19	8,44	0,7535	0,89	0,7049	9,52	1,0367	0,70	0,9588	5,30
	4	3,79	8,39	0,7447	0,89	0,7674	9,60	1,0414	0,40	0,9596	5,30
	5	4,19	8,29	0,7455	0,90	0,8382	9,60	1,0456	0,60	0,9355	5,29
	Média	3,97	8,19	0,63	0,77	0,84	9,78	0,97	0,51	0,95	5,30
	DP	0,20	0,28	0,23	0,27	0,17	0,41	0,12	0,13	0,08	0,02
Ensaio II	1	2,90	9,01	0,9187	12,99	0,9063	10,56	0,7849	1,20	0,7449	9,84
	2	2,60	9,13	0,9978	13,09	0,8956	10,46	0,7735	2,00	0,7748	9,92
	3	2,70	9,46	0,9333	11,90	0,9272	10,43	0,7252	2,10	0,7322	9,87
	4	3,00	9,57	0,9532	11,59	0,9310	10,55	0,7350	2,60	0,8027	10,09
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Média	2,80	9,29	0,95	12,39	0,92	10,50	0,75	1,97	0,76	9,93
	DP	0,18	0,27	0,03	0,76	0,02	0,06	0,03	0,58	0,03	0,11
Ensaio III	1	-	9,22	0,5265	50,48	0,6240	9,66	0,4716	6,59	0,4377	7,60
	2	-	9,19	0,4959	50,75	0,7494	9,85	0,4711	1,00	0,4973	8,58
	3	-	9,10	0,5939	78,14	0,7083	10,00	0,4517	7,09	0,4281	7,45
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Média	-	9,17	0,54	59,79	0,69	9,84	0,46	4,90	0,45	7,87
	DP	-	0,06	0,05	15,89	0,06	0,17	0,01	3,38	0,04	0,61
Ensaio IV	1	-	-	0,9778	21,36	0,9753	10,73	0,8268	1,80	0,9018	10,69
	2	-	-	0,9924	23,26	1,0325	10,68	0,8184	1,10	0,7984	10,37
	3	-	-	1,0024	30,86	1,0093	10,69	0,8485	1,80	0,7706	10,35
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Média	-	-	0,99	25,16	1,01	10,70	0,83	1,56	0,82	10,47
	DP	-	-	0,01	5,02	0,03	0,03	0,02	0,40	0,07	0,20

GB – Gordura Bruta; GL – Gordura Livre

**Tabela 37** - Teste Post hoc de Fisher

Ensaio	Método	n	IP				IndI			
			Média	DP	-95%	95%	Média	DP	-95%	95%
E1	AH	5	<b>0,77<sup>c</sup></b>	0,266198	0,43503	1,09608	<b>9,78<sup>b c</sup></b>	0,413541	9,26880	10,29576
E1	ATQ	5	<b>3,97<sup>a</sup></b>	0,204317	3,72002	4,22741	<b>8,19<sup>a</sup></b>	0,279583	7,84386	8,53816
E1	AES	5	<b>0,51<sup>c</sup></b>	0,134208	0,34309	0,67637	<b>5,30<sup>e</sup></b>	0,018559	5,27430	5,32039
E2	AH	4	<b>12,39<sup>d</sup></b>	0,758455	11,18582	13,59956	<b>10,50<sup>d</sup></b>	0,063286	10,39928	10,60068
E2	ATQ	4	<b>2,80<sup>b</sup></b>	0,183187	2,50471	3,08769	<b>9,29<sup>b</sup></b>	0,266999	8,86744	9,71715
E2	AES	4	<b>1,97<sup>b</sup></b>	0,579179	1,05090	2,89410	<b>9,93<sup>c</sup></b>	0,113042	9,74958	10,10933

**Tabela 38** - Diferenças significativas entre os diferentes métodos de determinação do IP.

Ensaio	Método	Média IP	c	b	a	d
			1	2	3	4
3	E1	AES	0,50973	****		
1	E1	AH	0,76555	****		
6	E2	AES	1,97250		****	
5	E2	ATQ	2,79620		****	
2	E1	ATQ	3,97371			****
4	E2	AH	12,39269			****

**Tabela 39** - Diferenças significativas entre os diferentes métodos de determinação do IndI.

Ensaio	Método	Média IndI	b	c	e	a	d
			1	2	3	4	5
3	E1	AES	5,29735			****	
2	E1	ATQ	8,19101				****
5	E2	ATQ	9,29229	****			
1	E1	AH	9,78228	****			
6	E2	AES	9,92946		****		
4	E2	AH	10,49998				****

**Tabela 40** - Correlação entre os parâmetros IndI e IP considerando todos os ensaios e preparação das amostras.

Ensaio	Método	n	Média IP	DP	-95%	95%	Média IndI	DP	-95%	95%
E1	AH	5	0,76555	0,26620	0,43503	1,09608	9,78228	0,413541	9,26880	10,29576
E1	ATQ	5	3,97371	0,20432	3,72002	4,22741	8,19101	0,279583	7,84386	8,53816
E1	AES	5	0,50973	0,13421	0,34309	0,67637	5,29735	0,018559	5,27430	5,32039
E2	AH	4	12,39269	0,75846	11,18582	13,59956	10,49998	0,063286	10,39928	10,60068
E2	ATQ	4	2,79620	0,18319	2,50471	3,08769	9,29229	0,266999	8,86744	9,71715
E2	AES	4	1,97250	0,57918	1,05090	2,89410	9,92946	0,113042	9,74958	10,10933
E3	AES	3	4,89522	3,38386	-3,51075	13,30118	7,87417	0,614519	6,34762	9,40072
E4	AH	3	25,15879	5,02448	12,67728	37,64030	10,70258	0,026171	10,63757	10,76759
E4	AES	3	1,56500	0,40411	0,56114	2,56886	10,46839	0,195265	9,98333	10,95346

**Tabela 41** - Teste de significância de Wilks

Teste	<i>P value</i>	F
Wilks	0,044245	280,8187
Wilks	0,010762	74,8755