



NOVA
NOVA SCHOOL OF
SCIENCE & TECHNOLOGY

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

VASCO DIAS DA COSTA CAMPOS

Licenciado em Biologia Celular e Molecular

ESTABILIZAÇÃO DE GORDURA RENDERIZADA A PARTIR DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL

O CAMINHO PARA A OTIMIZAÇÃO DE PRODUTOS EM
MERCADOS EMERGENTES

MESTRADO EM TECNOLOGIA E SEGURANÇA ALIMENTAR

Universidade NOVA de Lisboa
Outubro, 2022

ESTABILIZAÇÃO DE GORDURA RENDERIZADA A PARTIR DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL

O CAMINHO PARA A OTIMIZAÇÃO DE PRODUTOS EM MERCADOS
EMERGENTES

VASCO DIAS DA COSTA CAMPOS

Licenciado em biologia celular e molecular

Orientador: Ana Luísa Fernando,
Professora Associada, Universidade NOVA de
Lisboa

Coorientadores: José Tomás Parry Branco Apolinário,
Engenheiro agrónomo, Avibom Avícola S.A.

Júri:

Presidente: Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão,
Professora auxiliar, FCT NOVA

Arguente: Fernando Jorge Gomes da Costa,
Professor adjunto, ISEC Lisboa

Orientador: Ana Luísa Fernando,
Professora Associada, FCT NOVA

MESTRADO EM TECNOLOGIA E SEGURANÇA ALIMENTAR

Universidade NOVA de Lisboa
Outubro, 2022

ESTABILIZAÇÃO DE GORDURA RENDERIZADA A PARTIR DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL

Copyright © Vasco Dias da Costa Campos, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

A minha mãe é a mulher mais forte que conheci na vida. Tudo o que sou devo à minha mãe. Atribuo meu sucesso na vida à educação moral, intelectual e física que recebi dela. Amamos as nossas mães quase sem o saber e só nos damos conta da profundidade das raízes desse amor no momento da derradeira separação.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a professora Ana Luísa Almaça da Cruz Fernando na qualidade de orientadora desta dissertação e ao engenheiro José Tomás Parry Branco Apolinário na qualidade de coorientador pelo apoio, conhecimento e atenção disponibilizada para a elaboração deste projeto, não conseguiria atingir os objetivos estabelecidos sem a ajuda facultada.

Em seguida queria deixar os meus agradecimentos a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa por todos os anos de ensino que me foram prestados ao longo dos anos e queria também agradecer a Avibom Avícola S.A. por aceitarem a proposta de estágio de dissertação e pela oportunidade de observar e aprender sobre as peripécias do setor da indústria alimentar e um especial obrigado a todos os colaboradores da empresa que prestaram auxílio, especialmente aos colaboradores da unidade de transformação de subprodutos que acompanharam de perto toda a jornada deste projeto.

Finalmente, mas não de menos importância queria agradecer a parceira, e a toda a família que me foi apoiando emocionalmente e cujo afeto me abasteceu com a força de vontade e a coragem necessária para prosperar e completar esta etapa académica.

*“Plan for what it is difficult while it is easy, do what is great while it is small”
(Sun Tzu)*

RESUMO

A produção e o consumo mundial de carne têm seguido uma tendência em aumentar com o passar dos anos devido a globalização dos produtos alimentares. De entre as carnes, a carne de aves destaca-se como aquela que sofreu o maior aumento relativo na produção e procura comparativamente as outras. Preocupações em relação ao aumento da produção e consumo de carnes têm vindo a realçar a importância que tem o aproveitamento do elevado número de subprodutos originados pelo abate e transformação de aves, e, portanto, métodos de valorização destes têm vindo a ser otimizados ao longo dos anos como é exemplo o aproveitamento dos subprodutos para a produção de alimento para animais domésticos e de criação. A Avibom Avícola, S.A é uma sociedade com estrutura familiar e dedica-se ao abate de aves com capacidade para abater por hora 11500 aves. Devido ao abate significativo a Avibom Avícola, S.A possui uma unidade de transformação de subprodutos em farinha proteica e gordura de aves, ambos utilizados na indústria de produção de ração animal. A gordura é suscetível ao processo de oxidação lipídica que reduz a sua qualidade e valor comercial aumentando a sua acidez sendo de interesse a utilização de antioxidantes sintéticos para a estabilizar, no entanto nunca existiu uma abordagem científica em relação a concentração ótima deste aditivo a utilizar demonstrando então a necessidade de realizar uma monitorização da estabilidade do subproduto transformado ao longo do tempo com diferentes dosagens. Esta monitorização permitiu compreender a eficiência que diferentes concentrações de antioxidante têm no subproduto transformado realçando a necessidade da sua redução devido a sua ineficácia demonstrada para as condições da empresa na estabilização da gordura e realçando também a importância do controlo de outras variáveis, como a temperatura, na busca do melhoramento da estabilidade da gordura de aves.

Palavras-chave: subprodutos animais; gordura de aves; valorização de matéria orgânica; ração animal; antioxidantes sintéticos

ABSTRACT

The world production and consumption of meat has followed a tendency to increase over the years due to the globalization of food products. Among the meats, poultry stands out as the one that has suffered the greatest relative increase in production and demand compared to the others. Concerns regarding the increase in meat production and consumption have been emphasizing the importance of taking advantage of the high number of by-products originated from the slaughter and processing of poultry, and, therefore, methods of valuing these have been optimized over the years, as an example the use of by-products to produce food for domestic and farm animals. Avibom Avícola, S.A is a company with a family structure and is dedicated to the slaughter of birds with the capacity to slaughter 11,500 birds per hour and due to the significant slaughter, Avibom Avícola, S.A has a unit for the transformation of by-products into protein meal and poultry fat, both used in the animal feed industry. The rendered fat is susceptible to the lipid oxidation process, which reduces its quality and commercial value, by increasing its acidity, raising the need to use synthetic antioxidants to stabilize it, however, there has never been a scientific approach in relation to the optimal concentration of this type of additive at use, thus demonstrating the need to monitor the stability of the transformed by-product over time with different applied dosages. This monitoring made it possible to understand the efficiency that different concentrations of antioxidant have in the transformed by-product, highlighting the need for its reduction due to its inability to stabilize the poultry fat in the company's operational setting and highlighting the importance of controlling other variables, such as temperature, in the search for improvement of the poultry fat stability.

Keywords: animal by-products; poultry fat; organic material appreciation; animal feed; synthetic antioxidants

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	VI
RESUMO.....	IX
ABSTRACT	XI
ÍNDICE.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE TABELAS	XIX
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. GLOBALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CARNE.....	2
1.1.1. Contexto global e nacional da produção de carne de aves	4
1.2. SUBPRODUTOS DA PRODUÇÃO DE CARNE DE AVES	7
1.2.1. Subprodutos da produção de carne de aves e sua valorização	10
1.2.2. Estabilização da gordura extraída dos subprodutos da produção da carne de aves.....	12
1.2.3. Subprodutos transformados na indústria de "pet food"	14
1.2.4. Subprodutos de transformados na indústria da aquicultura	14
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
2.1. AVIBOM AVÍCOLA, S.A	17
2.1.1. Descrição geral.....	17
2.1.2. Processo de abate de aves na Avibom Avícola S.A	18
2.1.3. Unidade de transformação de subprodutos	19
2.1.4. Antioxidante SPECTRA ST.....	21
2.2. ABORDAGEM	23
2.2.1. Determinação da acidez da gordura animal	24
2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
3.1. ENSAIOS COM CONCENTRAÇÃO DE SPECTRA ST 500 G/TON.....	26
3.1.1. (Ensaio 1) Depósito 6 com dose de spectra st de 500 g/ton.....	26
3.1.2. (Ensaio 2) Depósito 13 com dose de spectra st de 500 g/ton e tampão árgon	27
3.1.3. (Ensaio 3) Depósito 6 e 13 com dose de spectra st de 500 g/ton	29
3.2. ENSAIOS COM CONCENTRAÇÃO DE SPECTRA ST 125 G/TON.....	32

3.2.1.	(Ensaio 4) Depósito 6 com dose de spectra st de 125 g/ton.....	32
3.2.2.	(Ensaio 5) Depósito 13 com dose de spectra st de 125 g/ton.....	34
3.3.	INFLUÊNCIA DE OUTROS FATORES NO PARÂMETRO DE ACIDEZ DA GORDURA DE AVES.....	36
3.4.	RELAÇÃO DA PERCENTAGEM DE ACIDEZ COM O VALOR DO SUBPRODUTO TRANSFORMADO.	38
3.5.	DESPEZA DE ANTIOXIDANTE SPECTRA ST PARA A GORDURA DE AVES.....	38
3.6.	DESPEZA DE ANTIOXIDANTE SPECTRA ST PARA A FARINHA PROTEICA.....	39
4.	CONCLUSÃO	42
	BIBLIOGRAFIA.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA REALIZADA COM DADOS DA FAO DE PRODUTORES DE CARNE PELO MUNDO EM VALOR ABSOLUTO DE TONELADAS NO INTERVALO DE TEMPO COMPREENDIDO ENTRE 1961 E 2020. AS CARNES COMPREENDIDAS NESTE GRÁFICO INCLUEM: BOVINA (VACA E BÚFALO), AVES, CAPRINA (CARNEIRO E CABRA), SUÍNA E CARNES DE CAÇA. FONTE: (RITCHIE AND ROSER, 2019) (FAOSTAT, 2020).	4
FIGURA 1.2 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA REALIZADA COM DADOS DA FAO DE PRODUTORES DE CARNE DE AVES NA UNIÃO EUROPEIA EM VALOR TOTAL DA CARNE DE AVES PRODUZIDA COMERCIALMENTE E DE ABATE EM EXPLORAÇÃO AVÍCOLA NO INTERVALO DE TEMPO COMPREENDIDO ENTRE 1961 E 2020. FONTE: (RITCHIE AND ROSER, 2019; FAO, 2020)	7
FIGURA 1.3 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMATIZADA DAS DIFERENTES CATEGORIAS DE SUBPRODUTOS E O SEU APROVEITAMENTO OU DESTINO TENDO EM CONTA O REGULAMENTO 1069/2009 DO PARLAMENTO EUROPEU.	9
FIGURA 1.4 - FLUXOGRAMA GENERALIZADO DO PROCESSO DE ABATE E TRANSFORMAÇÃO DE AVES COM OS PRINCIPAIS RESÍDUOS IDENTIFICADOS. FONTE: (FERREIRA <i>ET AL.</i> , 2018).....	11
FIGURA 1.5 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA SIMPLIFICADA DAS FASES DA REAÇÃO DE OXIDAÇÃO LIPÍDICA.	13
FIGURA 2.1 - REPRESENTAÇÃO BREVE E ESQUEMATIZADA DO FLUXOGRAMA DA OPERAÇÃO DE ABATE DE AVES REALIZADA NOS MATADOUROS DA AVIBOM AVÍCOLA, S.A. ESTÃO REPRESENTADOS AS PRINCIPAIS OPERAÇÕES UNITÁRIAS E OS PRINCIPAIS PONTOS DE OBTENÇÃO DE SUBPRODUTOS.....	19
FIGURA 2.2 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA SIMPLIFICADA DO PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS DE CARNE DE AVES. POR "SIZING" REFERE-SE À HOMOGENEIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS RECEBIDOS E PESADOS E "HEAT PROCESSING" DIZ RESPEITO A HIDROLISAÇÃO REALIZADA EM DIGESTORES COM PARÂMETROS DE TEMPERATURA DE PELO MENOS 133°C E PRESSÕES DE PELO MENOS 3 BAR. FONTE: (MEEKER, 2006).....	20
FIGURA 2.3 - REPRESENTAÇÃO DE ESTRUTURAS QUÍMICAS DE COMPOSTOS. A) É A ESTRUTURA DE HIDROXITOLUENO BUTILADO OU BHT (PUBCHEM, 2021A). B) SÃO AS ESTRUTURAS ISOMÉRICAS QUE REPRESENTA O HIDROXIANISOL BUTILADO (PUBCHEM, 2021B).	22
FIGURA 2.4 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA UNIDADE DE TRANSFORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS DA AVIBOM AVÍCOLA S.A. E DOS DEPÓSITOS DE ARMAZENAMENTO DE GORDURA OBTIDA A PARTIR DE SUBPRODUTOS DE ABATE DE AVES.	23

FIGURA 2.5 - ESQUEMA TEMPORAL DA ORGANIZAÇÃO DA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE RECOLHA DE DADOS DE ACIDEZ A DIFERENTES DOSAGENS DE ANTIOXIDANTE SPECTRA ST. CADA ENSAIO TEVE A DURAÇÃO DE 28 DIAS.....	24
FIGURA 3.1 - GRÁFICO REPRESENTATIVO DA COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DA PERCENTAGEM DE ACIDEZ MEDIDA NO DEPÓSITO 6 COM CONCENTRAÇÕES DE SPECTRA ST A 3 KG/TON E A 500 G/TON COM OS RESPECTIVOS DESVIOS PADRÕES REPRESENTADOS EM BARRA DE ERRO. AS LETRAS REPRESENTAM VALORES SIGNIFICATIVOS DE ACORDO COM O TESTE T DE DUAS AMOSTRAS COM VARIÂNCIAS DESIGUAIS ($P<0,05$), SENDO QUE LETRAS IGUAIS INDICAM QUE NÃO HÁ DIFERENÇA SIGNIFICATIVA.	27
FIGURA 3.2 - GRÁFICO REPRESENTATIVO DA COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DA PERCENTAGEM DE ACIDEZ MEDIDA NO DEPÓSITO 6 COM CONCENTRAÇÕES DE SPECTRA ST A 3 KG/TON E A 500 G/TON COM OS RESPECTIVOS DESVIOS PADRÕES REPRESENTADOS EM BARRA DE ERRO. AS LETRAS REPRESENTAM VALORES SIGNIFICATIVOS DE ACORDO COM O TESTE T DE DUAS AMOSTRAS COM VARIÂNCIAS DESIGUAIS ($P<0,05$), SENDO QUE LETRAS IGUAIS INDICAM QUE NÃO HÁ DIFERENÇA SIGNIFICATIVA.	28
FIGURA 3.3 - GRÁFICO REPRESENTATIVO DA COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DA PERCENTAGEM DE ACIDEZ COM OS RESPECTIVOS DESVIOS PADRÃO EM BARRA DE ERRO NO DEPÓSITO 6 COM O DEPÓSITO 13 AMBOS COM UMA CONCENTRAÇÃO DE SPECTRA ST DE 500 G/TON, MAS COM GÁS ÁRGON TAMPÃO APLICADO EM UM DELES. AS LETRAS REPRESENTAM VALORES SIGNIFICATIVOS DE ACORDO COM O TESTE T DE DUAS AMOSTRAS COM VARIÂNCIAS DESIGUAIS ($P<0,05$), SENDO QUE LETRAS IGUAIS INDICAM QUE NÃO HÁ DIFERENÇA SIGNIFICATIVA.....	29
FIGURA 3.4 - GRÁFICOS REPRESENTATIVOS DA COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DA PERCENTAGEM DE ACIDEZ COM OS RESPECTIVOS DESVIOS PADRÃO EM BARRA DE ERRO E A TEMPERATURA MÉDIA DO AR NO PERÍODO QUE FORAM RECOLHIDAS AMOSTRAS NO DEPÓSITO 6 E DEPÓSITO 13 AMBOS COM UMA CONCENTRAÇÃO DE SPECTRA ST DE 500 G/TON COM A) DADOS HISTÓRICOS RECOLHIDOS EM MESES FRIOS COM CONCENTRAÇÃO DE SPECTRA ST DE 3 KG/TON B) DADOS HISTÓRICOS RECOLHIDOS EM MESES QUENTES COM A CONCENTRAÇÃO DE SPECTRA ST DE 3 KG/TON. AS LETRAS REPRESENTAM VALORES SIGNIFICATIVOS DE ACORDO COM O TESTE T DE DUAS AMOSTRAS COM VARIÂNCIAS DESIGUAIS ($P<0,05$), SENDO QUE LETRAS IGUAIS INDICAM QUE NÃO HÁ DIFERENÇA SIGNIFICATIVA.	31
FIGURA 3.5 - GRÁFICOS REPRESENTATIVOS DA COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DA PERCENTAGEM DE ACIDEZ COM OS RESPECTIVOS DESVIOS PADRÃO EM BARRA DE ERRO E A TEMPERATURA MÉDIA DO AR NO PERÍODO QUE FORAM RECOLHIDAS AMOSTRAS NO DEPÓSITO 6 COM UMA CONCENTRAÇÃO DE SPECTRA ST DE 125 G/TON COM A) DADOS HISTÓRICOS RECOLHIDOS EM ÉPOCA FRIA COM CONCENTRAÇÃO DE SPECTRA ST DE 3 KG/TON E OS DADOS RECOLHIDOS NO ENSAIO 1 B) DADOS HISTÓRICOS RECOLHIDOS EM ÉPOCA QUENTE COM A CONCENTRAÇÃO DE SPECTRA ST DE 3 KG/TON E OS DADOS RECOLHIDOS NO ENSAIO 3. AS LETRAS REPRESENTAM VALORES SIGNIFICATIVOS DE ACORDO COM O TESTE T DE DUAS AMOSTRAS COM VARIÂNCIAS DESIGUAIS ($P<0,05$), SENDO QUE LETRAS IGUAIS INDICAM QUE NÃO HÁ DIFERENÇA SIGNIFICATIVA.	33
FIGURA 3.6 - GRÁFICOS REPRESENTATIVOS DA COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DA PERCENTAGEM DE ACIDEZ COM OS RESPECTIVOS DESVIOS PADRÃO EM BARRA DE ERRO E A TEMPERATURA MÉDIA DO AR NO PERÍODO QUE FORAM RECOLHIDAS AMOSTRAS NO DEPÓSITO 13 COM UMA CONCENTRAÇÃO DE SPECTRA ST DE 125 G/TON COM A) DADOS HISTÓRICOS RECOLHIDOS EM ÉPOCA FRIA COM CONCENTRAÇÃO DE SPECTRA ST DE 3 KG/TON E OS DADOS RECOLHIDOS NO ENSAIO 2 B) DADOS HISTÓRICOS RECOLHIDOS EM ÉPOCA QUENTE COM A CONCENTRAÇÃO DE SPECTRA ST DE 3 KG/TON E OS DADOS RECOLHIDOS NO ENSAIO 3. AS LETRAS REPRESENTAM VALORES SIGNIFICATIVOS DE ACORDO COM O TESTE T DE DUAS AMOSTRAS	

COM VARIÂNCIAS DESIGUAIS ($P < 0,05$), SENDO QUE LETRAS IGUAIS INDICAM QUE NÃO HÁ DIFERENÇA SIGNIFICATIVA35

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1.1 - VALORES PERCENTUAIS RELATIVOS DO CONSUMO DE CADA TIPO DE CARNE ATENDENDO AO TOTAL NO ANO DE 2019 DE ACORDO COM DADOS EXTRAÍDOS DA OECD. FONTE: (OECD iLIBRARY, 2019).....	5
TABELA 3.1 - VALORES ASSOCIADOS AO GASTO DE ANTIOXIDANTE SPECTRA ST PARA A RESPETIVA DOSAGEM ADICIONADA AO SUBPRODUTO TRANSFORMADO. ESTA ESTIMATIVA ASSUME O PREÇO DO ANTIOXIDANTE COMO 3,10 EUROS POR KG, O FUNCIONAMENTO DA UNIDADE DE TRANSFORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS DURANTE 8 HORAS NOS DIAS ÚTEIS SEMANAIS.	39
TABELA 3.2 - VALORES ASSOCIADOS AO GASTO DE ANTIOXIDANTE SPECTRA ST PARA A RESPETIVA DOSAGEM ADICIONADA AO SUBPRODUTO TRANSFORMADO A) FARINHA DE CARNE E B) FARINHA DE PENAS. ESTA ESTIMATIVA ASSUME O PREÇO DO ANTIOXIDANTE COMO 3,10 EUROS POR KG, O FUNCIONAMENTO DA UNIDADE DE TRANSFORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS DURANTE 8 HORAS NOS DIAS ÚTEIS SEMANAIS.....	40

Introdução

No contexto europeu a carne de aves é uma das mais produzidas servindo como uma grande reserva proteica na alimentação humana. Esta carne é também considerada um produto alimentar de acrescido valor nutricional e energético.

As indústrias de abate de aves produzem quantidades significativas de produtos destinados ao consumo humano já que as aves possuem alto rendimento em peso por abate individual podendo grande parte do animal ser comercializado de acordo com a legislação corrente (Comissão Europeia, 2008). Não obstante este facto, devido a essa mesma dimensão de produção, a indústria sempre se deparou com o problema do aproveitamento ou encaminhamento dos subprodutos que não são utilizados na alimentação humana (FAOSTAT, 2020).

Devido a políticas derivadas do conceito de economia circular e de legislações que vêm a ser implementadas pela comissão europeia tem-se tornado imperativo o aproveitamento destes subprodutos e a valorização dos mesmos (Parlamento Europeu e do Conselho, 2009). Diferentes métodos foram adotados ao longo dos anos de modo a valorizar estes subprodutos derivados da transformação do animal em carne, como por exemplo a produção de biodiesel utilizando lípidos extraídos da matéria orgânica animal. Visto isto o que outrora seria considerado "resíduo" da produção de carne de aves e descartado como tal poderá, dependendo da natureza do subproduto, ter hoje uma panóplia de processos e cadeias de valorização que os transformam em produtos com procura nos mercados atuais.

O âmbito deste projeto é rigorosamente um desses processos, mais precisamente, a transformação de subprodutos provenientes do abate e desmancha de aves em farinha proteica e gordura animal para fins de alimentação animal. Estes subprodutos transformados têm procura por parte de fabricantes de diversos tipos de ração animal como coprodutos.

O mercado emergente das “pet foods”, bem como o de ração para animais de criação e aquicultura apresenta-se então como uma grande área de interesse para a indústria alimentar de abate e processamento de aves uma vez que os subprodutos podem ser processados a matérias-primas que são usadas nessas indústrias (Meeker, 2006).

Como tal, esta área despoleta interesse visto que o impacto ambiental que advém do descarte impróprio ou aproveitamento ineficiente é negativo e pode ser de grande magnitude considerando a volumosa produção e consumo de carne de aves (FAOSTAT, 2011).

Os subprodutos transformados resultantes são avaliados pelas indústrias que as utilizam através de designados parâmetros sendo o principal utilizado na avaliação da qualidade a acidez média da matéria-prima. O valor deste parâmetro tem peso particular na rentabilidade da gordura animal já que para cada 1% de acidez média acima dos 3% incorre-se numa perda de 2% do preço da mesma. Isto é particularmente preocupante considerando que valores de acidez de 8% já implicam uma perda de 10% no valor comercial. Na tentativa de estabilizar e controlar o nível de acidez média da gordura animal começou-se a aditivar a mesma com um antioxidante sintético designado Spectra ST, no entanto nunca existiu uma abordagem científica em relação a concentração que deverá estar presente na gordura animal de modo a estabilizá-la. Como tal de modo a otimizar a quantidade empregue de antioxidante e advertidamente procurar reduzir se possível o investimento monetário neste aditivo e o dispêndio de recursos será realizado uma monitorização a longo prazo da acidez média da gordura animal a diferentes níveis de concentração de Spectra ST. Para além do interesse que este estudo representa para a empresa, este projeto está igualmente alinhado com as atuais preocupações de sustentabilidade. Este trabalho está então alinhado com os objetivos de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas, mais especificamente com o objetivo doze "consumo e produção responsável" no que diz respeito as metas de padrões de produção e consumo sustentável, utilização eficiente de recursos naturais e a redução da geração de resíduos. (“SDG Indicators,” 2021).

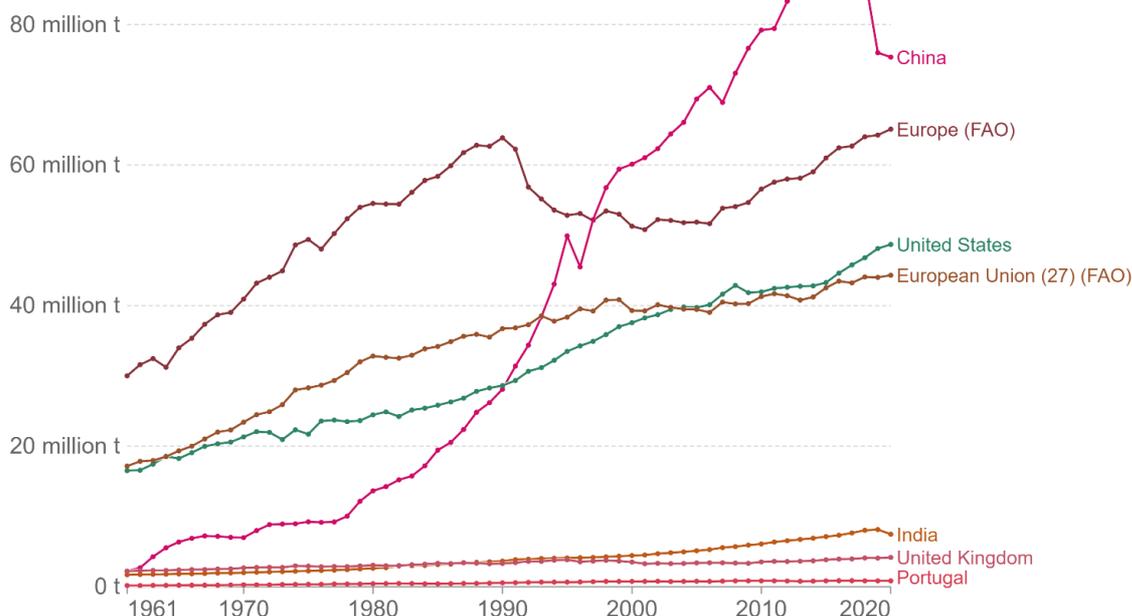
1.1. Globalização da produção de carne

A produção de carne é associada a impactos ambientais negativos devido a diversos fatores como as emissões poluentes resultantes desta atividade, afetando o solo, a atmosfera

e a água e também por causa do consumo de recursos naturais associados aos processos de produção bem como toda a cadeia de obtenção desses recursos. Apesar de existirem diferentes maneiras de analisar o impacto ambiental da produção de carne, é muito utilizado a metodologia de análise ao produto que se baseia nas conversões energéticas e aproveitamento de nutrientes tentando responder à questão "o que é que está implicado na produção de 1 kg de carne (Djekic, 2015). No entanto muitos países têm vindo a aumentar o consumo e produção dos diferentes tipos de carnes. Foram já realizados estudos que procuraram verificar que países estão a aumentar e que países a reduzir o consumo das principais carnes (bovina, suína, caprina e aves) e foi concluído que o desenvolvimento económico e social de muitos países resultou num aumento do consumo de carne tendo este quadruplicado desde 1961. O rápido aumento da população encorajou a expansão do setor pecuário com cerca de 80 mil milhões de animais de criação a serem abatidos por ano para produzir um aproximado de 340 milhões de toneladas de carne para consumo humano (Clark and Tilman, 2017). Existem dados que apontam que o consumo de carne já chegou ao auge em alguns países, mas que por outro lado muitos países com economias emergentes vêm a aumentar continuamente o seu consumo devido ao maior poder de compra por parte da população bem como maior acessibilidade (Whitton *et al.*, 2021). Exemplo disto é a China que tem vindo a liderar no mundo em termos de produção de carne ultrapassando a União Europeia a nível de produção como observável na Figura 1.1.

Meat production, 1961 to 2020

Meat includes cattle, poultry, sheep/mutton, goat, pigmeat, and wild game.



Source: UN Food and Agricultural Organization (FAO)

Note: Figures are given in terms of dressed carcass weight, excluding offal and slaughter fats.

OurWorldInData.org/meat-production • CC BY

Figura 1.1 - Representação gráfica realizada com dados da FAO de produtores de carne pelo mundo em valor absoluto de toneladas no intervalo de tempo compreendido entre 1961 e 2020. As carnes compreendidas neste gráfico incluem: bovina (vaca e búfalo), aves, caprina (carneiro e cabra), suína e carnes de caça. Fonte: (Ritchie and Roser, 2019) (FAOSTAT, 2020).

1.1.1. Contexto global e nacional da produção de carne de aves

As alterações climáticas e o impacto ambiental têm vindo a motivar indivíduos a reduzir o consumo de certos tipos de carnes (Sanchez-Sabate and Sabaté, 2019). Considerações sobre o bem-estar animal e a saúde humana, em atenção a problemas como cancro, obesidade, zoonoses e perda de antibióticos por desenvolvimento de resistência originada pela sua utilização ao longo da cadeia alimentar despoletaram um aumento de praticantes de flexitarianismo, ou seja, a prática dietética assente na procura de alternativas vegetais a carne e a escolha consciente da redução do seu consumo em prole de outros produtos. A substituição da carne "vermelha" por carne de aves também tem vindo a ocorrer pois esta é percecionada como mais saudável tendo de facto um perfil lipídico rico em ácidos gordos insaturados, benéficos para a saúde do consumidor (Ahmed *et al.*, 2015), melhor para o ambiente e mais acessível que outras a nível do seu preço (ABARES, 2015). Além disto as carnes de aves são também as mais

rentáveis a nível de produção, a carne de aves possui a melhor razão de conversão de ração para carne, além da melhor eficiência de conversão proteica de entre os diferentes tipos de carne convertendo 19.6% da proteína ingerida em produto animal e por fim a melhor percentagem de aproveitamento energético a partir da alimentação do animal com uma taxa de conversão calórica para produto animal de 13%. A obtenção de 1 kg de carne de aves é mais fácil, exige o gasto de menos recursos alimentares e hídricos sendo apenas necessário cerca de 3,3 kg de alimento para 1 kg de carne de aves, enquanto que para suínos são necessários 6,4 kg, 15 kg para caprinos e 25 kg para bovinos (Ritchie and Roser, 2019). Os maiores produtores mundiais de carne de aves são, por ordem decrescente tendo em conta dados de 2020, os Estados Unidos da América que regista 23 milhões de toneladas seguida da China com 22 milhões de toneladas, e o Brasil com 14 milhões de toneladas (FAO, 2020).

Apesar da produção de todos os principais tipos de carne ter aumentado com o passar dos anos, em termos relativos a fração de cada tipo de carne produzida tem vindo a alterar drasticamente. Tal alteração é aparente no que toca a carne de aves, já que em 1961 esta perfazia apenas 12% da produção de carne global. Este valor já mais que triplicou tendo atingido no ano de 2013 um valor de 35% comparativamente a carne bovina que perfez nesse mesmo ano 22%, cerca de metade dos valores registados em 1961 (Clark and Tilman, 2017). A mesma tendência continua a ser corroborada como pode ser observado na Tabela 1.1 que representa a percentagem de cada tipo de carne consumida atendendo ao valor mundial total em 2019.

Tabela 1.1 - Valores percentuais relativos do consumo de cada tipo de carne atendendo ao total no ano de 2019 de acordo com dados extraídos da OECD. Fonte: (OECD iLibrary, 2019)

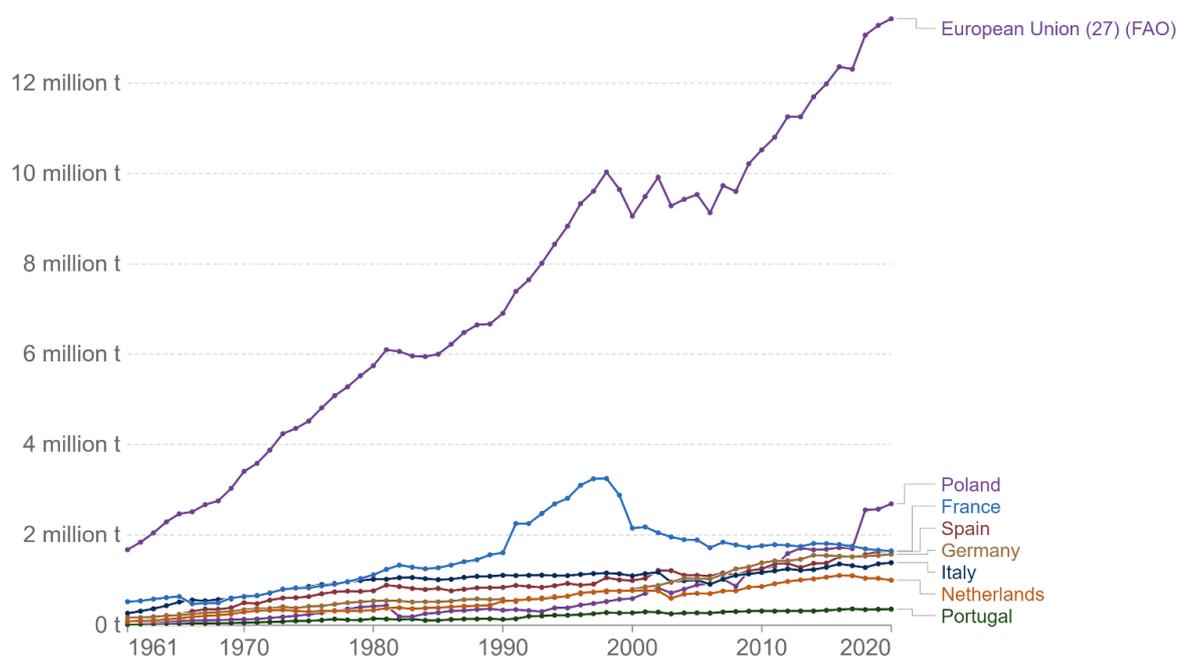
Tipo de carne	Consumo total (kg/capita)	Percentagem face ao total
Aves	14.7	43%
Suína	11.1	33%
Bovina	6.4	19%
Caprina	1.8	5%
Total	34.0	100%

Modificando o âmbito da análise é possível observar as mesmas tendências já descritas na União Europeia exceto que na União Europeia e na maioria dos países que fazem parte a

produção de carne de aves ainda não ultrapassou a de carne suína (Ritchie and Roser, 2019). Neste contexto observa-se uma produção anual em toneladas de carne de aves com valores que chegam aos 13 milhões de toneladas em 2020 com valores de produção de carne total de 44 milhões de toneladas perfazendo a produção de carne de aves neste contexto aproximadamente 30% da produção total na União Europeia. (FAO, 2020).

Portugal é um país membro da União Europeia desde 1986, e como tal está sujeito aos regulamentos e legislações oficializadas pelo Parlamento Europeu, particularmente nas questões que abrangem a indústria agroalimentar. A carne de aves é a segunda mais produzida em Portugal, a seguir à carne de porco, perfazendo em 2020 um valor de 354 milhares de toneladas de um total de 847 milhares de toneladas de carne produzida (FAO, 2020). Dado esta produção significativa de carne de aves relativamente à carne total em Portugal e ao facto de cerca de 25 % do peso vivo das aves serem materiais não utilizados para consumo direto humano, é imperativo a valorização e aproveitamento de subprodutos derivados da atividade de processamento de aves (Campos *et al.*, 2020). Podemos observar a representação gráfica da produção de carne de aves na união europeia e de alguns países de destaque, incluindo Portugal na Figura 1.2.

Poultry production, 1961 to 2020



Source: UN Food and Agriculture Organization (FAO)

OurWorldInData.org/meat-production • CC BY

Note: This refers to total meat production, from both commercial and farm slaughter. Data are given in terms of dressed carcass weight, excluding offal and slaughter fats.

Figura 1.2 - Representação gráfica realizada com dados da FAO de produtores de carne de aves na união europeia em valor total da carne de aves produzida comercialmente e de abate em exploração avícola no intervalo de tempo compreendido entre 1961 e 2020. Fonte: (Ritchie and Roser, 2019; FAO, 2020)

1.2. Subprodutos da produção de carne de aves

Existe legislação no espaço europeu que determina como devem ser comercializados os produtos do abate de aves bem como que produtos são permissíveis para o consumo humano como é o caso do regulamento 543/2008 da comissão europeia de 16 de junho de 2008. Adiante disto existem também leis para o destino a dar aos subprodutos derivados da atividade principal de uma indústria de abate animal, como o regulamento 1069/2009 do parlamento europeu que apresenta regras para, não só a categorização dos subprodutos de abate animal bem como, o uso ou encaminhamento que lhes pode ser dado baseado nessa discriminação (Parlamento Europeu e do Conselho, 2009). O regulamento aplica-se a subprodutos animais, entendendo-se por isso corpos inteiros ou partes de animais mortos como órgãos, penas, pele, sangue, patas, cabeças para nomear algumas, produtos de origem animal e outros produtos que provenham de animais que não se destinam ao consumo humano, incluindo oócitos, embriões e sémen. Estes devem ser identificados e tratados de acordo assim que são gerados

durante a atividade de abate animal e consequente processamento, e só após o seu encaminhamento e processamento deixam de estar abrangidos pelo regulamento. Este regulamento visa então três categorias diferentes de subproduto animal aptamente numeradas de 1 a 3. A categoria 1 engloba animais inteiros ou partes de, incluindo a sua pele, suspeitos ou confirmados de possuírem zoonoses transmissíveis ao ser humano e o encaminhamento dado a este tipo de subproduto é geralmente incineração. Os subprodutos de categoria 2 dizem respeito aqueles que não pertencem às outras duas categorias, e adicionalmente os estrumes e conteúdos do sistema digestivo, e podem ser tratados pelos mesmos processos que os subprodutos de categoria 1 com a inclusão da transformação em biogás, fertilizantes ou deposição em aterros indicados (Ferreira *et al.*, 2018). Por fim os subprodutos de categoria 3 é todo aquele que apesar de ser próprio para consumo humano não lhe é atribuído esse destino podendo incluir além de carcaças inteiras e partes dela, também cabeças, pele, penas, pés, sangue e animais que apesar de não estarem aptos para consumo humano não apresentam nenhum indício de doença transmissível ao ser humano ou outros animais. Estes subprodutos de categoria 3 são aqueles que podem dar origem a subprodutos transformados de grande interesse económico atual pois, além de poderem ser usados para a produção de fertilizantes ou biogás, são estes que podem ser valorizados para a produção de ração animal ou de aquacultura e comida para animais domésticos. Podemos observar na Figura 1.3 a representação esquemática da categorização dos subprodutos bem como o seu possível aproveitamento ou destino.

O descarte total e impróprio de subprodutos tem não só consequências negativas a nível da poluição ambiental, como poderá ter também na saúde pública e leva a perda de recursos biológicos valiosos (Lasekan *et al.*, 2013).

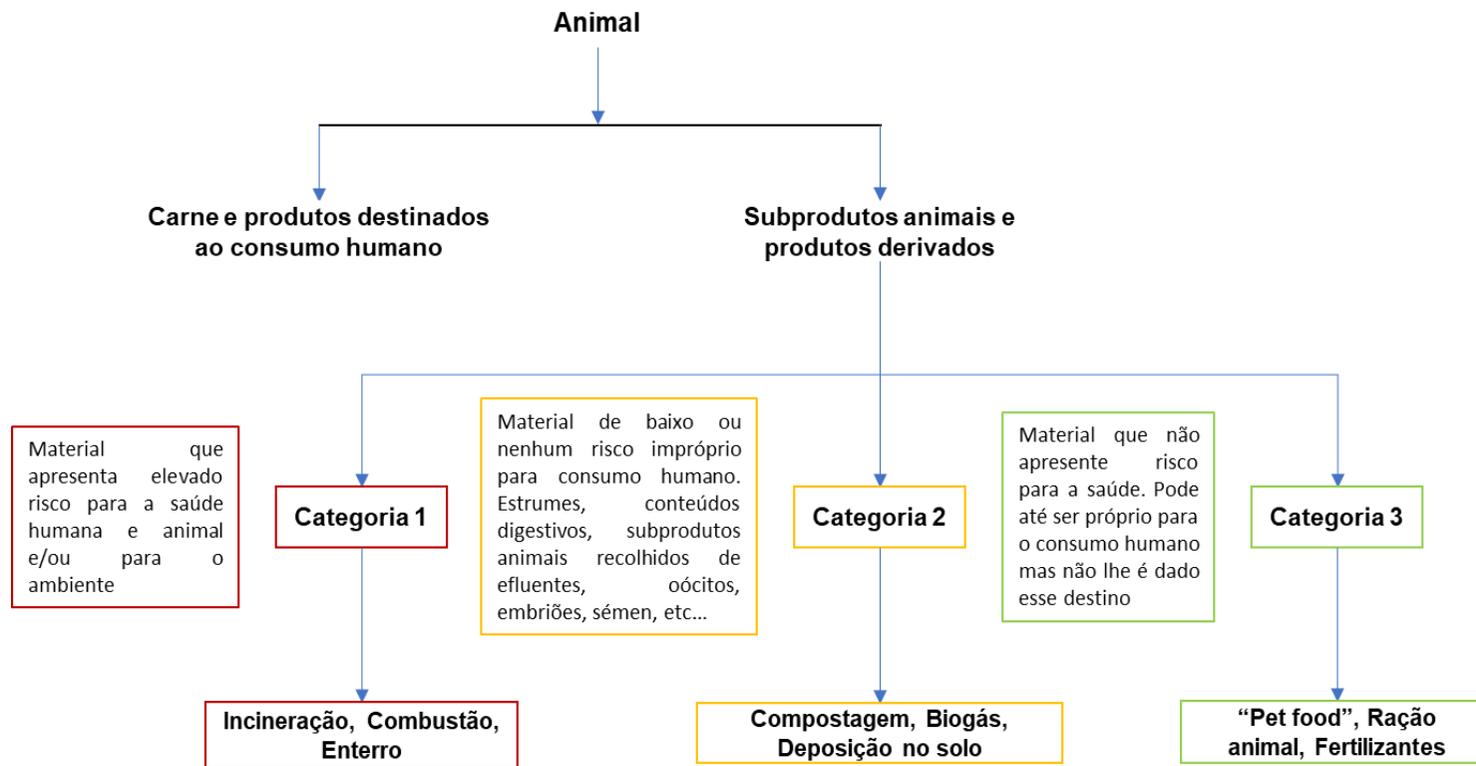


Figura 1.3 - Representação esquematizada das diferentes categorias de subprodutos e o seu aproveitamento ou destino tendo em conta o regulamento 1069/2009 do parlamento europeu.

1.2.1. Subprodutos da produção de carne de aves e sua valorização

Os subprodutos originados da atividade de abate de aves são compostos principalmente por vísceras, musculo, gordura, ossos, sangue e penas que além de apresentarem um potencial poluente alto são também responsáveis por transmissão de doenças e zoonoses. Nos matadouros e nos locais de acondicionamento de carne é possível verificar a disposição de grandes quantidades de resíduos devido ao processo de abate e de transformação da carne de aves. Estes são altamente perecíveis e requerem um especial cuidado em termos da sua eliminação ou aproveitamento de modo a prevenir a sua decomposição e subsequente formação e proliferação de contaminantes que constituem um perigo para a biossegurança e para o ambiente (Ferreira *et al.*, 2018).

Durante o processo de abate e transformação de aves é possível verificar as quatro etapas principais que geram os subprodutos, estas são: a sangria, depena, evisceração, o arrefecimento e desmancha. Podemos observar na Figura 1.4 as operações unitárias principais no abate e transformação de aves bem como os principais resíduos obtidos em cada fase.

Subprodutos são todos aqueles materiais que não estão prontos para consumo humano ou sequer têm esse destino e a recuperação de tais materiais podem originar uma fonte de ganho ou pelo menos uma redução dos custos de operação de uma empresa desta indústria (Ferreira *et al.*, 2018).

Um método considerado apropriado para a utilização dos subprodutos obtidos durante o abate e transformação de aves é a produção de farinhas de vísceras e sangue, a produção de farinha de penas e a extração de gordura de aves na forma de óleo permitindo então a reciclagem e valorização destes subprodutos e obtendo coprodutos de valor adicionado para a indústria de produção de ração, sendo de grande interesse particular a gordura de aves que é muito utilizada para a formulação de ração para animais domésticos e mais recentemente ração para peixes de aquacultura.

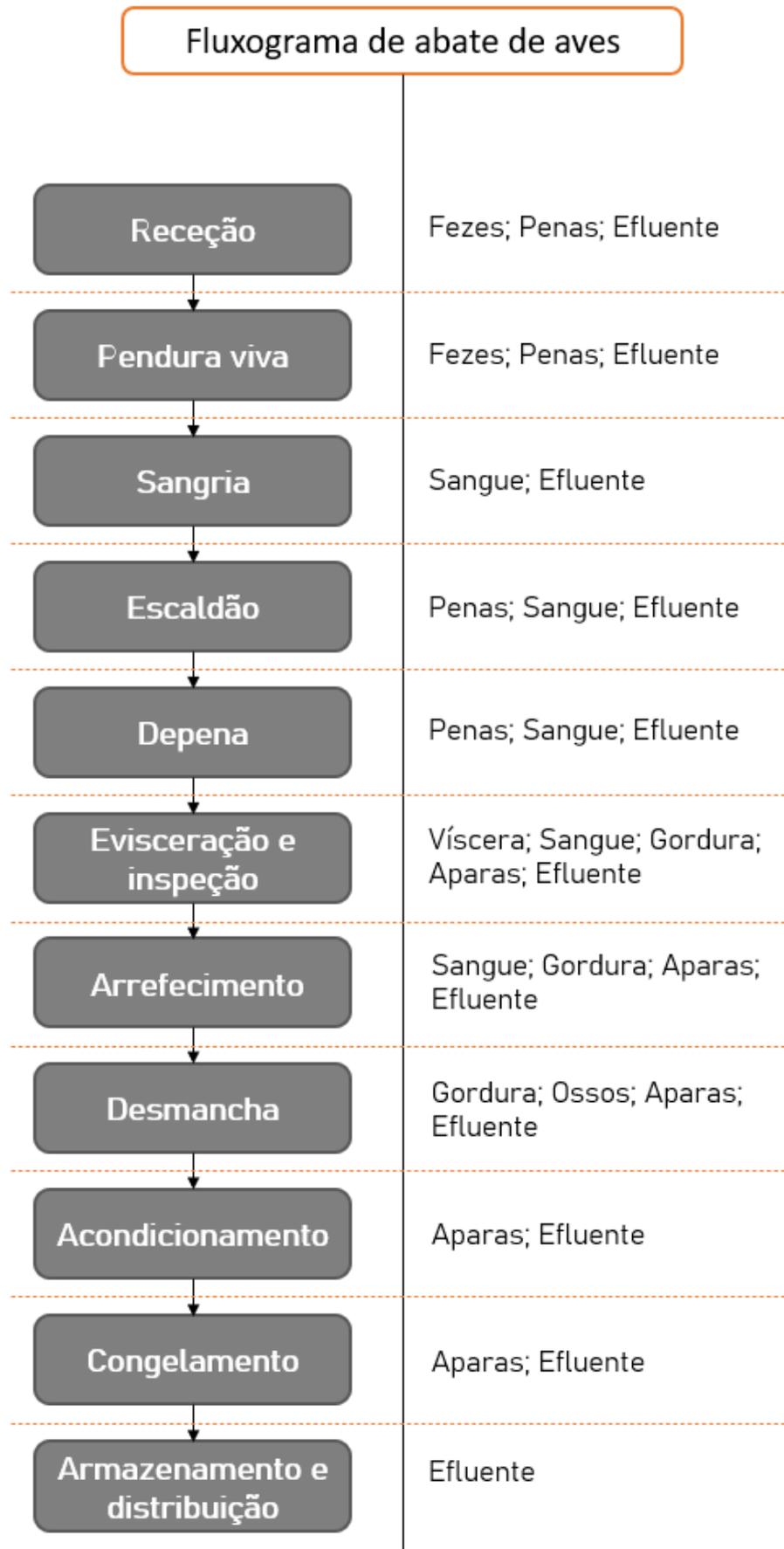


Figura 1.4 - Fluxograma generalizado do processo de abate e transformação de aves com os principais resíduos identificados. Fonte: (Ferreira *et al.*, 2018)

1.2.2. Estabilização da gordura extraída dos subprodutos da produção da carne de aves

Como já referido a gordura extraída de aves é um dos subprodutos transformados mais valorizados cujo aproveitamento do total de uma ave é cerca de 71 g sendo a sua estabilização um dos principais problemas associados a sua produção e armazenamento (Ferreira *et al.*, 2018).

A oxidação lipídica é uma das reações mais básicas que ocorrem em matrizes com lípidos geralmente resultando em deterioração organolética e nutricional, podendo inclusive levar ao aparecimento de subprodutos prejudiciais à saúde. A oxidação lipídica é então uma reação de radicais livres em cadeia e envolve as fases de iniciação, propagação e terminação (O'Connor and O'Brien, 2009). O processo pode ser esquematizado como o que está representado na Figura 1.5 e dá-se pela oxidação de ácidos gordos insaturados com a formação de hidroperóxidos que posteriormente deterioram e formam outros produtos.

A teoria universalmente aceite para os princípios fundamentais da auto-oxidação de ácidos gordos insaturados determina que a primeira etapa é a formação de radicais livres. A formação do radical livre que dá início a reação pode ocorrer devido a diversos fatores como radiação, presença de complexos metálicos, enzimas ou mais comumente a presença de espécies reativas de oxigénio. Na maioria dos casos ocorre uma remoção de um hidrogénio do grupo metileno adjacente a uma ligação dupla na cadeia. Em seguida ocorre a etapa da propagação onde o radical lipídico reage com oxigénio molecular e origina um radical peróxido, que em torno ao reagir com outro ácido gordo insaturado continua a reação gera um composto de fácil degradação denominado hidroperóxido. A etapa de terminação ocorre após a acumulação de radicais peróxido que irão interagir com oxigénio molecular ou outros radicais formando compostos estáveis (Frankel, 2005).

A oxidação lipídica pode ser influenciada pela presença de antioxidantes ou pró oxidantes (Andrade *et al.*, 2021; Barbosa *et al.*, 2020). Depois de um período de estabilidade relativa, denominado de período de indução, a reação torna-se autocatalítica e a rancidez desenvolve-se. Isto implica que depois da fase de indução existe uma acumulação célere de hi-

droperóxidos, chegando a um máximo e diminuindo ligeiramente à medida que estes se decompõem sendo então possível a determinação do tempo da reação pela concentração de hidroperóxidos presente (Frankel, 1984).

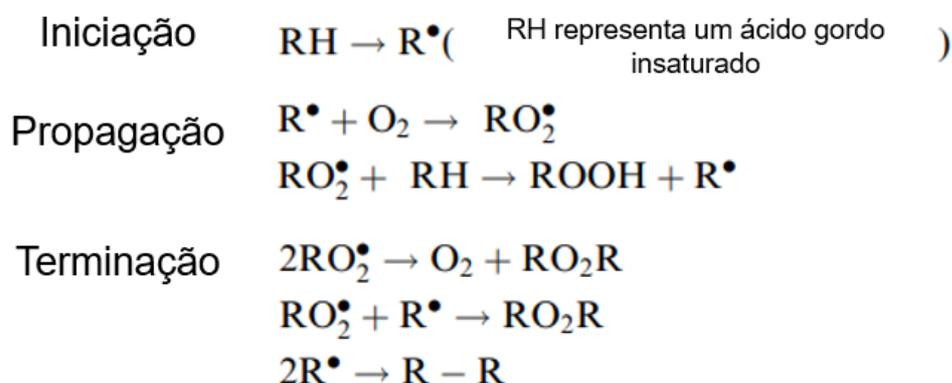


Figura 1.5 - Representação esquemática simplificada das fases da reação de oxidação lipídica.

A degradação oxidativa dos ácidos gordos, particularmente dos insaturados, deteriora não só a qualidade dos óleos e gorduras que incorporam como também constituem um risco para a saúde devido a toxicidade dos produtos originados durante a reação de oxidação lipídica (Souza e Fernando, 2016). Existem, no entanto, diversos métodos e tecnologias que permitem inibir e retardar o progresso da oxidação lipídica (Souza et al., 2017; Souza et al., 2019). Como exemplos disto temos a utilização de materiais e gases inertes numa tentativa de evitar ou minimizar, a exposição ao oxigénio. Podemos também remover catalisadores da reação de oxidação lipídica como iões de metais de transição, presentes na hemoglobina e mioglobina em músculo, utilizando quelantes. É possível também remover ou retardar o impacto oxidativo que algumas moléculas têm utilizando compostos antioxidantes como compostos fenólicos, ascorbatos ou antioxidantes sintéticos. Existe ainda por fim uma técnica conhecida como "oil blending," que se baseia na adição de certas gorduras devido à presença de antioxidantes naturais ou mesmo por possuírem um teor elevado de ácidos gordos saturados de modo a estabilizar outras gorduras mais instáveis pelo seu teor elevado de ácidos gordos insaturados (Wang et al., 2021).

1.2.3. Subprodutos transformados na indústria de "pet food"

De todos os processos de valorização dos subprodutos de categoria 3, um dos que apresenta o melhor rendimento é a transformação em farinha de subprodutos (farinha de carne, sangue ou de penas) e gordura que separada durante o processo. Estes têm uma panóplia de aplicações sendo as de maior interesse na atualidade a produção de alimento para animais domésticos e de ração para aquacultura. A indústria de alimento para animais domésticos ou "pet food" estava valorizada em 2005 a 50 milhares de milhões de euros e a tendência desde então tem sido de subida deste valor. Esta tendência dever-se-á a cada vez mais pessoas vêm a adotar animais de estimação e, mais que isso, integrá-los como elementos essenciais da estrutura familiar demonstrado pela maior exigência a todos os níveis da qualidade da "pet food" (Meeker, 2006). As opções de alimentos para animais domésticos vieram então tornar-se muito amplas, existindo alimento com um grau de especificidade para abranger não só uma espécie específica de animal bem como ter em conta a sua idade, sexo, fase do ciclo de vida e complicações derivados do seu estado de saúde. Visto isto as farinhas obtidas de subprodutos animais como de aves são universalmente utilizadas como fonte de proteína versáteis na confeção de alimento para animais domésticos. Elas providenciam proteínas e aminoácidos de alta qualidade nutricional enquanto a gordura obtida pela transformação dos subprodutos de aves serve como fonte suplementar de energia e melhora a qualidade organoléptica e nutricional do alimento, sendo de extrema importância o acerto do balanço de ácidos gordos essenciais (Donadelli *et al.*, 2019).

1.2.4. Subprodutos de transformados na indústria da aquacultura

A indústria da aquacultura é extremamente diversa e tem vindo a expandir-se a um ritmo acelerado e como tal as suas necessidades face a alimentação dos peixes tem vindo a tornar-se mais exigente. Proteínas e lípidos obtidos de subprodutos transformados da indústria de produção de carne de aves têm-se vindo a revelar como sendo de grande interesse para a aquacultura devido a qualidade destes componentes, que veio a melhorar com os avanços tecnológicos na área, e devido a necessidade de que a alimentação para a aquacultura seja

formulada com níveis bastante superiores de aminoácidos e ácidos gordos do que ração para alimentação de animais terrestres (Campos *et al.*, 2019).

Materiais e Métodos

2.1. Avibom Avícola, S.A

2.1.1. Descrição geral

A Avibom Avícola, S.A, com sede em Casais do Araújo, freguesia da Marteleira, concelho da Lourinhã, fundada em abril de 1975, é uma sociedade com estrutura familiar e dedica-se ao abate de aves (frangos, galinhas, patos e perus), produção de preparados de carne de aves, com acondicionamento e embalagem e, entreposto frigorífico para armazenamento de carne de aves refrigeradas e congeladas. A Avibom é a designação da Sociedade que tutela os quatro matadouros da empresa. O matadouro da Avibom em Torres Vedras tem capacidade para abater 8.000 frangos por hora, 2000 patos por hora e 1500 perus por hora, sendo considerado um dos maiores da Península Ibérica. Dada esta capacidade de produção primária o matadouro da Avibom em Torres Vedras possui também uma unidade de transformação de subprodutos com origem da atividade de abate de aves, para a qual não são apenas encaminhados os subprodutos gerados no próprio matadouro, mas também subprodutos vindos de entidades terceiras em acordo com a Avibom (Avibom Avícola S.A, 2012).

2.1.2. Processo de abate de aves na Avibom Avícola S.A

O método de abate na Avibom Avícola, S.A é relativamente generalizado para as diferentes espécies de aves podendo ser sumarizado nas operações unitárias que ocorrem na linha de abate e transformação das aves em produto alimentar. Como tal observemos a esquematização do fluxograma do abate e transformação de aves no matadouro na Figura 2.1. O processo inicia-se com a receção, repouso, pesagem e pendura das aves feita de modo manual, seguido da imobilização efetuada por eletrocussão e sangria das aves atordoadas. Aqui temos a primeira de várias operações da qual originam subprodutos sendo neste caso o sangue que poderá além de ser comercializado após o tratamento devido aproveitado como subproduto. Após é realizado o escaldão das carcaças de aves, em seguida são removidas as penas que são também categorizadas como subproduto e também as patas que mais uma vez após tratamento adequado podem ser comercializadas para consumo humano ou aproveitadas como subproduto. A operação de evisceração também produz subprodutos na forma de órgãos não destinados ao consumo humano, após isto as carcaças são arrefecidas, calibradas e seguem para o acondicionamento e estabilização em câmara frigorífica antes da expedição. As últimas duas operações antecedentes as expedições podem originar subprodutos na forma de carne de aves mal-acondicionada ou que já tenha excedido o tempo de armazenamento limite designado para produtos de carne de aves para consumo humano. É possível então verificar a possibilidade de coleção de subprodutos ao longo de todo o processo de abate de aves tornando necessário para os volumes de abate da indústria o aproveitamento e a valorização correta dos mesmos.

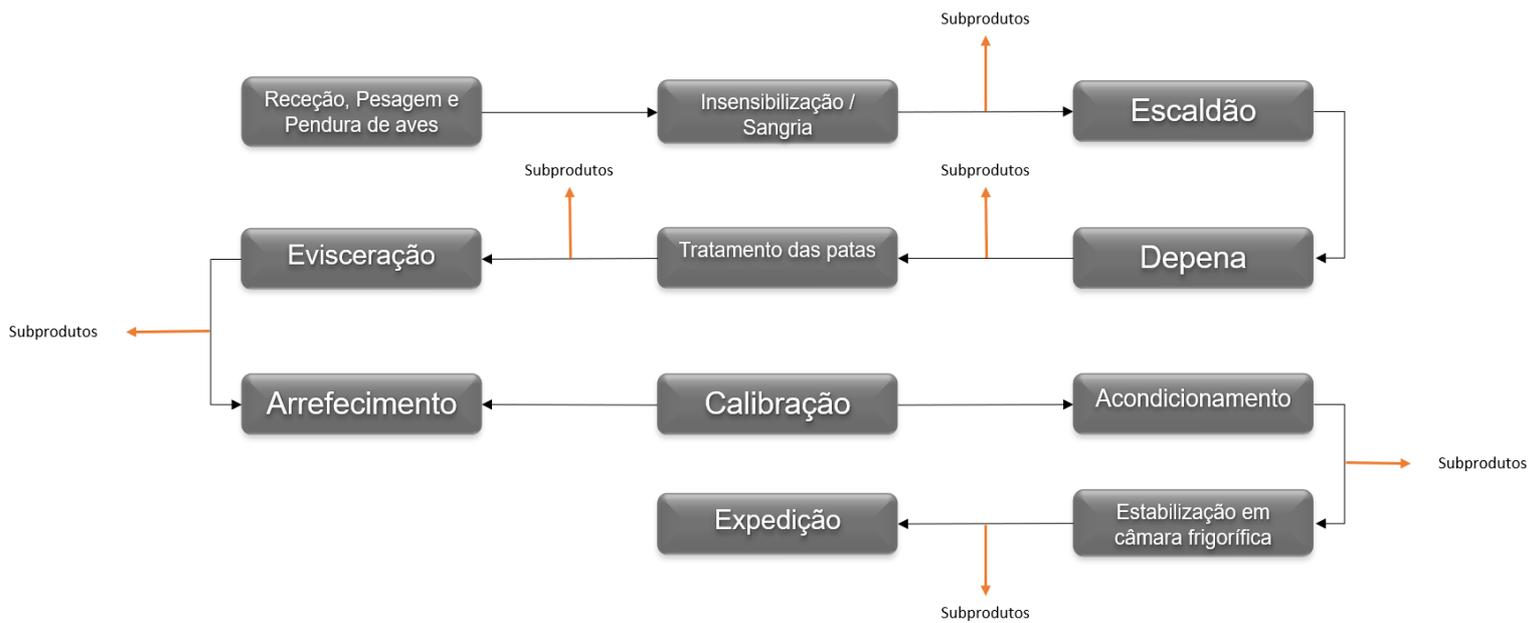


Figura 2.1 - Representação breve e esquematizada do fluxograma da operação de abate de aves realizada nos matadouros da Avibom Avícola, S.A. Estão representados as principais operações unitárias e os principais pontos de obtenção de subprodutos.

2.1.3. Unidade de transformação de subprodutos

A unidade de transformação e valorização de subprodutos tem como finalidade a obtenção de subprodutos transformados, nomeadamente farinhas proteicas de carne ou penas e gordura líquida extraída durante o processo de obtenção da farinha. Ambos são posteriormente comercializados para indústrias de alimentação animal (animais domésticos, aquacultura ou animais de criação) onde são utilizados como coprodutos na formulação de rações com características específicas.

O processo de transformação de subprodutos com origem da atividade abate e desmancha de aves é considerado um processo de hidrólise, isto é, um processo químico e é brevemente descrito em algumas operações unitárias. Inicia-se o processo com a receção de subprodutos que podem vir canalizados dos matadouros da Avibom, ou transportados até a unidade a partir de terceiros, seguida da sua pesagem. De seguida são separadas as penas das vísceras, carne e osso pois originam tipos de farinha final diferentes e recebem uma homogeneização previa. Após isto vem a operação de hidrolisação realizada em digestores que se encontram,

de acordo com as disposições legais, a pelo menos 133°C e a pressões superiores a 3 bares. O processo de hidrólise deverá demorar pelo menos 20 minutos e o resultante é então encaminhado para a prensagem, a operação unitária essencial que servirá para separar a fração lipídica da farinha que será armazenada em tanques apropriados lá permanecerá até a sua expedição. Finalmente a farinha terá ainda de ser submetida a um processo de moagem e crivação de modo a se obter um subproduto transformada com homogeneidade, podendo de seguida ser embalado e acondicionado em ambiente refrigerado. Uma esquematização simples do processo típico como o descrito acima encontra-se na Figura 2.2.

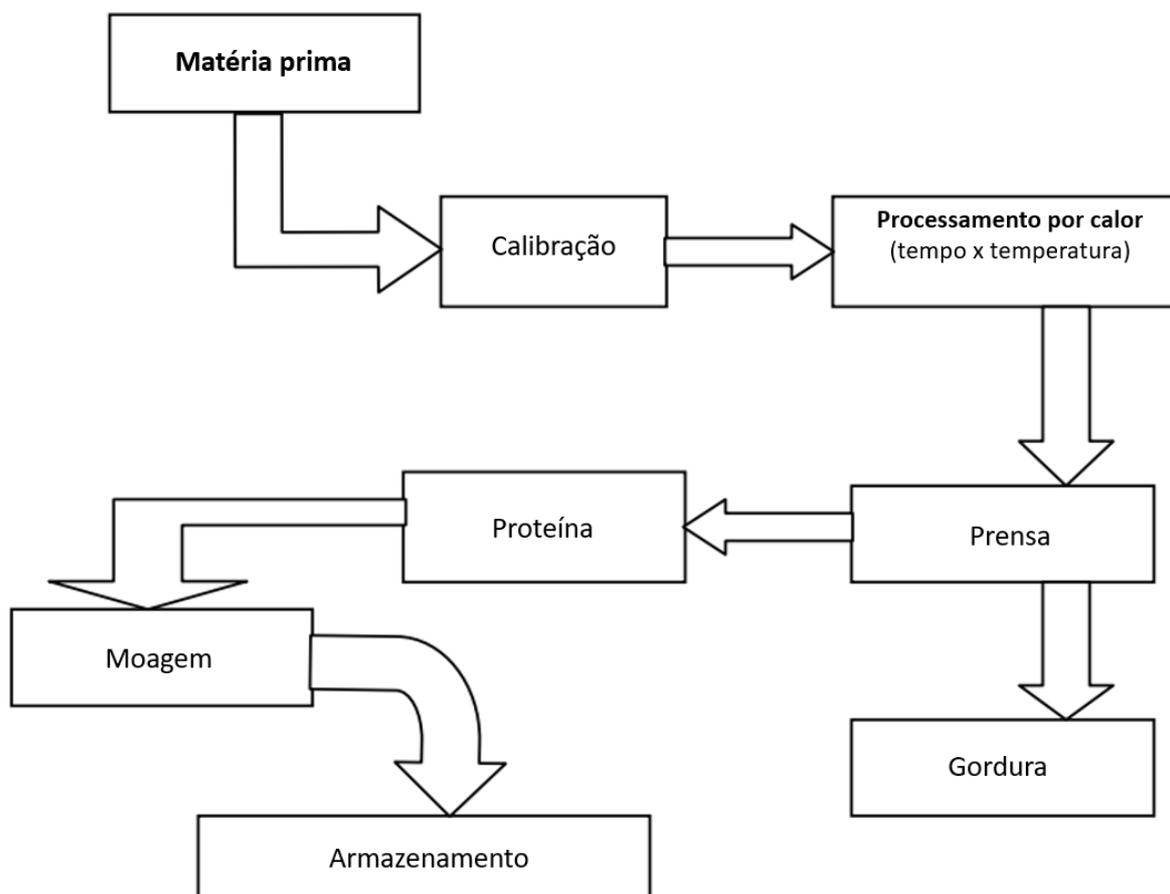


Figura 2.2 - Representação esquemática simplificada do processo de transformação de subprodutos de carne de aves. Por "sizing" refere-se à homogeneização dos subprodutos recebidos e pesados e "heat processing" diz respeito a hidrólise realizada em digestores com parâmetros de temperatura de pelo menos 133°C e pressões de pelo menos 3 bar. Fonte: (Meeker, 2006).

2.1.4. Antioxidante SPECTRA ST

Durante o processo que ocorre na unidade de valorização de subprodutos é adicionado um aditivo antioxidante ao subproduto transformado com a finalidade de aumentar a sua estabilidade e conseqüentemente reduzir a sua degradação com o tempo de armazenamento.

Este antioxidante denominado de SPECTRA ST é produzido pela empresa Industrial Técnica Pecuária, S.A, e tem na sua composição hidroxianisol butilado ou BHA (5% da composição) e hidroxitolueno butilado ou BHT (15% da composição) sendo o elemento de transporte óleo vegetal. Este aditivo é então uma pré-mistura sinérgica de antioxidantes com finalidade de ser aplicado diretamente em pré-misturas vitamínicas, ração e matérias-primas. Possui um aspeto fluido e cor amarelada é solúvel em óleo e possui dosagens recomendadas dentro do intervalo de 125 g de antioxidante por tonelada métrica e 500 g por tonelada métrica (Indústria Técnica Pecuária, 2018). O composto encontrava-se em utilização previa na unidade de transformação de subprodutos da Avibom em dosagens aproximadas da ordem dos 3 kg ou 3000 g de antioxidante por tonelada métrica.

O hidroxitolueno butilado ou BHT é um composto orgânico e lipossolúvel muito utilizado na indústria alimentar pelas suas capacidades antioxidantes sendo identificado com o código, E321. Este é produzido a partir de cresol e isobutileno e tem a fórmula molecular: $C_{15}H_{24}O$, e a estrutura como representada na Figura 2.3 A). O BHT possui potencial de toxicidade baixo e é, portanto, utilizado na indústria alimentar para produtos para consumo humano e animal, mas para além disto pode também ser aplicado nas indústrias de óleos e gorduras, na indústria farmacêutica, na indústria da borracha e petróleos. Apesar deste composto ter recebido no passado conotação negativa devido a potencialidade carcinogénica, este continua a ser amplamente usado e dados mais recentes obtidos de novos ensaios clínicos vêm a concluir que BHT é na realidade não carcinogénico e tem inclusive alguns efeitos positivos na saúde de acordo com vários modelos de experimentação (Blundell *et al.*, 2022).

O hidroxianisol butilado ou BHA é na realidade uma mistura de 2 isómeros, o 2 e o 3-terc-butil-4-hidroxianisol e é obtido a partir de 4-metoxifenol e do isobutileno possuindo estrutura química como apresentada na Figura 2.3 B) e a fórmula química $C_{22}H_{32}O_4$. Tal como o BHT possui propriedades antioxidantes sendo empregue da mesma maneira e muitas vezes

em conjunto com o mesmo. Este composto teve, no passado, grande conotação negativa devido a ter sido classificado pelo IARC como pertencente ao grupo 2B (potencialmente carcinogénico para humanos) mas no entanto esta classificação está baseada em ensaios biológicos em roedores e o mecanismo pelo qual o BHA induz tumores no estômago foi mais tarde reconhecido como inconsequente e irrelevante para humanos. Entretanto a classificação do IARC não foi ainda atualizada pelo que este composto antioxidante ainda se encontra muito condicionado apenas podendo ser utilizado para certos tipos de aplicações, em conjunto com o BHT, e em quantidades severamente reduzidas (Felter *et al.*, 2021).

Tanto o BHA como o BHT são efetivamente compostos fenólicos e como tal possuem atividade antioxidante equiparável a muitos extratos orgânicos de fenóis ou flavonoides. A atividade antioxidante destes compostos é determinada pela sua estrutura molecular e, mais especificamente, pela posição e grau de hidroxialquilação na estrutura aromática. Isto influencia a capacidade de deslocação de elétrons desemparelhados para estabilizar os radicais peróxido formados depois da reação com radicais lipídicos (Von Gadow *et al.*, 1997).

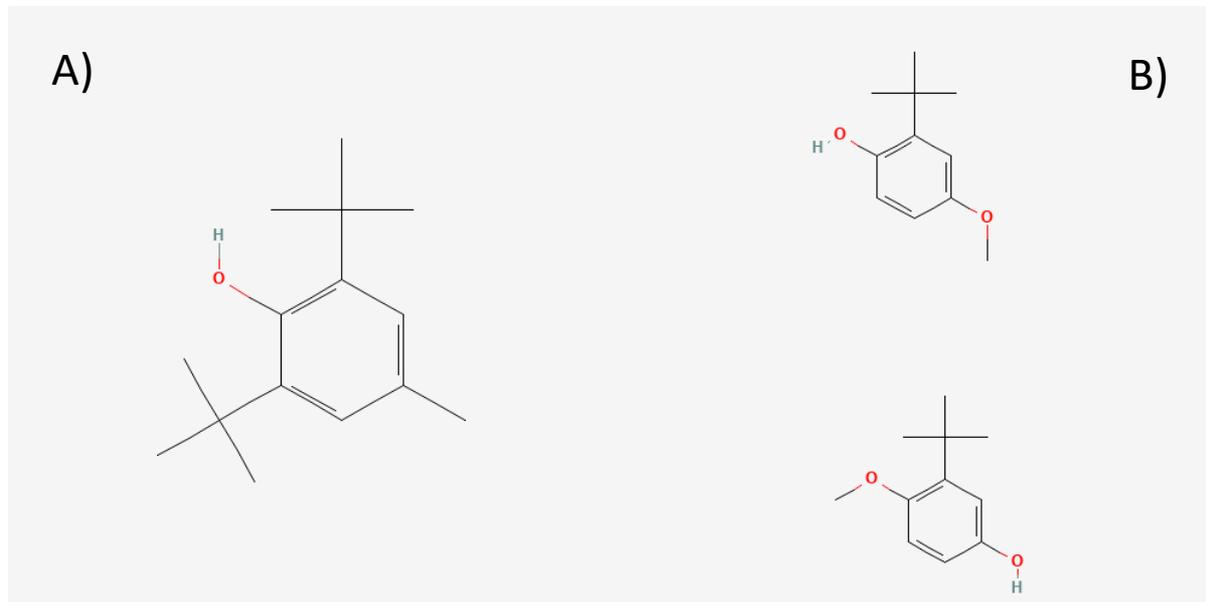


Figura 2.3 - Representação de estruturas químicas de compostos. **A)** É a estrutura de hidroxitolueno butilado ou BHT (PubChem, 2021a). **B)** São as estruturas isoméricas que representa o hidroxianisol butilado (PubChem, 2021b).

2.2. Abordagem

Para realizar a monitorização da deterioração lipídica da gordura de aves extraída perante diferentes dosagens de antioxidantes foram recolhidas amostras diárias durante o período compreendido entre janeiro e setembro de óleo dos depósitos 6 e 13 que se localizam no exterior da unidade de transformação de subprodutos como demonstra a Figura 2.4.

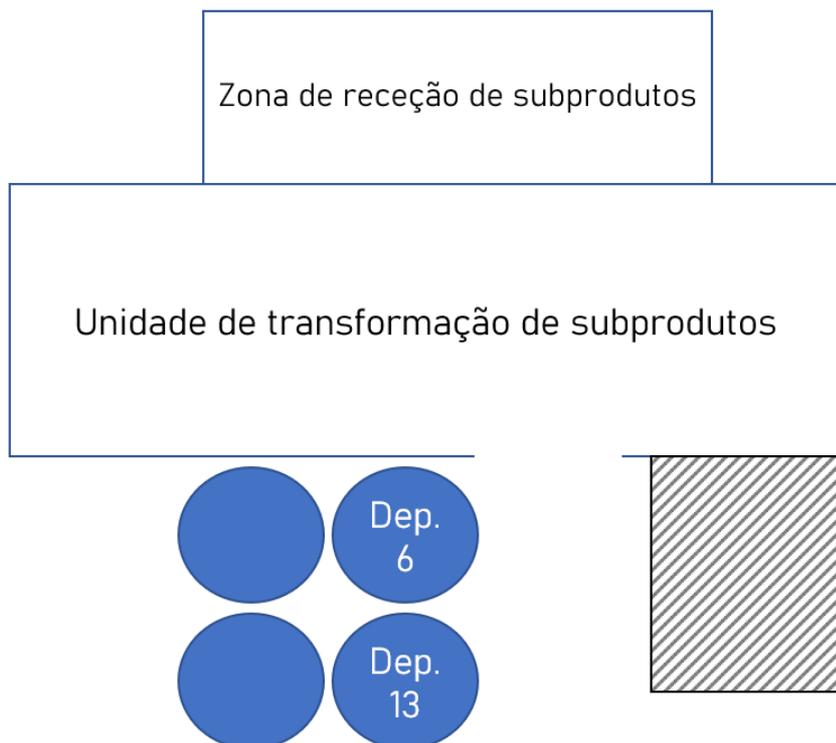


Figura 2.4 - Representação esquemática da unidade de transformação de subprodutos da Avibom Avícola S.A. e dos depósitos de armazenamento de gordura obtida a partir de subprodutos de abate de aves.

De modo a obter dados que possam ser comparados e efetivamente estudar o efeito da dosagem de antioxidante presente no subproduto transformado foram testadas concentrações de espectra st inferiores a 3 kg/ton, que era a ordem de dosagem que estaria a ser usada previamente, respeitando o intervalo de concentrações recomendado pelo fabricante. Como tal foram testadas concentrações de antioxidante de 500 g/ton seguindo para valores ainda inferiores de 125 g/ton. Foi testada adicionalmente a possibilidade de inibir o contacto com oxigénio dentro do depósito 13 recorrendo a um gás inerte, árgon neste caso, como tampão para testar a hipótese.

Para realizar a monitorização da acidez foram recolhidos dados da percentagem de acidez todos os dias úteis durante um período de 28 dias em diferentes depósitos de acordo com a disponibilidade e correspondendo a um ensaio experimental, sendo a duração de 28 dias a ideal para a obtenção de dados robustos e estatisticamente relevantes que poderão mostrar ou não diferenças significativas. Os dados foram então comparados com dados de 28 dias recolhidos e anotados nos registos da empresa Avibom Avícola S.A. Foram ao todo realizados 5 ensaios, sendo os primeiros 3 ensaios com concentração de spectra st de 500 g/ton e os dois seguintes com a dosagem equivalente a 125 g/ton. Observa-se na Figura 2.5 os 5 ensaios realizados durante o projeto enquadrados em esquema temporal para melhor entendimento da organização.



Figura 2.5 - Esquema temporal da organização da realização dos ensaios de recolha de dados de acidez a diferentes dosagens de antioxidante spectra st. Cada ensaio teve a duração de 28 dias.

2.2.1. Determinação da acidez da gordura animal

A determinação da acidez é expressa em ácido oleico e a sua quantificação é realizada recorrendo a um método volumétrico. Para tal efeito é pesado 1 g de amostra de gordura animal que é dissolvida em 75 ml de uma mistura, preparada previamente, de éter etílico e álcool etílico 95% na proporção 1:1. A mistura é agitada e é adicionado 4 gotas de indicador fenolftaleína e por fim é titulada com solução de hidróxido de sódio a 0,1 N até ao aparecimento de uma cor rosada persistente. Foram feitas análises em triplicado para cada amostra colhida diariamente.

Após a realização do ensaio pode calcular-se a percentagem de acidez pela seguinte fórmula:

$$\text{Acidez (expressa em \% \acute{a}cido oleico)} = \left(\frac{2,82 \times V}{m} \right)$$

Sendo:

V = volume de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação (ml)

m = massa de amostra em análise (1g no caso da gordura)

Os resultados deverão ser arredondados às décimas.

2.3. Análise estatística

Os conjuntos de valores foram comparados recorrendo a análise Anova de fator único e testes T-student de modo a determinar diferenças significativas entre grupos de dados sendo que estamos a comparar a hipótese de a alteração da dosagem de antioxidante não ter efeito na percentagem de acidez, ou seja, a hipótese nula, com a hipótese alternativa que é a existência de diferença significativa causada pela alteração da dosagem de antioxidante. Posteriormente a representação dos dados é feita graficamente recorrendo ao cálculo da média ponderada do conjunto de dados para os dados 28 dias e do desvio padrão do mesmo permitindo assim uma melhor visualização dos resultados obtidos para cada ensaio.

Resultados e discussão

3.1. Ensaio com concentração de spectra st 500 g/ton

3.1.1. (Ensaio 1) Depósito 6 com dose de spectra st de 500 g/ton

No primeiro ensaio realizado entre janeiro e fevereiro procurou-se comparar o efeito que o antioxidante estava a ter no subproduto transformado a 3 kg/ton com o efeito na concentração máxima recomendada pelo fabricante de 500 g/ton. Para tal foram então recolhidos valores da percentagem de acidez durante 28 dias desde a mudança da concentração de antioxidante na gordura para 500 g/ton. Os valores foram comparados com dados históricos com concentrações de antioxidante de 3 kg/ton como podemos observar na Figura 3.1. Nem pelo T-test nem pela análise Anova de fator único (Dado que encontramos um valor $p > 0,05$ adicionalmente corroborado por um $F > F$ crítico) é possível observar diferenças significativas entre os conjuntos de dados podendo afirmar-se que neste ensaio a redução da dosagem de spectra st não teve efeitos na percentagem de acidez do subproduto transformado corroborando o intervalo de concentração estabelecido na ficha técnica do antioxidante spectra st.

Comparação de acidez média no depósito 6

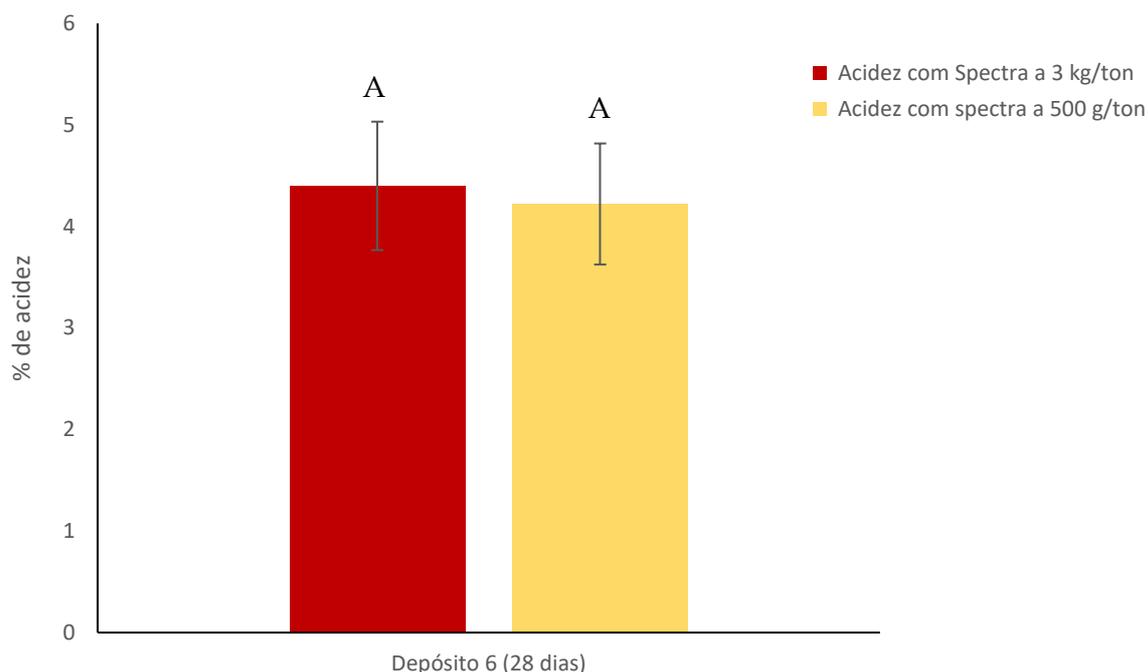


Figura 3.1 - Gráfico representativo da comparação das médias da percentagem de acidez medida no depósito 6 com concentrações de Spectra st a 3 kg/ton e a 500 g/ton com os respetivos desvios padrões representados em barra de erro. As letras representam valores significativos de acordo com o teste t de duas amostras com variâncias desiguais ($p < 0,05$), sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa.

3.1.2. (Ensaio 2) Depósito 13 com dose de Spectra st de 500 g/ton e tampão árgon

Neste ensaio realizado entre março e abril foi mantida a mesma concentração de antioxidante de 500 g/ton. Testou-se adicionalmente a hipótese de um tampão gasoso na superfície da gordura poder estabilizá-la evitando o contacto com oxigénio que é essencial para a reação de oxidação lipídica. Para tal utilizou-se gás árgon e injetou-se diretamente no depósito aproximadamente 2 m³, o suficiente para formar uma camada na superfície da gordura dentro do depósito.

O conjunto de dados recolhidos durante 28 dias foi então comparado primeiro com dados históricos como podemos observar no gráfico representado na Figura 3.2 não podendo ser identificado nenhuma diferença significativa a semelhança dos resultados obtidos no primeiro ensaio com o depósito 6.

De seguida foram também comparados com os dados recolhidos anteriormente no primeiro ensaio de modo a comprovar se existiu algum efeito na percentagem de acidez causado pela presença do gás tampão no depósito. Podemos observar a representação gráfica desta comparação na Figura 3.3 não sendo possível identificar diferenças significativas que levem a concluir que o gás tampão teve algum efeito positivo ou negativo. Este resultado é inesperado já que a minimização da exposição ao oxigénio consitui uma boa prática no que toca a inibir a reação de oxidação lípidica e é adotada de ma maneira geral em outras indústrias como por exemplo para o armazenamento de gordura obtida de peixe (Mozuraityte *et al.*, 2016). Uma maneira de explicar este resultado obtido poderá estar relacionado com o tempo de permanência curto da gordura de aves em armazenamento, não permitindo tempo sufeciente para se observar a difrença que o tampão de árgon poderá ter na acidez.

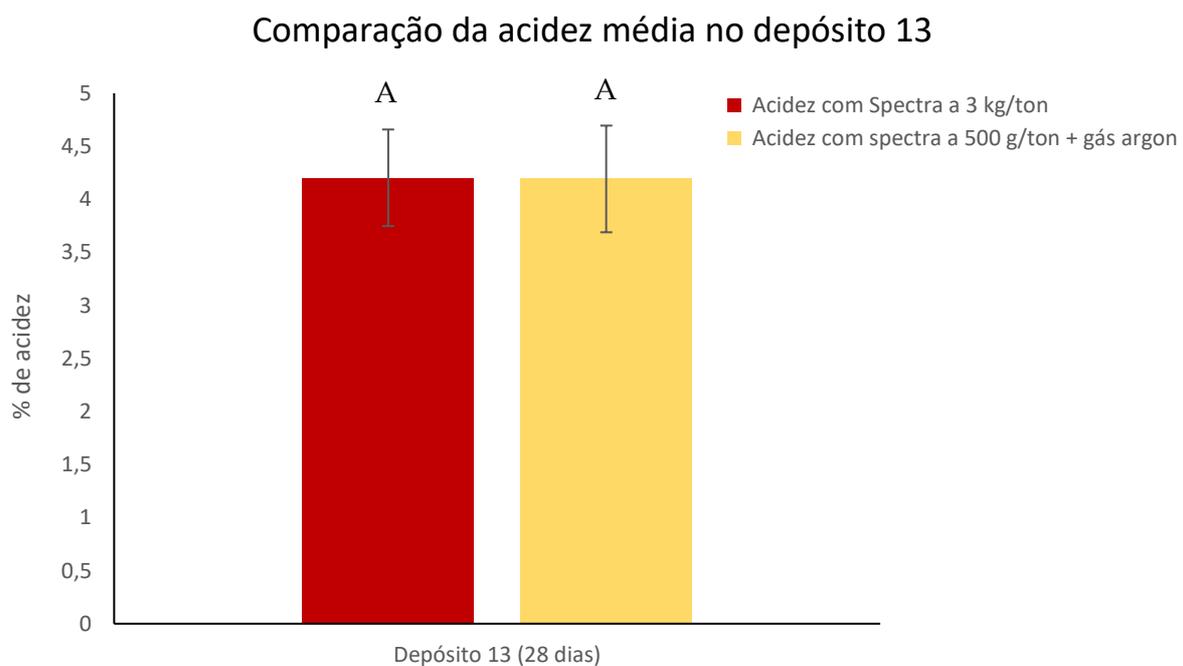


Figura 3.2 - Gráfico representativo da comparação das médias da percentagem de acidez medida no depósito 6 com concentrações de spectra st a 3 kg/ton e a 500 g/ton com os respetivos desvios padrões representados em barra de erro. As letras representam valores significativos de acordo com o teste t de duas amostras com variâncias desiguais ($p < 0,05$), sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa.

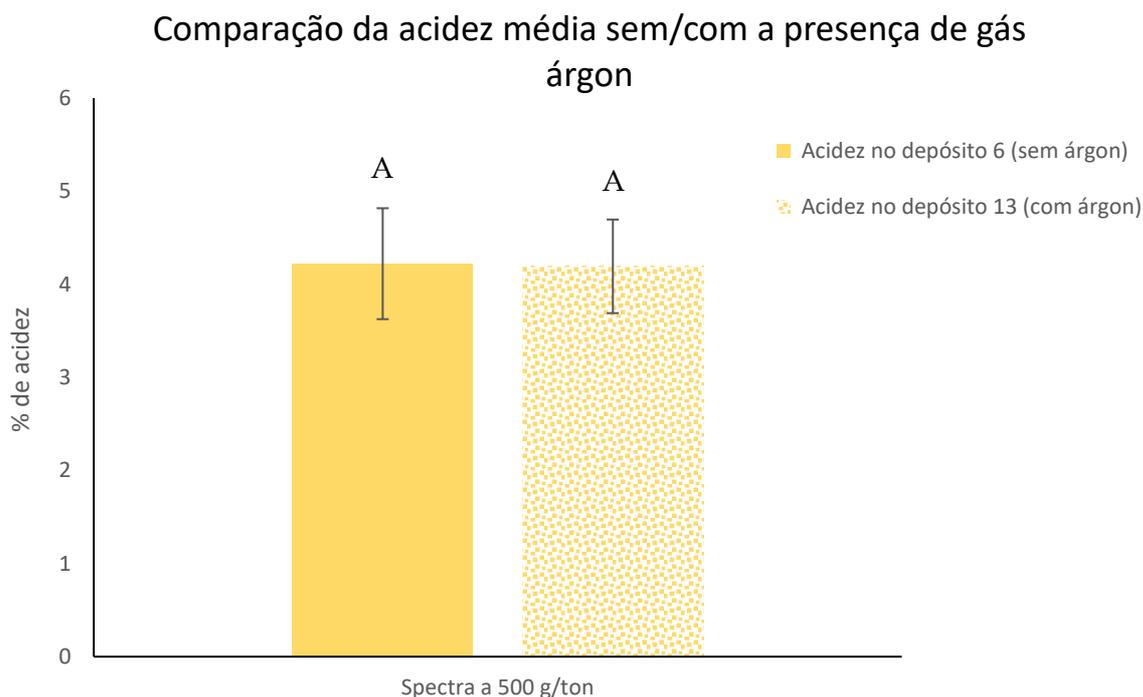


Figura 3.3 - Gráfico representativo da comparação das médias da percentagem de acidez com os respetivos desvios padrão em barra de erro no depósito 6 com o depósito 13 ambos com uma concentração de Spectra ST de 500 g/ton, mas com gás árgon tampão aplicado em um deles. As letras representam valores significativos de acordo com o teste t de duas amostras com variâncias desiguais ($p < 0,05$), sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa.

3.1.3. (Ensaio 3) Depósito 6 e 13 com dose de Spectra ST de 500 g/ton

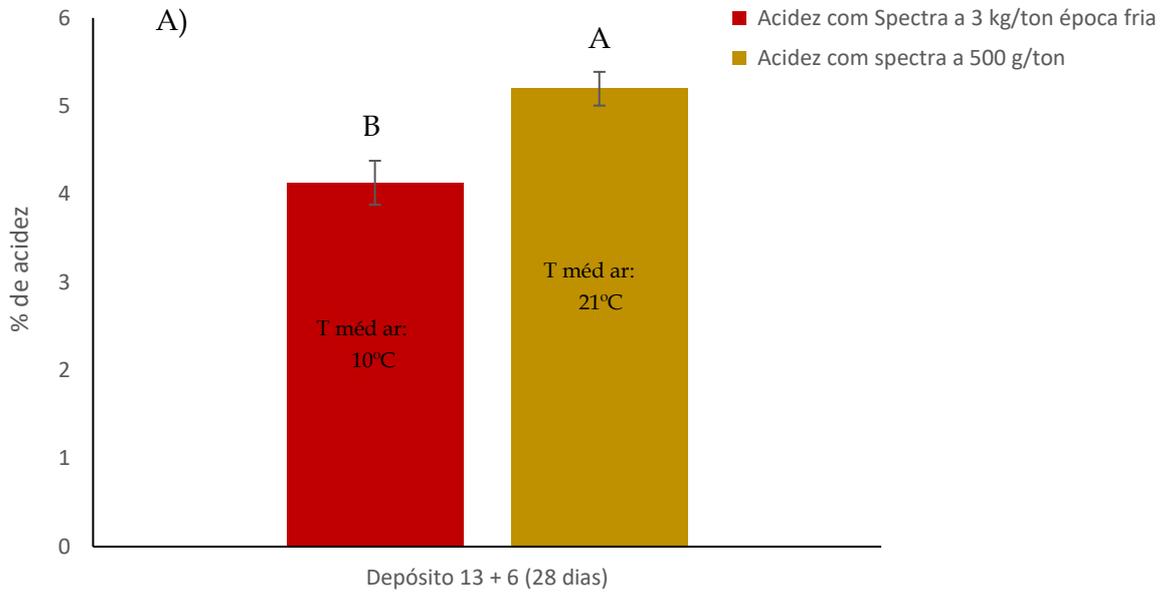
Neste ensaio realizado em junho repetiu-se mais uma vez a concentração de 500 g/ton de modo a corroborar os resultados verificados no ensaio 1 numa altura em que a temperatura estaria a aumentar gradualmente devido a mudança de estação, mas os dados recolhidos vieram subsequentemente tanto do depósito 6 como do depósito 13 após remoção do gás árgon pois este não apresentou efeito inibidor da deterioração do óleo. Quando comparados com dados recolhidos com antioxidante a 3 kg/ton revela-se uma diferença significativa quer por Anova de fator único ou por teste T-student. Os valores recolhidos com antioxidante a 500 g/ton revelam maior percentagem de acidez em média.

Estes resultados não são congruentes com os resultados dos dois ensaios passados levando a inferir que poderá existir um fator além da concentração de antioxidante que poderá

exercer influencia na percentagem de acidez medida nos depósitos. Um tal fator será a temperatura ambiente que difere drasticamente das épocas frias do ano, composta pelos meses frios, para as épocas quentes compostas pelos meses quentes sendo que está a ser considerado como mês frio aqueles cuja temperatura média do ar seja inferior a 20°C e mês quente quando igual ou superior a 20°C (IPMA, 2021). Deste modo os dados recolhidos neste ensaio foram comparados com dois conjuntos de dados de acidez históricos com concentração de spectra st a 3kg/ton, o primeiro conjunto de dados históricos recolhidos em meses frios (Figura 3.4 A) e o segundo conjunto de dados recolhidos em meses quentes (Figura 3.4 B).

Podemos observar da comparação destes dois gráficos que a temperatura média do ar tem de facto uma influência negativa na percentagem de acidez que é maior quando a temperatura média é superior a 20°C. Esta revelação dos resultados não é inesperada já que é facto conhecido que o aumento da temperatura leva a um maior ritmo de oxidação de ácidos gordos e decomposição de lipídios. Por norma o ritmo da oxidação duplica a cada incremento de 10 °C da temperatura (Mozuraityte *et al.*, 2016).

Comparação da acidez média no depósito 6+13 com meses frios



Comparação da acidez média no depósito 6+13 com meses quentes

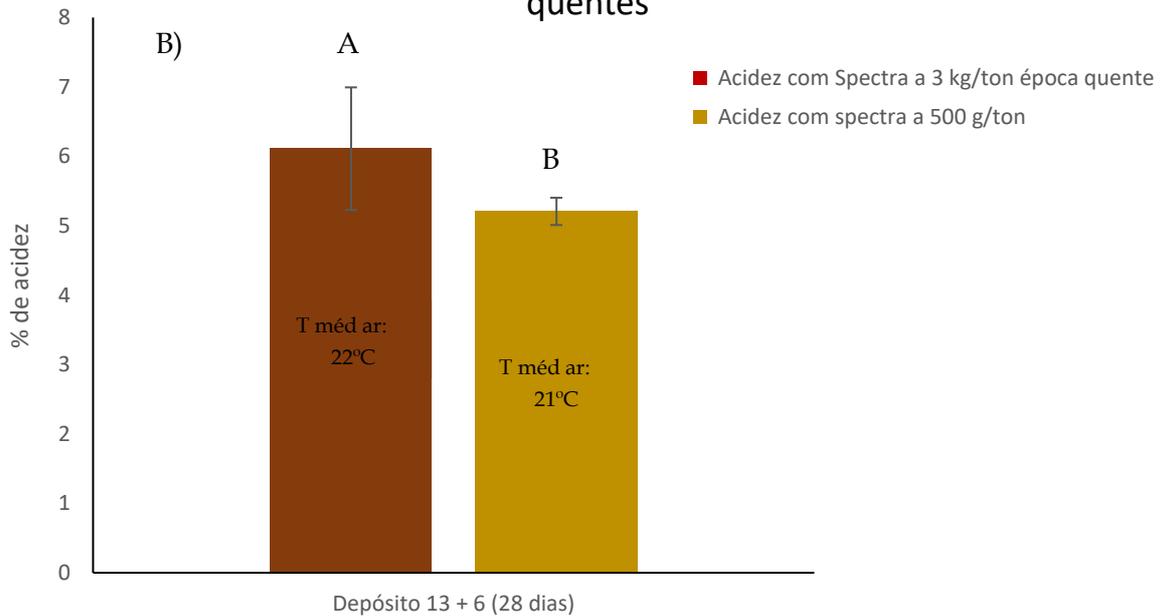


Figura 3.4 - Gráficos representativos da comparação das médias da percentagem de acidez com os respectivos desvios padrão em barra de erro e a temperatura média do ar no período que foram recolhidas amostras no depósito 6 e depósito 13 ambos com uma concentração de Spectra st de 500 g/ton com **A)** Dados históricos recolhidos em meses frios com concentração de Spectra st de 3 kg/ton **B)** Dados históricos recolhidos em meses quentes com a concentração de Spectra st de 3 kg/ton. As letras representam valores significativos de acordo com o teste t de duas amostras com variâncias desiguais ($p < 0,05$), sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa.

3.2. Ensaios com concentração de spectra st 125 g/ton

3.2.1. (Ensaio 4) Depósito 6 com dose de spectra st de 125 g/ton

O ensaio 4 realizado em agosto, foi o primeiro dos ensaios em que se tentou comparar o efeito que a dosagem mínima de spectra st de 125 g/ton terá na percentagem de acidez do subproduto transformado. Considerando, no entanto, a tendência inicialmente observada no ensaio 3 relativamente a possível interação da temperatura média do ar com a percentagem de acidez determinada no subproduto transformado, os dados recolhidos durante este ensaio serão inicialmente comparados com os dados de acidez históricos com concentração de spectra st de 3kg/ton recolhidos durante época fria e com os dados recolhidos com concentração de spectra st de 500 g/ton no ensaio 1. Pela análise da Figura 3.5 A) podemos observar que existem diferenças significativas entre os conjuntos de dados, pois o valor p é inferior a 0,05 por anova de fator único e teste t , com a dosagem de antioxidante a 3 kg/ton e do ensaio 1 com os dados recolhidos com a nova dosagem reduzida de antioxidante sendo que se destaca pela subida da média da percentagem de acidez medida ao longo dos 28 dias no depósito 6. Este aumento de acidez é atribuível a temperatura média do ar superior que se experienciava em agosto comparativamente com os dados do ensaio 1 recolhidos em janeiro e fevereiro e os dados históricos de época fria recolhidos em novembro e dezembro de 2021. Todavia quando os dados deste ensaio 4 são comparados com dados de acidez históricos com concentração de spectra st de 3kg/ton recolhidos durante época quente e com os dados recolhidos com concentração de spectra st de 500 g/ton no ensaio 3 de junho revela-se uma situação diferente. Como é possível inferir da observação da Figura 3.5 B) não existe diferença significativa na média da percentagem de acidez quando os dados recolhidos são comparados com os dados históricos de época quente e com os dados do ensaio 3.

Comparação de acidez no depósito 6

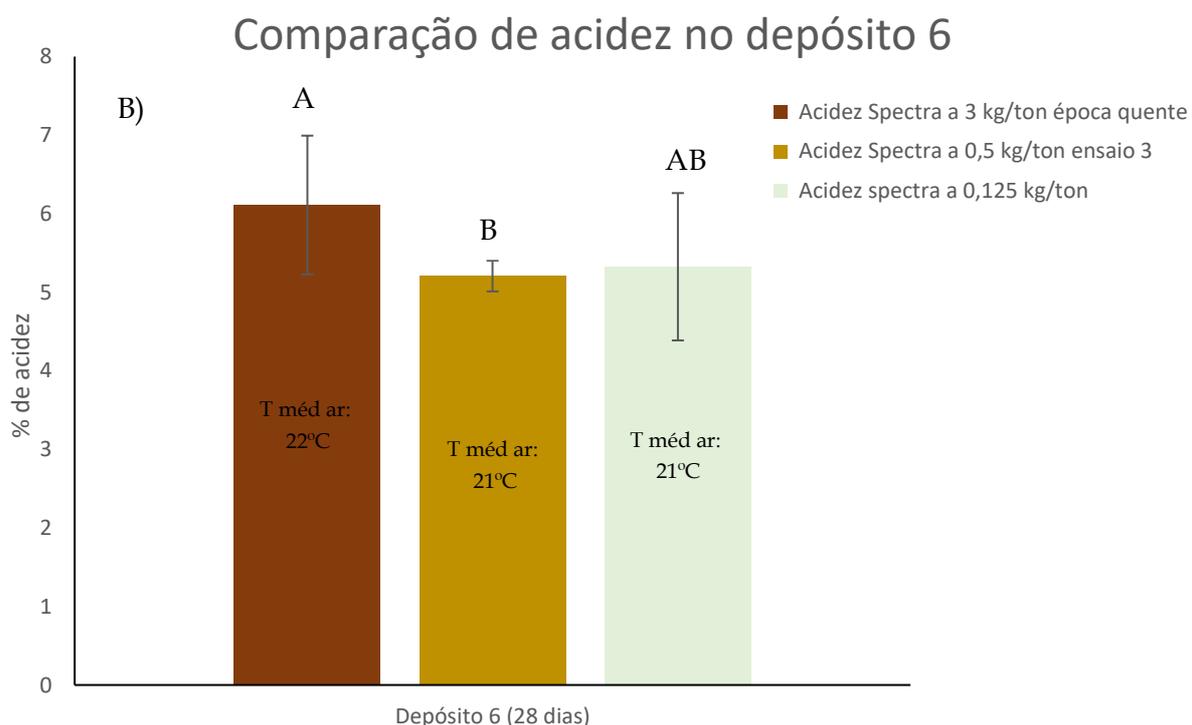
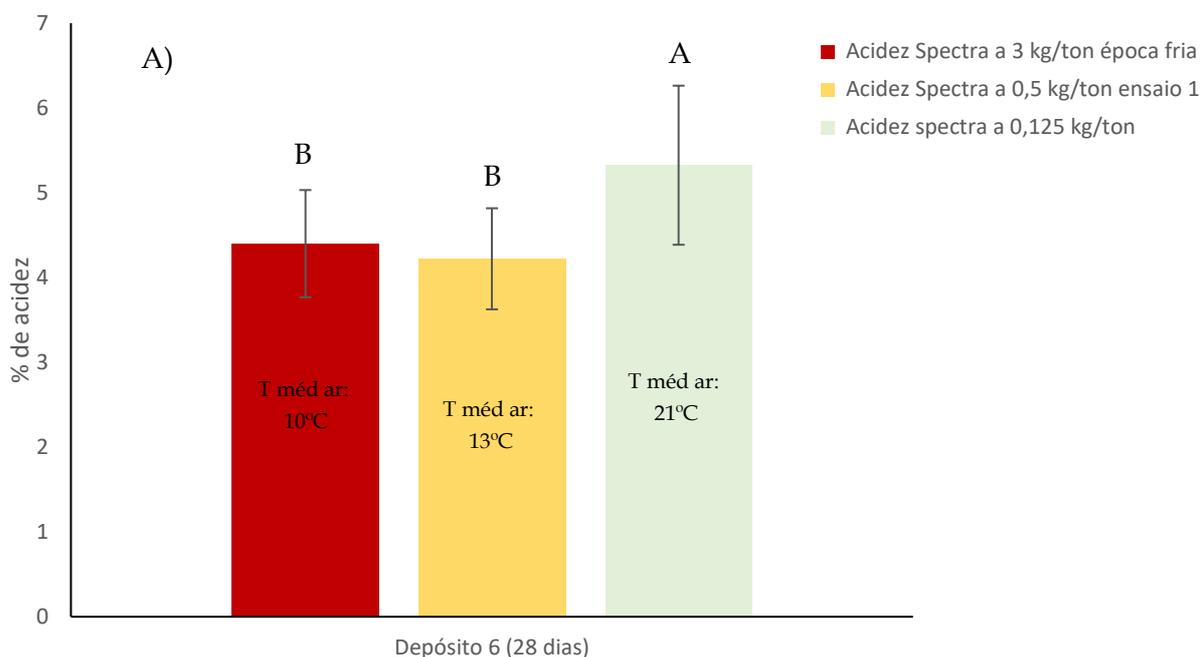


Figura 3.5 - Gráficos representativos da comparação das médias da percentagem de acidez com os respectivos desvios padrão em barra de erro e a temperatura média do ar no período que foram recolhidas amostras no depósito 6 com uma concentração de spectra st de 125 g/ton com **A)** Dados históricos recolhidos em época fria com concentração de spectra st de 3 kg/ton e os dados recolhidos no ensaio 1 **B)** Dados históricos recolhidos em época quente com a concentração de spectra st de 3 kg/ton e os dados recolhidos no ensaio 3. As letras representam valores significativos de acordo com o teste t de duas amostras com variâncias desiguais ($p < 0,05$), sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa.

É então mais uma vez possível observar o potencial efeito que a temperatura exerce sobre a percentagem de acidez. E já não se identifica uma alteração significativa da percentagem de acidez medida durante o ensaio 3 e o ensaio 4, em que houve uma redução da quantidade de antioxidante usado de 500g para 125 g.

3.2.2. (Ensaio 5) Depósito 13 com dose de spectra st de 125 g/ton

Neste último ensaio tentou-se à semelhança do ensaio 4 comparar o efeito que a dosagem mínima de spectra st de 125 g/ton terá na percentagem de acidez do subproduto transformado. Então realizou-se primeiro a comparação dos dados recolhidos com dados de acidez históricos com concentração de spectra st de 3kg/ton recolhidos durante época fria e com os dados recolhidos com concentração de spectra st de 500 g/ton no ensaio 2. Congruente com os resultados do ensaio anterior podemos observar na Figura 3.6 A) que existem diferenças significativas pela análise anova de fator único e teste t, quando os dados recolhidos são comparados com dados de dosagem de antioxidante a 3 kg/ton e dados do ensaio 2. Destaca-se mais uma vez a subida da média da percentagem de acidez medida durante os 28 dias no depósito 13. Quando, no entanto, fazemos de novo a comparação com dados de acidez históricos com concentração de spectra st de 3kg/ton recolhidos durante época quente e com os dados recolhidos com concentração de spectra st de 500 g/ton no ensaio 3 realizado em junho verifica-se como corroborado na Figura 3.6 B) que existe diferença significativa na forma de redução da média da percentagem de acidez quando os dados recolhidos são comparados com os dados históricos de época quente apesar de não existir diferença significativa entre os dados do ensaio 3 e este ensaio. Estas comparações demonstram mais uma vez o potencial negativo que o aumento da temperatura tem na estabilidade oxidativa aumentando o ritmo de deterioração com o incremento da temperatura do ar. Os resultados obtidos para este ensaio são então semelhantes aos do ensaio 4 corroborando a tendência discernida e demonstram que o antioxidante spectra st nem em concentrações de 500g/ton nem 125 g/ton aparenta estar a exercer efeito inibidor na oxidação lipídica do subproduto transformado sendo que a temperatura parece ter mais relevância na estabilidade da gordura de aves.

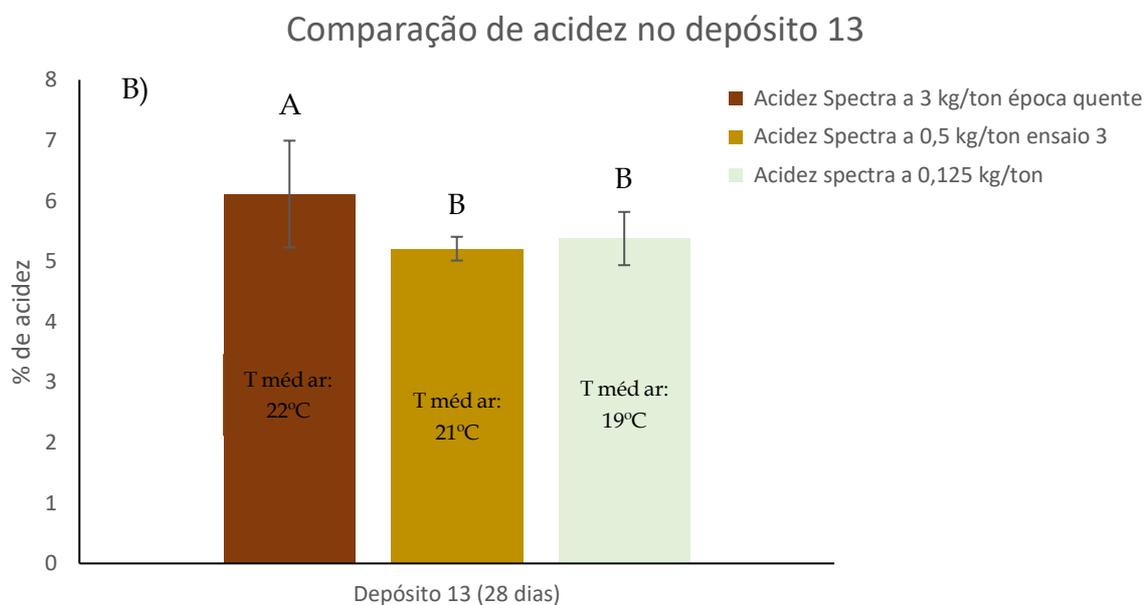
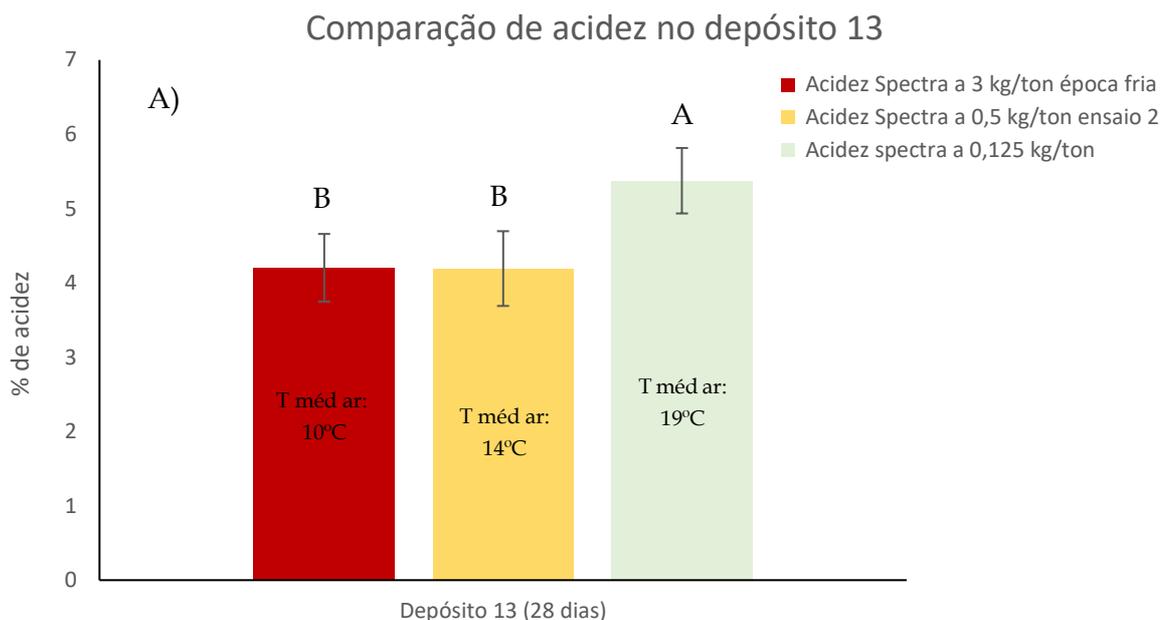


Figura 3.6 - Gráficos representativos da comparação das médias da percentagem de acidez com os respetivos desvios padrão em barra de erro e a temperatura média do ar no período que foram recolhidas amostras no depósito 13 com uma concentração de Spectra st de 125 g/ton com **A)** Dados históricos recolhidos em época fria com concentração de Spectra st de 3 kg/ton e os dados recolhidos no ensaio 2 **B)** Dados históricos recolhidos em época quente com a concentração de Spectra st de 3 kg/ton e os dados recolhidos no ensaio 3. As letras representam valores significativos de acordo com o teste t de duas amostras com variâncias desiguais ($p < 0,05$), sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa.

3.3. Influência de outros fatores no parâmetro de acidez da gordura de aves

Como temos vindo a observar até aqui, os efeitos que o antioxidante produz no controlo da percentagem de acidez do subproduto transformado ao longo do tempo de armazenamento não é efetivamente significativo. Dentro do intervalo de dosagem indicado na rotulagem do aditivo não se identificou diferenças entre a concentração de 500 g de antioxidante por tonelada de subproduto transformado e 125 g por tonelada comparativamente a dados históricos recolhidos anteriormente a dosagens de 3 kg/ton de antioxidante. Esta conclusão é válida para o caso de uso que se verifica na Avibom Avícola S.A. tendo em conta os tempos de armazenamento médio do subproduto transformado de uma a duas semanas.

Existem, no entanto, outros estudos realizados no passado que concluíram que os antioxidantes BHA e BHT são na realidade eficientes na preservação de lípidos extraídos de aves (frango no caso) para tempos de armazenamento superiores a três semanas em condições controladas e a 20°C. (Pereira *et al.*, 1977). Esta investigação observou ainda que a capacidade antioxidantes dos compostos BHA e BHT poderia ser ampliada quando utilizados em conjunto com ácido cítrico demonstrando a possibilidade de otimização do efeito antioxidante. Porém é de realçar que estas observações foram realizadas tendo em conta métodos de determinação do estado de oxidação lipídica diferentes e com finalidade de melhorar a estabilidade de lípidos extraídos de frango para utilização na alimentação humana.

Foi possível por outro lado verificar um parâmetro que de facto influência a percentagem de acidez do subproduto, a temperatura média do ar. Este é relevante devido à exposição dos tanques de armazenamento à temperatura do ar, isto é, eles encontram-se no exterior ao ar livre, que sujeita por sua vez os lípidos do subproduto transformado ao potencial efeito negativo que a temperatura poderá ter.

Já foi observado em diversos estudos que quanto maior a temperatura maior será o grau de oxidação em uma matriz lipídica bem como as reações de escurecimento não enzimático (Lu *et al.*, 2014). Os lípidos derivados de subprodutos de aves apresentam menor estabilidade oxidativa devido a sua composição rica em ácidos gordos monoinsaturados e polinsaturados, as moléculas que originam os radicais lipídicos durante a cinética da reação de oxidação lipídica. E como podemos observar de estudos já realizados (Lu *et al.*, 2014) a carne de

frango e por dedução os lípidos presentes nela apresentam uma estabilidade oxidativa fraca, especialmente quando comparada com carne bovina que tem mais ácidos gordos saturados, e esta fraqueza é particularmente acentuada quanto maior a temperatura de armazenamento. Visto isto o controlo da temperatura de armazenamento dos subprodutos e dos subprodutos transformados apresenta-se como uma boa prática para os efeitos de controlo da percentagem de acidez nos depósitos de armazenamento. Estando os tanques de armazenamento no exterior o controlo de temperatura será muito mais limitado, podendo, no entanto, aplicar-se ainda algumas soluções básicas como a cobertura total ou parcial dos tanques de modo a evitar a exposição direta ao sol e a utilização de sistemas de ventoinhas de modo a circular o ar e controlar dentro dos possíveis a temperatura. Dito isto a situação mais favorável para o controlo da temperatura seria sempre movimentar os tanques para uma zona interior com climatização apropriada.

Outro parâmetro a considerar durante a avaliação da percentagem de acidez é o estado oxidativo do subproduto a entrada do processo. Subprodutos utilizados depois do abate não sofrem nenhum tipo de degradação lipídica significativa, a situação mais relevante vem caso os subprodutos tenham tido algum tempo de armazenamento em condições não ideais. Isto levando a promoção da reação de oxidação lipídica não sendo possível revertê-la neste contexto e impossibilitando a obtenção de um subproduto transformado com percentagem de acidez controlada baixa e controlada.

Reverter a oxidação lipídica não é uma realidade plausível neste contexto, portanto a sua inibição antes da transformação do subproduto é uma boa prática para obtenção de melhor qualidade final. Este objetivo pode ser atingido respeitando toda teoria ao longo dos anos estudada sobre reações de oxidação lipídica (Frankel, 2005), isto implicaria principalmente o controlo do contacto dos subprodutos com oxigênio, luz (foto-oxidação) e temperatura através do armazenamento próprio dos subprodutos. Alternativamente ou em adição poderá contemplar-se a utilização de antioxidantes sintéticos diretamente nos subprodutos que são armazenados durante algum tempo previamente à transformação. No entanto a tendência atual na indústria alimentar é a procura de alternativas naturais aos antioxidantes sintéticos como vitamina E, carotenoides, polifenóis e ácido ascórbico e neste sentido existem estudos já realizados com resultados promissores tanto na aplicação direta a carnes ou subprodutos, como na incorporação na alimentação das aves em fase de crescimento (Fotina *et al.*, 2013). Exemplos

como a utilização de extrato de ameixa seca para inibir a reação oxidação lipídica em carne de porco pré-cozinhada (Nuñez De Gonzalez *et al.*, 2008), a utilização de extrato de sementes de uva em matriz constituída por coxa de frango triturada de modo a impedir a formação de produtos de oxidação lipídica (Brannan, 2008), o estudo das propriedades antioxidantes e antimicrobianas de extratos de especiarias têm em carne de frango armazenada (Radha Krishnan *et al.*, 2014) e mesmo a utilização de resíduos com potencial antioxidante de outras indústrias alimentares como a de produção de vinho em carne de frango (Shirahigue *et al.*, 2010) entre muitos outros exemplos representam os esforços que têm a vindo ser realizados na procura de alternativa naturais ao controlo da oxidação lipídica na industria alimentar.

3.4. Relação da percentagem de acidez com o valor do subproduto transformado

Os subprodutos transformados são avaliados pelas indústrias que os utilizam através de designados parâmetros sendo o principal na avaliação da qualidade a percentagem de acidez da matéria-prima. O valor deste parâmetro tem peso particular na rentabilidade da gordura animal já que para cada 1% de acidez média acima dos 3% de acidez ideal incorre-se numa perda de 2% do preço da mesma. Isto é particularmente preocupante considerando que valores de acidez de 8% já implicam uma perda de 10% no valor comercial em situações de acidez mais elevada do que o normal existindo uma perda de 4% no valor para percentagens de acidez nos 5% tendo sido observado em todos os ensaios realizados valores de acidez perto dos 5% ou superiores.

3.5. Despesa de antioxidante spectra st para a gordura de aves

De modo a perceber como os resultados obtidos podem influenciar positivamente a situação operacional atual da empresa Avibom Avícola S.A. torna-se necessário criar uma estimativa de produção para a unidade de transformação de subprodutos.

Dentro desta unidade é realizada então uma operação de transformação de subprodutos de abate animal em farinha proteica e gordura animal com a finalidade de serem utilizados para a produção de ração animal. É estimado que por hora sejam extraídos cerca de 500 kg de gordura de aves, perfazendo uma tonelada em cerca de duas horas. Tendo em conta isto pode ser estimado também quanto antioxidante estará a ser utilizado cada hora, ou seja, para a concentração de 3 kg/ton o gasto será na ordem dos 1,5 kg de spectra st por hora, no caso da dosagem de 500 g/ton será 250 g por hora e por fim para 125 g/ton será um dispêndio de 62,5 g de antioxidante por hora. Sabendo que o antioxidante spectra st é adquirido ao preço de 3,10 euros por kg é possível estimar então a despesa associada a cada concentração de aditivo utilizado como podemos verificar na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Valores associados ao gasto de antioxidante spectra st para a respetiva dosagem adicionada ao subproduto transformado. Esta estimativa assume o preço do antioxidante como 3,10 euros por kg, o funcionamento da unidade de transformação de subprodutos durante 8 horas nos dias úteis semanais.

	Despesa em antioxidante		
	3 kg/ton	Teor máx (0,5 kg/ton)	Teor mín (0,125 kg/ton)
Diária	37,20 €	6,20 €	1,55 €
Semanal	186,00 €	31,00 €	7,75 €
Mensal	744,00 €	124,00 €	31,00 €
Anual	8 928,00 €	1 488,00 €	372,00 €

Como é possível de observar a redução da despesa em antioxidante durante a atividade de transformação de subprodutos é significativa sendo que a utilização da dosagem recomendada superior (0,5 kg/ton) representa uma redução de 84% e a dosagem inferior (0,125 kg/ton) uma redução total de aproximadamente 96% comparativamente ao gasto original.

3.6. Despesa de antioxidante spectra st para a farinha proteica

Apesar do estudo realizado não abordar o outro subproduto transformado obtido na unidade de tratamento de subprodutos, a farinha proteica, é possível ainda inferir algumas informações a partir dos resultados obtidos. Primeiramente este outro subproduto transfor-

mado é constituído essencialmente pela fração proteica dos subprodutos, contendo, no entanto, algum residual lipídico que permanece depois da operação unitária de prensagem que separa as duas frações. Como tal, e tendo em conta que também na farinha proteica um dos parâmetros de avaliação da qualidade é a percentagem de acidez, podemos melhor estabilizar este subproduto transformado pelo controlo dos mesmos parâmetros que influenciam a percentagem de acidez da gordura de aves, especificamente a temperatura e o estado de oxidação do subproduto a entrada da unidade de transformação.

Será interessante realizar o mesmo estudo no âmbito da estabilização da farinha proteica de modo a verificar a possibilidade de influência positiva ou negativa do antioxidante spectra st na percentagem de acidez deste subproduto transformado. O benefício da otimização da despesa de antioxidante neste caso também poderá ser significativo e apesar de não ter sido realizado análise da concentração ótima é possível estimar a redução possível como representado na Tabela 3.2 A) e B). A farinha proteica é separada em dois tipos, uma é denominada farinha de carne e a outra farinha de penas, com quantidades produzidas por hora diferentes sendo o rendimento da farinha de carne cerca 1400 kg por hora e a de penas 1000 kg por hora.

Tabela 3.2 - Valores associados ao gasto de antioxidante spectra st para a respetiva dosagem adicionada ao subproduto transformado A) farinha de carne e B) farinha de penas. Esta estimativa assume o preço do antioxidante como 3,10 euros por kg, o funcionamento da unidade de transformação de subprodutos durante 8 horas nos dias úteis semanais

A)	Despesa em antioxidante (farinha carne)		
	Antes	Teor máx (0,5 kg/ton)	Teor mín (0,125 kg/ton)
Diária	29,76 €	18,60 €	4,65 €
Semanal	148,80 €	93,00 €	23,25 €
Mensal	595,20 €	372,00 €	93,00 €
Anual	7 142,40 €	4 464,00 €	1 116,00 €

B)	Despesa em antioxidante (farinha penas)		
	Antes	Teor máx (0,5 kg/ton)	Teor mín (0,125 kg/ton)
Diária	29,76 €	12,40 €	3,10 €
Semanal	148,80 €	62,00 €	15,50 €
Mensal	595,20 €	248,00 €	62,00 €
Anual	7 142,40 €	2 976,00 €	744,00 €

Podemos observar no caso da farinha de carne uma possível redução da despesa entre aproximadamente 38% a 84% pendente resultados obtidos num estudo do efeito das concentrações reduzidas de antioxidante e para a farinha de penas uma redução entre aproximadamente 58% e 90% comparativamente a dosagem empregue anteriormente.

A redução da quantidade de antioxidante a usar tem também benefícios ambientais, uma vez que é necessária uma menor produção do aditivo. Este, ao ser sintético consome recursos, energéticos e não só, e a menor necessidade contribui igualmente para uma poupança no uso de recursos.

Conclusão

O controlo da qualidade dos subprodutos transformados através da regulação da sua percentagem de acidez é uma mais-valia para o valor que estes podem adquirir. Foi observado ao longo deste projeto que a redução da dosagem utilizada de spectra st durante o armazenamento do subproduto transformado não produz resultados significativos independentemente da dosagem utilizada por tonelada de subproduto e como tal é importante determinar outros fatores explicativos da instabilidade da percentagem de acidez. São tais fatores a temperatura (do ar) e o grau de degradação prévia nos subprodutos antes de processados que potencialmente exercerão uma maior influência na percentagem de acidez da gordura obtida da transformação de subprodutos originados do abate de aves. Sendo assim a melhor solução será a utilização da concentração de antioxidante spectra st de 125 g/ton.

Além do mais a otimização da concentração de antioxidante empregue na fase de armazenamento da gordura de aves obtida dos subprodutos do abate e transformação em carne traduz-se numa contração do investimento monetário estimado de cerca de 8556 euros anuais. Isto permitindo a possibilidade de realocar estes recursos de outra maneira mais benéfica para a empresa Avibom Avícola S.A. Seria também uma mais-valia a realização de um estudo semelhante ao realizado para os outros subprodutos transformados, as farinhas proteicas, obtidos na unidade de transformação da Avibom Avícola S.A podendo elucidar sobre a realidade do efeito que o antioxidante exerce nestes e podendo refletir uma maior contração do investimento anual alocado para antioxidante spectra st.

Projetos como este têm relevância para a otimização e desenvolvimento contínuo de novas metodologias que permitem por um lado abordar cientificamente uma prática recentemente adotada bem como adquirir mais conhecimento relativamente a produtos envolvidos em um mercado cada vez mais relevante na atualidade. Futuramente será de interesse testar antioxidantes naturais como vitamina E, carotenoides, polifenóis ou ácido ascórbico que poderão ter melhores resultados em termos da estabilidade da gordura além de serem mais econômicos.

BIBLIOGRAFIA

- ABARES. *Agricultural Commodities: March 2015*. 2015;Available from: agriculture.gov.au/abares/publications.
- Ahmed ST, Islam MM, Bostami ABMR, Mun HS, Kim YJ, Yang CJ. Meat composition, fatty acid profile and oxidative stability of meat from broilers supplemented with pomegranate (*Punica granatum L.*) by-products. *Food Chem* 2015;**188**:481–488.
- Andrade, M.A., Barbosa, C.H., Souza, V.G.L., Coelho, I.M., Reboleira, J., Bernardino, S., Ganhão, R., Mendes, S., Fernando, A.L., Vilarinho, F., Sanches Silva, A., Ramos, F. Novel Active Food Packaging Films Based on Whey Protein Incorporated with Seaweed Extract: Development, Characterization, and Application in Fresh Poultry Meat. *Coatings* 2021, **11**, 229. <https://doi.org/10.3390/coatings11020229>
- Avibom Avícola S.A. Historial - Avibom. 2012;Available from: https://www.avibom.pt/epages/3130-130702.sf/pt_PT/?ObjectPath=/Shops/3130-130702/Categories/Sobre_a_Avibom/Historial.
- Barbosa, C.H., Andrade, M.A., Vilarinho, F., Castanheira, I., Fernando, A.L., Loizzo, M.R., Silva, A.S. A new insight on cardoon: Exploring new uses besides cheese making with a view to zero waste, *Foods* 2020, **9** (5), 564, <https://doi.org/10.3390/foods9050564>
- Blundell R, Shah MA, Azzopardi JI, Iqbal S, Rasul A, Shah GM. Butylated hydroxytoluene. *Antioxidants Eff Heal* 2022;195–200. ElsevierAvailable from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128190968000331>.
- Brannan RG. Effect of grape seed extract on physicochemical properties of ground, salted, chicken thigh meat during refrigerated storage at different relative humidity levels. *J Food Sci* 2008;**73**..
- Campos I, Matos E, Maia MRG, Marques A, Valente LMP. Partial and total replacement of fish oil by poultry fat in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles: Effects on nutrient utilization, growth performance, tissue composition and lipid metabolism. *Aquaculture* 2019;**502**:107–120. Elsevier B.V.
- Campos I, Pinheiro Valente LM, Matos E, Marques P, Freire F. Life-cycle assessment of animal feed ingredients: Poultry fat, poultry by-product meal and hydrolyzed feather meal. *J Clean Prod* 2020;**252**..
- Clark M, Tilman D. Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environ Res Lett* 2017;**12**..
- Comissão Europeia. Regulamento (CE) N.º 543/2008 da Comissão, de 16 de Junho de 2008, que estabelece regras de execução do Regulamento (CE) n.º 1234/2007 do Conselho no

- que respeita às normas de comercialização para a carne de aves de capoeira. *J Of da União Eur* 2008;**157**:46–87.
- Djekic I. Environmental Impact of Meat Industry – Current Status and Future Perspectives. *Procedia Food Sci* 2015;**5**:61–64.
- Donadelli RA, Aldrich CG, Jones CK, Beyer RS. The amino acid composition and protein quality of various egg, poultry meal by-products, and vegetable proteins used in the production of dog and cat diets. *Poult Sci* 2019;**98**:1371–1378.
- FAO. FAOSTAT. 2020; Available from: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- Felter SP, Zhang X, Thompson C. Butylated hydroxyanisole: Carcinogenic food additive to be avoided or harmless antioxidant important to protect food supply? *Regul Toxicol Pharmacol* 2021;**121**:
- Ferreira A, Kunh SS, Cremonez PA, Dieter J, Teleken JG, Sampaio SC, Kunh PD. Brazilian poultry activity waste: Destinations and energetic potential. *Renew Sustain Energy Rev* 2018;**81**:3081–3089.
- Fotina AA, Fisinin VI, Surai PF. Recent developments in usage of natural antioxidants to improve chicken meat production and quality. *Bulg J Agric Sci* 2013;**19**:889–896.
- Frankel EN. Lipid oxidation: Mechanisms, products and biological significance. *J Am Oil Chem Soc* 1984;**61**:1908–1917.
- Frankel EN. *Lipid oxidation*. *Lipid Oxid* [Internet] 2005;**18**:. Woodhead Publishing Limited: Cambridge.
- Gadow A Von, Joubert E, Hansmann CF. Comparison of the Antioxidant Activity of Aspalathin with That of Other Plant Phenols of Rooibos Tea (*Aspalathus linearise*), α -Tocopherol, BHT, and BHA. *J Agric Food Chem* 1997;**45**:632–638.
- Industria Técnica Pecuária. Antioxidantes naturais | ITPSA. 2018; Available from: <https://itpsa.com/productos/por-complementos/antioxidantes/>.
- IPMA. Portal do Clima. 2021; Available from: <http://portaldoclima.pt/pt/>.
- Lasekan A, Abu Bakar F, Hashim D. Potential of chicken by-products as sources of useful biological resources. *Waste Manag* 2013;**33**:552–565.
- Lu FSH, Bruheim I, Haugsgjerd BO, Jacobsen C. Effect of temperature towards lipid oxidation and non-enzymatic browning reactions in krill oil upon storage. *Food Chem* 2014;**157**:398–407.
- Meat consumption | Agricultural output | OECD iLibrary Available from: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/meat-consumption/indicator/english_fa290fd0-en.
- Meeker DL. *Essential Rendering: All about the Animal By-products industry* [Internet]. *Natl Render Assoc* 2006; Available from: www.renderers.org.
- Mozuraityte R, Kristinova V, Standal IB, Carvajal AK, Aursand M. Oxidative Stability and Shelf Life of Fish Oil. *Oxidative Stab Shelf Life Foods Contain Oils Fats* 2016;209–231.
- Núñez De Gonzalez MT, Boleman RM, Miller RK, Keeton JT, Rhee KS. Antioxidant properties of dried plum ingredients in raw and precooked pork sausage. *J Food Sci* 2008;**73**:
- O'Connor TP, O'Brien NM. Lipid oxidation. *Adv Dairy Chem* 2009;**2**;, p. 557–600.
- Parlamento Europeu e do Conselho. REGULAMENTO (CE) n.º 1069/2009, que define regras sanitárias relativas a subprodutos animais e produtos derivados não destinados ao consumo humano. 2009;**2009**:1–33.
- Pereira AS, Pratt DE, Stadelman WJ. Stabilization of Chicken Fat ,. *Poult Sci* 1977;**56**:166–173.
- PubChem. Butylated hydroxytoluene | C15H24O - PubChem. 2021a; Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/31404>.
- PubChem. Butylhydroxyanisole | C22H32O4 - PubChem. 2021b;1–32 Available from:

- <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Butylhydroxyanisole>.
- Radha Krishnan K, Babuskin S, Azhagu Saravana Babu P, Sasikala M, Sabina K, Archana G, Sivarajan M, Sukumar M. Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat. *Int J Food Microbiol* 2014;**171**:32–40.
- Ritchie H, Roser M. Meat and Dairy Production - Our World in Data. *Our World Data* 2019;1–35 Available from: <https://ourworldindata.org/meat-production>.
- Sanchez-Sabate R, Sabaté J. Consumer attitudes towards environmental concerns of meat consumption: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health* 2019;**16**..
- SDG Indicators 2021;, p. 1095–1095 Available from: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/>.
- Shirahigue LD, Plata-Oviedo M, Alencar SM de, Bismara Regitano d’Arce MA, Ferreira de Souza Vieira TM, Cadorin Oldoni TL, Contreras-Castillo CJ. Wine industry residue as antioxidant in cooked chicken meat. *Int J Food Sci Technol* 2010;**45**:863–870.
- Souza, V.G.L., Fernando, A.L. Nanoparticles in food packaging: Biodegradability and potential migration to food—A review, *Food Packaging and Shelf Life* 2016, **8**, 63-70, <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.04.001>
- Souza, V.G.L., Fernando, A.L., Pires, J.R.A., Rodrigues, P.F., Lopes, A.A.S., Braz-Fernandes, F.M. Physical properties of chitosan films incorporated with natural antioxidants, *Industrial Crops and Products* 2017, **107**, 565-572. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.04.056>
- Souza, V.G.L., Pires, J.R.A., Vieira, E.T., Coelho, I.M., Duarte, M.P., Fernando, A.L. Activity of chitosan-montmorillonite bionanocomposites incorporated with rosemary essential oil: from in vitro assays to application in fresh poultry meat, *Food Hydrocolloids* 2019, **89**, 241–252, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.10.049>
- Wang J, Han L, Wang D, Sun Y, Huang J, Shahidi F. Stability and stabilization of omega-3 oils: A review. *Trends Food Sci Technol* 2021;**118**:17–35.
- Whitton C, Bogueva D, Marinova D, Phillips CJC. Are we approaching peak meat consumption? Analysis of meat consumption from 2000 to 2019 in 35 countries and its relationship to gross domestic product. *Animals* 2021;**11**:3466.



2022

VASCO DIAS DA COSTA CAMPOS

ESTABILIZAÇÃO DE GORDURA RENDERIZADA A PARTIR DE
SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL