

UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Virgínia Maria Batista Figo

**ESTUDO, EM AMBIENTE INDUSTRIAL, DO
COMPORTAMENTO DE FÍGADOS DE FRANGO
EM EMBALAGEM EM ATMOSFERA
MODIFICADA**

**Dissertação no âmbito do Mestrado em Segurança Alimentar, orientada
pelo Professor Doutor Fernando Jorge Ramos e Professora Doutora Ana
Teresa Sanches Silva**

Outubro de 2021

Agradecimentos

Na realização deste trabalho foram imensas as pessoas e entidades que contribuíram com o seu apoio, trabalho, compreensão e conhecimentos. Como tal não posso concluir este trabalho sem o meu mais sincero agradecimento a todos. Agradeço:

Aos meus pais, porque sem eles nada disto seria possível, pelo seu apoio incondicional, força, compreensão, amizade, amor e sacrifícios que fizeram em meu benefício. E ao meu namorado por todo o apoio, paciência, companheirismo e carinho durante esta fase.

Ao Professor Doutor Fernando Jorge Ramos e à Professora Doutora Ana Teresa Sanches Silva o meu muito obrigada por terem aceite a tarefa de orientar esta dissertação. À engenheira Dina e engenheira Celine, pela disponibilidade e apoio dados ao longo deste trabalho, o meu agradecimento.

A todos aqueles que, embora não referidos, não foram esquecidos, tornaram a conclusão desta etapa da minha vida possível, o meu muito obrigada.

Resumo

A empresa Lusiaves S.A. é um dos maiores produtores nacionais de carne de aves, sendo por isso uma referência a nível nacional e internacional na produção e transformação de carne de frango e peru. A carne de frango constitui uma fonte nutritiva de elevada qualidade e a sua procura e consumo têm aumentado exponencialmente nos últimos anos.

A carne e vísceras de frango são alimentos muito perecíveis. Para manter estes alimentos frescos e seguros são frequentemente utilizadas embalagens com atmosfera modificada (*Modified Atmosphere Packaging*, MAP). A atmosfera no interior destas embalagens é constituída por uma mistura de gases adequada a cada alimento, com o objetivo de preservar a frescura e a qualidade durante mais tempo.

Indo ao encontro dos interesses da empresa Lusiaves S.A., onde foi realizado este trabalho, pretendeu-se avaliar a causa das mudanças de vísceras de frango, assim como das alterações na respetiva embalagem, responsáveis pelo reduzido tempo de vida destas amostras. No decorrer de 5 dias após o embalamento das amostras foi monitorizada a percentagem de gases no interior da embalagem e registadas as alterações de cor dos fígados e da embalagem.

Perante os resultados observados nos ensaios foi possível concluir que o nível de gás presente nos tanques de oxigénio e dióxido de carbono usados no embalamento em atmosfera modificada não constitui a causa das alterações nos fígados de frango. Os dois filmes testados originaram alterações nas amostras de fígado muito idênticas, dado que apresentavam propriedades barreira semelhantes.

Foram realizados ensaios com a mistura normalmente utilizada nas cuvetes de fígado embaladas em atmosfera modificada (55-70%O₂:20-30%CO₂:3-5%N₂). Esta mistura foi designada 70%O₂:30%CO₂ para simplificar. Posteriormente, foram propostas duas outras misturas: 75%O₂:25%CO₂ e 80%O₂:20%CO₂. As novas misturas permitiram retardar o aparecimento das alterações quer na cor dos fígados, quer na embalagem, o que permitiu aumentar a vida útil dos fígados de frango embalados. No caso da MAP com 70%O₂:30%CO₂, as alterações de cor tiveram início no terceiro dia após o embalamento, mas no caso das outras duas misturas, as alterações de cor só tiveram início ao quinto dia. Em relação às alterações na embalagem, no caso da MAP com 70%O₂:30%CO₂, as alterações verificaram-se a partir do segundo dia após o embalamento, e no caso das outras misturas de gases, a partir

do terceiro dia. Foram propostos estudos adicionais que poderiam ser realizados no futuro para aumentar a vida útil de vísceras em embalagens com atmosfera modificada.

Palavras- chave: vísceras de frango; fígados; embalagem em atmosfera modificada; qualidade;

Abstract

Lusiaves S.A. is one of the largest national producers of poultry, and is a national and international reference in the production and processing of chicken and turkey meat. Chicken meat is a high-quality nutritional source and its demand and consumption has increased exponentially in recent years.

Chicken meat and giblets are very perishable foods, and in order to keep these fresh and safe modified atmosphere packaging (MAP) is used, thus increasing the shelf life of such foods. The atmosphere inside these packages is made up of a mixture of gases adapted to each product, with the aim of preserving freshness and quality for longer.

Aligned with Lusiaves' interests – where this study was performed – this work aims to assess the causes in the changes in packaging and colour of chicken giblets, responsible for the limited shelf-life of these products. Over the course of five days after the packaging of the samples the gas percentage inside of these was monitored, and the changes in colour of the liver and packaging were noted.

Given the results observed in the tests, it was possible to conclude that the level of gas present inside the oxygen and carbon dioxide tanks used in the packaging in modified atmosphere does not constitute the cause in the alterations of the chicken livers. The two films tested presented very similar effects in the livers, given that these demonstrated similar properties.

Trials with the typical gas mix inside the liver trays in modified atmosphere (55-70%O₂:20-30% CO₂:3-5% N₂) were performed. This mix was designated 70%O₂:30%CO₂ to simplify. Afterwards two alternatives were proposed: 75%O₂:25%CO₂ and 80%O₂:20%CO₂. These new mixes slowed down the changes in colour of the livers and the packaging, which allowed for an increase in shelf life for these. In the 70%O₂:30%CO₂ MAP case the changes to the sample's colour occurred on the third day after packaging, whereas with the latter two mixes these changes only begun to occur on the fifth day. In relation to packaging alterations, in the 70%O₂:30%CO₂ MAP case the changes started to occur on the second day, whereas with the other two mixes these only started on the third day. Additional studies were proposed for the future, with the aim to increase the shelf life of offal in modified atmosphere packaging.

Keywords: chicken giblets; livers; modified atmosphere packaging; quality

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iv
Índice	vi
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Tabelas.....	x
Lista de Abreviaturas	xi
1.Introdução.....	1
2. Segurança e qualidade da carne e seus produtos.....	3
2.1. Fatores que influenciam a qualidade da carne e vísceras	5
2.2.1. Fatores intrínsecos	6
2.2.2. Fatores extrínsecos	6
2.3. Embalagem em atmosfera modificada	8
2.3.1. História da embalagem	8
2.3.2. Funções da Embalagem.....	8
2.3.4. Embalagem em atmosfera modificada	11
2.4. Gases usados nas embalagens em atmosfera modificada.....	13
2.5. Materiais usados nas embalagens em atmosfera modificada.....	15
2.6. Inovação e tendências das embalagens alimentares.....	21
2.6.1. Embalagens inteligentes	22
2.6.2. Embalagens ativas.....	23
3. Objetivos do Estudo.....	28
4. Materiais e Métodos	29
4.1 Amostragem e embalamento dos fígados de frango.....	29
4.2. Metodologia	34
5. Resultados e Discussão.....	35
5.1. Ensaio 1	35
5.2 Ensaio 2	40
5.3 Ensaio 3	45
5. Discussão	51

5. Conclusões e perspectivas futuras	55
6. Bibliografia.....	58

Índice de Figuras

Figura 1 Composição nutricional do frango cru sem pele de acordo com a Tabela de Composição de Alimentos Portuguesa (Fonte: https://insa.foodcase.ch/)	2
Figura 2 Composição nutricional de fígado de aves de acordo com a Tabela de Composição de Alimentos Portuguesa (Fonte: https://insa.foodcase.ch/)	2
Figura 3 - Embalagens em atmosfera modificada.....	16
Figura 4 - Embalagem MAP em polietileno tereftalato.....	17
Figura 5 - Embalagem inteligente com indicador de temperatura (fonte Halal e Colussi, 2017).22	
Figura 6 - Esquema ilustrativo das embalagens ativas: sistemas <i>scavenger</i> ou sequestradores e sistemas emissores (fonte http://actinpak.eu).....	23
Figura 7 Exemplo comercial de uma embalagem ativa - saquetas absorventes de oxigénio/dióxido de carbono que podem ser usadas em vários produtos (fonte http://www.actinpak.eu).....	24
Figura 8 Exemplo comercial de uma embalagem alimentar ativa - almofadas que absorvem líquidos em excesso e libertam gradualmente dióxido de carbono (CO ₂) (fonte http://www.actinpak.eu) .	25
Figura 9 - Processamento de fígados desde o abate até à distribuição.....	31
Figura 10 - Embalamento de fígados em MAP na Unidade Fabril da Lusiaves.....	32
Figura 11 Fígados de frango em MAP: exemplo de amostra conforme.	32
Figura 12 - Fígados de frango em MAP: exemplo de amostra não conforme.	33
Figura 13 Misturador de gases centralizado (marca WITT modelo KM10-20) e medidor de gases utilizados no âmbito do presente estudo Type Oxybaby M+i O ₂ /CO ₂ modelo: E7.....	34
Figura 14 – Medição do O ₂ e CO ₂ (%) no interior das MAP das amostras do ensaio I embaladas com o Filme A.....	36
Figura 15 - Medição do O ₂ e CO ₂ (%) no interior das MAP das amostras do ensaio I embaladas com o Filme B.	36
Figura 16 Medição do O ₂ e CO ₂ (%) no interior das MAP das amostras do ensaio I após enchimento do tanque de O ₂	38
Figura 17 - Medição do O ₂ e CO ₂ (%) no interior das MAP das amostras do ensaio I após enchimento do tanque de O ₂ e usando o filme B.....	38

Figura 18 Medição do O ₂ e CO ₂ (%), sua soma e proporção no interior das MAP das amostras do ensaio 2 (Filme A) antes do enchimento dos tanques de O ₂ e CO ₂	41
Figura 19 Medição do O ₂ e CO ₂ (%), sua soma e proporção no interior das MAP das amostras do ensaio 2 (Filme B) antes do enchimento dos tanques de O ₂ e CO ₂ . Erro! Marcador não definido.	
Figura 20 Medição do O ₂ e CO ₂ (%), sua soma e proporção no interior das MAP das amostras do ensaio 2 (Filme A) após enchimento dos tanques de O ₂ e CO ₂ . Erro! Marcador não definido.	
Figura 21 Medição do O ₂ e CO ₂ (%), sua soma e proporção no interior das MAP das amostras do ensaio 2 (Filme B) após o enchimento dos tanques de O ₂ e CO ₂ . Erro! Marcador não definido.	
Figura 22 Proporção de gases (O ₂ /CO ₂) no ensaio 1 ao longo dos 5 dias de armazenamento à temperatura de refrigeração.....	44
Figura 23 - Proporção de gases no ensaio 2 ao longo dos 5 dias de armazenamento à temperatura de refrigeração.	45
Figura 24 Botijas com as misturas de gás utilizadas no novo ensaio.	46
Figura 25 Medição do O ₂ e CO ₂ (%), sua soma e proporção no interior das MAP das amostras do ensaio 3 com mistura de gases de 75% O ₂ e 25% CO ₂ Erro! Marcador não definido.	
Figura 26 Medição do O ₂ e CO ₂ (%), sua soma e proporção no interior das MAP das amostras do ensaio 3 com mistura de gases de 80% O ₂ e 20% CO ₂ Erro! Marcador não definido.	
Figura 27 Proporção de gases com as novas misturas de gasosas	49
Figura 28 - Síntese dos resultados dos ensaios realizados ao longo deste dissertação de mestrado.	56

Índice de Tabelas

Tabela 1 Vantagens e desvantagens das embalagens em atmosfera modificada (MAP) aplicadas a carne ou produtos cárneos.....	12
Tabela 2 - Vantagens e desvantagens dos materiais usados em MAP.....	19
Tabela 3 Medição dos gases nas amostras de fígados MAP, com o tanque quase vazio no ensaio 1...	35
Tabela 4 - Medição dos gases no ensaio 1 com tanque dos gases para atmosfera modificada cheio...	37
Tabela 5 - Medição dos gases (O ₂ e CO ₂) nas amostras do ensaio 2 com tanque dos gases para atmosfera modificada quase vazio.....	40
Tabela 6 - Medição dos gases (O ₂ e CO ₂) nas amostras do ensaio 2 com tanque dos gases para atmosfera modificada cheio.....	42
Tabela 7 Resumo da proporção de gases (O ₂ /CO ₂) nos ensaios 1 e 2.....	44
Tabela 8 - Medição dos gases (O ₂ e CO ₂) nas amostras do ensaio 3 com a mistura 75% O ₂ / 25% CO ₂	47
Tabela 9 - Medição dos gases (O ₂ e CO ₂) nas amostras do ensaio 3 com a mistura 80% O ₂ / 20% CO ₂	48
Tabela 10 Resumo das proporções de gases (O ₂ /CO ₂) nas amostras do ensaio 3 ao longo dos 5 dias de armazenamento à temperatura de refrigeração.....	49
Tabela 11 - Resumo das alterações observadas nos Ensaios 1 e 2.....	52
Tabela 12 - Resumo das alterações observadas com as novas misturas gasosas.....	53

Lista de Abreviaturas

ATM- Atmosfera modificada

aw- Atividade da água

CO- Monóxido de carbono

CO₂- Dióxido de carbono

EDTA – ácido etilenodiamino tetra-acético

EVOH- Copolímero de etileno e álcool vinílico

HDPE – Polietileno de alta densidade

LDPE – Polietileno de baixa densidade

MAP-Embalagem em atmosfera modificada

MDPE – Polietileno de alta densidade

O₂- Oxigénio

PLA- Ácido polilático

PCL- Policaprolactona

PE - Polietileno

PET- Polietileno tereftalato

PA- Poliamida

PP- Polipropileno N₂- Azoto

I. Introdução

A produção mundial de carne de aves aumentou consideravelmente nos últimos anos de modo a satisfazer as necessidades da população. A China e os Estados Unidos da América são os maiores produtores de aves, no entanto a Europa também é um importante produtor de aves (Clark & Tlman, 2017).

Portugal, está entre os países europeus com maior consumo de carne de frango, com um consumo per capita de 24 kg/habitante/ano (Veiga et al., 2009). Segundo o Instituto Nacional de Estatística (2014), a carne de frango representa cerca de 72,3% da produção nacional anual de carne de aves. O aumento da procura e consumo deste tipo de carne, exigiu uma resposta adequada da indústria alimentar, assim a produção de frango a nível industrial aumentou rapidamente. Este incremento traduzindo-se numa necessidade de rápido crescimento das aves e conseqüente aumento do stress, suscetibilidade a algumas patologias e modificações bioquímicas e histológicas dos tecidos. Algumas dessas alterações podem, inclusive, reduzir alguns parâmetros da qualidade da carne (Oliveira et al., 2014).

A carne de frango é um alimento importante na alimentação humana, dado ser bastante nutritiva, rica em proteína e micronutrientes tais como vitaminas e minerais, e um baixo teor de gordura (Figura 1) (PortFir, 2021).

Para além da carne de aves, o consumo de vísceras edíveis (vulgarmente designados “miúdos”) de aves também aumentou. As vísceras são órgãos internos comestíveis, incluindo o fígado, coração e moela, com um elevado teor em nutrientes. O fígado, principal objeto de estudo da presente dissertação, é um dos órgãos mais importantes para o organismo das aves, sendo parenquimatoso, glandular, bilobulado, localizado abaixo do esterno, e é envolvido por uma cápsula. Este órgão constitui cerca de 1,6 a 2,3 % do peso vivo das aves, tem diversas funções como a acumulação de vários compostos, desintoxicação, produção de bÍlis que é depois armazenada na vesícula biliar, auxílio no processo de digestão, armazenamento de glicose e síntese de algumas proteínas (Oliveira et al., 2014). Por isso é um órgão rico em proteínas, ferro e vitaminas. (Figura 2)

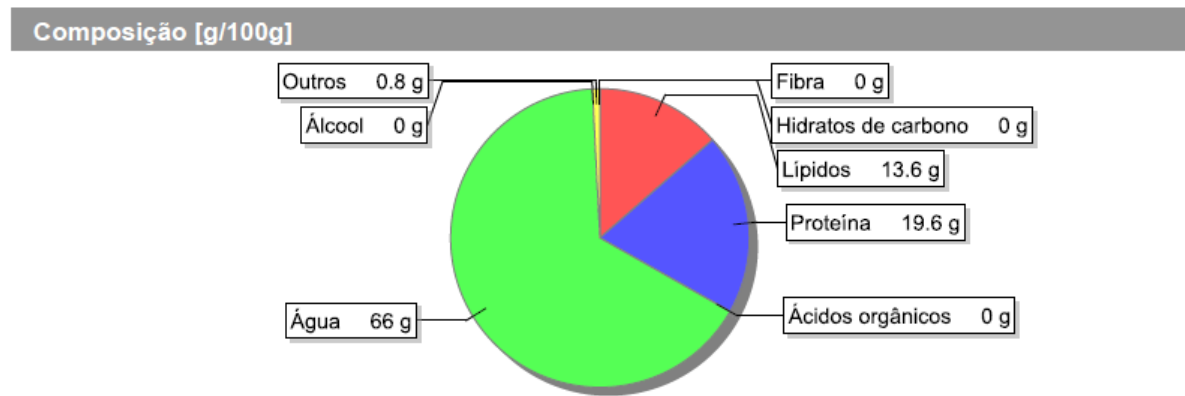


Figura 1 Composição nutricional do frango cru sem pele de acordo com a Tabela de Composição de Alimentos Portuguesa (Fonte: <https://insa.foodcase.ch/>)

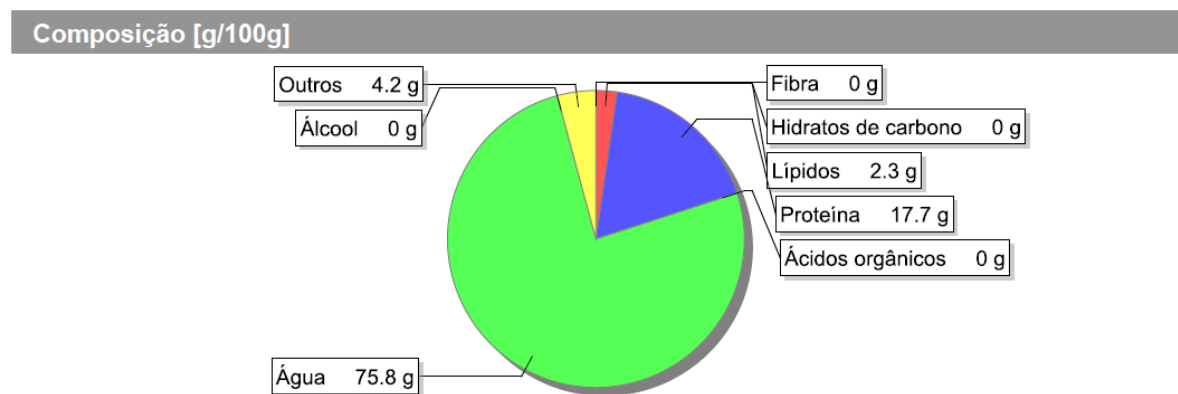


Figura 2 Composição nutricional de fígado de aves de acordo com a Tabela de Composição de Alimentos Portuguesa (Fonte: <https://insa.foodcase.ch/>)

A carne e seus produtos são dos géneros alimentícios mais perecíveis devido à sua composição química, a qual favorece o crescimento microbiano, e consequentemente a sua deterioração. A presença de um elevado número de microrganismos pode conferir à carne um aspeto muito desagradável e torná-la imprópria para consumo humano (Oliveira et al., 2014).

São vários os fatores que têm influência na qualidade da carne, tais como fatores microbiológicos, tecnológicos, físico-químicos, nutricionais e organolépticos. Muitos destes fatores podem e devem ser controlados durante as várias etapas do processo de produção, outros estão relacionados com as características intrínsecas dos animais (idade, genética, estado fisiológico e alimentação), ou extrínsecas aos animais (condições sanitárias, manejo, transporte e abate) (Oliveira et al., 2014).

2. Segurança e qualidade da carne e seus produtos

A segurança e a qualidade dos alimentos são da responsabilidade de toda a cadeia de produção e transformação, por isso, é essencial realizar boas práticas de segurança e higiene, estabelecidas no Codex Alimentarius . O Codex Alimentarius (<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/alimentar>) consiste numa coletânea de normas de conduta e recomendações relativas aos alimentos, sua produção e segurança, desenvolvidos pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) da Organização das Nações Unidas e a Organização Mundial da Saúde (OMS). O objetivo é proteger a saúde dos consumidores e garantir normas uniformes no comércio de alimentos. De facto a Organização Mundial do Comércio reconhece o Codex Alimentarius como um ponto de referência internacional para a resolução de questões sobre segurança alimentar e proteção do consumidor.

Na União Europeia estas práticas são estabelecidas pelo Regulamento (CE) n.º 853/2004 de 29 de Abril e suas alterações, o qual estabelece requisitos gerais de higiene aplicada aos géneros alimentícios, bem como requisitos específicos de higiene, pelo Regulamento (CE) n.º 853/2004 e suas alterações do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 que estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal e pelo Regulamento (CE) n.º 625/2017 que estabelece regras específicas para os controlos oficiais de produtos de origem animal destinados ao consumo humano.

Da perspetiva do consumidor, a qualidade está relacionada com algumas características dos géneros alimentícios como a composição nutricional, cor, textura, odor, e sabor, as quais são determinantes no momento da compra (Reis, 2018).

Para garantir um produto fresco, seguro e aumentar a vida útil do alimento é muito importante uma conservação adequada, e esse é um dos maiores desafios da indústria alimentar. A embalagem é um fator essencial para a manutenção da qualidade e segurança dos alimentos, evitando a contaminação posterior ao processamento e preservando o alimento. A indústria alimentar tem por isso desenvolvido diversos tipos de embalagens (são exemplos as embalagens ativas e as embalagens em atmosfera modificada) com o objetivo de a aumentar a sua eficiência, reduzir o custo de produção e diminuir o impacto no ambiente. Uma das técnicas mais usadas é a embalagem com atmosfera modificada (Modified Atmosphere Packaging, MAP). A MAP substitui a atmosfera natural que envolve o alimento,

por uma mistura de gases consoante o tipo de alimento em questão, que vai retardar a degradação e preservar o alimento durante mais tempo. Os gases mais utilizados são o oxigénio (O₂), dióxido de carbono (CO₂) e azoto (N₂) , em diferentes proporções. Para além de tudo isto, é crucial o controlo e manutenção da temperatura de refrigeração durante as várias etapas desde o processamento, distribuição, armazenamento até à sua comercialização, este controlo é regido pelo Regulamento (CE) n° 852/2004 e suas alterações que estabelece exigências legais face à importância da cadeia de frio em alimentos perecíveis, indicando este no capítulo IX, número 5, que “as matérias-primas, os ingredientes e os produtos intermédios e acabados suscetíveis de permitirem a reprodução de microrganismos patogénicos ou a formação de toxinas não devem ser conservados a temperaturas de que possam resultar riscos para a saúde. A cadeia de frio não deve ser interrompida (Regulamento n° 852/2004). ”

2.1. Fatores que influenciam a qualidade da carne e vísceras

O conceito de qualidade de um género alimentício é bastante complexo de definir, uma vez que pode variar consoante o país, religião, cultura e classe socioeconómica do consumidor (Muller & Steinhart, 2008).

Segundo Mullen (2002), a qualidade alimentar é definida por vários componentes como características organoléticas, higiénicas, toxicológicas e tecnológicas. Do ponto de vista do consumidor, a qualidade da carne é definida pela suculência, odor, aspeto visual, quantidade de gordura, entre outros. A vida útil é definida como o período de tempo antes de se verificar a deterioração do produto, resultando em alterações organoléticas indesejáveis, sem que a sua segurança esteja comprometida (Mullen, 2002). Os fatores que influenciam a qualidade dos géneros alimentícios podem e devem ser controlados em todas as etapas da sua produção até ao consumidor final (Mullen, 2002).

Após o abate dos animais, a carcaça sofre algumas modificações devidas à instalação do rigor post-mortem. Essas alterações determinam a qualidade da carne, a nível sensorial, higiénica e nutricional. É importante considerar vários fatores ante-mortem, como o manejo animal, alimentação e idade, e também fatores post-mortem, como alterações de pH e temperatura de arrefecimento e armazenamento, que influenciarão a qualidade da carne (Forsythe, 2011).

Neste sentido, a qualidade e o tempo de vida útil da carne são influenciados por vários fatores, que podem ser intrínsecos ou extrínsecos. Os fatores intrínsecos estão relacionados com as propriedades físicas e químicas do género alimentício, e incluem o pH, a capacidade de retenção da água (a_w), carga microbiológica inicial do produto, estabilidade lipídica e disponibilidade de nutrientes. Os fatores extrínsecos dizem respeito às características do meio ambiente que rodeiam o alimento, como a temperatura, humidade relativa e a atmosfera envolvente (Forsythe, 2011).

2.2.1. Fatores intrínsecos

pH

O pH tem um papel importante na qualidade da carne e na sua conservação. O tecido muscular in vivo tem um pH próximo da neutralidade, no post-mortem o valor de pH é 5,75-5,96 (Catellini et al, 2002). A formação de ácido láctico e outros ácidos orgânicos provocam um decréscimo do pH muscular que diminui até terminarem as reservas de glicogénio ou inativação enzimática. Valores de pH elevados ou descidas bruscas de temperatura alteram a coloração da carne e levam a um aumento da produção de compostos provenientes da oxidação dos lípidos que vão alterar o sabor e odor da carne. O pH afeta também a capacidade de retenção da água, quanto maior for o pH, menor a capacidade de retenção e água (Rodrigues, 2007).

Capacidade de retenção da água (aw)

A capacidade de retenção da água consiste na capacidade que a carne fresca tem em manter a água sob forças externas, como a gravidade, pressão, corte ou aquecimento (Aberle et al, 2001). A aw tem influência na qualidade da carne e produtos cárneos e varia ao longo do tempo e conforme o tipo de alimento. Através da adição de sal ou açúcar pode-se reduzir a aw e tornar o ambiente desfavorável ao desenvolvimento bacteriano (Forsythe, 2011).

2.2.2. Fatores extrínsecos

Temperatura

A monitorização da temperatura é essencial para obter produtos seguros e de qualidade. Segundo o Regulamento (CE) n° 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 e suas alterações, que estabelece regras específicas aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal, após a inspeção post-mortem, as carcaças e miudezas devem ser sujeitas a temperaturas uniformes de refrigeração. Durante o processamento, armazenamento, transporte distribuição, a temperatura da no caso da carne de aves não deve ser superior a 4 °C, e as miudezas não devem ser sujeitas a temperatura superior a 3 °C (Regulamento n°853/2004) . A manutenção destas temperaturas é essencial para garantir a higiene, segurança e qualidade do produto, reduzindo e inibindo o crescimento e

desenvolvimento microbiano, e retardando a deterioração do alimento. É importante salientar que o uso de baixas temperaturas como método de conservação, atua de forma inibitória, ou seja, apenas inibi a carga microbiana, pelo que só deve ser aplicada em alimentos em bom estado (Regulamento (CE) nº 853/2004).

Humidade Relativa e atmosfera envolvente

A humidade relativa está associada à capacidade de retenção da água por parte do género alimentício. Quando um alimento com uma a_w baixa é armazenado numa atmosfera com elevada humidade relativa, a água é transferida da atmosfera para o produto através de um processo de condensação superficial, o que conduz a um aumento do teor de água no alimento, normalmente localizado, permitindo que os microrganismos que estavam inativos, iniciem o seu crescimento (Esmere et al., 2011).

A composição da atmosfera que rodeia o alimento é constituída principalmente por oxigénio, dióxido de carbono e azoto. O oxigénio favorece o crescimento de microrganismos aeróbios, e a sua ausência favorece o crescimento de microrganismos anaeróbios, e o dióxido de carbono reduz o desenvolvimento da maioria dos microrganismos (Esmere et al., 2011).

Coloração

A cor é o principal fator indicador da qualidade da carne e vísceras frescas, e o primeiro a ser avaliado por parte do consumidor. A cor vermelha da carne é conferida pela hemoglobina e mioglobina nas suas formas oxigenadas oxihemoglobina (HbO_2) e oximioglobina (MbO_2). A mioglobina pode ser encontrada em três formas químicas, a desoximioglobina, oximioglobina e metamioglobina. A oximioglobina é responsável pela cor vermelha da carne, típica da carne fresca, a desoximioglobina está presente quando o ferro da hematina se encontra num estado reduzido, e a carne apresenta uma cor vermelha púrpura, por outro lado quando o ferro do grupo hematina sofre oxidação passando ao estado férrico formando-se a metamioglobina, responsável pela coloração acastanhada da carne (Alberti et al., 2005).

A coloração da carne pode ser avaliada através de vários métodos, nomeadamente por espetrofotometria, que avalia a cor pela concentração de mioglobina na carne, ou por

colorimetria, a qual caracteriza a cor da carne baseando-se em vários parâmetros definidos pela Commission International de L'Eclairage (CIE), (Alberti et al., 2005).

2.3. Embalagem em atmosfera modificada

2.3.1. História da embalagem

As alterações do ritmo, estilo de vida e hábitos alimentares da sociedade atual, e a falta de tempo para preparar e confeccionar alimentos, conduziu ao aumento da procura por alimentos preparados ou de preparação rápida (Allende et al., 2006). Nos últimos anos e como o avanço tecnológico, a indústria alimentar tem desenvolvido novas embalagens, com o objetivo de garantir uma maior segurança e qualidade dos alimentos desde o processamento até ao consumidor (Allende et al., 2006).

A procura de alimentos mais frescos e de maior qualidade aumentou a necessidade de criar processos inovadores para conservação de alimentos, e com a evolução dos meios de comunicação e publicidade, a embalagem passou a ser vista também como um meio de promoção (marketing) do produto e uma excelente veículo de informação sobre o produto embalado (Marsh & Bugusu, 2007)

A embalagem em atmosfera modificada começou a ser usada em 1927, no armazenamento de maçãs numa atmosfera rica em CO₂, e alguns anos mais tarde passou a ser utilizada no armazenamento de frutas em navios de transporte, e no transporte de carne (Philips, 1996).

2.3.2. Funções da Embalagem

Os alimentos entram em contato com vários materiais e objetos durante a sua produção, processamento e armazenamento, todos estes materiais têm de ser suficientemente inertes, e não podem afetar a qualidade e segurança dos alimentos. A legislação da UE prevê normas e regras que os operadores económicos devem cumprir, descritas em dois documentos que são transversais a todos os materiais em contacto com alimentos: (i) Regulamento (CE) n° 1935/2004, e suas alterações, que estabelece os princípios gerais, para eliminar as diferenças entre a legislação dos diferentes Estados Membro da EU, no que respeita aos materiais em

contacto com alimentos; (ii) Regulamento (CE) n° 2023/2006 relativo às boas práticas de fabrico de materiais e objetos destinados a entrar em contacto com os alimentos. Por outro lado, a EU também estabelece medidas específicas para alguns grupos de materiais destinados a entrar em contacto com alimentos, tais como os materiais plásticos e materiais ativos e inteligentes. O Regulamento (CE) n° 10/2011, e suas alterações, é relativo aos materiais e objetos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os alimentos (Regulamento n° 10/2011).

A embalagem define-se segundo o Decreto de Lei n° 366-A/97, como “todos e quaisquer produtos feitos de materiais de qualquer natureza utilizados para conter, proteger, movimentar, manusear, entregar e apresentar mercadorias, tanto matérias-primas como produtos transformados, desde o produtor ao utilizador ou consumidor, incluindo todos os artigos descartáveis utilizados para os mesmos fins.”

Todos os géneros alimentícios são suscetíveis a alterações e perdas de qualidade durante o seu armazenamento, o período de tempo durante o qual a qualidade é mantida, ou seja, o período de tempo antes de se verificar a deterioração do produto por agentes patogénicos, ou outros, é definido como tempo de vida útil. No final do tempo de vida útil, o produto pode apresentar alterações organolépticas indesejáveis, sem que a segurança do alimento esteja comprometida (Mcmeekin & Ross, 1996). Antes de desenvolver um novo produto têm de se ter em conta diversos fatores que irão influenciar o tempo de vida útil, tais como a composição do alimento, a carga microbiana inicial, a embalagem e os conservantes utilizados (Marsh & Bugusu, 2007).

Atualmente os consumidores exigem produtos de elevada qualidade, e preocupam-se cada vez mais com a segurança, informação, composição nutricional, aditivos e processamento dos géneros alimentícios (Marsh & Bugusu, 2007).

A embalagem tem um papel fundamental na indústria alimentar, e desempenha diversas funções, de proteção, conservação, comunicação e valorização do alimento perante o consumidor, todas estas funções estão interligadas e adaptam a embalagem às necessidades do consumidor.

Proteção dos impactos físicos

A embalagem permite proteger o seu produto de diversos fatores externos, tais como choques e impactos físicos durante o transporte e distribuição impedindo que o produto

seja danificado (Marsh & Bugusu, 2007). A embalagem acondiciona o produto de modo a evitar perdas de integridade que poderiam levar à redução do lucro e ao desperdício alimentar, e facilita o transporte dos alimentos (Marsh & Bugusu, 2007).

Proteção dos fatores que contribuem para a deterioração

A conservação constitui uma das funções mais importantes da embalagem, mantém a qualidade e segurança alimentar, e minimiza a deterioração do alimento. Esta confere proteção química, funcionando como barreira evitando alterações na composição do produto por contato com gases, humidade e luz, é importante por isso que os materiais utilizados na embalagem possuam as características necessárias à proteção do produto no seu interior (Marsh & Bugusu, 2007).

A embalagem protege também de fatores biológicos como agentes patógenos, agentes de deterioração e insetos. A embalagem alimentar serve de barreira à contaminação do produto e mantém o ambiente interno adequado à conservação do produto. Assim, o produto embalado mantém as suas características inalteradas por mais tempo, tendo consequentemente um prazo de validade mais extenso (Marsh & Bugusu, 2007).

Comunicação e funcionalidade

A indústria alimentar é um mercado cada vez mais competitivo, e por isso a embalagem tem um papel fulcral para que as empresas se consigam diferenciar através do seu design e funcionalidade. A embalagem tem também a função de informar o consumidor sobre o produto, com um conjunto de informações (nutricionais, de utilização, conservação, validade, rastreabilidade) e deve ser portadora dos requisitos legais de rotulagem, (estabelecidos na EU pelo Regulamento CE nº 1169/2011 e suas alterações), permitindo ao consumidor fazer uma escolha consciente, saudável e segura (Regulamento nº 1169/2011).

Para além da comunicação e marketing, a embalagem tem ainda um importante papel na sua utilização. Devido às mudanças de estilo de vida da sociedade, a indústria alimentar tem vindo adaptar-se e a conceber embalagens que facilitem a vida do consumidor e visem poupar tempo, como é o caso das aberturas fáceis, das embalagens para refeições pré confeccionadas que são aquecidas no micro-ondas e embalagens em doses individuais (Marsh & Bugusu, 2007).

2.3.4. Embalagem em atmosfera modificada

Para prolongar o tempo de vida útil e manter a qualidade dos produtos alimentares, a indústria alimentar desenvolveu várias tecnologias para acondicionar os alimentos, nomeadamente a embalagem em atmosfera modificada. Esta técnica altera o ambiente interno da embalagem, criando um microambiente e reduzindo a contaminação e perdas dos alimentos, retardando as reações químicas, enzimáticas e oxidativas, que deterioram os géneros alimentícios (Rodríguez, 1994).

A embalagem em atmosfera modificada (MAP), consiste no acondicionamento de um género alimentício numa embalagem onde a atmosfera em torno do mesmo é substituída por uma mistura de gases predefinida e específica para cada tipo de alimento, e selada hermeticamente. Este processo permite controlar as reações químicas, microbianas e enzimáticas, retardando a degradação do alimento durante o período de armazenamento, e pode ser combinada com temperaturas baixas de refrigeração (Rodríguez, 1994).

A utilização deste tipo de embalagens tem inúmeras vantagens, pois pode acondicionar uma ampla variedade de alimentos, mantém a qualidade organolética dos produtos e inibe vários tipos de reações que aceleram a deterioração dos géneros alimentícios. No caso da carne, também preserva a coloração vermelha da carne fresca, aumentando o seu tempo de vida útil, reduzindo assim o desperdício alimentar, diminuindo a necessidade de utilização de aditivos e ainda melhora a apresentação da carne perante o consumidor (Iglesias et al, 2006).

No entanto, existem algumas desvantagens no seu uso, como o elevado investimento inicial em equipamento adequado, assim como o estudo prévio da atmosfera interna para cada tipo de alimento, e a dificuldade em controlar a composição gasosa no interior da embalagem depois de selada, não sendo possível compensar as variações gasosas produzidas pelo próprio alimento. Por último, podem ainda ocorrer problemas com colapsos da embalagem e a formação de exsudado em atmosferas com elevada concentração de dióxido de carbono (Iglesias et al., 2006).

Na Tabela I é apresentado um resumo das principais vantagens e desvantagens das embalagens em atmosfera modificada.

Tabela I Vantagens e desvantagens das embalagens em atmosfera modificada (MAP) aplicadas a carne ou produtos cárneos.

Vantagens das MAP	Desvantagens das MAP
- Aumento do tempo de vida útil do produto alimentar	- Necessidade de estudo da mistura gasosa mais adequada às características de cada alimento
- Retarda o desenvolvimento microbiano, químico e enzimático	- Elevado investimento em equipamento
- Redução do desperdício	- Elevado custo das embalagens e gases utilizados
- Manutenção da qualidade do género alimentício	- Maior volume das embalagens
- Maiores possibilidades de distribuição	- Abertura e rutura produz danos na embalagem que conduzem à perda da hermeticidade da embalagem
- Redução do uso de conservantes	- Colapsos da embalagem devido à dissolução do CO ₂
- Aplicabilidade em diversos produtos	- Formação de exsudado no seu interior
- Manutenção das características organoléticas	- Controlo imprescindível da temperatura
- Melhora a apresentação dos alimentos	

A Comissão Europeia regulamentou que os produtos embalados em atmosfera modificada utilizassem a designação: “Embalado em atmosfera protegida” (Regulamento CE nº 1169/2011 e suas alterações), e os gases usados no acondicionamento em atmosfera protetora, segundo a legislação, são declarados nas embalagens como aditivos (DL. 121/98, de 8 de Maio e Regulamento (CE) nº 1333/2008 do Parlamento Europeu e Conselho e suas alterações).

2.4. Gases usados nas embalagens em atmosfera modificada

Como já foi referido anteriormente, nas embalagens em atmosfera modificada a atmosfera convencional é substituída por uma atmosfera específica onde pode ser utilizado apenas um gás, ou uma mistura de gases combinados em diferentes proporções adequadas em função das necessidades de cada tipo de alimento. Os principais gases utilizados neste tipo de embalagens são o oxigénio (O_2), dióxido de carbono (CO_2) e azoto (N_2), tendo cada um destes uma função específica na conservação do alimento. O oxigénio previne algumas alterações organoléticas, no caso dos fígados e da carne fresca este mantém a sua coloração vermelha brilhante e evita o desenvolvimento de microrganismos anaeróbios. O dióxido de carbono retarda o desenvolvimento de diversas bactérias e fungos, e o azoto é utilizado como gás de enchimento para substituir o excesso de oxigénio (Esmer et al., 2011).

A carne e os produtos cárneos são alimentos bastante perecíveis, com uma elevada atividade da água e com alto teor em proteína, vitaminas e minerais, o que favorece a sua deterioração, desenvolvimento microbiano, bem como alterações físico-químicas e organoléticas. Estes géneros alimentícios são acondicionados em MAP e a baixas temperaturas de refrigeração, o que facilita o seu transporte e comercialização.

O ar da atmosfera ambiental é constituído por 0,03% de CO_2 , 21% de O_2 e 78% de N_2 . No armazenamento de carne e miúdos em atmosfera modificada, a mistura gasosa mais utilizada é de 20-30% de CO_2 , 70-80% de O_2 , tendo cada um destes gases um papel específico no prolongamento do tempo de vida útil e na manutenção dos atributos organoléticos da carne e produtos cárneos (Esmer et al., 2011).

Dióxido de Carbono

O dióxido de carbono é um gás incolor, muito solúvel em soluções aquosas, na carne e gordura, pelo que este gás se dissolve por todo o alimento, exercendo uma atividade antimicrobiana muito eficaz. Tem um efeito bacteriostático e fungistático, ou seja, inibe o crescimento de bactérias aeróbias e fungos, e retarda o crescimento de bactérias anaeróbias facultativas. O CO_2 tem a capacidade de penetrar nas membranas celulares das bactérias e

alterar o seu pH, e conseqüentemente provocar alteração do metabolismo bacteriano (Jakobsen e Bertelsen, 2002).

No entanto, quanto maior for a sua concentração na mistura gasosa, maior vai ser a quantidade de CO₂ absorvida pela carne, o que pode levar ao colapso da embalagem. O excesso de CO₂ pode conduzir também a alterações organoléticas e perda de água no alimento (Jakobsen e Bertelsen 2002).

Oxigénio

O oxigénio é um gás muito reativo, é responsável por promover reações químicas e microbianas, por outro lado baixas concentrações deste gás podem conduzir à descoloração do pigmento vermelho das carnes, pois o oxigénio mantém a mioglobina que é a proteína responsável pela cor vermelha da carne (Esmer et al., 2011).

Este gás inibe o crescimento do *Clostridium botulinum* e de microrganismos anaeróbios, no entanto, favorece a oxidação lipídica que causa alterações organoléticas na carne, e favorece a proliferação de microrganismos aeróbios (Esmer et al., 2011). Deste modo torna-se muito vantajoso combinar o oxigénio com o dióxido de carbono a 20-25% (Leo e Nollet, 2006).

Azoto

O azoto é um gás inerte, incolor, inodoro e de baixa solubilidade em água e gordura. É utilizado como gás de enchimento, o que permite utilizar concentrações específicas de O₂ e de CO₂, preenchendo o restante espaço na embalagem. O azoto pode ser utilizado no embalamento de alimentos com alto teor de humidade e gordura, contrariando possíveis colapsos da embalagem, devido à tendência deste tipo de alimentos em absorver CO₂ (Esmer et al., 2011).

Monóxido de carbono e outros gases

O uso do Monóxido de Carbono (CO) tem sido proposto para evitar processos oxidativos e retardar a deterioração microbiana, para além disso este gás liga-se à mioglobina

promovendo a coloração vermelha da carne. No entanto, a sua utilização tem sido controversa devido à sua elevada toxicidade. Este pode ser bastante nocivo e até fatal devido à ligação que estabelece com a hemoglobina impedindo o transporte de O₂ no organismo (Macedo et al 2009). Bórnez et al. (2009) refere que quando usado em baixas concentrações não constitui um risco para os consumidores, no entanto na União Europeia o seu uso é proibido.

Na MAP, Figura 3, pode ser utilizada também uma mistura de gases nobres, dióxido de enxofre, cloro ou ozono, mas o uso de muitos destes gases ainda se encontra em estudo, e a sua manipulação pode ser perigosa, e sua utilização demasiado dispendiosa (Cabezas et al., 2006).

2.5. Materiais usados nas embalagens em atmosfera modificada

O material de embalagem mais usado na Indústria Alimentar, é o plástico. Este tem inúmeras vantagens quando comparado com o vidro, metal ou papel, devido à sua versatilidade de forma e tamanho da embalagem, robustez, baixo custo e peso, e a sua permeabilidade variável aos gases. A escolha da embalagem é fundamental para a proteção e acondicionamento do alimento. Os plásticos são polímeros orgânicos ou sintéticos, e podem ser moldados a determinada pressão e temperatura (Manrich, 2005). No entanto, este tipo de materiais são de difícil eliminação, e um dos principais poluentes ambientais. Com vista à sustentabilidade começam a ser produzidos polímeros biodegradáveis, como o ácido polilático (PLA), policaprolactona (PCL), quitosano entre outros.

Devem ser tidos em consideração vários fatores na seleção do tipo de polímero a utilizar nas MAP, como o tipo de embalagem e propriedades físicas pretendidas, a permeabilidade ao CO₂, O₂ e vapor de água, a resistência e eficácia à selagem térmica, a resistência à degradação por agentes químicos, ser inerte e permitir a impressão na sua superfície (Oliveira et al., 2008).

Os polímeros plásticos mais utilizados nas embalagens alimentares são o cloreto de Polivinilo (PVC), polietileno tereftalato (PET), polipropileno (PP), polietileno (PE), poliamida (PA),

polietileno naftalato (PEN) e os copolímero de etileno e álcool vinílico (EVOH) (Oliveira et al., 2008).

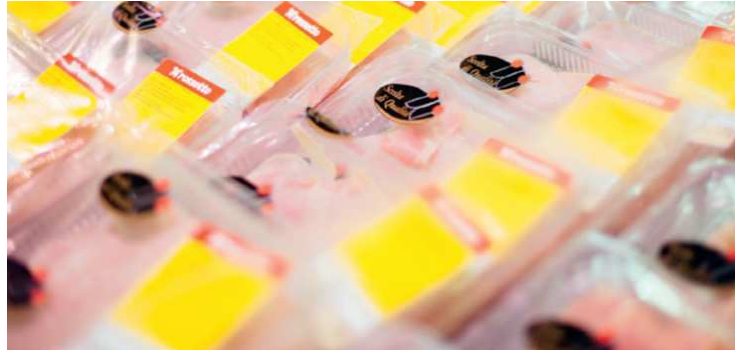


Figura 3 - Embalagens em atmosfera modificada.

Polietileno – PE

O polietileno é um termoplástico obtido pela polimerização do etileno, este é muito usado na indústria alimentar por ter uma boa resistência mecânica, química e térmica, mas é permeável aos gases. Pode ser classificado de acordo com a sua densidade em: polietileno de baixa (LDPE), média (MDPE) e alta densidade (HDPE). O polietileno mais utilizado nas embalagens alimentares é o LDPE, por ser inerte à temperatura ambiente, possuir boa resistência mecânica, flexibilidade, ser boa barreira ao vapor de água, apresentar boas propriedades de selagem, e é resistente à maioria dos produtos químicos com exceção de oxidantes, cetonas e halogénios livres. Por outro lado, é permeável aos óleos e gorduras. O LDPE é mais utilizado como filme plástico, e o HDPE nas embalagens semi-rígidas (Harada, 2001).

Polietileno tereftalato – PET

O polietileno tereftalato (Figura 4), mais conhecido por poliéster, é muito utilizado em embalagens rígidas e alguns filmes. É formado pela reação do ácido tereftálico e o etilenoglicol. O PET possui elevada resistência mecânica, brilho, transparência e boa resistência química (Oliveira et al., 2008).



Figura 4 - Embalagem MAP em polietileno tereftalato.

Polietileno naftalato (PEN)

O polietileno naftalato é um poliéster aromático, termoplástico, sintetizado por polimerização a partir do etilenoglicol e do éster dimetílico do ácido naftaleno dicarboxílico ou dimetil 2,6 – naftaleno dicarboxilato (DM-2,6 NDC) (Jorge, 2013). O PEN quando comparado com o PET constitui uma boa barreira aos gases e vapor de água, maior resistência química, mecânica e térmica, e uma melhor proteção contra raios ultravioleta. No entanto, tem um elevado custo (Oliveira et al., 2008).

Poliamidas -PA

As poliamidas, também denominadas de nylon, são polímeros que contêm na sua estrutura molecular grupos amida, com variações na cadeia de carbono. A sua elevada resistência mecânica e térmica, baixa permeabilidade ao oxigênio, a possibilidade de serem termoformadas e a sua boa resistência aos reagentes inorgânicos, permite que as PA possam ser utilizadas em embalagens a vácuo, em atmosfera modificada e embalagens que necessitem de alta resistência térmica. As PA quando se encontram em meios com humidade relativa elevada, absorvem essa humidade, o que lhes confere um efeito plastificante e elasticidade (Oliveira et al., 2008).

Copolímero de etileno e álcool vinílico – EVOH

O copolímero de etileno e álcool vinílico é produzido através de uma reação de hidrólise do polímero etileno e acetato de vinilo. O EVOH constitui uma boa barreira ao oxigênio e outros gases e aromas. Possui também uma elevada resistência à permeação de óleos, gorduras, vapores e solventes orgânicos, uma boa elasticidade e resistência mecânica, transparência e brilho, e é termicamente estável. Devido às suas características, é muito utilizado em embalagens em atmosfera modificada ou em embalagens a vácuo. No entanto, tem um elevado custo e o facto de ser um polímero hidrofílico faz com que atraia moléculas de água. Na presença de água, as boas propriedades de barreira frente ao oxigênio são reduzidas (Oliveira et al., 2008).

Polipropileno – PP

O polipropileno é uma poliolefina obtida pela polimerização do propileno, este constitui uma boa barreira ao vapor de água, e possui resistência a óleos, gorduras e produtos químicos, boa estabilidade térmica e caracteriza-se por ser bastante leve relativamente aos outros materiais plásticos. Por outro lado, caso não seja protegido, degrada-se por ação da luz ultravioleta e pela irradiação, porque a energia da radiação é absorvida pelo PP alterando a sua estrutura química. O PP apresenta alguns problemas a nível da termoselagem (Oliveira et al., 2008).

O PP é utilizado como filme termo-retrátil, como camada interior de embalagens termo-processáveis e em embalagens de produtos sensíveis à humidade. O PP extrudido pode ser usado em filmes biorientados de elevada resistência e transparência para embalagens alimentares (Costa, 2014; Oliveira et al., 2008).

Policloreto de vinilo (PVC)

O policloreto de vinilo, mais conhecido como PVC, este é um dos plásticos mais utilizados. As suas características permitem a sua aplicabilidade em diversos tipos de embalagens. É resistente a agentes químicos, rígido, impermeável à água e pouco permeável aos gases.

Possui também uma elevada resistência a óleos, gorduras e ácidos. O PVC é utilizado em conjunto com vários aditivos como plastificantes, estabilizadores, lubrificantes, pigmentos entre outros (Costa, 2014; Oliveira et al., 2008).

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens dos materiais usados em MAP.

Material	Vantagens	Desvantagens	Aplicação na indústria alimentar
Polietileno (PE)	Boa resistência, flexibilidade e estabilidade Preço reduzido Elevada resistência térmica Resistente à água Facilidade de processamento	Degradação por agentes oxidantes	Embalagens de produtos líquidos e sólidos
Polietileno tereftalato (PET)	Elevada resistência mecânica e térmica Brilho e transparência Flexibilidade e resistência ao impacto Impermeabilidade aos gases e odores Baixo peso	Pouco resistente a alguns químicos	Embalagens rígidas e filmes
Poliamidas (PA)	Alta resistência mecânica Baixa permeabilidade aos gases e odores Resistência a óleos e gorduras Inerte a reagentes inorgânicos	Reação a alguns agentes oxidativos Elevado custo Permeabilidade ao vapor de água Difícil processamento	Embalagens a vácuo; Embalagens em atmosfera modificada
Copolímero de etileno e álcool vinílico (EVOH)	Impermeabilidade aos gases e odores Resistência a óleos, gorduras e solventes orgânicos Termicamente estável Resistência mecânica e química	Elevado custo Difícil aplicabilidade Atraí moléculas de água Mais frágil que as poliamidas	Embalagens a vácuo Embalagens em atmosfera modificada

Material	Vantagens	Desvantagens	Aplicação na indústria alimentar
	Brilhante e transparente		
Polipropileno (PP)	Termorresistente Mais leve Brilho e transparência Resistência a agentes químicos, óleos e gorduras Impermeável à água	Permeabilidade a gases e gorduras Problemas de termoselagem Pouco resistentes à perfuração	Embalagens para micro-ondas Embalagens com enchimento a quente
Policloreto de vinilo (PVC)	Elevada adaptabilidade à plastificação Elevada resistência a agentes químicos Resistente a óleos e gorduras Material rígido Transparência e brilho		Bandejas, tabuleiros, frascos e garrafas
Poliétileno naftalato (PEN)	Boa barreira aos gases e vapor de água Boa resistência mecânica, térmica, química e hidrolítica Boa barreira aos raios ultravioleta	Elevado custo	Embalagens de bebidas e embalagens com enchimento a quente (marmelada e gelatinas)

Com o objetivo de contrariar as limitações de alguns polímeros e para alcançar as características desejáveis, na indústria alimentar podem ser usadas misturas de polímeros, e/ou nanomateriais na matriz polimérica para obter novas funcionalidades na embalagem (Oliveira et al, 2008).

Para reduzir o impacto dos plásticos proveniente de fontes não renováveis e/ou não biodegradáveis no ambiente, é permitido o uso de materiais reciclados. O Regulamento (CE) nº 282/2008 da Comissão é relativo aos materiais e objetos de plástico reciclado destinados a entrar em contacto com os alimentos e que altera o Regulamento (CE) nº 2023/2006 (Regulamento (CE) nº 282/2008, Regulamento (CE) nº 2023/2006). No entanto, estes materiais elevam os custos de produção e eliminação, e nesse sentido têm sido desenvolvidos e utilizados polímeros biodegradáveis.

2.6. Inovação e tendências das embalagens alimentares

Há várias tendências no que respeita às embalagens alimentares. Entre elas destacam-se as embalagens ativas, embalagens inteligentes, as bioembalagens e as embalagens que incorporam nanoformas.

As embalagens inteligentes monitorizam e informam o estado em que se encontra o alimento, através de indicadores ou sensores que se alteram quando o produto está deteriorado. As embalagens ativas aumentam a vida útil dos alimentos, libertando ou absorvendo substâncias do alimento embalado ou da atmosfera que o envolve. A lista de substâncias permitidas no fabrico de embalagens ativas plásticas na EU é a que consta no regulamento para embalagens plásticas, o Regulamento (CE) nº 10/2011 e suas alterações (Regulamento (CE) nº 10/2011). No entanto, os materiais e objetos ativos e inteligentes destinados a entrar em contacto com os alimentos também têm medidas específicas, que constam no Regulamento (CE) nº. 450/2009 da Comissão.

A crescente preocupação com o ambiente e a sustentabilidade, fez com que as bioembalagens ganhassem popularidade na indústria alimentar, utilizando polímeros naturais em alternativa aos polímeros sintéticos. Para o fabrico destes polímeros mais sustentáveis podem ser usadas matérias como o amido, bambu, agar etc. (Haugaard et al., 2001; Amaral, 2020; Sousa, 2008).

A nanotecnologia tem-se revelado um importante aliado da indústria alimentar, no que diz respeito ao desenvolvimento de embalagens alternativas às convencionais embalagens de plástico. As nanopartículas podem ser incorporadas em embalagens como (i) nanosensores que conseguem detetar produtos químicos, toxinas e agentes patogénicos, (ii) nanopartículas bioativas que inibem as reações de degradação dos alimentos tais como as nanopartículas com propriedades antimicrobianas, (iii) para reforçar as propriedades dos biopolímeros tais como as propriedades mecânicas ou de barreira (Almeida, 2015)

2.6.1. Embalagens inteligentes

As embalagens inteligentes fornecem informações reais sobre a qualidade e integridade do alimento, da sua história (condições de armazenamento, composição, crescimento microbiano, entre outros), e do ambiente. Estas embalagens dispõem de um mecanismo que monitoriza a condição dos produtos embalados e fornece informação do estado destes produtos ao longo de toda a cadeia de armazenamento e distribuição. Esse mecanismo pode ser obtido através de indicadores, sensores ou indicadores de radiofrequência. Estes compostos indicam a presença ou ausência de determinadas substâncias ou reações físico-químicas. Como exemplo de embalagem inteligente temos os indicadores de temperatura, os quais são compostos colorimétricos, que na presença de qualquer variação de temperatura, mudam de cor e informam o consumidor do estado do produto (Figura 5). Os sensores e indicadores podem também permitir detetar perfurações ou falhas na selagem hermética, que alteram a atmosfera protetora (Iglesias Esther, et al., 2006). Neste âmbito, os mais usados são os indicadores de oxigénio e dióxido de carbono. Os identificadores por radiofrequência permitem que cada produto tenha um código numérico único com todas as informações relevantes referentes ao mesmo, sendo muito eficazes na identificação e rastreabilidade automáticas do produto (Halal e Colussi, 2017).



Figura 5 - Embalagem inteligente com indicador de temperatura (fonte Halal e Colussi, 2017).

2.6.2. Embalagens ativas

As embalagens ativas (Figura 6, 7 e 8) são uma tecnologia emergente em que a embalagem interage positiva e intencionalmente com o alimento, desta interação resulta uma diminuição das reações de degradação do alimento e conseqüente aumento no tempo de conservação e preservação das características organoléticas do produto.

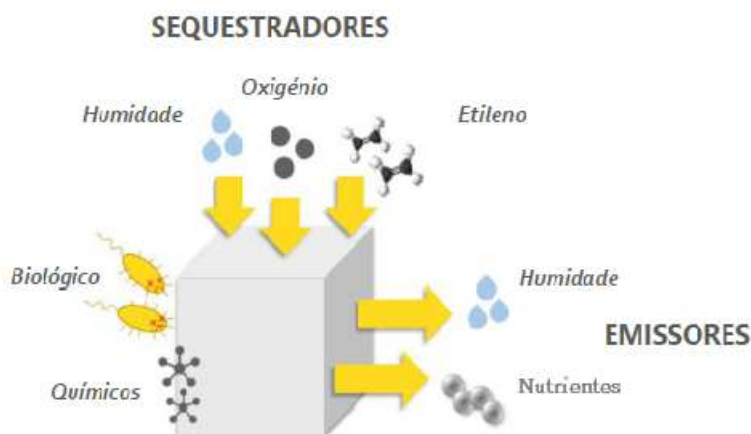


Figura 6 - Esquema ilustrativo das embalagens ativas: sistemas *scavenger* ou sequestradores e sistemas emissores (fonte <http://actinpak.eu>)

Neste sentido, estas embalagens libertam substâncias ativas específicas como antimicrobianos, antioxidantes e aromas, ou absorvem compostos indesejáveis como O₂, etileno, odores, entre outros. Podem também incluir no seu interior emissores ou absorventes de O₂ ou CO₂ e reguladores de humidade (Sirvertsvik, 2002). Existem vários formatos para incluir estes componentes, os mais utilizados são as saquetas ou as etiquetas colocadas na superfície interna da embalagem (sistemas independentes) mas também podem ser usados sistemas integrados, nos quais os compostos ativos são os incorporados em películas poliméricas ou em adesivos (Sirvertsvik, 2002). Os compostos permitidos na produção de embalagens ativas plásticas constam no Regulamento (EU) n° 10/2011 da Comissão de 14 de Janeiro de 2011 e suas alterações, que regula os materiais e objetos de matéria plástica destinados a entrar em contato com os alimentos.

Absorventes ou captadores de oxigénio

Os absorventes de oxigénio, permitem reduzir os níveis de oxigénio numa grande variedade de alimentos, para evitar as alterações causadas por reações de oxidação e inibir o crescimento de microrganismos aeróbios. A captação de oxigénio ocorre através da oxidação de sais de ferro colocados em saquetas, (Figura 7) embora também sejam utilizados mecanismos de oxidação do ácido ascórbico e ácidos gordos insaturados como o ácido oleico e linoleico (Braga e Peres, 2010; Iglesias Esther, 2006).



Figura 7 Exemplo comercial de uma embalagem ativa - saquetas absorventes de oxigénio/dióxido de carbono que podem ser usadas em vários produtos (fonte <http://www.actinpak.eu>)

Emissores e captadores de dióxido de carbono

Os emissores e absorventes de dióxido de carbono, são usados em carne, pescado e queijos. São utilizados numa menor variedade de alimentos comparativamente aos captadores de O_2 , porque podem produzir alterações organoléticas em determinados géneros alimentícios. Para absorver o CO_2 utilizam-se normalmente o hidróxido de cálcio, , carbonato de ferro e ácido ascórbico para captar este gás, podem atuar isoladamente ou em combinação com captadores de oxigénio, e minimizam a taxa de respiração dos produtos frescos evitando o colapso da embalagem (Iglesias Esther, 2006).

Captadores de etileno

O etileno é um hidrocarboneto que acelera a respiração e amadurecimento de algumas frutas e vegetais. Ao diminuir a concentração de etileno em contato com o alimento prolonga-se seu o tempo de vida útil. Assim os captadores de etileno têm muita importância no comércio de vegetais e frutas, pois retardam o amadurecimento das frutas e vegetais

frescos. Os materiais mais utilizados são o permanganato de potássio, carvão ativado, sílica gel, zeólitas e argilas (Braga e Peres, 2010).

Reguladores ou absorventes de humidade

O controlo da quantidade de água é essencial para evitar o crescimento microbiano, os produtos embalados com elevado teor de humidade relativa estão suscetíveis à formação de condensados e vapores durante o transporte e armazenamento. Os reguladores de humidade (Figura 8) vão absorver o excesso de água no interior da embalagem através de saquetas ou etiquetas que contêm agentes desidratantes como sílica gel e óxido de cálcio. Este método é bastante aplicado no pescado e em produtos cárneos (Braga e Peres, 2010).

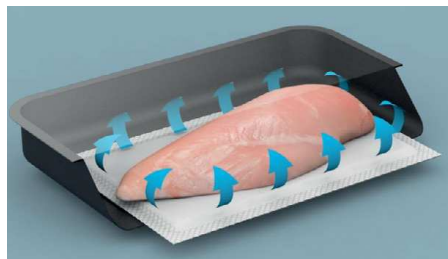


Figura 8 Exemplo comercial de uma embalagem alimentar ativa - almofadas que absorvem líquidos em excesso e libertam gradualmente dióxido de carbono (CO₂) (fonte <http://www.actinpak.eu>)

Captadores ou absorventes de aromas e sabores

Os sistemas de absorção de aromas e sabores estão disponíveis em saquetas, etiquetas e filmes integrados nos polímeros, no entanto estes têm de ser usados corretamente para não mascarar os maus odores produzidos pelos microrganismos que ponham em risco a segurança destes produtos (Suppakul et al, 2003).

Emissores de agentes antimicrobianos

A embalagem antimicrobiana é bastante promissora, no sentido que é capaz de eliminar ou inibir microrganismos deterioradores e patogénicos. Os agentes antimicrobianos podem ser incorporados através de etiquetas, estar contidos em saquetas ou incorporados na matriz

polimérica. Estes sistemas podem ser divididos em dois grupos, os agentes que migram intencionalmente para a superfície do alimento, e os agentes que são efetivos contra o crescimento microbiano sem migração direta para o alimento, mas atuando na atmosfera interna da embalagem. Neste tipo de embalagens são utilizados etanol, dióxido de cloro, ácidos orgânicos, parabenos, benzoatos, EDTA, sais de prata e enzimas imobilizadas ou nanopartículas de prata. O etanol é muito utilizado como desinfetante de superfície, contudo tem de se controlar a desnaturação das proteínas por ele induzida (Braga e Perez, 2010) (Bente et al., 2000).

Emissores de aditivos antioxidantes

A oxidação lipídica produz alterações organolépticas e nutricionais indesejáveis nos alimentos. Os antioxidantes inseridos na matriz polimérica podem atrasar a oxidação atuando a nível da eliminação de radicais livres. Estes podem ser classificados como naturais ou sintéticos, no entanto os antioxidantes naturais têm ganho maior destaque dado não estarem associados a efeitos negativos para a Saúde Humana. A incorporação de óleos essenciais tem sido aplicada em filmes ativos para conferir propriedades antimicrobianas e antioxidantes. Por outro lado, o uso de extratos de plantas aromáticas, tais como extratos de chá verde (*Camellia sinensis* L.) e alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) podem ser boas alternativas aos aditivos alimentares sintéticos (Suppakul et al., 2003).

2.6.3. Embalagens alimentares que incorporam nanoformas

Os nanomateriais são polímeros de dimensões entre 1 e 100 nm, o seu uso melhora as propriedades dos polímeros, o aumento da resistência térmica e a redução do peso e dos custos de produção. Segundo a Recomendação (UE) nº 696/2011, a Organização Internacional de Normalização define «nanomaterial» como um material com quaisquer dimensões externas na escala nanométrica ou com uma estrutura interna ou de superfície à escala nanométrica. A expressão «escala nanométrica» é definida como uma gama de tamanhos entre aproximadamente 1 nm e 100 nm (Recomendação (EU) nº 696/2011/ EU) Esta Recomendação cita também que “a fim de informar os consumidores sobre a presença de nanomateriais artificiais nos géneros alimentícios, é conveniente prever uma definição de nanomateriais artificiais. Tendo em conta a possibilidade de que os alimentos que contenham

ou consistam em nanomateriais artificiais sejam um novo alimento” (Recomendação nº 696/2011/EU). Os materiais mais utilizados neste tipo de embalagens são as argilas e silicatos. A utilização de nanoformas em embalagens alimentares pode ter vários objetivos. Podem ser incorporadas nanoformas em: (i) matrizes poliméricas para conferir novas propriedades (ex.: propriedades antioxidantes, propriedades antimicrobianas), (ii) podem ser usadas para produzir nanosensores (embalagens inteligentes); (iii) podem ser incorporadas polímeros, ditos convencionais ou biodegradáveis, para melhorar as suas propriedades mecânicas ou de barreira (Pereira, 2017).

Na União Europeia já existem algumas nanoformas aprovadas para o seu uso em embalagens plásticas (Regulamento nº 10/2011 e suas alterações, nomeadamente o Regulamento (CE) nº 1245/2020). No entanto, a aprovação de novas nanoformas e as suas potenciais restrições de uso estão sempre sujeitas a avaliação por parte da Agência Europeia de Segurança Alimentar (European Food Safety Agency, EFSA).

3. Objetivos do Estudo

O objetivo principal do trabalho foi aumentar o tempo de vida dos fígados de frangos embalados em atmosfera modificada para os quais se verificava alteração da cor (os fígados perdiam a coloração vermelha brilhante) e da embalagem (a embalagem *colapsava* com os fígados, ou seja, o filme adería aos fígados embalados). Esta situação foi identificada pela empresa Lusiaves S.A: como um problema para o qual queriam encontrar uma solução, pelo que o trabalho foi desenvolvido em ambiente industrial, na Unidade Fabril da Lusiaves.

Para atingir o objetivo principal desta dissertação foram estudados alguns fatores que podiam contribuir para o reduzido tempo de vida útil dos fígados de frango, tais como a influência do filme usado no embalamento das cuvetes, a influência do nível de enchimento das botijas de dos gases usados na atmosfera modificada e a influência da composição inicial da atmosfera modificada. Assim, foram realizados vários ensaios com objetivos específicos diferentes:

- Ensaio 1:

Objetivo específico: avaliar a influência do filme usado no embalamento das cuvetes e a influência do nível de enchimento da botija de O_2 usada na atmosfera modificada, no tempo de vida útil dos fígados de frango, e aferir qual o momento no qual se iniciavam as alterações de cor dos fígados e da embalagem.

Descrição: este ensaio foi realizado com a mistura de gases normalmente utilizada nas cuvetes de fígado embaladas em atmosfera modificada ($55-70\%O_2:20-30\%CO_2:3-5\%N_2$) pela empresa Lusiaves e utilizando dois filmes normalmente usados pela empresa. Neste ensaio foram monitorizadas as percentagens de O_2 e CO_2 ao longo de 5 dias de armazenamento à temperatura de refrigeração bem como avaliada a cor e as alterações na embalagem.

- Ensaio 2:

Objetivo específico: avaliar a influência do filme usado no embalamento das cuvetes e a influência do nível de enchimento das botijas dos gases (de O_2 e CO_2) usados na atmosfera modificada, no tempo de vida útil dos fígados de frango, e aferir qual o momento no qual se iniciavam as alterações de cor dos fígados e da embalagem.

Descrição: este ensaio foi realizado com a mistura de gases normalmente utilizada nas cuvetes de fígado embaladas em atmosfera modificada (55-70%O₂:20-30%CO₂:3-5%N₂) pela empresa Lusiaves, utilizando dois filmes normalmente usados pela empresa (filme A e B) e realizando o embalamento com atmosfera modificada em dois momentos diferentes: com as botijas de gases (O₂ e CO₂) quase vazias e com as botijas de gases após enchimento. Neste ensaio foram também monitorizadas as percentagens de O₂ e CO₂ ao longo de 5 dias de armazenamento à temperatura de refrigeração bem como avaliada a cor e as alterações na embalagem.

Ensaio 3:

Objetivo específico: avaliar a influência da composição inicial da atmosfera modificada no tempo de vida útil dos fígados de frango.

Descrição: este ensaio foi realizado com duas novas misturas de gases (75%O₂:25%CO₂ e 80%O₂:20%CO₂). Neste ensaio foram também monitorizadas as percentagens de O₂ e CO₂ ao longo de 5 dias de armazenamento à temperatura de refrigeração bem como avaliada a cor e as alterações na embalagem.

4. Materiais e Métodos

4.1 Amostragem e embalamento dos fígados de frango

Inicialmente os fígados de frango são separados das restantes vísceras, selecionados de acordo com a coloração e dimensões pretendidas, lavados e limpos (remoção da vesícula biliar e possíveis gorduras). Os fígados rejeitados são encaminhados para subprodutos.

Os fígados embalados em cada um dos ensaios pertenciam ao mesmo lote, e foram selecionados manualmente por vários colaboradores durante o processo do abate e evisceração dos animais. Após a seleção, foram colocados numa câmara de refrigeração até serem embalados. Ainda antes do embalamento, os fígados foram pesados e colocados manualmente por um colaborador dentro das cuvetes, e reencaminhados para a linha de embalamento em atmosfera modificada onde foram selados hermeticamente com filme.

As cuvetes utilizadas são todas constituídas pelo mesmo material, por politereftalato de etileno (PET) e polietileno (PE), e os filmes usados são compostos por poliamida, copolímero

de etileno e álcool e poliolefina (PA-EVOH-PO). Os filmes têm as seguintes propriedades de barreira: transmissão ao oxigênio: $< 15 \text{ cm}^2/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{bar}$; transmissão ao dióxido de carbono: $< 75 \text{ cm}^2/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{bar}$; transmissão ao vapor de água: $< 10 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{bar}$

Nesta unidade fabril todos os produtos de carne de aves e preparados de carne são embalados com a mesma mistura gasosa, que é realizada por um misturador central e distribuída posteriormente pelas várias linhas de embalagem. Os fígados de frango são embalados em cuvette em atmosfera modificada, a mistura gasosa usada constituída por três gases oxigênio (55-70%), dióxido de carbono (20-30%) e azoto (3-5%).

A Nipon é a empresa responsável pelo fornecimento dos gases. O oxigênio e dióxido de carbono são armazenados em dois tanques separados, e quando o seu nível atinge os 40%, é disparado um alerta diretamente ao fornecedor que no período de um ou dois dias abastece os tanques. Normalmente, o abastecimento é realizado quinzenalmente. O azoto é armazenado em blocos de 12 botijas. Quando o nível mínimo é atingido dispara um alerta à empresa fornecedora que efetua a troca do bloco, que é realizada de dois em dois dias.

A recolha das amostras foi realizada num primeiro ensaio antes e depois do enchimento do tanque de oxigênio, e no segundo ensaio antes e depois do enchimento dos tanques de oxigênio e dióxido de carbono. As amostras testadas foram divididas em dois grupos, tendo em conta os dois tipos de filmes usados pela empresa para embalar as mesmas. O processo foi realizado de acordo com o procedimento normal. Foram embaladas no mesmo dia, e em duas linhas de embalagem diferentes e utilizando fígados do mesmo lote.

As amostras de cada grupo foram divididas em 6 subgrupos, (dia 0, 1, 2, 3, 4 e 5) de modo a possibilitar a monitorização dos gases diária desde o embalagem até ao último dia de validade do produto. Diariamente procedeu-se à medição de oxigênio e dióxido de carbono de seis embalagens de cada grupo, assim como ao registo das alterações macroscópicas verificadas no produto e respetiva embalagem. No esquema da Figura 9 está representado o processamento e armazenamento dos fígados de frango em estudo.

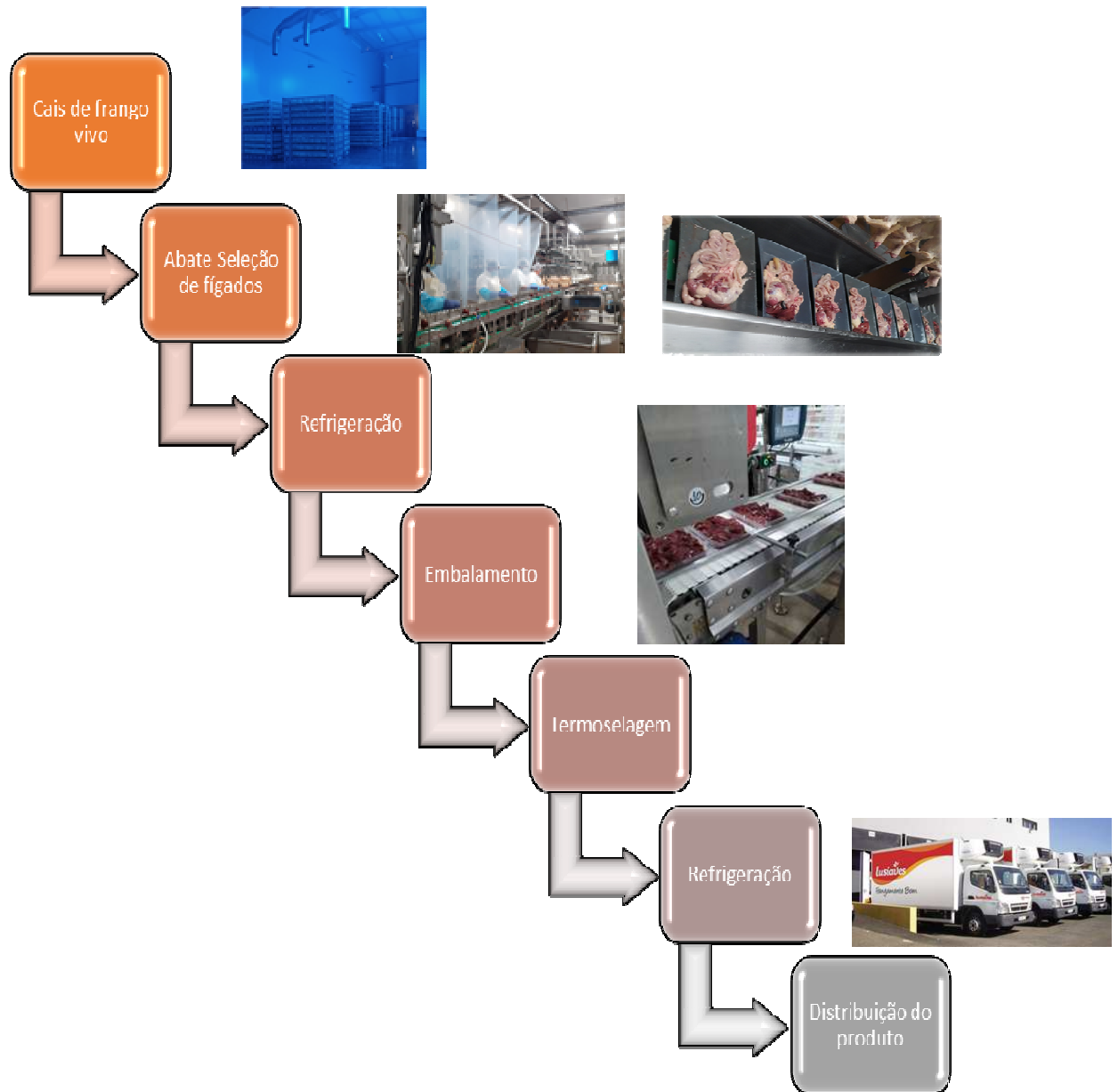


Figura 9 - Processamento de fígados desde o abate até à distribuição.



Figura 10 - Embalamento de fígados em MAP na Unidade Fabril da Lusiaves.

Para facilitar a interpretação dos resultados observados, definimos o que se considera uma amostra conforme e uma amostra não conforme.

Amostra conforme

Foi considerada, no âmbito do presente estudo, que uma amostra de fígado de frango era conforme (Figura 11) quando reunia todas as características exetáveis do produto, e consideradas como aceitáveis pelo consumidor. É assim descrita como uma cuvete com fígados com coloração vermelho escuro uniforme e brilhante, sem conteúdo exsudativo no seu interior, cuja embalagem se encontra íntegra, sem quaisquer alterações e sem colapsar.



Figura 11 Fígados de frango em MAP: exemplo de amostra conforme.

Amostra não conforme

Foi considerada, no âmbito do presente estudo, que uma amostra de fígado de frango é não conforme (Figura 12), quando não reunia todas as características acima descritas, ou seja, apresentava alterações de coloração, algum conteúdo exsudativo no seu interior, ou quando a se verificasse colapso da embalagem. Foi considerado que existia colapso da embalagem quando o filme se encontra aderido aos fígados de frango embalados



Figura 12 - Fígados de frango em MAP: exemplo de amostra não conforme.

4.2. Metodologia

Na unidade fabril da Lusiaves os fígados de frango são embalados em cuvetes em atmosfera modificada, e a mistura gasosa predefinida constituída por três gases oxigénio (55-70%), dióxido de carbono (20-30%) e azoto (3-5%). É importante garantir o uso da mistura corretamente nas embalagens em MAP. Para tal, foi realizada a medição diária, com um analisador de gases portátil (Figura 13), da concentração de oxigénio e dióxido de carbono presentes numa amostra embalada, dado que o restante é constituído por azoto que é um gás de enchimento.

Neste trabalho experimental foram realizados dois ensaios, um antes e outro depois do enchimento do tanque de oxigénio e dióxido de carbono. Antes do enchimento dos tanques, estes apresentavam um nível de gás abaixo do 40%. Foram embaladas 72 amostras com os tanques quase “vazios” e 72 com os tanques após enchimento, 36 amostras com cada um dos dois filmes usados pela empresa para o embalamento de fígados de frango. Estas amostras foram ainda subdivididas em 6, denominadas dia 0 (dia do embalamento), 1, 2, 3, 4 e 5 (último dia de validade do produto). As medições dos gases foram realizadas diariamente, com um medidor de gases portátil de gases (Figura 13) e registadas as alterações macroscópicas observadas na embalagem e nos fígados.

Posteriormente aos ensaios 1 e 2, foi realizado um terceiro ensaio, utilizando o mesmo procedimento, com misturas gasosas diferentes, uma com 80% de oxigénio e 20% de dióxido de carbono, e outra com 75% de O_2 e 25% de CO_2 , e mediram-se os gases (O_2 e CO_2) ao longo do tempo de armazenamento.



Figura 13 Misturador de gases centralizado (marca WITT modelo KM10-20) e medidor de gases utilizados no âmbito do presente estudo Type Oxybaby M+i O_2/CO_2 modelo: E7.

5. Resultados e Discussão

5.1. Ensaio I

O primeiro ensaio experimental foi realizado antes e depois do enchimento do tanque de oxigénio, considerando que a empresa utiliza dois tipos de filmes denominamos de **filme A**, o filme utilizado pelo cliente Mercadona e **filme B** utilizado pelo cliente ITMI analisando-se o comportamento dos gases através de uma medição diária das várias amostras, ao longo de 5 dias de armazenamento. As medições realizadas (n=6) foram registadas e estão, representadas nos gráficos (Figura 14 e 15) , e na Tabela 2. De modo a possibilitar uma melhor interpretação dos resultados os valores utilizados no gráfico foram obtidos através da média dos valores das 6 amostras de cada dia, as setas a vermelho indicam o início do colapso e a seta amarela o momento em que o colapso é mais evidente. Na Tabela 3, verificamos que os valores da proporção O₂/CO₂ são semelhantes no filme A e B.

Tabela 3 Medição dos gases nas amostras de fígados MAP, com o tanque quase vazio no ensaio I.

FILME A	Oxigénio (%)	Dioxido de Carbono (%)	Soma (%)	Proporção (O2/CO2)	FILME B	Oxigénio (%)	Dioxido de Carbono (%)	Soma (%)	Proporção (O2/CO2)
Dia 0	65,7 ± 1,27	23,5 ± 0,91	89,2	2,8	Dia 0	67,9 ± 0,17	25,4 ± 0,33	93,3	2,7
Dia 1	65,5 ± 1,56	21,5 ± 1,30	86,9	3,0	Dia 1	61,0 ± 6,55	18,6 ± 2,63	79,6	3,3
Dia 2	58,2 ± 1,99	25,7 ± 0,74	83,8	2,3	Dia 2	56,4 ± 2,39	24,5 ± 1,85	80,9	2,3
Dia 3	45,7 ± 6,58	23,6 ± 4,71	69,3	1,9	Dia 3	55,8 ± 7,66	26,3 ± 4,49	82,1	2,1
Dia 4	40,6 ± 4,48	31,8 ± 3,47	72,4	1,3	Dia 4	38,1 ± 4,85	29,0 ± 4,63	67,0	1,3
Dia 5	26,4 ± 4,03	29,0 ± 7,55	55,4	91,0	Dia 5	23,1 ± 2,70	19,4 ± 8,87	42,5	1,2

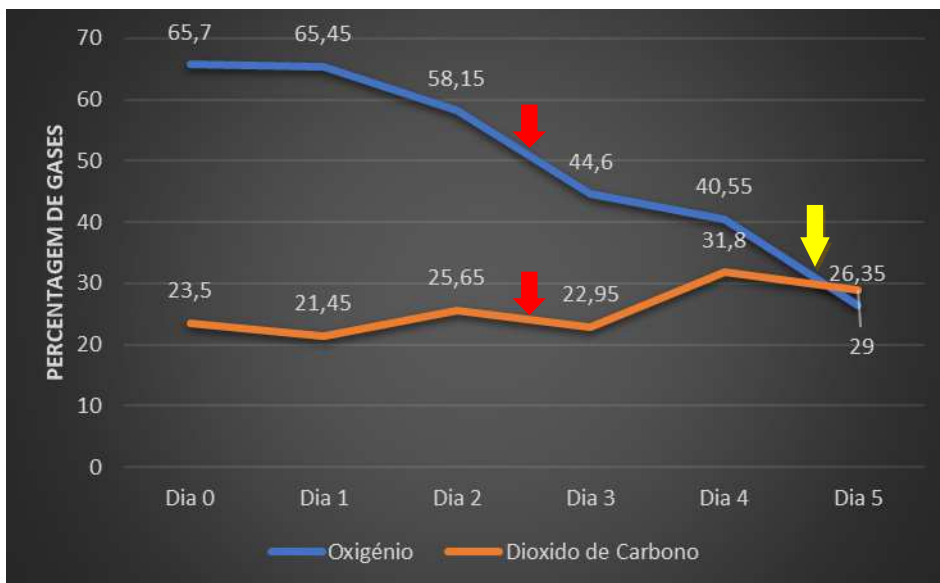


Figura 14 – Medição do O₂ e CO₂ (%) no interior das MAP das amostras do ensaio 1 embaladas com o Filme A.

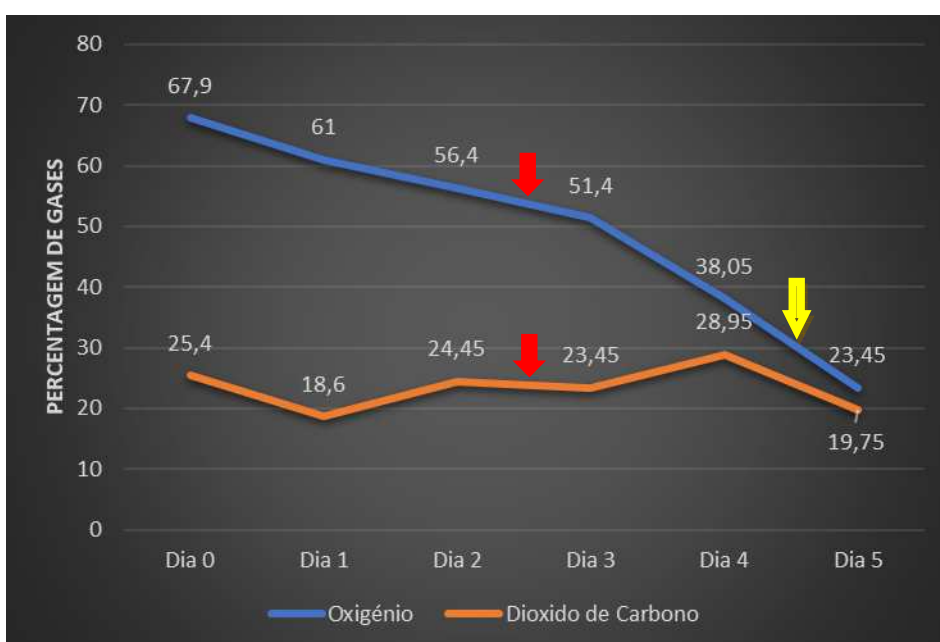


Figura 15 - Medição do O₂ e CO₂ (%) no interior das MAP das amostras do ensaio 1 embaladas com o Filme B.

Analisando os gráficos acima, observa-se que a partir do segundo dia de armazenamento, há uma diminuição mais acentuada de O₂ e CO₂ na mistura gasosa, o que coincide com o início do colapso embora este seja ligeiro (setas a vermelho). A partir do terceiro dia o colapso foi mais acentuado, tendo-se observado uma alteração de cor em todas as amostras nos dois

tipos de filmes. No dia 3 as amostras com o filme A tiveram maior alteração de cor e colapso correspondem aos valores: 45.7% O₂/27.8% CO₂; 38.4% O₂/17.2CO₂; 43.5% O₂/22.3% CO₂ (Figura 14). No dia 4 as amostras com o filme A apresentavam colapso embora não tão acentuado como o filme B, no dia 5 as amostras mais colapsadas são as que com os valores 21.5% O₂/19.1% CO₂; 25.5% O₂/20.3% CO₂, no entanto todas as amostras apresentavam colapso. No caso das amostras com o filme B no dia 5 apresentam um colapso bastante acentuado em todas as 6 amostras.

Após o enchimento do tanque de O₂ foi realizado o mesmo procedimento, na Figura 18 estão representadas as variações observadas, as setas a vermelho indicam o inicio do colapso da embalagem, e a seta a amarelo indica o momento em que o colapso é mais acentuado. Na Tabela 4 estão representadas as percentagens de gases (O₂ e CO₂) presentes nas amostras assim como a respetiva proporção (O₂/CO₂). Verifica-se também a partir do dia 2 uma diminuição na concentração de oxigénio e dióxido de carbono, nos dias 3, 4 e 5 a redução não é tão acentuada como a observada antes do enchimento do tanque de oxigénio.

Tabela 4 - Medição dos gases no ensaio I com tanque dos gases para atmosfera modificada cheio.

FILME A	Oxigénio (%)	Dioxido de Carbono (%)	Soma (%)	Proporção (O ₂ /CO ₂)	FILME B	Oxigénio (%)	Dioxido de Carbono (%)	Soma (%)	Proporção (O ₂ /CO ₂)
Dia 0	67,7 ± 0,60	25,3 ± 1,30	93,0	2,7	Dia 0	67,9 ± 0,20	25,2 ± 0,18	93,1	2,7
Dia 1	66,3 ± 0,85	23,0 ± 0,68	89,3	2,9	Dia 1	67,2 ± 4,80	21,8 ± 0,84	89,0	3,1
Dia 2	39,8 ± 5,46	23,0 ± 3,03	62,8	1,7	Dia 2	43,4 ± 10,75	13,6 ± 2,59	57,0	3,2
Dia 3	55,8 ± 7,66	26,3 ± 4,49	82,1	2,1	Dia 3	54,4 ± 6,16	28,3 ± 1,58	82,7	1,9
Dia 4	24,1 ± 2,38	25,0 ± 3,76	49,1	1,0	Dia 4	50,7 ± 3,23	32,3 ± 4,29	83,0	1,6
Dia 5	23,6 ± 3,26	34,1 ± 9,20	57,7	0,7	Dia 5	26,4 ± 4,03	29,0 ± 7,55	55,4	0,9

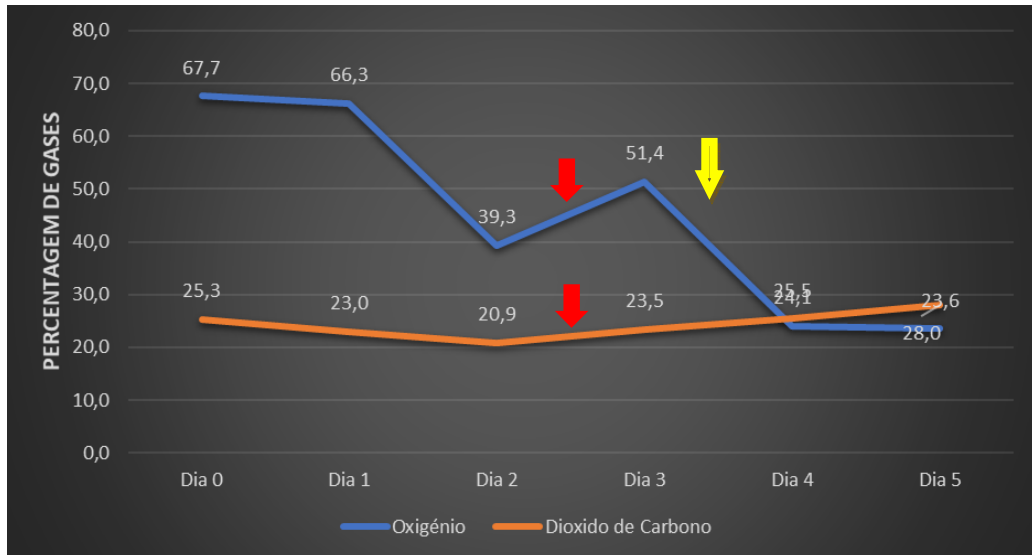


Figura 16 Medição do O₂ e CO₂ (%) no interior das MAP das amostras do ensaio I após enchimento do tanque de O₂.

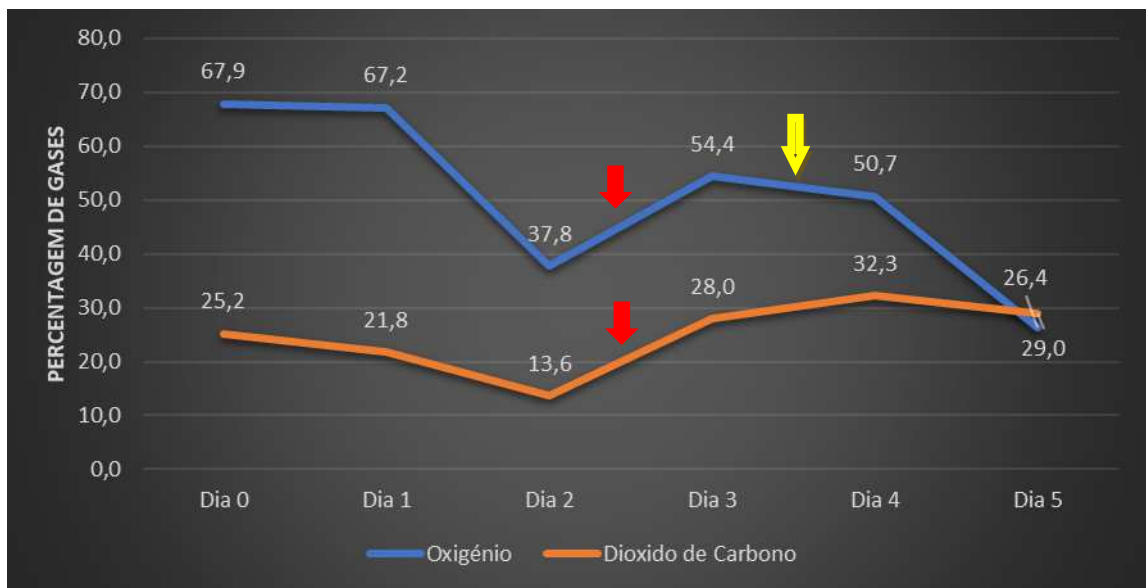


Figura 17 - Medição do O₂ e CO₂ (%) no interior das MAP das amostras do ensaio I após enchimento do tanque de O₂ e usando o filme B.

Após análise do comportamento dos gases antes e depois do enchimento do tanque de oxigénio observa-se uma redução da percentagem de oxigénio, embora essa redução não seja uniforme, no entanto comparando os dois tipos de filmes não são observadas diferenças consideráveis no comportamento da mistura gasosa ao longo do tempo. Após este ensaio podemos descartar a possibilidade de que o problema seria devido aos níveis mais baixos no tanque de abastecimento de oxigénio, o que poderia interferir na proporção da mistura gasosa e baixar a percentagem deste gás na atmosfera da embalagem. O tipo de filme também não terá interferência a nível da proporção da mistura gasosa, como inicialmente se poderia pensar, visto que não existem diferenças relevantes entre os resultados observados, dado que o comportamento dos gases é muito semelhante. Assim, a possibilidade de existir uma maior permeabilidade aos gases e proporcionar maiores perdas em algum dos filmes foi descartada. De facto, após análise das fichas técnicas de ambos os filmes verificou-se que os valores orientativos (só indicam inferior a) das propriedades barreira ao O₂, CO₂ e vapor de água são iguais.

5.2 Ensaio 2

No segundo ensaio realizado, foi repetido o procedimento descrito anteriormente para o primeiro ensaio, com a diferença que o embalamento foi efetuado antes e depois do enchimento de ambos os tanques de oxigénio e dióxido de carbono. Com o objetivo de nos certificarmos que o problema não estaria relacionado com os níveis de gás nos tanques.

Nas Tabelas 5 e 6 estão representadas as médias das percentagens gasosas assim como a soma dos dois gases (O_2 e CO_2) e a sua proporção (O_2/CO_2) nas amostras. As Figuras 16 e 17 representam o comportamento dos gases ao longo do ensaio, com os tanques quase vazios, e nas Figuras 18 e 19, o comportamento da mistura gasosa após o enchimento dos tanques de oxigénio e dióxido de carbono, as setas as vermelho indicam o momento em que começa a ocorrer o colapso da embalagem.

Tabela 5 - Medição dos gases (O_2 e CO_2) nas amostras do ensaio 2 com tanque dos gases para atmosfera modificada quase vazio.

Filme A	Oxigénio (%)	Dioxido de Carbono (%)	Soma (%)	Proporção (O_2/CO_2)	FILME B	Oxigénio (%)	Dioxido de Carbono (%)	Soma (%)	Proporção (O_2/CO_2)
Dia 0	67,8 ± 0,22	27,6 ± 1,01	95,4	2,5	Dia 0	67,4 ± 0,57	25,5 ± 0,30	92,9	2,6
Dia 1	66,2 ± 3,57	23,3 ± 1,53	89,5	2,8	Dia 1	62,8 ± 3,98	22,4 ± 7,47	85,2	2,8
Dia 2	50,2 ± 4,80	22,1 ± 3,24	72,3	2,3	Dia 2	48,9 ± 4,95	23,2 ± 3,86	72,0	2,1
Dia 3	39,7 ± 4,69	21,0 ± 4,56	60,7	1,9	Dia 3	39,7 ± 2,79	23,1 ± 3,91	62,8	1,7
Dia 4	40,6 ± 2,84	35,0 ± 4,82	75,6	1,9	Dia 4	40,7 ± 4,19	30,6 ± 5,39	71,3	1,3
Dia 5	25,3 ± 1,30	21,6 ± 4,44	46,9	1,9	Dia 5	22,2 ± 2,50	17,7 ± 4,23	39,9	1,3

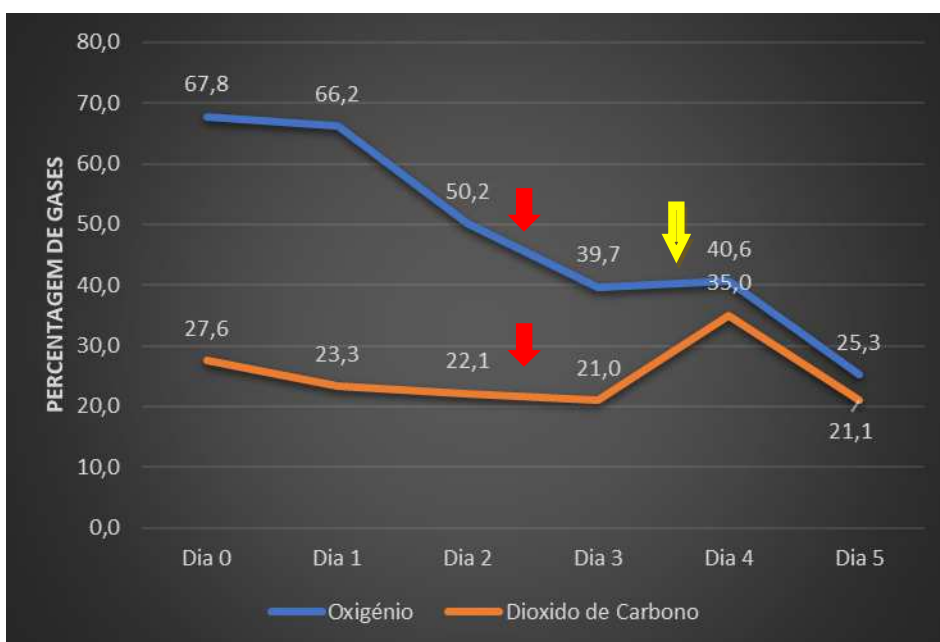


Figura 18 Medição do O₂ e CO₂ (%), sua soma e proporção no interior das MAP das amostras do ensaio 2 (Filme A) antes do enchimento dos tanques de O₂ e CO₂.

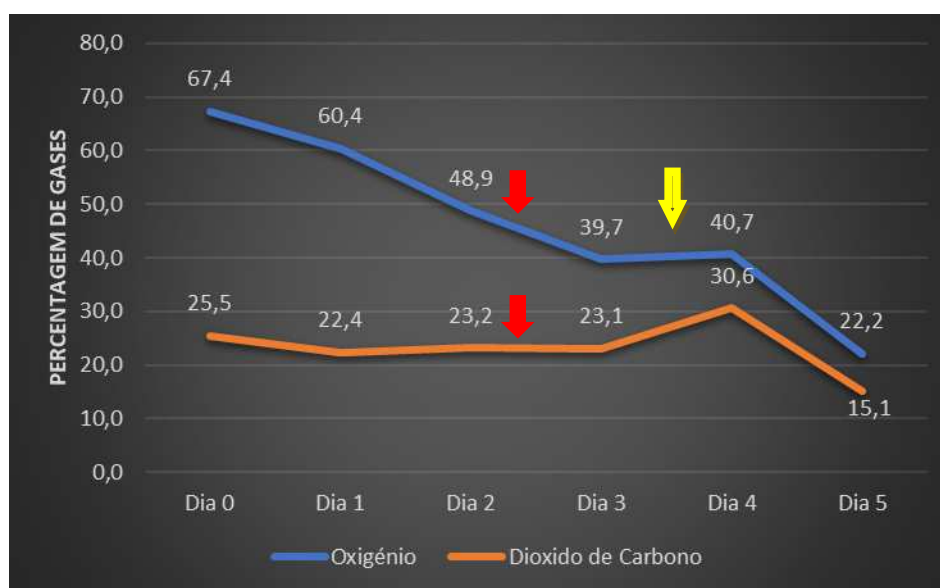


Figura 19 Medição do O₂ e CO₂ (%), sua soma e proporção no interior das MAP das amostras do ensaio 2 (Filme B) antes do enchimento dos tanques de O₂ e CO₂.

Com análise das Figuras 18 e 19, observamos a redução das percentagens de O₂ e CO₂ a partir do dia 2, não se verificam diferenças relevantes entre os filmes A e B. No dia 5 as percentagens da mistura gasosa atingem valores entre os 25% e 22% para o O₂ e entre 22% e 17% para o CO₂.

Na Tabela 6 estão representadas a média da percentagem de gases obtida nas amostras, assim como a soma da percentagem de O₂ e CO₂, e a sua proporção, no ensaio 2 após o enchimento dos tanques.

Tabela 6 - Medição dos gases (O₂ e CO₂) nas amostras do ensaio 2 com tanque dos gases para atmosfera modificada cheio.

Filme A	Oxigénio (%)	Dioxido de Carbono (%)	Soma (%)	Proporção (O2/ CO2)	FILME B	Oxigénio (%)	Dioxido de Carbono (%)	Soma (%)	Proporção (O2/ CO2)
Dia 0	67,5 ± 0,89	24,6 ± 0,51	92,1	2,7	Dia 0	67,7 ± 0,38	27,7 ± 1,04	95,3	2,4
Dia 1	51,3 ± 4,90	22,8 ± 3,21	74,1	2,3	Dia 1	57,7 ± 4,93	24,3 ± 3,69	82,0	2,4
Dia 2	42,5 ± 4,28	22,7 ± 3,51	65,2	1,9	Dia 2	43,8 ± 7,32	30,1 ± 6,18	73,9	1,5
Dia 3	40,2 ± 5,41	27,8 ± 5,66	68,0	1,4	Dia 3	41,8 ± 7,67	31,5 ± 7,40	73,3	1,3
Dia 4	27,3 ± 5,24	23,5 ± 6,41	50,8	1,2	Dia 4	29,7 ± 3,64	21,0 ± 4,06	50,7	1,4
Dia 5	26,0 ± 3,56	24,7 ± 6,58	50,7	1,1	Dia 5	27,1 ± 2,07	18,9 ± 3,83	46,0	1,4

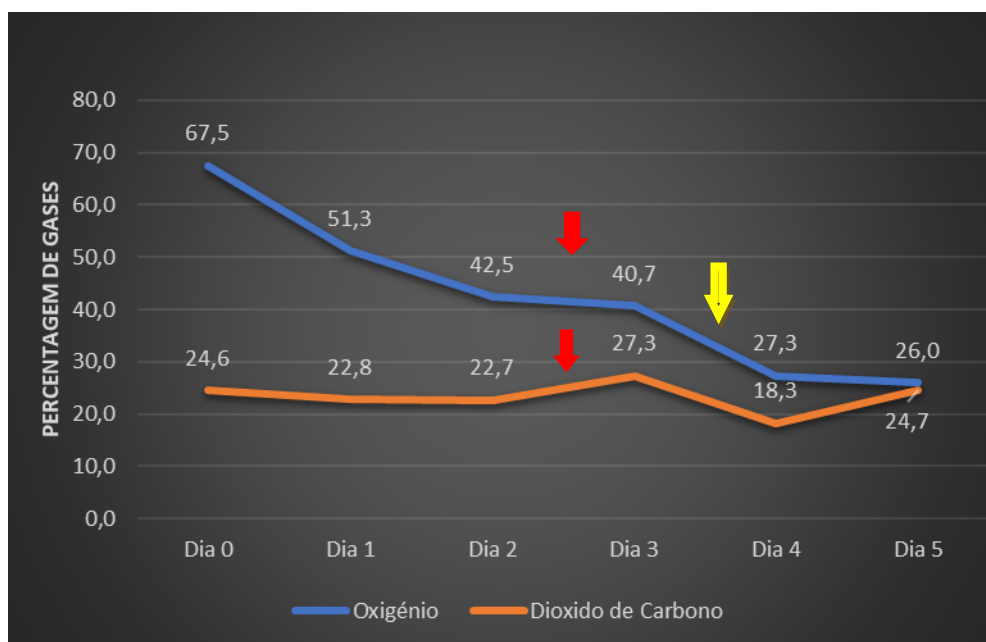


Figura 20 Medição do O₂ e CO₂ (%), sua soma e proporção no interior das MAP das amostras do ensaio 2 (Filme A) após enchimento dos tanques de O₂ e CO₂

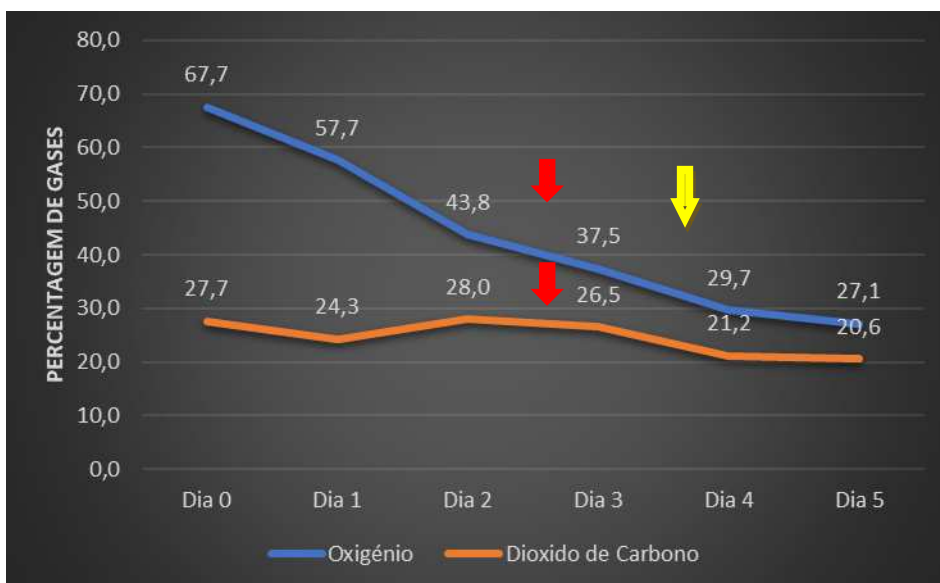


Figura 21 Medição do O₂ e CO₂ (%), sua soma e proporção no interior das MAP das amostras do ensaio 2 (Filme B) após o enchimento dos tanques de O₂ e CO₂.

Os resultados obtidos neste segundo ensaio foram semelhantes aos obtidos anteriormente, o que nos leva a excluir novamente a possibilidade de que as alterações ocorridas não estão relacionadas com o nível de gás nos tanques.

A partir do dia 2 começa a observar-se um ligeiro colapso em todas as amostras, no filme B, as amostras desse dia com maior colapso são as que apresentam os valores: 18.2% O₂/10.6%CO₂; 31.2% O₂/12.5% CO₂, nas amostras usadas com o filme A todas apresentavam ligeiro colapso de modo semelhante nas 6 amostras. No dia 3 todas as amostras começam a apresentar alteração de cor e maior colapso. Dias 4 e 5 com colapso acentuado e com maior alteração de cor, nas amostras com filme B apresentaram maior colapso.

A Tabela 7 apresenta um resumo da proporção gasosa nos dois ensaios realizados. Analisando a tabela verifica-se que no dia do embalamento (dia 0) e no dia seguinte (dia 1) a proporção O_2/CO_2 mantém-se acima de 2,1. A partir do dia 2 a proporção de gases começa a baixar ficando abaixo dos 2,0 no ensaio 1, no ensaio 2 de um modo geral baixa de modo semelhante ao anterior, no entanto a proporção tem um decréscimo maior observando-se valores de 1,5.

No dia 4 e 5 a proporção de gases reduz significativamente, a proporção gasosa mais baixa verificou-se no tanque vazio com o Filme A, no ensaio 1, e no tanque cheio no ensaio 2 com valores abaixo de 1,3.

Tabela 7 Resumo da proporção de gases (O_2/CO_2) nos ensaios 1 e 2.

		Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Ensaio 1	Tanque Cheio - Filme A	>2.4		1.7-2.4		<1.6	
	Tanque Cheio - Filme B	>2.8		2.2-2.8	1.8-2.1	<1.9	
	Tanque Vazio - Filme B	>2.6		2.1-2.4		<1.6	
	Tanque Vazio - Filme A	>2.7		1.8-2.4		<1.3	
Ensaio 2	Tanque Vazio - Filme B	>2.4		2.1-2.4	1.5-2.0	<1.5	
	Tanque Vazio - Filme A	>2.6		1.9-2.3	1.5-2.0	<1.5	
	Tanque Cheio - Filme A	>2.1		1.4-2.1		<1.3	
	Tanque Cheio - Filme B	>2.2		1.5-2.2		<1.5	

Nas Figuras 22 e 23 estão representados os gráficos com as proporções de gases nos ensaios 1 e 2.

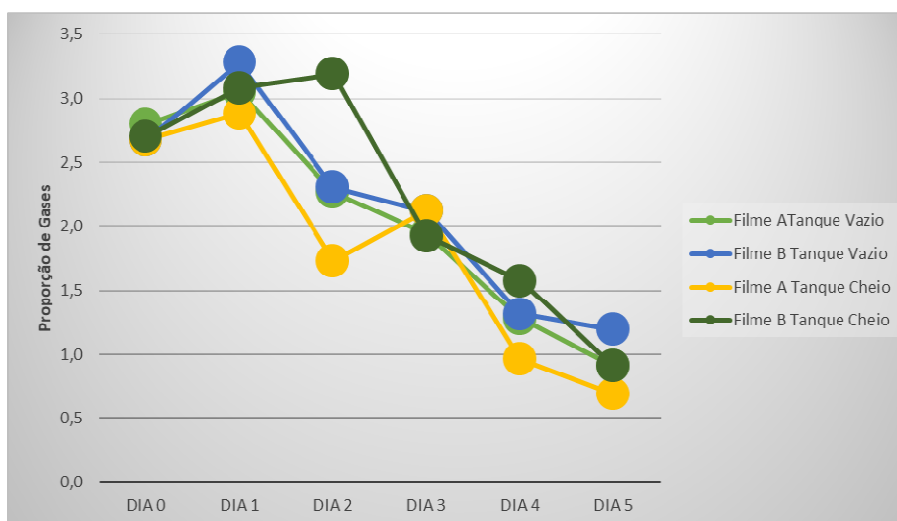


Figura 22 Proporção de gases (O_2/CO_2) no ensaio 1 ao longo dos 5 dias de armazenamento à temperatura de refrigeração.

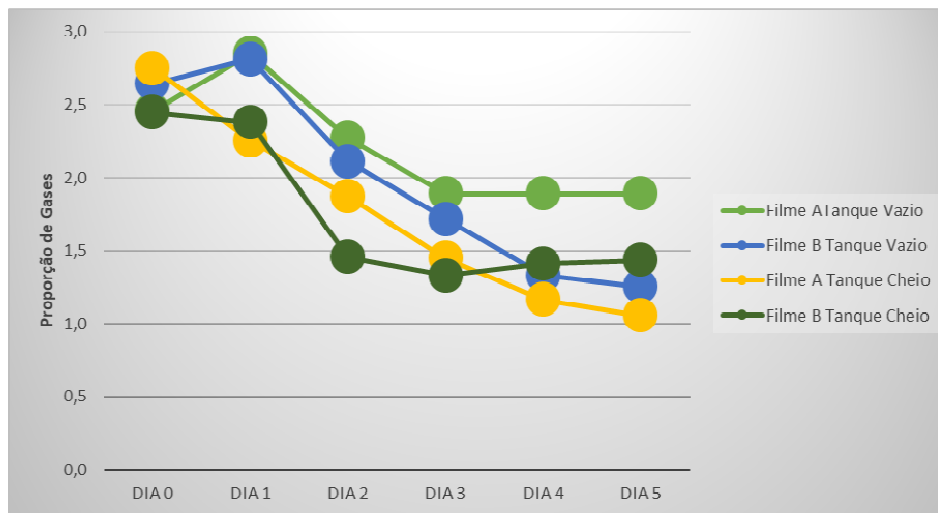


Figura 23 - Proporção de gases no ensaio 2 ao longo dos 5 dias de armazenamento à temperatura de refrigeração.

5.3 Ensaio 3

Com base nos resultados obtidos nos ensaios anteriores, e descartando as possíveis causas já referidas, o problema poderia ser devido à proporção da gases usada inicialmente, e assim sendo propôs-se à empresa que fossem testadas duas novas misturas. As proporções gasosas propostas foram de 75% de oxigénio e 25% de dióxido de carbono, e outra com 80% oxigénio e 20% de dióxido de carbono, com estas novas misturas avaliámos o comportamento dos fígados embalados e a proporção de gases (O_2/CO_2) ao longo dos 5 dias de armazenamento (Figura 24). O esperado é que no dia do embalamento e no dia seguinte as proporções gasosas se mantivessem acima dos valores verificados nos dois ensaios anteriores, ou seja acima de 3.

Foi realizado o ensaio com estas duas novas misturas gasosas, e a medição diária durante os 5 dias seguintes ao embalamento, nas cuvetes de fígados. O filme utilizado foi o filme A, pois este é o único usado atualmente pela empresa.



Figura 24 Botijas com as misturas de gás utilizadas no novo ensaio.

5.3.1 Ensaio com mistura gasosa de 75% de oxigénio e 25% de dióxido de carbono

Na Tabela 8, estão representados os resultados obtidos usando uma mistura com 75% de oxigénio e 25% de dióxido de carbono. Analisando os resultados obtidos, verificou-se que as alterações da embalagem, o colapso, ocorre a partir do terceiro dia após o embalamento. Até ao dia 2 a percentagem de oxigénio está acima de 50% e de dióxido de carbono abaixo dos 21%, e a proporção entre eles durante este período está acima de 3. O colapso começa a observar-se quando a proporção de O₂ e CO₂ está abaixo de 3, a partir do dia 3 começa a ocorrer o colapso da embalagem embora este seja ligeiro, no entanto no dia 4 e 5 este é mais acentuado. A alteração de cor é ligeira e observa-se apenas no dia 5.

Tabela 8 - Medição dos gases (O₂ e CO₂) nas amostras do ensaio 3 com a mistura 75% O₂/ 25% CO₂.

75 % O2 e 25% CO2	Oxigénio %	Dioxido de Carbono %	Soma %	PROPORÇÃO
Dia 0	73,6 ± 3,36	20,9 ± ,45	94,5	3,5
Dia 1	69,5 ± 3,70	19,1 ± 1,47	88,6	3,6
Dia 2	54,9 ± 5,06	17,1 ± 3,03	72,1	3,2
Dia 3	49,3 ± 3,91	25,7 ± 5,17	75,1	1,9
Dia 4	39,1 ± 4,39	17,1 ± 2,76	56,2	2,3
Dia 5	41,3 ± 4,71	21,9 ± 3,38	63,2	1,9

As Figuras 25 e 26 representam o comportamento dos gases nas misturas acima referidas, as setas a vermelho indicam o início do colapso, e a seta a amarelo indica o momento em que o colapso se torna mais acentuado.

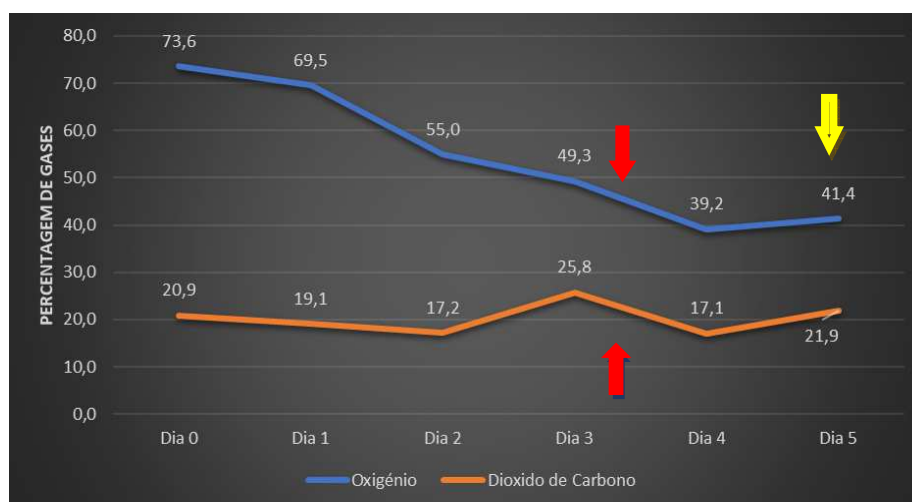


Figura 25 Medição do O₂ e CO₂ (%), sua soma e proporção no interior das MAP das amostras do ensaio 3 com mistura de gases de 75% O₂ e 25% CO₂

5.3.2. Ensaio com mistura gasosa de 80% de oxigénio e 20% de dióxido de carbono

Na Tabela 9, estão representados os resultados obtidos da mistura de gás com 80% de oxigénio e 20% de dióxido de carbono. Neste ensaio verifica-se que o colapso se inicia também a partir do terceiro dia após o embalamento, em que a percentagem do oxigénio está acima de 60% e o dióxido de carbono está abaixo dos 17 %, e a proporção entre eles até ao dia 3 está acima dos 3,5. Tal como na mistura gasosa anterior, ocorre uma ligeira alteração de cor que se observa apenas no dia 5.

Tabela 9 - Medição dos gases (O₂ e CO₂) nas amostras do ensaio 3 com a mistura 80% O₂/ 20% CO₂.

80% O2 e 20% CO2	Oxigénio %	Dioxido de Carbono %	Soma %	PROPORÇÃO
Dia 0	74,6 ± 5,06	15,0 ± 0,57	89,5	5,0
Dia 1	77,1 ± 5,10	16,7 ± 1,58	93,8	4,6
Dia 2	61,9 ± 4,73	16,5 ± 1,54	78,4	3,8
Dia 3	47,2 ± 5,84	22,6 ± 4,07	69,8	2,1
Dia 4	48,3 ± 6,49	27,6 ± 4,02	75,9	1,8
Dia 5	41,7 ± 3,33	24,4 ± 3,00	66,1	1,7

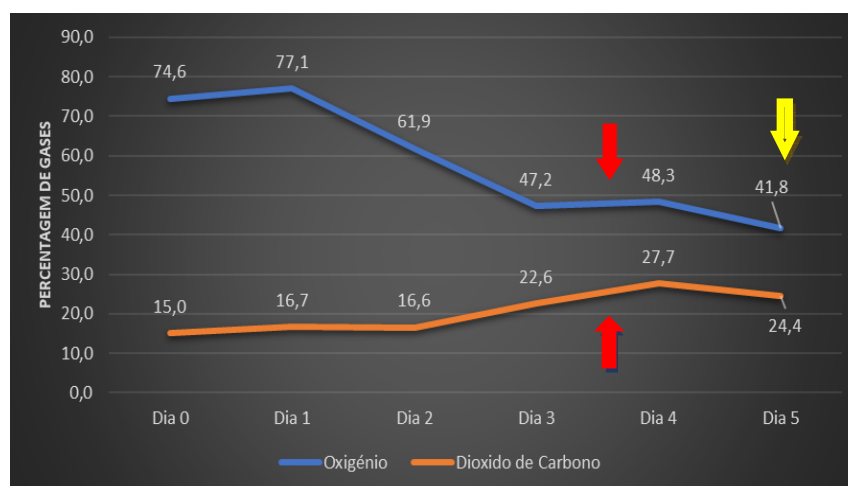


Figura 26 Medição do O₂ e CO₂ (%), sua soma e proporção no interior das MAP das amostras do ensaio 3 com mistura de gases de 80% O₂ e 20% CO₂

A Tabela 10 apresenta um resumo da proporção de gases nas duas novas misturas, com 75% e 80% de oxigénio.

Tabela 10 Resumo das proporções de gases (O_2/CO_2) nas amostras do ensaio 3 ao longo dos 5 dias de armazenamento à temperatura de refrigeração.

	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
75% de O_2 - 25% CO_2	3,5	3,6	3,2	1,9	2,3	1,9
80 % de O_2 - 20% CO_2	5	4,6	3,7	2,1	1,7	

As proporções gasosas nos dias 3, 4 e 5 são semelhantes em ambas as misturas gasosas, e correspondem ao momento em que começa a ocorrer o colapso da embalagem (Figura 27).

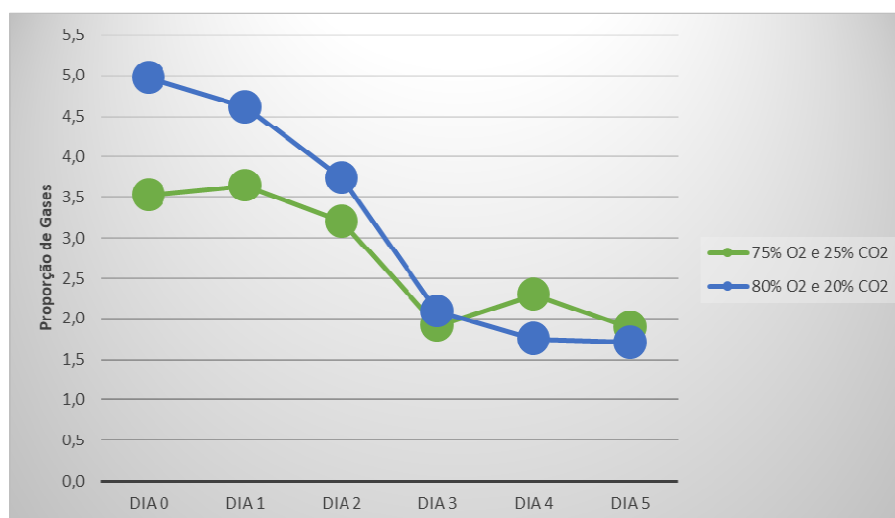


Figura 27 Proporção de gases com as novas misturas de gasosas

Comparando com os ensaios anteriores, em que a mistura de gases utilizada, foi de 70% de oxigénio e 30% de dióxido de carbono, as alterações começaram a verificar-se a partir do dia 2 onde a proporção gasosa se encontrava abaixo dos 2. Nas misturas com 75% e 80% de oxigénio e 25% e 20% de dióxido de carbono, respetivamente, as alterações começam a observar-se a partir do dia 3, em que a proporção gasosa se encontra abaixo de 3.

Analisado os resultados obtidos, o colapso observa-se em todos os ensaios realizados, embora mais tardiamente nas misturas com 80%O₂/20%CO₂ e 75%O₂/25%CO₂. Em relação às alterações a nível de coloração, estas são mais evidentes na mistura gasosa de 70% de O₂ e 30% de CO₂. Nas outras duas misturas de gás a alteração de cor é ligeira e é observada apenas último dia.

5. Discussão

Analisando os ensaios 1 e 2, verifica-se que há uma diminuição da percentagem de oxigénio ao longo do tempo. Esta redução começa a observar-se a partir do segundo dia de embalamento, o que coincide com as alterações de cor e do colapso da embalagem. O comportamento dos gases é semelhante em ambos os ensaios, o que indica que a alteração na mistura gasosa não está relacionada com o nível de gás nos tanques de abastecimento,.

No primeiro dia de embalamento as proporções de oxigénio e dióxido de carbono nunca atingiram 70 % de O_2 e 30% de CO_2 , como seria de esperar, apesar das medições terem sido realizadas pouco depois do embalamento.

Nas Tabela 11 é apresentado um resumo dos ensaios 1 e 2, mostrando apenas uma fotografia de uma das amostras ($n=6$), no dia do embalamento e nos dias seguintes ao embalamento, como exemplo, uma vez que as alterações observadas foram muito semelhantes entre replicas. E o mesmo foi feito para o ensaio com as duas novas misturas gasosas, apresentado na tabela 12.

Perante os resultados observados nos ensaios 1 e 2, podemos concluir que o nível de gás presente nos tanques de oxigénio e dióxido de carbono não constituem a causa das alterações no objeto de estudo. Os dois filmes testados tinham propriedades barreira semelhantes pelo que originaram as mesmas alterações após o mesmo período de tempo de embalamento.

Tabela 11 - Resumo das alterações observadas nos Ensaios 1 e 2.
















Identificação da Amostra	Alterações de cor observadas	Estado da Embalagem	Amostra
Dia 0	Sem alteração de cor	Sem colapso	
Dia 1	Sem alteração de cor	Sem colapso	
Dia 2	Sem alteração de cor	Observa-se algum colapso	
Dia 3	Começa a observar-se alguma alteração de cor	Colapso mais acentuado em comparação ao dia anterior	
Dia 4	Alteração de cor muito acentuada	Colapso mais evidente	
Dia 5	Alteração de cor muito acentuada, coloração pálida	Colapso acentuado	

Tabela 12 - Resumo das alterações observadas com as novas misturas gasosas.

Identificação da Amostra	Alterações de cor observadas	Estado da Embalagem	Mistura 75% O ₂ /25% CO ₂	Mistura 80% O ₂ /20% CO ₂
Dia 0	Sem alteração de cor	Sem colapso		
Dia 1	Sem alteração de cor	Sem colapso		
Dia 2	Sem alteração de cor	Sem colapso		
Dia 3	Sem alteração de cor	Começa a observar-se algum colapso		
Dia 4	Sem alteração de cor	Colapso mais evidente		
Dia 5	Ligeira alteração de cor	Colapso mais acentuado		

Analisando os ensaios com as novas misturas gasosas no dia do embalamento com a mistura gasosa 80%O₂/20%CO₂ a percentagem de oxigénio e dióxido de carbono está abaixo dos 80%O₂ e 20% CO₂, respetivamente, contrariamente ao que seria de esperar, uma vez que as medições foram realizadas pouco depois do embalamento. O mesmo se verifica na mistura de 75% O₂ e 25% de CO₂, na qual a % de gases está abaixo deste valor no dia do embalamento.

As novas misturas testadas permitiram retardar o aparecimento das alterações quer na cor dos fígados, quer na embalagem, o que permitiu aumentar a vida útil dos fígados de frango embalados. No caso da MAP com 70%O₂:30%CO₂, as alterações de cor tiveram início no terceiro dia após o embalamento, mas no caso das outras duas misturas, as alterações de cor só tiveram início ao quinto dia. Em relação às alterações na embalagem, no caso da MAP com 70%O₂:30%CO₂, as alterações verificaram-se a partir do segundo dia após o embalamento, e a partir do terceiro dia no caso das outras misturas de gases.

5. Conclusões e perspectivas futuras

Na maioria dos alimentos, o nível de oxigénio no interior da embalagem deve ser o mais baixo possível, no entanto o caso da carne é uma exceção. O oxigénio ajuda a conservar a forma oxigenada da mioglobina, responsável pela cor vermelha característica da carne.

Analisando os resultados (Figura 28), dos ensaios realizados, as maiores diferenças verificam-se ao nível da alteração de cor do produto, nos ensaios 1 e 2, esta alteração é mais evidente e ocorre a partir do segundo dia após o embalamento, enquanto no terceiro ensaio, realizado com as novas misturas a 80% O₂/20%CO₂ e 75%O₂/25% CO₂ a alteração de cor é menos acentuada e apenas se observa no quinto dia após embalamento.

No que diz respeito ao colapso da embalagem, este verificou-se em todos os ensaios realizados. Nos ensaios 1 e 2 este ocorre a partir do dia 2, e nos ensaios com as novas misturas de gases ocorre mais tardiamente, a partir do dia 3 após embalamento.

Podemos concluir que o nível de gases nos tanques de abastecimento no momento do embalamento em atmosfera modificada não contribuíram para justificar as alterações na cor dos fígados nem na embalagem. Os dois filmes testados também não permitiram tirar conclusões porque tinham propriedades de barreira semelhantes. No entanto, as novas misturas de gases testadas permitiram atrasar as alterações macroscópicas e aumentar a vida útil dos fígados de frango.

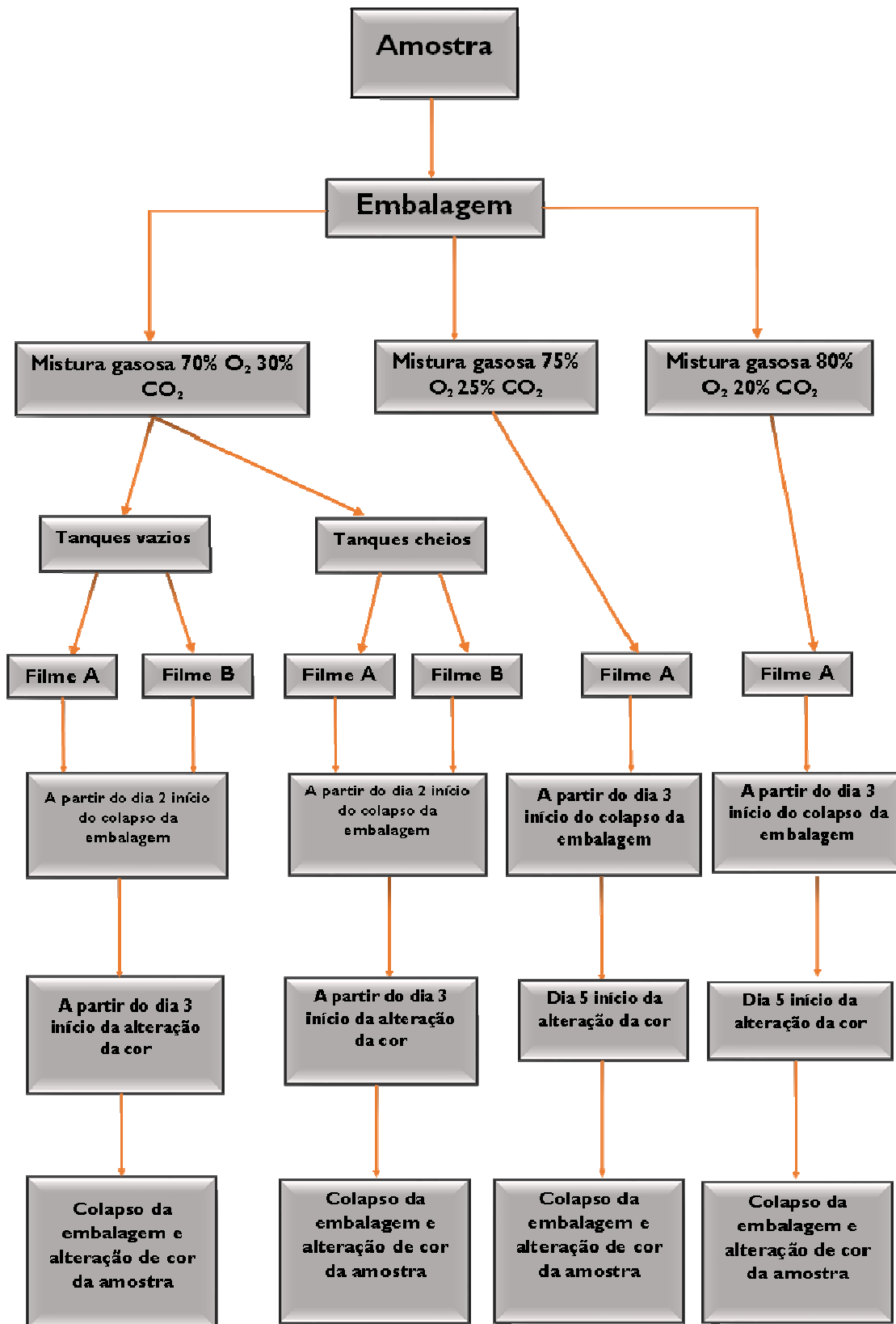


Figura 28 - Síntese dos resultados dos ensaios realizados ao longo deste dissertação de mestrado.

No futuro, seria interessante realizar um estudo com fígados de frango embalados com outros filmes com diferentes propriedades de barreira frente a gases e com embalagens ativas, utilizando por exemplo captadores/absorventes de dióxido de carbono e/ou libertadores de oxigénio de modo a evitar o colapso da embalagem e as alterações de cor. No entanto, há que ter em conta que os fígados de aves têm um baixo valor comercial, cerca de 2 euros/kg, e por isso a solução tem de ter uma boa relação custo-benefício e ser de fácil utilização.

Há ainda que ter em conta que estas alterações de colapso de embalagem possam estar relacionadas com a constituição do produto, uma vez que o fígado tem uma composição bastante complexa (rico em nutrientes e enzimas) que podem interagir com a embalagem conduzindo ao colapso, este poderia ser um ponto interessante a desenvolver num estudo futuro.

Apesar de com este estudo não se ter conseguido solucionar o problema, e tendo em conta que atualmente a imagem de um género alimentício é de extrema importância para o consumidor. Este foi importante pois pode servir de ponto de partida para futuros estudos, uma vez que não existem estudos neste âmbito com miudezas de aves, que são cada vez mais apreciadas pelos consumidores pela sua riqueza nutricional e de baixo custo comercial.

6. Bibliografia

ABERLE, E. D; Forest, J. C.; Gerrard, D.E.; Mills, E. W. (2001). **Principles of Meat Science** (4.a ed.), Kendall Hunt Publishing

ALBERTI, P, et al, (2005). **Medición de color. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los ruminantes**, p.216-225.

ALLENDE A., Tomás-Barberán F.A., Gil M.I, (2006), **Minimal Processing for Healthy traditional foods**. Trends in Foods Science & Technology, vol.7, p.513-519.

ALMEIDA, Ana et al, (2015) **Aplicação de nanotecnologia em embalagens de alimentos**, Rio de Janeiro, Polímeros nº25, p.89-97.

AMARAL, Leonardo, (2020) **Desenvolvimento de filmes poliméricos biodegradáveis com polissacarídeos da casca de castanha (Castanea sativa)**, Tese de Mestrado em Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

AMERICAN Meat Institute, (2009). **Case-Ready Meats Modified Atmosphere**. Acedido em Julho 2021. Disponível em:

<https://www.meatinstitute.org/index.php?ht=a/GetDocumentAction/i/93528>

ANDRADE, M.A. et al (2017), Projeto i.FILM, **Multifunctional Films for Intelligent and Active Applications**, Departamento de Alimentação e Nutrição, Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, I.P., Lisboa, Acedido em Setembro 2021.

BÓRNEZ, R., Linares, M.B. & Vergara, H., (2009). **Microbial quality and lipid oxidation of Manchega breed suckling lamb meat: Effect of stunning method and modified atmosphere packaging**. Meat Science, vol.83, p.383-389.

BRAGA, L. R.; Peres, L., (2010) **Novas tendências em embalagens para alimentos: Revisão**. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, vol. 28, p. 69-84.

BENTE, F., et al, (2000). **Active and Intelligent Food Packaging**, p.15–16

CABEZAS, L.G., Iglesias, E.G., Nuevo, J.L.F., (2006). **Tecnologías de envasado en atmósfera protectora**. Madrid.

CLARK, M. & Tilman, D. ,(2017). **Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency and food choice**. **Environmental**, Environmental Science Letters, vol.12, nº 6.

CASTELLINI, C.,Mugnai, C. e Dal Bosco, A., (2002). **Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality**. **Meat Science**, vol.60, p.219-225.

CE, (2011). Regulamento (CE) nº 10/2011 da Comissão de 14 de Janeiro de 2011 relativo aos materiais e objetos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os alimentos. Jornal Oficial da União Europeia L12/1-88.

CE, (2008) Regulamento (CE) nº 282/2008 da Comissão de 27 de Março de 2008 relativo aos materiais e objetos de plástico reciclado destinados a entrar em contacto com os alimentos e que altera o Regulamento (CE) N°2023/2006. Jornal Oficial da União Europeia.

CE, (2009) Regulamento (CE) nº 450/2009 da Comissão de 29 de Maio de 2009relativo aos materiais e objetos ativos e inteligentes destinados a entrar em contacto com os alimentos, Jornal Oficial da União Europeia.

CE, (2004) Regulamento (CE) nº 852/2004 de 29 de Abril de 2004. Jornal Oficial da União Europeia L 139/1. Comissão Europeia. Bruxelas.

CE, (2004) Regulamento (CE) N° 853/2004 de 29 de Abril de 2004. Jornal Oficial da União Europeia L 139/55. Comissão Europeia. Bruxelas.

CE, (2020) REGULAMENTO (CE) nº1245/2020 da Comissão de 2 de setembro de 2020, do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia. Jornal Oficial da União Europeia.

CE, (2008) Regulamento (CE) n° 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2008 relativo aos aditivos alimentares. Jornal Oficial da União Europeia.

CE, (2004) Regulamento (CE) n° 1935/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de Outubro de 2004, relativo aos materiais e objectos destinados a entrar em contacto com os alimentos e que revoga as Directivas 80/590/CEE e 89/109/CEE. Jornal Oficial da União Europeia, L338,4–17.

CE, (2006) Regulamento (CE) n° 2023/2006 da Comissão de 22 de Dezembro de 2006 relativo às boas práticas de fabrico de materiais e objetos destinados a entrar em contacto com os alimentos. Jornal Oficial da União Europeia.

CODEX ALIMENTARIUS, Commission (1999). **Code of Hygienic Practice for Refrigerated Packaged Foods with Extended Shelf Life**. Appendix III.

CODEX ALIMENTARIUS (2006). **Higiene dos Alimentos** – Textos Básicos. Brasília: Organização da Saúde, p.19, 23.

COSTA Maria F. S. Oliveira, (2014), **Controlo da qualidade analítico de embalagens plásticas flexíveis**, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Biológica, Universidade do Minho.

DAINELLI, D., et al (2008). **Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns**. Trends in Food Science & Technology.

DANTUMA, A. et al, (2018), **Embalagem ativa**, em cost action FPI405 ActInPak, acedido em Setembro 2021. Disponível em: <http://www.actinpak.eu>

Decreto de Lei n° 121/98 de 8 de Maio de 1998, do Ministério da Agricultura, do desenvolvimento rural e das pescas, relativo à utilização de aditivos alimentares.

Decreto-Lei n.° 366-A/97 - Diário da República n.° 293/1997, 3° Suplemento, Série I-A de 1997-12-20. Estabelece os princípios e as normas aplicáveis ao sistema de gestão de

embalagens e resíduos de embalagens (revoga o Decreto-Lei n.º 322/95, de 28 de Novembro).

ESMER, O. K., Irkin, R., Degirmencioglu, N. & Degirmencioglu, A., (2011). **The effects of modified atmosphere gas composition on microbiological criteria, color and oxidation values of minced beef meat.** Meat Science, p.221–6.

FAO/WHO. (2005). **Codex Alimentarius, Food Hygiene.** Basic Texts (3rd ed.). Codex Alimentarius Commission. Food and Agriculture Organization of the United States, World Health Organization.

FORSYTHE, S. J., (2011). **The microbiology of safe food.** The microbiology of safe food (2nd ed.). Oxford: Wiley-Blackwell

GASIN, Gases Industriais Unipessoal Lda, (2018) **O seu guia detalhado para embalagens com atmosfera modificada,** Air Products and Chemicals, Inc., acedido em Setembro 2021. Disponível na internet: <http://www.gasin.com>.

HALAL S. L. M., Colussi R., (2017), **Inovações em embalagens para alimentos,** Labgrãos Magazine, vol. 1, nº1, 2017.

HARADA, J. (2001). **Polímeros para Embalagens.** São Carlos: Associação Brasileira de Polímeros.

HAUGAARD, V.K., et al (2001) **Potential Food Applications of Biobased Materials.** An EU-Concerted Action Project, Starch/Starke, vol. 53, nº5, p. 189-200

IGLESIAS, E. G., Cabezas, L. G. e Nuevo, J. L. F. (2006). **Tecnologias de Envasado en Atmósfera Protectora.** Informe de Vigilancia Tecnológica, Dirección General de Universidades e Investigación, Madrid.

INE, Instituto Nacional de Estatística, (2021) **Consumo humano de carne per capita (kg/ hab.)** por tipo de carnes; Anual - INE, Balanço de aprovisionamento de produtos animais. Acedido em Março 2021. Disponível em: <https://www.ine.pt>

JAKOBSEN, M., & Bertelsen, G. (2002). **The use of CO₂ in packaging of fresh red meats and its effect on chemical quality changes.** Journal of Muscle Foods, vol. 13, p.143-168..

JORGE, Neuza (2013). **Embalagens para Alimentos.** São Paulo: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, ISBN 978-85-7983-394-6.

LEO, M.L. & Nollet, F.T. (2006). **Advanced technologies for meat processing.** Taylor & Francis Group LLC.

MACEDO, Renata E. F et al (2009), **Atmosferas Modificadas para Conservação de Carnes Frescas: tendências e aplicabilidade tecnológica do monóxido de carbono,** Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba, vol. 7, n° 4, p. 469-482.

MANO, S. B., Pereda, J. A. O. & Fernando, G. D. G. De. (2002). **Aumento da vida útil e microbiologia da carne suína. Ciência E Tecnologia de Alimentos,** vol. 22, n° 1, p. 1-10.

MANRICH, S., (2005). **Processamento de Termoplásticos: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e molde,** vol.I. ed. - São Paulo.

MANTILLA, S., Mano, S., Vital, H., & Franco, R. (2010). **Atmosfera modificada na conservação de alimentos.** Revista Académica de Ciências Agrárias e do Ambiente, Rev., Curitiba, vol. 8, n° 4, p. 437-448, out./dez. 2010.

MARSH, K., & Bugusu, B. (2007). **Food Packaging - Roles, Materials, and Environmental Issues.** Journal of Food Science Vol. 72, n° 3.

MCMEEKIN, T. A. & Ross, T. (1996). **Shelf life prediction: status and future possibilities**. International Journal of Food Microbiology, p.65–83.

MCMILLIN, K. W. (2008). Where is MAP Going? **A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat**. Meat Science, Essex , vol. 8, n° 1, p. 43-65.

MULLEN, A. M. (2002). **New Techniques for analysing raw meat quality - Meat processing: improving quality**. Dublin: CRC Press

MULLER, A. & Steinhart, H. (2007). **Recent developments in instrumental analysis for food quality**. Food Chemistry, p. 436–444.

NERÍN, C.; et al, (2006) **Stabilization of beef meat by a new active packaging containing natural antioxidants**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 54, p. 7840-7846.

OLIVEIRA, F.R., Machado, F.M.E. e Coelho, H.E., (2014). **Estudo anatomopatológico de fígados que levam a condenação total de carcaça, na linha de inspeção, durante o abate de frangos de corte** (Gallus gallus domesticus) na região do Triângulo Mineiro. PUBVET, Londrina, vol. 8, n°2. Ed. 251.

OLIVEIRA L. M. et al. (2008) **Embalagens plásticas rígidas: principais polímeros e avaliação da qualidade**. Campinas: CETEA/ITAL.

OLIVEIRA L. M. et al. (2006), **Embalagens Termoformadas e Termoprocessáveis para Produtos Cárneos Processados**. Centro de Tecnologia de Embalagem, CETEA, SP, Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 16, n° 3, p. 202-210.

PEREIRA, André Barbosa (2017), **Embalagens Ativas e Novas Tendências na Indústria Alimentar**, Tese de Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas, Universidade de Coimbra

PHILLIPS S.A., (1996). Review: **Modified Atmosphere Packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce**. *Internacional Journal of Food Science and Technology*, Blackwell Science, Oxford, vol. 31, n.º6, p. 463-479.

PorFIR, Composição de alimentos, Acedido em Setembro 2021. Disponível em:
<http://portfir.insa.pt/foodcomp/food?21071>

REIS, Andreia S. F., (2018), **Qualidade e Segurança Alimentar no setor das carnes, Escola Superior Agrária de Coimbra**, Coimbra.

RODRIGUES, Sandra (2007) - **Estudo e caracterização da qualidade da carcaça e da carne de cabritos Serranos (Denominação de Origem Protegida)**. Vila Real: UTAD. Tese de Doutoramento em Zootecnia.

RODRÍGUEZ, G. M., (1994). **Envasado bajo atmósfera protectora: aplicación a la indústria hortofrutícola**. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, Bilbao, vol. 13, n.º1, p. 43-49.

SEVERO, A. (2011). **Efeito de diferentes protocolos de arrefecimento e embalagem com distintas misturas de atmosfera protectora na vida útil de costeletas de borrego de leite**. Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária. Lisboa: Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Técnica de Lisboa.

SIVERTSVIK, M., Rosnes, J. T., Bergslien, H. (2002). **Modified atmosphere packaging**. In: T. Ohlsson, & N. Bengtsson (Eds.), *Minimal processing technologies in the food industry*. Cambridge, UK: Woodhead publishing limited/ CRC Press, p. 61- 87.

SIVERTSVIK, M., Jeksrud, W.K., Rosnes, J.T. (2002). **A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products – significance of microbial growth, activities and safety**. *International Journal of Food Science and Technology* , p.107 – 127.

SOUSA, Ana M.(2018), **Aplicação de biopolímeros extraídos de algas na produção de embalagens biodegradáveis**, Tese de Mestrado em Engenharia Química, FEUP, Porto.

SOUSA M., Alves M., (2008) **Atmosferas modificadas, Evolução na conservação dos produtos alimentares**; Revista Segurança e Qualidade Alimentar, nº4.

SUPPAKUL, P., Miltz, J., Sonneveld, K., & Bigger S. W. (2003). **Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications.** Journal of Food Science, p.408–420.

UE, (2017) Regulamento (UE) nº 625/2017 de 15 de Março de 2017, do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia. Jornal Oficial da União Europeia.

VEIGA, A. et al, (2009). **Perfil de Risco dos Principais Alimentos Consumidos em Portugal. Autoridade de Segurança Alimentar e Económica**, Direção de Avaliação e Comunicação dos Riscos. Acedido a Julho 2021, disponível em: www.asae.pt

