



**Catarina Frutuoso  
de Sousa**

**Otimização da Produção da Centralrest Lda. e  
Validação de Processos**



**Catarina Frutuoso  
de Sousa**

**Otimização da produção da Centralrest Lda. e  
Validação de Processos**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia, no Ramo de Biotecnologia Alimentar realizada sob a orientação científica do Dr. Jorge Saraiva, Investigador Auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e da Dra. Andreia Coelho (Licenciada em Bioquímica e Química Alimentar. Empresa Centralrest Lda.).

Dedico este trabalho aos meus pais e às minhas avós.

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutora Ivonne Delgadillo Giraldo**  
professora associada com agregação do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

**Doutor Jorge Manuel Alexandre Saraiva**  
investigador auxiliar da Departamento de Química da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutora Ana Maria Rebelo Barreto Xavier**  
professora associada do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

**Dra. Andreia Filipa Marques Coelho**  
responsável pela Direção de Produção da Centralrest Lda.

## **agradecimentos**

Ao Professor Jorge Saraiva pela sua orientação e apoio ao longo de todo o trabalho. Agradeço também pelo fornecimento de todo o material necessário para a realização do teste TBARS.

À minha orientadora, sem a sua amabilidade e confiança não era possível ter aprendido tanto.

Ao Dr. Nuno Lobo por me ter dado a possibilidade de realizar o meu estágio curricular na Centralrest Lda. e por todo o acolhimento e ajuda que senti por parte da empresa, especialmente à Carla, à Márcia e ao Daniel.

Ao Mauro e à Liliana por me terem ajudado no laboratório.

Agradeço também ao Orlando por todo o seu apoio e motivação.

**palavras-chave**

*Codex Alimentarius*, segurança alimentar, controlo de qualidade, pasteurização, oxidação lipídica, TBARS

**resumo**

O presente trabalho teve como principais objetivos a validação da pasteurização e do abatimento de temperatura, assim como a criação de registos de controlo de qualidade, formalizados durante a confeção e o empratamento, no âmbito da certificação da Centralrest, Lda., pelo *Codex Alimentarius*.

A crescente preocupação em torno da segurança e qualidade alimentar leva a que haja uma maior preocupação por parte das empresas em obterem certificados que deem a garantia aos seus consumidores que a produção ocorre de forma correta. Os vários registos e controlos, durante o empratamento, permitiram concluir que este é feito sem que sejam atingidas temperaturas de risco. Durante o estágio curricular foi possível verificar que o processamento térmico através da pasteurização é o adequado, porque as temperaturas e os tempos necessários para haver a destruição dos microrganismos patogénicos foram alcançados. O abatimento de temperatura é seguro para as refeições prontas congeladas e pasteurizadas (utilizando-se o equipamento Tecnomak), porque as temperaturas necessárias foram atingidas e nos tempos recomendados.

Outro objetivo deste trabalho, foi diminuir a oxidação lipídica de carne utilizada para confeccionar francesinhas e de banha de porco, através do uso de um antioxidante de fonte natural (extrato de alecrim – E 392). Pretendeu-se, desse modo, diminuir a taxa de oxidação lipídica, ao longo do tempo de prateleira de uma francesinha de carne bovina. Pretendeu-se também aumentar o tempo de prateleira de uma banha de porco. Para se perceber se ocorreu uma diminuição da oxidação lipídica nos dois produtos alimentares, com a adição do extrato de alecrim, realizou-se o teste TBARS de forma a analisar-se a quantidade de malonaldeído formado durante três meses em amostras com e sem antioxidante. Os resultados não foram conclusivos, contudo existiram indícios de que o antioxidante diminuiu a oxidação lipídica na carne de francesinha e na banha de porco. Será necessário realizar mais estudos, para se obterem as devidas conclusões.

**keywords**

Codex Alimentarius, food safety, quality control, pasteurization, lipid oxidation, TBARS

**abstract**

The present work had as main objectives the validation of pasteurization and the chilling, as well as the creation of records of quality control formalized in the confection and packaging of pre-cooked meals at Centralrest Lda. certification, by Codex Alimentarius.

The growing concern surrounding food safety and quality, leads to a bigger concern by companies to obtain certificates that give assurance to their customers that production occurs correctly. The various registrations and controls during packaging, led to the conclusion that this is done without being reached temperatures of risk. During the traineeship, it was discovered that the thermal processing through pasteurization is appropriate because the temperatures and times required for the destruction of pathogenic microorganisms were achieved. The reduction of temperature is safe for frozen and pasteurized (using Tecnomak equipment) ready meals because the temperatures and recommended times required were met.

Another objective was to reduce lipid oxidation of a steak and pork lard, through the use of an antioxidant (rosemary extract - E 392) from a natural source. The purpose was to reduce the lipid oxidation rate over the shelf life of a beef and improve the shelf life of a lard. To understand if there was a decrease in lipid oxidation in both food products with the addition of rosemary extract, it was done the TBARS test in order to assess the amount of malondialdehyde formed during three months storage in samples with and without antioxidant.

The results were inconclusive. However there were evidences that the antioxidant reduces lipid oxidation in meat of francesinha and lard. Further studies will be necessary to obtain relevant conclusions.

# Índice Geral

Índice de Figuras .....	iv
Índice de Tabelas .....	vii
1. Introdução.....	1
2. Objetivos gerais .....	3
3. Estado de arte .....	4
3.1. Conservação dos alimentos .....	4
3.1.1. Efeito da $a_w$ nos alimentos.....	5
3.2. Processamento térmico .....	6
3.2.1. Pasteurização .....	8
3.3. Preservação a temperaturas reduzidas.....	10
3.3.1. Congelação .....	12
3.4. Oxidação lipídica.....	14
3.4.1. Autooxidação.....	16
3.4.2. Oxidação lipídica na carne.....	18
3.4.3. Influência da congelação na oxidação lipídica da carne .....	21
3.5. Antioxidantes.....	21
3.5.1. Extrato de alecrim .....	24
3.6. Propriedades da banha de porco .....	25
3.7. Teste TBARS .....	26
3.8. <i>Codex Alimentarius</i> e boas práticas de produção .....	27
4. Materiais e métodos .....	29
4.1. Registo de binómios tempo-temperatura.....	29
4.1.1. Empratamento.....	29
4.1.2. Abatimento de temperatura de produtos refrigerados .....	30
4.1.3. Abatimento de temperatura de produtos ultracongelados.....	32
4.2. Pasteurização.....	32
4.2.1. Cálculos da avaliação da destruição do microrganismo alvo.....	33
4.3. Estudo do comportamento da Banha de Porco Monteiro Carnes.....	34

4.4.	Preparação das amostras para o teste TBARS e para a análise sensorial.....	35
4.5.	Teste TBARS .....	36
4.6.	Análise sensorial sumária de amostras de banha de porco e de carne bovina de francesinha .....	39
4.7.	Análise estatística .....	40
5.	Resultados e Discussão.....	41
5.1.	Planificação do estágio curricular .....	41
5.2.	Registo de binómios tempo-temperatura durante o empratamento .....	43
5.3.	Validação do abatimento de temperatura .....	49
5.3.1.	Abatimento de temperatura de produtos refrigerados .....	49
5.3.2.	Abatimento de temperatura de produtos ultracongelados .....	52
5.4.	Validação da pasteurização.....	54
5.4.1.	Avaliação do processo de pasteurização do pasteurizador JUMO .....	55
5.5.	Avaliação da oxidação lipídica da carne bovina de francesinha, com e sem extrato de alecrim (E 392) .....	57
5.5.1.	Reta de calibração para o teste TBARS .....	57
5.5.2.	Teste TBARS.....	58
5.5.3.	Análise sensorial sumária .....	60
5.6.	Avaliação da oxidação lipídica numa banha de porco, com e sem extrato de alecrim (E 392) .....	64
5.6.1.	Análise do comportamento da Banha de Porco Monteiro Carnes.....	64
5.6.2.	Teste TBARS.....	65
5.6.3.	Análise sensorial sumária .....	66
5.6.4.	Aspeto das amostras de banha de porco, com e sem extrato de alecrim (E 392).....	70
6.	Conclusão .....	72
7.	Referências .....	74
8.	Anexos .....	80
	Anexo 1 - Ficha de Registo de Binómios Tempo-Temperatura.....	81
	Anexo 2 – Procedimento de Operação para a produção de Francesinha de carne bovina.....	82
	Anexo 3 – <i>Layout</i> da produção de Banha de Porco Monteiro Carnes .....	83
	Anexo 4 – Mapa do local de produção Centralrest Lda.....	84

<b>Anexo 5 – Registos de Binómios-temperatura, durante o empratamento, de várias refeições prontas produzidas pela Centralrest Lda.....</b>	<b>85</b>
<b>Anexo 6 – Registos de abatimento de temperatura de alguns produtos pasteurizados .....</b>	<b>94</b>
<b>Anexo 7 – Registo dos valores de redução decimal e do impacto do processamento térmico, para cada lote de produto .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexo 8 –Resultados do teste TBARS para as várias amostras de francesinha .....</b>	<b>97</b>
<b>Anexo 9 - Resultados do teste TBARS para as várias amostras de banha de porco</b>	<b>98</b>
<b>Anexo 10 - Resultados da análise sensorial para as várias amostras de francesinha .....</b>	<b>99</b>
<b>Anexo 11 - Resultados da análise sensorial para as várias amostras de banha de porco.....</b>	<b>101</b>
<b>Anexo 12 - Aspeto das amostras de banha de porco com e sem E 392 .....</b>	<b>103</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 - Curva de morte térmica (imagem adaptada da referência 3). .....	6
Figura 2 - Curva TDT (imagem adaptada da referência 3). .....	7
Figura 3 - Facilidade de alguns tipos de gorduras oxidarem (informação adaptada da referência 19). .....	15
Figura 4 - Mecanismo da ação dos radicais livres na oxidação lipídica, onde: RH = lípido insaturado, R <sup>•</sup> = radical lipídico, ROO <sup>•</sup> = radical peróxido lipídico e ROOH = hidroperóxido lipídico (imagem adaptada das referências 1 e 19). .....	17
Figura 5 - Formação de um singleto de oxigénio e a sua reação com os lípidos. S = sensibilizador; $h\nu$ = luz; <sup>1</sup> S* = sensibilizador no estado excitado singleto; <sup>3</sup> S* = sensibilizador no estado excitado tripleto; <sup>3</sup> O <sub>2</sub> * = oxigénio no estado excitado tripleto; <sup>1</sup> O <sub>2</sub> * = oxigénio no estado excitado singleto; RH = ácido gordo insaturado (imagem adaptada da referência 1). .....	18
Figura 6 - Degradação de hidroperóxidos (imagem adaptada da referência 1). .....	20
Figura 7 – Mecanismo de ação de um antioxidante (imagem adaptada da referência 19), onde: ROO <sup>•</sup> = radical peróxido lipídico, AO = antioxidante, ROOH = hidroperóxido lipídico, A <sup>•</sup> = radical livre, ROOA = produto não radical e A <sub>2</sub> = produto não radical. ....	22
Figura 8 - Estrutura química do ácido carnósico; um dos principais compostos que confere ao extrato de alecrim as suas propriedades antioxidantes (imagem adaptada da referência 27). .....	25
Figura 9 - Imagem do Waterproof Testo Thermometer IP67 (à esquerda) e do Testo Datalogger T172-T2 (à direita), utilizados para os registos das temperaturas. ....	29
Figura 10 – Imagem do abatedor de temperatura Ilsa s.p. ....	31
Figura 11 - Imagem do abatedor de temperatura Tecnomak. ....	31
Figura 12 - Imagem do Pasteurizador LAINOX. ....	32
Figura 13 - Imagem do Pasteurizador JUMO. ....	33
Figura 14 - Banha de Porco Monteiro Carnes. ....	35
Figura 15 - Amostras de francesinha em triplicado antes do embalamento (à esquerda) e depois do embalamento (à direita). .....	35
Figura 16 - Amostras de banha de porco: com E 392 (à esquerda) e sem antioxidante (à direita). .....	36
Figura 17 – Esquema do procedimento da obtenção do filtrado translúcido para o teste TBARS, para as amostras de francesinha. ....	37
Figura 18 – Esquema do procedimento da obtenção do filtrado translúcido para o teste TBARS, para as amostras de banha de porco. ....	37
Figura 19 – Esquema do procedimento da preparação da reação com o TBA, para as amostras de francesinha e de banha de porco. ....	38
Figura 20 – Esquema do procedimento da preparação das soluções-mãe, para a reta de calibração do teste TBARS. ....	39
Figura 21 - Binómios tempo-temperatura de Caldo verde, durante o empratamento. ....	44

Figura 22 - Binómios tempo-temperatura de Arroz de cenoura, Arroz de ervilhas e Arroz vaporizado, durante o empratamento.....	45
Figura 23 - Binómios tempo-temperatura de Empadão de atum, durante o empratamento.	46
Figura 24 - Binómios tempo-temperatura de bacalhau com natas e bacalhau com natas e camarão durante o empratamento.....	47
Figura 25 - Binómios tempo-temperatura de feijoada durante a congelação.....	52
Figura 26 - Binómios tempo-temperatura de bacalhau com natas durante a congelação....	53
Figura 27 - Reta de calibração para o teste TBARS.....	57
Figura 28 - Valores de concentração de MDA formado (g/kg) ao longo de 85 dias, para amostras de carne de francesinha: sem antioxidante, com E 392 no tempero e com E 392 no óleo. ....	59
Figura 29 - Diagrama radar do dia 31, referente à análise sensorial das amostras de carne de francesinha: (i) sem antioxidante, (ii) com E 392 no tempero e (iii) com E 392 no óleo. ....	61
Figura 30 - Diagrama radar do dia 62, referente à análise sensorial das amostras de carne de francesinha: (i) sem antioxidante, (ii) com E 392 no tempero e (iii) com E 392 no óleo. ....	61
Figura 31 - Diagrama radar do dia 89, referente à análise sensorial das amostras de carne de francesinha: (i) sem antioxidante, (ii) com E 392 no tempero e (iii) com E 392 no óleo. ....	62
Figura 32 - Valores de $C_{MDA}$ formado (g/kg) ao longo de 91 dias, para amostras de banha de porco sem antioxidante e com o antioxidante E 392. ....	66
Figura 33 - Diagrama radar do dia 16, referente à análise sensorial das amostras de banha de porco (com e sem o E 392). ....	67
Figura 34 - Diagrama radar do dia 33, referente à análise sensorial das amostras de banha de porco (com e sem o E 392). ....	68
Figura 35 - Diagrama radar do dia 61, referente à análise sensorial das amostras de banha de porco (com e sem o E 392). ....	68
Figura 36 - Diagrama radar do dia 95, referente à análise sensorial das amostras de banha de porco (com e sem o E 392). ....	69
Figura 37 - Amostra de banha de porco sem antioxidante (esquerda) e amostra de banha de porco com antioxidante (direita), depois da análise sensorial do dia 61. ....	70
Figura 38 - Amostra de banha de porco sem antioxidante (à esquerda) e amostra com antioxidante E 392 (à direita), referentes ao dia 32. ....	71
Figura 39 - <i>Layout</i> da produção da banha de porco monteiro carnes.....	83
Figura 40 - Mapa do local de produção Centralrest Lda (legenda da figura: A – zona de embalagem, pasteurização e arrefecimento; B – armazém de cartão e embalagens; C – câmara de produto final pasteurizado; D e F – cozinhas; E – zona de preparação; G – câmara de refrigerados em trânsito; H – economato; I – câmara de matéria-prima congelada; J – câmara de matéria-prima refrigerada; L – economato e M – economato). .	84
Figura 41 - Binómios tempo-temperatura de creme de alho francês, durante o empratamento. ....	85

Figura 42 - Binómios tempo-temperatura de creme da sopa campestre durante o empratamento. ....	86
Figura 43 - Binómios tempo-temperatura de creme da sopa de feijão verde, durante o empratamento. ....	86
Figura 44 - Binómios tempo-temperatura de creme do creme de cenoura e do creme de legumes, durante o empratamento. ....	87
Figura 45 - Binómios tempo-temperatura de sopa da pedra, durante o empratamento. ....	87
Figura 46 - Binómios tempo-temperatura de arroz de pato, durante o empratamento. ....	88
Figura 47 - Binómios tempo-temperatura de carne de porco com ameijoa, durante o empratamento. ....	88
Figura 48 - Binómios tempo-temperatura de entrecosto assado, durante o empratamento.	89
Figura 49 - Binómios tempo-temperatura de empadão de carne, durante o empratamento.	89
Figura 50 - Binómios tempo-temperatura de lasanha de carne, durante o empratamento. .	90
Figura 51 - Binómios tempo-temperatura de lulas estufadas, durante o empratamento. ....	90
Figura 52 - Binómios tempo-temperatura de moelas de frango, durante o empratamento.	91
Figura 53 - Binómios tempo-temperatura de carne do rancho, durante o empratamento. ..	91
Figura 54 - Binómios tempo-temperatura de massa do rancho, durante o empratamento. .	92
Figura 55 - Binómios tempo-temperatura de molho do rancho, durante o empratamento..	92
Figura 56 - Binómios tempo-temperatura de vitela à primavera, durante o empratamento.	93
Figura 57 - Binómios tempo-temperatura de molho de strogonoff, durante o empratamento. ....	93
Figura 58 - Amostra de banha de porco sem antioxidante (à esquerda) e amostra de banha de porco com antioxidante (à direita), depois da análise sensorial do dia 95.....	103
Figura 59 - Amostra de banha de porco sem antioxidante (esquerda) e amostra com antioxidante (direita), referentes ao dia 60. ....	103
Figura 60 - Amostra de banha de porco sem antioxidante (esquerda) e amostra com antioxidante (direita), referentes ao dia 91. ....	103

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Resistência térmica de algumas bactérias à pasteurização (informação adaptada da referência 8). .....	9
Tabela 2 – Principais diferenças entre a refrigeração e a congelação (informação adaptada da referência 16). .....	11
Tabela 3 - Agrupamento de vários tipos de alimentos de acordo com a sua sensibilidade à taxa de congelação (informação adaptada da referência 18). .....	13
Tabela 4 - Taxa relativa de oxidação para ácidos gordos a 25 °C (informação adaptada da referência 23). .....	16
Tabela 5- Principais características dos antioxidantes BHA e TBHQ (informação adaptada da referência 25). .....	23
Tabela 6 - Composição média de ácidos gordos numa banha de porco (tabela adaptada da referência 28). .....	26
Tabela 7 - Principais microrganismos patogénicos dos alimentos (tabela adaptada da referência 14). .....	43
Tabela 8 - Tempo médio de abatimento de temperatura de alguns produtos pasteurizados, usando-se o equipamento Ilsa s.p. ....	50
Tabela 9 - Tempo médio de abatimento de temperatura de alguns produtos pasteurizados, usando-se o equipamento Tecnomak. ....	51
Tabela 10 - Tabela de valores de unidades de pasteurização (informação adaptada da ILPRA SYSTEMS SPAIN). .....	54
Tabela 11 – Média do número de reduções decimais e do impacto do processamento térmico de produtos com número de amostras superior a 3, utilizando-se o pasteurizador JUMO. ....	55
Tabela 12 - Média do número de reduções decimais e do impacto do processamento térmico de produtos com número de amostras inferior a 3, utilizando-se o pasteurizador JUMO. ....	56
Tabela 13- Tempo médio de abatimento de temperatura de alguns produtos pasteurizados, usando-se o abatedor de temperatura Ilsa s.p. ....	94
Tabela 14 - Tempo médio de abatimento de temperatura de alguns produtos pasteurizados, usando-se o abatedor de temperatura Tecnomak. ....	94
Tabela 15 - Número de reduções decimais e do impacto do processamento térmico, para cada lote de produto, utilizando-se o pasteurizador Jumo. ....	95
Tabela 16 - Resultados do teste TBARS para as várias amostras de francesinha. ....	97
Tabela 17 - Resultados do teste TBARS para as várias amostras de banha de porco. ....	98
Tabela 18- Resultados da análise sensorial para as diversas amostras de francesinha. ....	99
Tabela 19 - Resultados da análise sensorial para as diversas amostras de banha de porco. ....	101

## Lista de Símbolos e Abreviaturas

Abreviatura	Descrição
ACMSF	<i>Advisory Committe on Microbiological Safety of Food</i>
$a_w$	atividade da água
BHA	butil-hidroxianisol ( <i>butylhydroxyanisole</i> )
BHT	butil-hidroxitolueno ( <i>butyhydroxytoluene</i> )
D	tempo de redução decimal (min)
E 392	extrato de alecrim
ECFF	<i>European Chilled Food Federation</i>
EDTA	ácido etilenodiamino tetra-acético ( <i>ethylenediaminetetraacetic acid</i> )
F	impacto do processamento térmico (min)
$F_0$	medida do impacto do processamento térmico
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação ( <i>Food and Agriculture Organisations of the United Nations</i> )
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
HACCP	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo ( <i>Hazard Analysis and Critical Control Point</i> )
HTST	alta temperatura curto tempo ( <i>high-temperature short-time</i> )
L	taxa de letalidade ( $\text{min}^{-1}$ )
MDA	Malonaldeído
N	concentração de microrganismos após um tempo t (min)
$N_0$	concentração inicial de microrganismos
$N_0/N$	número de reduções decimais
p.e.	por exemplo
PCC	Ponto Crítico de Controlo
TBA	ácido 2-tiobarbirtúrico ( <i>2-thiobarbituric acid</i> )
TBHQ	terc-butil-hidroquinona ( <i>tert-butylhydroquinone</i> )
TCA	ácido tricloroacético
TDT	tempo de morte térmica ( <i>thermal death time</i> )
UE	União Europeia
WHO	Organização Mundial de Saúde ( <i>World Health Organisation</i> )
z	incremento de temperatura necessário para conseguir que o tempo de redução decimal D se reduza em 90% ( $^{\circ}\text{C}$ )

## 1. Introdução

As refeições prontas têm-se tornado cada vez mais populares, de um ponto de vista socioeconómico, dado o estilo de vida atual. Os padrões de trabalho vigentes e a conveniência do consumidor têm sido determinantes para a crescente procura deste tipo de produtos. Um caso onde isso se tem vindo a verificar cada vez mais é no recurso às refeições prontas por parte das famílias, onde ambos os adultos são trabalhadores e têm pouco tempo para cozinhar<sup>1</sup>.

O conceito de refeição pronta é o de uma refeição completa que requer uma preparação mínima por parte do consumidor, sendo fundamental que exista a garantia de que o produto é microbiologicamente seguro. A refeição completa é vulgarmente constituída por carne ou peixe, acompanhado de massa, arroz ou batatas. A refeição pode estar ou não compartimentada numa cuvette<sup>2</sup>.

Indubitavelmente, aquilo que é mais valorizado na comida por parte do consumidor são as suas características organoléticas (textura, sabor, aroma, forma e cor). As alterações da textura da comida são uma consequência muito comum dos vários tipos de processamento e, por vezes, não são desejáveis. As principais razões são a perda de humidade ou gordura, formação ou quebra de emulsões, hidrólise de hidratos de carbono e de proteínas. Daí a necessidade de se incorporarem aditivos nos diversos produtos alimentares, de modo a que estes problemas sejam resolvidos, sendo esta uma prática recorrente<sup>3</sup>.

A realização do presente estágio curricular na empresa Centralrest, Lda. é uma parte integrante do Mestrado em Biotecnologia Alimentar. A Centralrest, Lda. é uma Pequena e Média Empresa criada no ano de 2006. A ideia da sua fundação surgiu das vantagens que resultariam em centralizar a produção de refeições para o setor da restauração. Entre essas vantagens incluem-se a: (i) redução dos custos associados à mão de obra e aos equipamentos; (ii) maior eficácia do planeamento de produção e possibilidade de criação de *stocks* e (iii) maior facilidade de cumprimento dos requisitos legais no que respeita à segurança alimentar, instalações, equipamentos e utensílios.

Tendo em conta a vantagem de um aumento do tempo de prateleira dos produtos, a Centralrest, Lda. começou por adotar a técnica *sous vide*. Neste momento, comercializa as

refeições prontas em duas formas: refrigeradas (submetidas a um processamento prévio de pasteurização) e ultracongeladas.

A ideia da criação desta empresa foi de um dos atuais sócios-gerentes da empresa, que aproveitou uma oportunidade de parceria com a empresa Irmãos Monteiro, S.A. que perdura até à presente data. A Centralrest, Lda. encontra-se estabelecida precisamente na empresa Irmãos Monteiro, S.A..

Atualmente, a empresa não se foca somente no setor da restauração, servindo também diversas empresas, tais como: o Continente, a Nutriva, a GAC, a Nutre e a KIKADOCE. Além disso, comercializa alguns dos seus produtos através da marca Avó Micas - pertencente à Irmãos Monteiro, S.A..

São muitos os produtos vendidos, cerca de 90, podendo cada produto ser pasteurizado ou congelado. Este é comercializado com dimensões e tipos de embalagens variadas, de acordo com a preferência do cliente. A Centralrest, Lda. está sempre disponível para desenvolver novos produtos, oferecendo regularmente novidades aos seus clientes. É esta flexibilidade e adaptabilidade que lhe permite continuar a crescer anualmente. Uma das evidências reveladoras desse crescimento é o início da exportação para a Europa em 2010, sendo que, em 2012, começou a exportar em grandes quantidades para Moçambique. Além disso, a Centralrest, Lda. tem como missão fornecer produtos tradicionais portugueses, assim como, produtos inovadores, seguindo sempre uma política de elevada qualidade e segurança alimentar, utilizando matérias-primas de excelente qualidade.

## **2. Objetivos gerais**

Os objetivos fundamentais do presente trabalho contextualizam-se nas temáticas da segurança alimentar e na melhoria da qualidade dos produtos alimentares, focando-se na otimização da produção e na validação de processos. Mais concretamente, pretende-se desenvolver soluções para o problema da oxidação lipídica da carne de Francesinha de carne bovina e da Banha de Porco Monteiro Carnes, que se desenvolve essencialmente no final do prazo de validade de ambos os produtos. A validação de processos insere-se no âmbito da certificação da empresa pelo *Codex Alimentarius*.

Este projeto encontra-se dividido em 2 partes. A primeira parte consiste na validação da pasteurização e do abatimento de temperatura, assim como a criação de registos de controlo de qualidade formalizados durante a confeção e o empratamento, no âmbito da certificação da empresa que está a decorrer. A segunda parte integra-se no solucionamento do problema do desenvolvimento da oxidação lipídica nas Francesinha de carne bovina e na Banha de Porco Monteiro Carnes.

### 3. Estado de arte

#### 3.1. Conservação dos alimentos

A conservação dos alimentos, com o intuito de aumentar o tempo de prateleira, visa controlar reações químicas e bioquímicas, assim como, processos fisiológicos e microbiológicos. Contudo, pretende também manter as propriedades nutritivas e sensoriais dos alimentos. De todos os fatores enumerados, o que contribui mais rapidamente para a deterioração dos alimentos são os microrganismos, enquanto que as reações enzimáticas e químicas ocorrem de forma mais lenta<sup>3</sup>.

A taxa de crescimento dos microrganismos é influenciada pelo pH. Os microrganismos possuem um pH ótimo de crescimento microbiológico rápido, existindo um intervalo de pH, acima ou abaixo do valor de pH ótimo, em que os microrganismos não crescem. É por esta razão que algumas leveduras contaminam frutos, ao serem favorecidas por um pH ácido, e algumas bactérias contaminam a carne, ao serem favorecidas por um pH mais neutro<sup>4</sup>. Foi estabelecido um limite de pH, em que os alimentos com um pH inferior a 4.6 são ácidos e os alimentos com um pH entre 4.6 e 7 possuem uma acidez intermédia. Este limite foi estabelecido, porque o *Clostridium botulinum* não consegue esporular e produzir a toxina, nesse intervalo de pH. Além disso, a maioria das bactérias não cresce a um pH inferior a 4.6<sup>5</sup>.

Dada a complexidade das matrizes dos alimentos, não é suficiente determinar a percentagem de humidade para prever a estabilidade de um produto alimentar. O que determina a estabilidade de um produto alimentar e, conseqüentemente, o seu tempo de prateleira, é a água disponível para a atividade microbiana, enzimática ou química, que é medida pela  $a_w$  (atividade de água) de um alimento<sup>3</sup>. Deste modo, pode-se afirmar que a atividade da água influencia a qualidade do armazenamento de um alimento e não o seu teor em água. A  $a_w$  é definida como a razão entre a pressão de vapor da água em equilíbrio com o alimento (P) e a pressão de vapor da água pura ( $P_0$ ), a uma determinada temperatura  $T^6$ .

### 3.1.1. Efeito da $a_w$ nos alimentos

Existe uma grande interação entre a  $a_w$  com outros fatores que influenciam o desenvolvimento microbiano, tais como, a temperatura, o pH, o oxigénio e o dióxido de carbono. Quando estas condições não são propícias ao crescimento microbiano, o efeito da redução da  $a_w$  aumenta. Esta sinergia permite a utilização de mecanismos de controlo menos severos, que resultam numa conservação alimentar, com perda nas propriedades nutricionais e sensoriais pouco significativas<sup>3</sup>.

Quando um alimento tem um elevado conteúdo em água, um método antigo e muito utilizado para a preservar, é a secagem e/ou armazenamento a reduzidas temperaturas. Para este tipo de conservação, é necessário ter em conta os efeitos do teor em água no tempo de prateleira. A refrigeração deve ser pensada individualmente para cada tipo de produto, de modo a garantir alguma qualidade para um certo período de tempo<sup>6</sup>.

A redução da atividade da água tem as seguintes vantagens: (i) inibir o crescimento microbiano, (ii) retardar as reações enzimáticas, especialmente, as que envolvem as hidrolases e (iii) retardar as reações de *Maillard*<sup>6</sup>.

A atividade da água é um fator preponderante no desenvolvimento de microrganismos. Quando a  $a_w$  é inferior a 0.6, a atividade microbiológica é praticamente inexistente, porque a maioria dos fungos são inibidos quando a  $a_w$  é inferior a 0.7. No caso das leveduras e bactérias, esse valor é de 0.8 e 0.9, respectivamente<sup>3</sup>.

A atividade enzimática encontra-se virtualmente suspensa para valores de  $a_w$  reduzidos, porque a mobilidade do substrato não é significativa, sendo este incapaz de se difundir para o centro ativo da enzima. As reações químicas são mais complexas. Uma desvantagem da  $a_w$  ser reduzida é a ocorrência da oxidação lipídica por ação dos radicais livres<sup>3</sup>. Nestas condições, é possível reduzir o efeito da oxidação com antioxidantes e agentes quelantes, em que os últimos formam complexos com metais catalíticos. Quando a  $a_w$  é elevada, a taxa de oxidação lipídica é menor, porque a atividade catalítica dos metais é reduzida devido à hidratação e formação de hidróxidos insolúveis<sup>3,6</sup>.

### 3.2. Processamento térmico

O processamento térmico permite uma maior preservação dos alimentos, uma vez que promove a desnaturação de enzimas e, conseqüentemente, o metabolismo regulado por estas proteínas é inativado nos microrganismos. A destruição dos microrganismos é uma reação de primeira ordem (figura 1). O valor D (tempo de redução decimal), que se encontra representado na figura 1, significa que, para haver uma destruição de 90% na forma vegetativa e/ou esporos de um determinado microrganismo, é necessário uma combinação de tempo e de temperatura determinada<sup>7</sup>. O processo 5D para um microrganismo é capaz de reduzir contagens desse microrganismo em 5 ciclos logarítmicos<sup>8</sup>. Quando um tipo de microrganismo tem um valor D elevado, significa que tem uma resistência térmica elevada<sup>7</sup>.

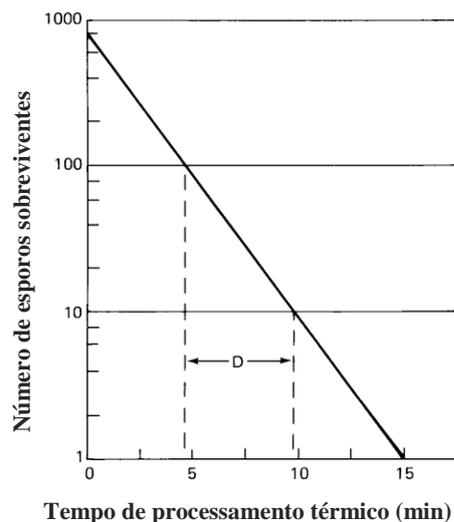


Figura 1 - Curva de morte térmica (imagem adaptada da referência 3).

Como a destruição microbiana é uma relação logarítmica com a temperatura, só é possível destruir todas as células viáveis após um processamento térmico com um período de tempo infinito<sup>7</sup>.

O valor D implica outros dois pontos que são importantes de salientar: (i) quanto mais elevada for a contaminação de um produto antes do processamento térmico, mais tempo leva para que se atinja a destruição microbiana pretendida para um valor específico e (ii)

em escala industrial, o nível de contaminação inicial varia em cada ciclo produtivo. Para contornar o problema do ponto (ii), ajusta-se o processo através de uma combinação tempo-temperatura, de forma a garantir que a quantidade de microrganismos existente possa assegurar uma qualidade microbiológica<sup>7</sup>.

A curva de tempo de morte térmica (TDT) encontra-se representada na figura 2 e observa-se que, quanto maior for a temperatura, maior é a destruição microbiológica. O declive é o valor  $z$  e define-se como o incremento de temperatura necessário para conseguir que o  $D$  se reduza em 90%. O valor  $D$  permite caracterizar a resistência ao calor de um microrganismo, enquanto que o valor  $z$  permite caracterizar a dependência da temperatura<sup>7</sup>.

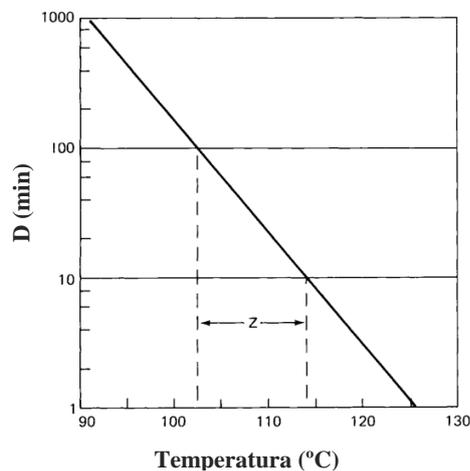


Figura 2 - Curva TDT (imagem adaptada da referência 3).

Os valores  $D$  e  $z$  para a maioria das vitaminas, compostos aromáticos e pigmentos são maiores que os valores para microrganismos e enzimas. Deste modo, as propriedades organolépticas e nutricionais são mais preservadas se houver um processamento *HTST* (*high-temperature short-time*)<sup>7</sup>.

A taxa de letalidade do processamento térmico é dada pela equação  $L=10^{[(T-T_0)/z]}$ , em que  $T$  é a temperatura do ponto crítico e  $T_0$  é a temperatura de referência. Tendo em conta que a temperatura do ponto crítico varia com o tempo, então determina-se  $F_0$ , que é uma

medida do impacto do processamento, através das seguintes equações:  $F_0 = \int_0^t L dt$  (equação 1) ou  $F_0 = \sum_0^t L dt$  (equação 2).

Para se determinar o impacto do processamento térmico, aplica-se a seguinte equação  $F = F_0 10^{[(T_0 - T)/z]}$ , onde o  $F_0$  é um valor de F para uma temperatura de referência ( $T_0$ )<sup>8,9</sup>.

### 3.2.1. Pasteurização

A pasteurização tem como objetivo destruir microrganismos patogênicos na forma vegetativa. É um tratamento térmico moderado, com temperaturas inferiores a 100 °C, não visando a destruição de esporos nem a destruição de microrganismos vegetativos não patogênicos<sup>7,8</sup>. Um produto pasteurizado pode necessitar de ser refrigerado, de forma a minimizar o crescimento microbiano. Há uma preocupação especial em relação à segurança destes produtos, especialmente, quando as temperaturas de conservação não são respeitadas, como por vezes acontece no mercado retalhista alimentar<sup>8</sup>.

O tempo de prateleira, que pode ser de alguns dias até meses, e a intensidade do tratamento térmico, com o propósito de estabilizar os alimentos, varia de acordo com o tipo de produto em questão<sup>7</sup>. Há uma variada gama de produtos que são processados desta forma, como é o caso das refeições prontas, oferecendo conveniência e boa qualidade<sup>8</sup>.

A tabela 1 fornece informações sobre a resistência térmica para a pasteurização de alguns microrganismos de relevância para este tipo de processamento. Desta tabela observa-se que cada microrganismo possui um intervalo de valores de D específico<sup>8</sup>.

Tabela 1 – Resistência térmica de algumas bactérias à pasteurização (informação adaptada da referência 8).

Microrganismo	Valor de D <sub>65,5</sub> (min)	Valor de z (°C)
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	0.20-0.30	4.4-5.5
<i>Brucella spp.</i>	0.10-0.20	4.4-5.5
<i>Coxiella burnetti</i>	0.50-0.60	4.4-5.5
<i>Salmonella spp.</i>	0.02-0.25	4.4-5.5
<i>Salmonella seftenberg</i>	0.80-1.00	4.4-6.7
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.20-2.00	4.4-6.7
<i>Streptococcus pyogenes</i>	0.20-2.00	4.4-6.7
Microrganismo	Valor de D <sub>82,0</sub> (min)	Valor de z (°C)
<i>C. botulinum</i> (tipo E)	0.10-3.0	5.0-8.9

As características organolépticas e o valor nutritivo de um produto pasteurizado não são muito afetados, porque o tratamento térmico por pasteurização não é severo<sup>7,8</sup>.

A unidade para o tratamento térmico de pasteurização é a unidade de pasteurização, sendo definida como o tratamento térmico cujo efeito destruidor dos microrganismos equivale a um tratamento térmico a 60 °C durante 1 minuto<sup>9,10</sup>.

Para uma pasteurização eficaz, é muito importante selecionar bem o microrganismo alvo. Ao diminuir-se o risco da existência de microrganismos patogênicos na forma vegetativa, num determinado produto alimentar, assegura-se uma maior segurança para os consumidores e um maior tempo de prateleira do produto<sup>11</sup>. O microrganismo alvo será o microrganismo patogênico mais resistente ao calor<sup>11</sup>. Ao garantir-se uma reduzida probabilidade da ocorrência do microrganismo alvo num produto alimentar, garante-se o mesmo para os restantes microrganismos patogênicos. Um processo de pasteurização ocorre frequentemente em 6 reduções logarítmicas do microrganismo alvo<sup>12</sup>.

O microrganismo patogênico mais termorresistente é o *Clostridium botulinum* do tipo B<sup>11,13</sup>. Esta bactéria pode formar esporos resistentes ao calor, que podem germinar na ausência de oxigénio, produzindo uma toxina letal ao ser humano<sup>13,14,15</sup>. As embalagens da Centralrest, Lda. contêm oxigénio, que é letal para o *C. botulinum*<sup>13,14,15</sup>. Contudo, existe o

risco de ocorrer o desenvolvimento deste microrganismo nas refeições prontas da empresa, dado que o *C. botulinum* tem a capacidade de se desenvolver em sistemas arejados<sup>15</sup>. Nestes sistemas, o crescimento do *C. botulinum* ocorre em locais da refeição onde não existe ar na vizinhança da bactéria<sup>15</sup>.

A FDA (Estados Unidos da América) e a ACMSF - *Advisory Committee on Microbiological Safety of Food* (Reino Unido) recomendam um processo térmico de redução de seis ciclos logarítmicos (6D) do *C. botulinum*<sup>11,13</sup>.

### **3.3.Preservação a temperaturas reduzidas**

A conservação, aplicando-se temperaturas reduzidas, engloba a refrigeração e a congelação. A refrigeração e a congelação são duas técnicas de remoção de calor vulgarmente utilizadas para manter a comida em bom estado<sup>16</sup>.

A congelação, ao contrário da refrigeração, faz com que termine a maioria das atividades microbiológicas e fisiológicas, com a exceção de algumas alterações químicas e enzimáticas<sup>16,17</sup>. As contaminações de produtos congelados ocorrem antes da congelação e durante a descongelação<sup>1</sup>. O processo de congelação permite um tempo de prateleira longo, principalmente a temperaturas inferiores a -18 °C, ao contrário da refrigeração. A razão pela qual os produtos congelados têm um maior tempo de prateleira é o facto do gelo formado criar uma menor instabilidade no sistema alimentar<sup>16</sup>.

Na refrigeração, as atividades microbiológicas não param, fazendo com que haja um tempo de prateleira mais curto<sup>16,17</sup>. Contudo, a refrigeração tem a vantagem de tornar o produto mais fresco, porque este é sujeito a um processamento menor. A tabela 2 descreve as principais diferenças entre a refrigeração e a congelação<sup>16</sup>.

Tabela 2 – Principais diferenças entre a refrigeração e a congelação (informação adaptada da referência 16).

	<b>Refrigeração</b>	<b>Congelação</b>
<b>Temperatura</b>	0 – 15 °C	-10 até -18 °C, armazenamento  -30 até -40 °C, produção e armazenamento por longo período de tempo
<b>Influência da estrutura do tecido</b>	Moderada (fisiológica)	Extensa (física)
<b>Atividade deteriorativa microbiológica</b>	Moderada	Nula ou baixa
<b>Atividade deteriorativa enzimática</b>	Moderada	Baixa
<b>Atividade deteriorativa química</b>	Moderada	Baixa
<b>Atividade deteriorativa fisiológica</b>	Moderada/completa	Baixa
<b>Disponibilidade de "água livre"</b>	Elevada	Praticamente nula
<b>Período de armazenamento</b>	Dias a meses	Meses a anos
<b>Ambiente de armazenamento</b>	Regular/controlado/armazenamento com atmosfera modificada	Armazenamento maioritariamente sem atmosfera modificada

A distinção mais notável entre a refrigeração e a congelação é o crescimento microbiano e a sua atividade. Há naturalmente um maior foco nos microrganismos patogénicos e nos não patogénicos deteriorativos<sup>16</sup>.

Os microrganismos psicotróficos, conhecidos por contaminarem os alimentos refrigerados, apresentam um rápido crescimento até aos 0 °C e a sua taxa de crescimento tende a diminuir entre os 0 e os -10 °C<sup>16</sup>. A -5 °C ocorre o desenvolvimento de

determinados bolores e leveduras<sup>1</sup>. Abaixo dos -10 °C não há crescimento microbiano, ocorrendo morte celular (raramente é completa)<sup>16</sup>.

Os microrganismos patogénicos, os de maior preocupação para a saúde pública, não apresentam crescimento a temperaturas abaixo dos 4 °C, o seu crescimento é lento entre os 3 – 10 °C e é rápido, aproximadamente, entre os 10 – 40 °C<sup>16</sup>.

### **3.3.1. Congelação**

As temperaturas de congelação situam-se abaixo dos -10 °C e a temperatura de armazenamento comercial mais comum é de -18 °C. O método de congelação mais usual é o método de congelação por ar e, para o efeito, costuma-se utilizar uma câmara ou um túnel de congelação<sup>16</sup>.

Durante a congelação de água pura, o que leva mais tempo é a transição da água líquida a 0 °C para gelo a 0 °C, pois é necessário uma remoção de calor de 335 kJ/kg, comparado com o intervalo de arrefecimento de 37 °C para os 0 °C (155 kJ/kg) e com o intervalo de 0 °C para os -20 °C (42 kJ/kg). Contudo, nos alimentos o processo é mais lento e variável, devido à complexidade dos vários sistemas alimentares<sup>18</sup>. A maioria dos alimentos congela entre os -1 e -2 °C<sup>16</sup>.

Um congelamento lento não é favorável, porque há formação de cristais grandes em zonas extracelulares, comprimindo as células. Consequentemente, após a descongelação, há alterações na textura que reduzem a qualidade do produto. É preferível um congelamento rápido. Neste caso, formam-se cristais com dimensões inferiores que não se limitam a desenvolver fora das células, desenvolvendo-se também intracelularmente. Deste modo, não há uma alteração tão significativa da textura do alimento<sup>16</sup>.

É fundamental uma rápida congelação, não apenas por razões de qualidade alimentar, mas também por razões de produtividade e logística. Apesar de haver um maior gasto energético, acaba por constituir uma pequena percentagem dos custos totais de operação<sup>18</sup>.

Em alguns casos, os benefícios de uma rápida congelação são anulados pelas reações químicas deteriorativas e por flutuações de temperatura, p.e., quando há uma conservação incorreta por parte dos hipermercados ou dos consumidores. As flutuações de temperatura vão também levar à formação de cristais grandes. Assim, é tão importante uma congelação rápida como um armazenamento adequado<sup>16,18</sup>.

Apesar de ser consensual que uma rápida congelação contribui para a qualidade de um alimento, isto não é sempre verdade. A carne, p.e., não é sensível a nenhum valor em particular de taxa de congelação. A tabela 3 agrupa vários tipos de alimentos de acordo com a sua sensibilidade à taxa de congelação<sup>18</sup>.

Tabela 3 - Agrupamento de vários tipos de alimentos de acordo com a sua sensibilidade à taxa de congelação (informação adaptada da referência 18).

Número de grupo	Descrição
<b>Grupo 1</b>	A taxa de congelação não influencia a qualidade final do produto.  Produtos secos como as ervilhas, carne com elevada percentagem de lípidos, refeições prontas (algumas que contêm alguns tipos de carnes).
<b>Grupo 2</b>	A taxa de congelação deve ser > 0.5-1.0 °C/min.  Peixe, carnes magras, refeições prontas contendo açúcares.
<b>Grupo 3</b>	A taxa de congelação deve ser > 3.0-6.0 °C/min.  Morangos, cenouras, feijão, materiais com textura gelatinosa como ovos e molhos com base de farinha.
<b>Grupo 4</b>	Taxa elevada de congelamento é vantajoso.  Produtos com elevada quantidade de água, como certos legumes e frutas.

A qualidade dos alimentos congelados também depende da temperatura de armazenamento e do tipo de produto em questão<sup>16</sup>.

É frequente adicionarem-se ervas aromáticas e outros condimentos em proporções maiores, para compensar as perdas de sabor durante a refrigeração por longos períodos de tempo. Também serve para disfarçar o sabor a ranço que se desenvolve<sup>18</sup>.

### 3.4. Oxidação lipídica

Rancidez é uma palavra derivada do latim - *rancidus* - e significa podre e utiliza-se para descrever o sabor ou odor desagradáveis, característicos da gordura estragada<sup>19,20</sup>. De um ponto de vista mais objetivo, a rancidez é gordura deteriorada e esta deterioração é indesejada, porque há uma perda de qualidade<sup>20,21</sup>. A rancidez é uma consequência da oxidação lipídica, que pode ocorrer por i) autooxidação; ii) ação enzimática, nomeadamente, por ação de lipoxigenases<sup>22</sup>.

Na oxidação lipídica há formação de compostos tóxicos como os peróxidos lipídicos<sup>20</sup>. Os peróxidos lipídicos e os radicais livres, formados a partir destes, podem causar danos nas membranas celulares, enzimas, vitaminas e proteínas. Significa que a oxidação lipídica, para além de alterar as propriedades organolépticas dos alimentos, como o odor e o sabor, altera também as propriedades nutritivas<sup>19</sup>.

O processo oxidativo ocorre durante a preparação, processamento e armazenamento da comida. Os alimentos mais suscetíveis de serem oxidados são os produtos desidratados, o peixe e os óleos de fritura. Durante a cozedura, o oxigénio disponível, a temperatura e o tempo de exposição influenciam a quantidade de lípidos oxidados. Para contornar este problema, pode-se reduzir a temperatura, a percentagem de lípidos e o contato direto com a chama. Também se deve evitar reaquecer o mesmo óleo e deve-se escolher o óleo que seja mais estável a temperaturas elevadas<sup>20</sup>.

É possível fazer uma lista de vários óleos, organizados dos mais resistentes à oxidação até aos menos resistentes (figura 3). Contudo, esta lista só se aplica a óleos que nunca tenham sido utilizados<sup>19</sup>.

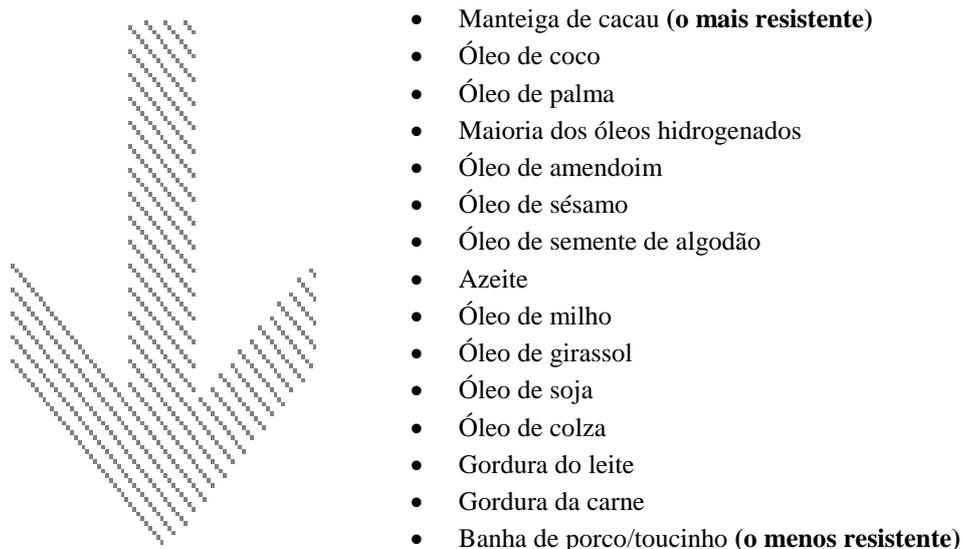


Figura 3 - Facilidade de alguns tipos de gorduras oxidarem (informação adaptada da referência 19).

Deve-se ter especial cuidado no embalamento de comidas com alto teor em lípidos, porque alguns dos óleos podem-se espalhar na superfície da embalagem o que, conseqüentemente, pode levar a que os lípidos se oxidem rapidamente. Isto é suficiente para que, ao abrir a embalagem, haja a libertação de um odor a ranço, mesmo que o produto ainda esteja com um sabor agradável. Além disso, o pequeno filme de gordura que se forma na embalagem, pode promover a oxidação lipídica do produto. As embalagens ao serem coloridas e não transparentes, permitem que a luz não seja promotora da oxidação, contudo, por questões de *marketing*, é desejável que o cliente veja o produto<sup>19</sup>.

O oxigênio, mesmo em quantidades vestigiais, induz a deterioração o que, conjugado com a exposição da luz do dia, leva a uma aceleração significativa da oxidação. Deve-se portanto utilizar o vácuo e a atmosfera modificada como soluções para minimizar os processos de oxidação. O vácuo é a solução preferencial, contudo embalagens que contenham CO<sub>2</sub> com N<sub>2</sub> ou CO<sub>2</sub> com O<sub>2</sub> são também uma boa alternativa<sup>22</sup>.

### 3.4.1. Autoxidação

A autoxidação é relativamente complexa, envolvendo um elevado número de reações intermediárias<sup>23</sup>. Isto deve-se fundamentalmente ao facto da oxidação dos lípidos insaturados ser autocatalítica, pois, à medida que a reação prossegue, os produtos catalisam a reação, resultando num aumento da taxa de oxidação<sup>1</sup>. Vários estudos revelam que a estrutura dos ácidos gordos influencia a taxa de oxidação (tabela 4). Ao analisar-se a tabela 4, verifica-se que os ácidos gordos com maior número de insaturações possuem uma taxa de oxidação mais elevada<sup>23</sup>.

Tabela 4 - Taxa relativa de oxidação para ácidos gordos a 25 °C (informação adaptada da referência 23).

Ácido Gordo	Número de grupos alilo	Taxa de oxidação relativa
18:0	0	1
18:1 (9)	1	100
18:2 (9,12)	2	1200
18:3 (9,12,15)	3	2500

Quando se fala em autoxidação é importante ter em conta as suas principais influências: (i) a oxidação não acontece na ausência do oxigénio; (ii) a velocidade de reação do oxigénio com os lípidos duplica por cada aumento de 10 °C da temperatura; (iii) alguns metais, principalmente, o ferro e o cobre, atuam como pro-oxidantes em pequenas quantidades, catalisando a oxidação e (iv) a exposição à luz aumenta a taxa inicial da reação cerca de 10<sup>4</sup> vezes<sup>19,20,24</sup>.

Existem também influências menos relevantes, como é o caso de proteínas que contêm iões metálicos, que quando são desnaturadas, os metais passam a estar disponíveis para a catálise<sup>24</sup>.

A autoxidação não é minimizada com a redução da temperatura durante o armazenamento de um alimento, porque a autoxidação é uma reação química com uma baixa energia de ativação. Para o primeiro passo da reação, é necessário uma energia de ativação de 4-5 kcal mol<sup>-1</sup>, enquanto que, para o segundo passo, é necessário uma energia de ativação de 6-14 kcal mol<sup>-1</sup><sup>19</sup>. O mecanismo da oxidação lipídica encontra-se

representado na figura 4 e consiste em três passos fundamentais: iniciação, propagação e terminação<sup>1,19</sup>.

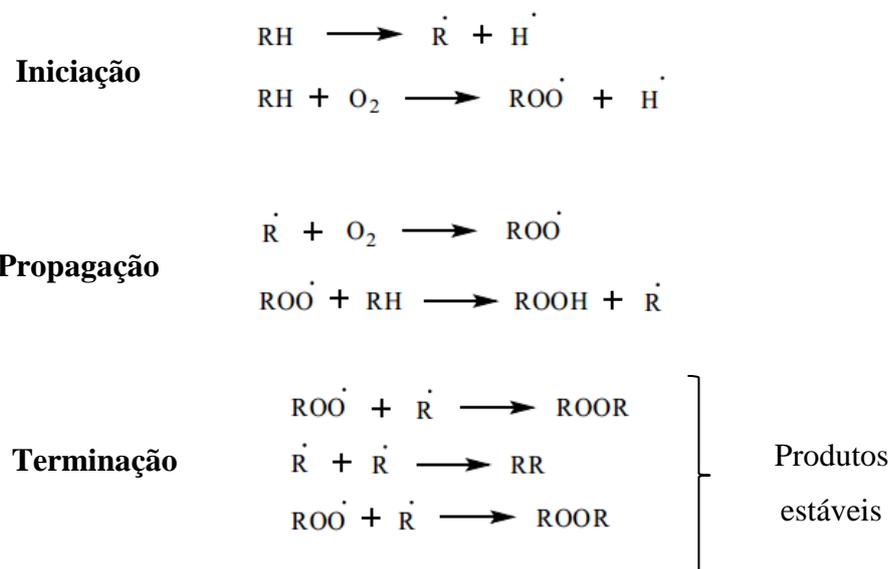


Figura 4 - Mecanismo da ação dos radicais livres na oxidação lipídica, onde: RH = lípido insaturado, R<sup>•</sup> = radical lipídico, ROO<sup>•</sup> = radical peróxido lipídico e ROOH = hidroperóxido lipídico (imagem adaptada das referências 1 e 19).

O mecanismo de iniciação envolve um singlete de oxigénio que é formado por uma reação fotoquímica – o oxigénio absorve um fóton formando um oxigénio num estado eletrónico singlete excitado. O singlete excitado reage com os ácidos gordos insaturados, formando hidroperóxidos que se decompõem em radicais livres, iniciando uma cadeia de reações de oxidação (figura 5). A reação com o singlete de oxigénio excitado não é, no entanto, um fator dominante após a formação dos hidroperóxidos, mas é provável que continue durante toda a oxidação lipídica<sup>1</sup>.

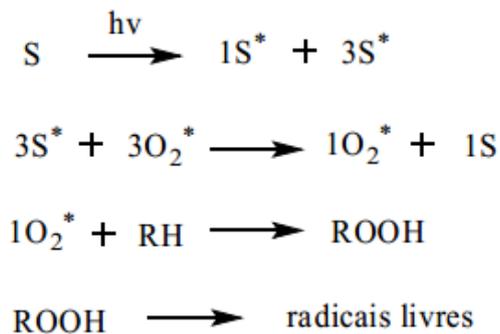


Figura 5 - Formação de um singlete de oxigénio e a sua reacção com os lípidos. S = sensibilizador;  $h\nu$  = luz;  ${}^1S^*$  = sensibilizador no estado excitado singlete;  ${}^3S^*$  = sensibilizador no estado excitado tripleto;  ${}^3O_2^*$  = oxigénio no estado excitado tripleto;  ${}^1O_2^*$  = oxigénio no estado excitado singlete; RH = ácido gordo insaturado (imagem adaptada da referência 1).

Resumidamente, a oxidação lipídica é um processo em que os lípidos insaturados reagem com o oxigénio, originando hidroperóxidos lipídicos. Para a formação dos hidroperóxidos, é necessário que haja a atuação da luz sobre os lípidos na presença de um sensibilizador<sup>25</sup>. Consequentemente, ocorre a degradação destes compostos e os produtos resultantes da oxidação são: cetonas, aldeídos e ácidos gordos de pequeno peso molecular. Estes compostos secundários são voláteis e aumentam o sabor e odor desagradáveis, estando invariavelmente associados à oxidação lipídica<sup>1,25</sup>.

### 3.4.2. Oxidação lipídica na carne

Os principais lípidos da carne são os triacilglicerídeos. A sua composição varia em diferentes animais, idades e dietas alimentares<sup>1,26</sup>. A grande maioria dos ácidos gordos poliinsaturados fazem parte da constituição dos fosfolípidos. A carne de diferentes animais oxida a velocidades diferentes, de acordo com a sua composição lipídica<sup>18, 20, 22</sup>. A carne de porco, p.e., oxida mais que a carne de ruminantes. Os ruminantes contêm uma reduzida quantidade de ácidos gordos poliinsaturados, devido à sua dieta e ao facto de possuírem microrganismos que hidrogenam os lípidos<sup>1, 20, 22, 26</sup>. O ácido gordo que existe em maior proporção no porco é o ácido linoleico (C<sub>18:2</sub>), que é relativamente instável devido às suas

duas insaturações<sup>20</sup>. A carne que é mais suscetível de sofrer oxidação, por conter uma maior fração de ácidos gordos insaturados, é a carne das aves, seguida da carne suína, bovina e, por fim, do cordeiro<sup>1</sup>.

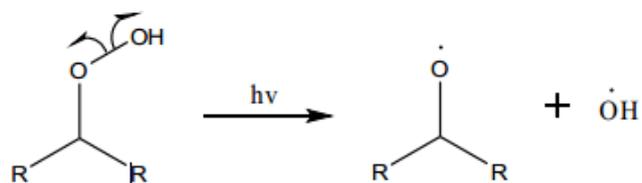
O processo de oxidação lipídica da carne é semelhante a de outros alimentos, contudo os seus efeitos são diferentes, devido às particularidades da carne. Os lípidos da carne encontram-se maioritariamente protegidos dentro dos adipócitos. Este tipo de proteção não acontece no caso da margarina e de outras gorduras culinárias<sup>22</sup>.

A ação mecânica, como o corte ou a trituração da carne, faz com que haja uma exposição dos lípidos, porque o tecido celular sofre lesões. Os lípidos ficam assim mais disponíveis para sofrerem reações de oxidação. A ação mecânica também pode inativar qualquer antioxidante natural que esteja presente no sistema. Estes processos são acelerados, em comparação com a carne não fragmentada<sup>22</sup>.

As reações de peroxidação lipídica podem ser catalisadas pelo ferro livre, derivado do grupo heme da hemoglobina, além das outras fontes já referidas no ponto 3.4.1.<sup>1,18</sup>. O ferro é um catalisador importante, participando nos processos de iniciação da oxidação e degradação dos hidroperóxidos<sup>1</sup>.

Na carne, como em outros sistemas, os hidroperóxidos são bastante instáveis, degradando-se rapidamente em produtos de reação secundária (figura 6). Os radicais livres reagem com outros constituintes, tais como: proteínas, aminoácidos, enzimas, vitaminas e pigmentos<sup>1</sup>.

Clivagem dos hidroperóxidos:



Reações que envolvem radicais livres:

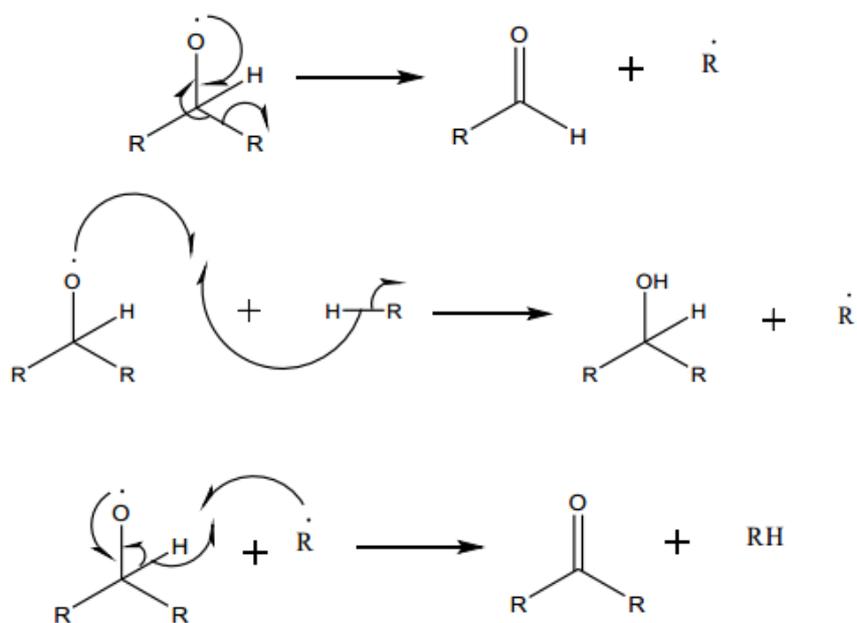


Figura 6 - Degradação de hidroperóxidos (imagem adaptada da referência 1).

Não ocorre oxidação lipídica enzimática em refeições prontas com carne, devido à desnaturação das enzimas por ação da temperatura durante o processamento térmico. Porém, se houver contaminação e desenvolvimento microbiológico, a oxidação lipídica enzimática pode ocorrer. A contaminação dos alimentos, por bactérias e leveduras, pode levar à oxidação lipídica na superfície da gordura, o que causa danos nos adipócitos e tornam os lípidos acessíveis à ação das enzimas lipolíticas. Com boas práticas de higiene e refrigeração, pode-se minimizar estes impactos<sup>22</sup>.

### 3.4.3. Influência da congelação na oxidação lipídica da carne

Uma das poucas reações químicas que é acelerada com a diminuição da temperatura na carne é a oxidação dos lípidos da carne, que tem uma taxa máxima de oxidação na região dos -10°C. A razão é o facto da água contida no tecido adiposo só congelar completamente quando é atingida a temperatura de -30 °C. Quando a temperatura é de -20 °C, apenas 98.2% da água se encontra congelada. À medida que a temperatura decresce para níveis inferiores a 0 °C, forma-se gelo em estado puro, enquanto que a água que ainda permanece no estado líquido, que possui uma elevada concentração de peróxidos lipídicos e seus derivados, contribui para a ocorrência da autooxidação lipídica<sup>18,22</sup>.

O prazo de validade da carne congelada, devidamente embalada, é normalmente determinado pelo desenvolvimento da oxidação lipídica. Naturalmente, as carnes com menor prazo de validade são aquelas que possuem um maior teor em gorduras insaturadas, e também as carnes fragmentadas e fumadas<sup>22</sup>.

Um dos problemas associados à qualidade da carne congelada advém da má conservação efetuada pelos consumidores, porque frequentemente armazenam os produtos congelados entre os -6 e -12 °C, sendo que estas temperaturas já são suficientemente elevadas para ocorrer o desenvolvimento de autooxidação lipídica<sup>16,18</sup>.

### 3.5. Antioxidantes

De acordo com a legislação “Antioxidant in Food Regulation 1978”, que regula os antioxidantes no Reino Unido, define-se antioxidante como “*uma substância qualquer que é capaz de retardar ou prevenir o desenvolvimento de rancidez na comida ou outro sabor deteriorativo, durante a oxidação*”. Retardar a oxidação origina um produto alimentar com um maior tempo de prateleira, pois é aceitável por um maior período de tempo. O tempo de prateleira não é apenas influenciado pelo tipo de antioxidante utilizado, mas também é influenciado pela composição e processamento da comida, pelo tipo de embalagem e pelas condições de armazenamento<sup>25</sup>.

Os óleos vegetais contêm antioxidantes naturais (o maioritário é a vitamina E) e estão por isso mais protegidos que os óleos de origem animal<sup>22</sup>. Porém, essa estabilidade natural

é posta em causa com as elevadas temperaturas do processamento térmico que danificam os lípidos<sup>25</sup>.

A utilização de um antioxidante em concentração reduzida é uma forma recorrente de inibir ou retardar a autoxidação. O mecanismo de ação de um antioxidante está representado na figura 7<sup>19</sup>.

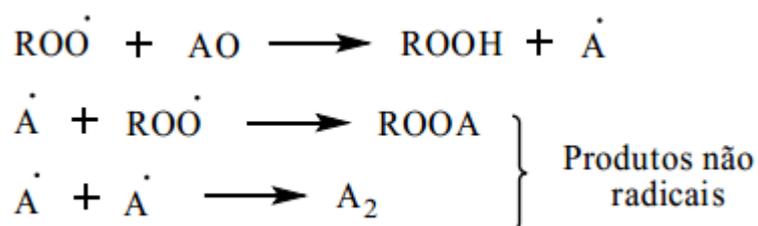


Figura 7 – Mecanismo de ação de um antioxidante (imagem adaptada da referência 19), onde:  $\text{ROO}^\bullet$  = radical peróxido lipídico,  $\text{AO}$  = antioxidante,  $\text{ROOH}$  = hidroperóxido lipídico,  $\text{A}^\bullet$  = radical livre,  $\text{ROOA}$  = produto não radical e  $\text{A}_2$  = produto não radical.

O radical livre  $\text{A}^\bullet$  forma-se por reação entre o antioxidante  $\text{AO}$  e o radical peróxido lipídico  $\text{ROO}^\bullet$  que está envolvido nas reações de propagação (ver figura 4). A reação de formação do  $\text{A}^\bullet$  contribui para a diminuição da concentração do  $\text{ROO}^\bullet$ . Por sua vez, o  $\text{A}^\bullet$  não participa nos passos de propagação, dado que é comparativamente mais estável do que o  $\text{ROO}^\bullet$ <sup>16</sup>. Por outro lado, o  $\text{A}^\bullet$  ao reagir com o  $\text{ROO}^\bullet$ , formando o produto não radical  $\text{ROOA}$ , contribui também para a diminuição da concentração do  $\text{ROO}^\bullet$  e, conseqüentemente, para a diminuição da taxa de oxidação lipídica.

Os antioxidantes mais utilizados na indústria alimentar são fenóis e os mais recorrentes são: o BHA (butil-hidroxianisol), o BHT (butil-hidroxitolueno), o TBHQ (terc-butil-hidroquinona) e o galato de propilo<sup>19</sup>. A lista dos antioxidantes que cumprem os requisitos das legislações não é longa<sup>25</sup>.

Compostos como o EDTA e os ácidos cítrico, fosfórico e ascórbico, não são verdadeiros antioxidantes, mas sim agentes sequestrantes, que são menos eficazes<sup>1,19</sup>. Não apresentam qualquer atividade numa gordura que não possua metais vestigiais. Estes compostos são sequestrantes de metais<sup>19</sup>, complexando com quantidades vestigiais de

metais, que caso contrário promoveriam reações de oxidação<sup>25</sup>. Os agentes sequestrantes diminuem a taxa de ocorrência do primeiro passo de iniciação<sup>19</sup>.

A utilização conjunta de um antioxidante com um agente sequestrante resulta num sinergismo interessante. Os resultados são melhores em comparação com a utilização de apenas um destes tipos de estabilizadores/estabilizantes, dado que tanto as reações de iniciação como as de propagação são inibidas<sup>19</sup>.

Quando há interesse em proteger óleos, sujeitos a elevadas temperaturas, da autooxidação, deve-se escolher um antioxidante lipossolúvel. Dois dos melhores antioxidantes para este efeito são o BHA e o TBHQ, dado que são eficazes em concentrações reduzidas, o que não acontece com todos os antioxidantes. O TBHQ é melhor pelas razões que estão indicadas na tabela 5<sup>25</sup>.

Tabela 5- Principais características dos antioxidantes BHA e TBHQ (informação adaptada da referência 25).

BHA	TBHQ
Apresenta uma elevada solubilidade nas gorduras animais e vegetais e é um antioxidante eficaz para as gorduras animais.	Muito eficaz para estabilização dos óleos vegetais.
Melhor para utilizar na fritura em relação à vitamina E e à vitamina E em associação com o antioxidante ascorbilpalmitato, apesar da perda por volatilização.	Não descolora na presença de água e ferro.
Mais solúvel em lípidos, menos volátil e mais resistente a elevadas temperaturas que o BHT.	É estável a elevadas temperaturas e menos volátil que o BHA e BHT.
---	Tem um comportamento semelhante ao BHA para frituras, o mesmo não acontece para os cozidos.

Como já foi referido, existem outras soluções para inibir a oxidação, como o embalamento com atmosfera modificada ou o embalamento por vácuo. Estas duas técnicas, apesar de reduzirem eficazmente a taxa de autooxidação, não podem ser sempre aplicadas.

A principal razão é a dificuldade em remover o oxigénio vestigial e os custos que podem estar associados ao processo. Esse oxigénio vestigial é o suficiente para manter e iniciar um processo oxidativo<sup>25</sup>. É então vantajoso combinar o embalamento com atmosfera modificada com o uso de um antioxidante<sup>1,25</sup>.

Os antioxidantes, quando devidamente utilizados, têm demonstrado grande eficácia, facilidade de aplicação e um baixo custo associado – adicionar um antioxidante pode ter um custo associado de menos de 0.5%. A sua utilização permite uma redução das perdas nutricionais, como é o caso das vitaminas lipossolúveis, p.e., a vitamina A, que é propensa à oxidação.

Existe um conjunto de noções falsas relativamente ao uso dos antioxidantes na área alimentar. É necessário reter alguns pontos em relação ao que um antioxidante não faz: (i) melhorar o sabor de gorduras e óleos de fraca qualidade, (ii) impedir a deterioração com origem microbiana e (iii) prevenir a oxidação lipídica enzimática. O que se espera de um antioxidante é que contribua para a manutenção das características ideais de um óleo<sup>25</sup>.

Apesar de não se esperar que um antioxidante tenha ação antimicrobiana (ii), há estudos que o indiciam, principalmente os antioxidantes de natureza fenólica (p.e.: o BHA e o BHT)<sup>25</sup>.

A comunidade científica e as entidades reguladoras têm definido que a segurança da utilização de um antioxidante está relacionada com o grau de risco aceitável. Apesar de existir sempre um risco associado, os antioxidantes que podem ser utilizados foram sujeitos a uma avaliação extensiva, tendo sobrevivido ao rigoroso escrutínio científico<sup>25</sup>.

### **3.5.1. Extrato de alecrim**

Tem havido uma crescente procura por antioxidantes de origem natural, que têm vindo a substituir os antioxidantes de origem sintética. A principal razão é o facto dos antioxidantes de origem sintética estarem associados a um maior risco para a saúde, como por exemplo, a maior propensão para o desenvolvimento de cancro<sup>25,27</sup>.

O extrato de alecrim (E 392) é atualmente um antioxidante amplamente utilizado pela indústria alimentar, devido ao seu elevado poder antioxidante. Um estudo desenvolvido por Zhang et al evidenciou que o efeito protetor do extrato de alecrim (E 392), num óleo de

girassol, é maior quando comparado com os antioxidantes BHT e BHA. O extrato de alecrim (E 392) mostrou possuir um menor poder antioxidante do que o TBHQ<sup>27</sup>.

O poder antioxidante do extrato de alecrim (E 392) deve-se à sua constituição rica em compostos fenólicos. Os principais compostos fenólicos são: o ácido carnósico, o carnosol, o rosmanol, a rosmariquinona e o rosmaridifenol. Todos os compostos referidos são lipofílicos. Entre os compostos que permitem que o extrato de alecrim tenha um elevado poder antioxidante, o ácido carnósico destaca-se por ser o mais estudado (figura 8). A propriedade antioxidante do ácido carnósico deve-se essencialmente à presença de dois grupos hidroxilo, que se encontram nos carbonos 11 e 12 da molécula. Além disso, este composto possui efeitos benéficos para a saúde, tais como, efeitos anti-inflamatórios e anticancerígenos<sup>27</sup>.

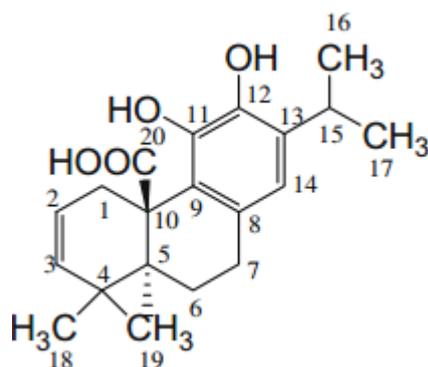


Figura 8 - Estrutura química do ácido carnósico; um dos principais compostos que confere ao extrato de alecrim as suas propriedades antioxidantes (imagem adaptada da referência 27).

### 3.6. Propriedades da banha de porco

A composição química e, conseqüentemente, a consistência da banha de porco, são influenciadas pela raça e pelo tipo de alimentação dos suínos. Contudo, é possível padronizar a composição lipídica da banha (tabela 6)<sup>28</sup>.

A banha de porco contém menos ácidos gordos saturados que a gordura de um bife. Conseqüentemente, a banha de porco derrete a uma temperatura inferior, comparativamente com gordura de um bife, sendo que essa temperatura varia. Devido à

sua composição lipídica, a banha de porco não tem um tempo de prateleira muito longo<sup>28</sup>. Para aumentar o tempo de prateleira, é comum incorporar 1 antioxidante na banha de porco - o BHA, BHT ou TBHQ - de forma a diminuir a oxidação lipídica. A oxidação lipídica é a principal influência para a determinação do tempo de prateleira<sup>29</sup>.

Tabela 6 - Composição média de ácidos gordos numa banha de porco (tabela adaptada da referência 28).

Ácido gordo	Percentagem
C(12:0)	0
C(14:0)	2
C(14:1) (9)	0,5
C(16:0)	24
C(16:1) (9)	4
C(18:0)	14
C(18:1) (9)	43
C(18:2) (9,12)	9
C(18:3) (9,12,15)	1
C(20:0)	0,5
C(20:2) (11,14)	2

### 3.7. Teste TBARS

Tendo em conta que a oxidação lipídica, que leva à formação de ranço, não é uma medida quantificável, é habitual quantificar-se os produtos formados da oxidação lipídica<sup>29</sup>, de modo a avaliar-se este processo. Um produto de oxidação lipídica comumente utilizado como marcador da oxidação é o malonaldeído, um dos compostos de oxidação secundária mais abundantes<sup>30</sup>. No caso da carne, a fração de fosfolípidos contribui cerca de 90% para a quantificação total de malonaldeído<sup>31</sup>.

O teste TBARS, originado nos finais da década de 40, permite quantificar o MDA (malonaldeído), através da reação do TBA (ácido 2-tiobarbirtúrico) com o MDA da amostra, formando-se um cromóforo vermelho com um máximo de absorvância a 532 nm.

O cromóforo forma-se através da reação de duas moles de TBA com 1 mole de MDA, a uma temperatura elevada e a pH ácido<sup>30,32</sup>.

Apesar do presente método ser amplamente utilizado e ter elevada sensibilidade (0 – 0.05µmol)<sup>33</sup>, está sujeito a algumas críticas. O TBA não é seletivo para o MDA, uma vez que reage com outros compostos, como é o caso de aldeídos, hidratos de carbono, aminoácidos e ácidos nucleicos. Consequentemente, existe uma sobrestimação da quantidade de MDA e uma grande variabilidade dos resultados<sup>30,34</sup>.

### **3.8. Codex Alimentarius e boas práticas de produção**

Existem várias regulações, códigos de boas práticas, entre outros mecanismos reguladores que controlam o fornecimento de alimentos. As legislações criadas para a área alimentar têm principalmente três objetivos principais: (i) a proteção do consumidor e da sua saúde, (ii) a prevenção de fraudes e (iii) promover o comércio justo<sup>35</sup>.

O *Codex Alimentarius* fornece um guia com consenso internacional e padrões de controlo alimentar, apesar de cada país ter as suas próprias normas, que têm em conta as necessidades da segurança e controlo alimentar. No entanto, essas leis seguem os mesmos princípios gerais. O *Codex Alimentarius* foi desenvolvido pela Comissão do *Codex Alimentarius*, juntamente com a FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação) e a WHO (Organização Mundial de Saúde), para proteger a saúde dos consumidores e facilitar o comércio alimentar internacional<sup>35</sup>.

Foi estabelecido que nenhum alimento pode ser exportado se: (i) contiver uma substância em quantidade suficiente que, de alguma forma, seja prejudicial para a saúde; (ii) contiver alguma substância em decomposição, desconhecida ou que não seja para consumo humano; (iii) for adulterado; (iv) for apresentado e rotulado de um modo enganoso e (v) se durante todo o processo - venda, preparação, embalamento, armazenamento e transporte – a higiene for reduzida. Estes princípios gerais estão associados a códigos e diretrizes para controlar vários organismos específicos que incluem: agricultores, criadores, processadores, manipuladores de alimentos e consumidores<sup>35,36</sup>. Estes organismos têm o dever de garantir que os alimentos são seguros e adequados ao consumo humano<sup>36</sup>.

O *Codex Alimentarius* segue a cadeia alimentar desde a produção primária ao consumo final e recomenda a aplicação de um sistema de controlo de segurança alimentar, designado por HACCP (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo). Este sistema tem como base sete princípios: (i) proceder a uma análise de riscos, (ii) determinar os PCCs (Pontos Críticos de Controlo), (iii) estabelecer limites críticos, (iv) estabelecer um sistema para monitorizar o controlo dos PCC, (v) estabelecer a ação corretiva a tomar caso a monitorização indique que um PCC em concreto não está sob controlo, (vi) estabelecer procedimentos de verificação para confirmar que o sistema HACCP funciona eficazmente e (vii) estabelecer documentação relativa a todos os procedimentos e registos adequados a estes princípios e à sua aplicação<sup>36</sup>.

Deve-se ter em conta, entre outras coisas, o controlo de alimentos e a monitorização de equipamentos. Nos sistemas de controlo e higiene deve haver a supervisão do tempo e temperatura do processamento, arrefecimento e armazenamento, de modo a garantir que as temperaturas sejam rapidamente atingidas e mantidas. As características dos alimentos, como é o caso da  $a_w$  e do pH, e os tipos de microrganismos que se podem desenvolver, são também condicionantes<sup>36</sup>. É fundamental que os microrganismos indesejáveis ou patogénicos sejam eliminados ou reduzidos para níveis seguros. As análises microbiológicas têm uma importância extrema para assegurar que os padrões de controlo de temperatura e de higiene foram estabelecidos<sup>1,36</sup>. Uma supervisão é então necessária, criando-se sistemas de controlo de qualidade formalizados, de forma a evitar-se problemas de grandes dimensões<sup>18</sup>.

De modo a garantir a estabilidade das refeições prontas, deve-se ter em atenção que ocorra em todos os casos: uma confeção adequada, um abatimento de temperatura rápido, a prevenção da recontaminação e o armazenamento a temperaturas adequadas. Porém, o controlo de todas as operações é mais difícil de fazer em grande escala. As refeições prontas são consideradas produtos de alto risco e existe uma grande preocupação em torno deste tipo de produtos alimentares<sup>1</sup>.

Este modo proactivo de garantir a segurança alimentar permite monitorizar todo o processo, prevenindo a rejeição do produto final, e apresenta um baixo custo associado<sup>3</sup>.

## 4. Materiais e métodos

### 4.1. Registo de binómios tempo-temperatura

#### 4.1.1. Empratamento

Os diversos registos de binómios tempo-temperatura, durante o empratamento de várias refeições prontas, foram obtidos utilizando-se dois tipos diferentes de termómetros calibrados anualmente por uma identidade certificada: (i) o Waterproof Testo Thermometer IP67 (precisão de  $\pm 0.8$  °C) e (ii) o Testo Datalogger T172-T2 (precisão de  $\pm 0.5$  °C). Os termómetros utilizados estão representados na figura 9.



Figura 9 - Imagem do Waterproof Testo Thermometer IP67 (à esquerda) e do Testo Datalogger T172-T2 (à direita), utilizados para os registos das temperaturas.

Efetuuou-se o registo dos binómios tempo-temperatura de lotes das refeições prontas mais frequentemente produzidas na Centralrest, Lda., num dado período do ano, tendo cada uma delas uma dimensão de 2 kg. As refeições prontas de diversos lotes foram ultracongeladas e/ou pasteurizadas, após ser efetuado o empratamento. As refeições prontas referidas são: Caldo verde, Creme de alho francês, Sopa campestre, Sopa de feijão verde, Creme de cenoura, Sopa da pedra, Arroz de cenoura, Arroz de ervilhas, Arroz vaporizado, Arroz de pato, Bacalhau com natas, Bacalhau com natas e camarão, Carne de porco com ameijoia, Empadão de atum, Empadão de carne, Entrecosto assado, Lasanha de

carne, Moelas de frango, Rancho, Vitela à primavera e Molho de strogonoff. Preencheu-se uma Ficha de Registo de Binómios Tempo-Temperatura (anexo 1) durante o acompanhamento do empratamento de cada lote de uma refeição pronta. Para cada tipo de produto alimentar, efetuou-se o registo dos binómios tempo-temperatura do último carrinho a ser empratado. Nessa ficha registou-se: (i) o aparelho de medição, (ii) a designação do produto, (iii) o lote, (iv) a data, (v) a hora a que o produto foi retirado da marmitta e transferido para os carrinhos, (vi) a hora em que o empratamento se iniciou e (vii) a hora do início do empratamento do conteúdo do último carrinho. Quando se utilizou o Testo Datalogger T172-T2, indicou-se o nome do ficheiro eletrónico e registou-se os binómios tempo-temperatura a cada minuto. Quando se utilizou o Waterproof Testo Thermometer IP67, preencheu-se a tabela presente na ficha com os respetivos binómios tempo-temperatura a cada dez minutos.

#### **4.1.2. Abatimento de temperatura de produtos refrigerados**

O abatimento de temperatura dos produtos refrigerados da Centralrest, Lda. foi realizado no abatedor de temperatura Ilsa s.p. (figura 10) e no abatedor de temperatura Tecnomak (figura 11). Ambos os equipamentos possuem duas sondas: uma que permite a medição da temperatura do ponto crítico de um produto e outra que mede a temperatura do interior do equipamento.

O abatedor de temperatura Ilsa s.p. registou a hora e a temperatura inicial do processo de refrigeração, e registou também a hora a que se atingiu uma temperatura de 3 °C. Essa temperatura foi mantida até se retirar o lote do equipamento.

O equipamento Tecnomak tem um programa de refrigeração rápida até aos 10 °C e de refrigeração lenta dos 10 - 3 °C. O equipamento Tecnomak manteve uma temperatura equivalente a 3 °C, no ponto crítico do produto, até que o lote foi retirado do equipamento. O aparelho efetuou o registo das diferentes temperaturas, ao longo do tempo, obtendo-se (i) a temperatura no início do abatimento de temperatura, (ii) a hora em que a temperatura do ponto crítico foi igual a 60 °C, (iii) a hora em que a temperatura do ponto crítico foi igual a 10 °C e (iv) a hora em que a temperatura do ponto crítico foi igual a 3 °C.



Figura 10 – Imagem do abatedor de temperatura Ilsa s.p..



Figura 11 - Imagem do abatedor de temperatura Tecnomak.

### 4.1.3. Abatimento de temperatura de produtos ultracongelados

Para a obtenção de registos de abatimento de temperatura de refeições prontas ultracongeladas, utilizou-se o Testo Datalogger T172-T2. Antes de um lote de uma refeição pronta entrar no túnel de congelação, introduziu-se a sonda do Testo Datalogger T172-T2 numa cuvette localizada no centro da paleta. Após 24 horas, retirou-se a cuvette que continha a sonda do Testo Datalogger T172-T2 e fez-se a leitura dos registos dos binómios tempo-temperatura.

## 4.2. Pasteurização

Os produtos pasteurizados pela Centralrest, Lda. são pasteurizados pelo pasteurizador LAINOX (figura 12) ou pelo pasteurizador JUMO (figura 13). Foi utilizado um programa de 85 °C, durante 32 minutos, no pasteurizador JUMO, como processo de pasteurização das refeições prontas.



Figura 12 - Imagem do Pasteurizador LAINOX.



Figura 13 - Imagem do Pasteurizador JUMO.

#### 4.2.1. Cálculos da avaliação da destruição do microrganismo alvo

Os cálculos que se realizam para determinar se uma pasteurização atingiu os seis ciclos logarítmicos de redução decimal, para o *C. botulinum*, foram efetuados em três passos.

##### 1º Passo:

Calculou-se a taxa de letalidade, para cada tempo do processamento térmico, através da seguinte equação:  $L = 10^{((T-T_0)/z)}$ , em que  $T_0$  é igual a 85°C (temperatura utilizada pelo pasteurizador) e  $T$  é a temperatura do ponto crítico a um dado momento<sup>8,9</sup>. Neste cálculo, considerou-se que o valor  $z$  do *C. botulinum* do tipo B tem um valor de 7 °C<sup>13,14</sup>.

### **2º Passo:**

Calculou-se o  $F_0$ , através da equação:  $F_0 = \sum_0^t L\Delta t$  <sup>8,9</sup>. Este cálculo foi essencial, porque permite aferir se o processamento aplicado atinge o processamento térmico mínimo no ponto crítico.

### **3º Passo:**

A letalidade do processo - número de reduções decimais do microrganismo alvo - foi obtida através da divisão do impacto do processamento térmico, obtido no passo anterior, pelo valor D do *C. Botulinum* à temperatura de referência ( $T_0$ )<sup>11</sup>. Neste caso, a temperatura de referência é igual a 85 °C e o valor  $D_0$  é igual a 4.85<sup>37</sup>. A equação de referência para este cálculo é:  $F_0 = D_0 \times \log(N_0/N)$ , onde  $\log(N_0/N)$  corresponde ao número de ciclos logarítmicos<sup>8</sup>.

Este método, que permite calcular a letalidade do processo, pode ser aplicado em casos em que a perda de humidade do produto (transferência de massa) é mínima<sup>11</sup>. Este é o caso dos produtos pasteurizados da Centralrest Lda., que são pasteurizados em cuvetes ou sacos termo-selados. Além disso, este modelo preditivo tem ganho popularidade e aceitação como uma ferramenta para avaliar e prever a segurança microbiológica dos produtos, sendo amplamente utilizado na indústria alimentar<sup>11,12</sup>.

## **4.3. Estudo do comportamento da Banha de Porco Monteiro Carnes**

Durante a produção da banha de porco, usando-se o Testo Datalogger T172-T2, fizeram-se medições de temperatura da banha de porco, desde o momento em que o produto foi transferido da marmitta para um recipiente próprio, até ao momento em que a banha de porco solidificou no interior das embalagens de venda do produto (figura 14).



Figura 14 - Banha de Porco Monteiro Carnes.

#### 4.4. Preparação das amostras para o teste TBARS e para a análise sensorial

Foi fornecida uma amostra do antioxidante E 392 pela empresa Amerex. Prepararam-se três tipos de amostras de francesinhas diferentes: (i) sem o E 392; (ii) com 150 ppm de E 392 no tempero da carne e (iii) com 50 ppm no óleo de fritura. Estas concentrações respeitam o Regulamento da UE número 1129/2011. As francesinhas foram produzidas como descrito no anexo 2. Posteriormente, cortaram-se as francesinhas em duas metades, de modo a que cada amostra representasse meia francesinha - figura 15. As análises foram feitas em triplicado e cada triplicado foi armazenado na mesma cuvette com igual percentagem de vácuo de uma francesinha vulgarmente produzida na Centralrest, Lda (15%). As amostras foram armazenadas a -18 °C.



Figura 15 - Amostras de francesinha em triplicado antes do embalamento (à esquerda) e depois do embalamento (à direita).

Recolheu-se uma amostra de banha de porco de uma produção normal diária (anexo 3). Dessa amostra, adicionaram-se 100 g a cada um dos 15 recipientes, obtendo-se assim as amostras de banha de porco sem antioxidante. Posteriormente, recolheu-se uma outra amostra de banha de porco e, quando esta atingiu uma temperatura de 30°C, adicionou-se 50 ppm de E 392 (a concentração do antioxidante está de acordo com o Regulamento da UE número 1129/2011). Após homogeneização, transferiram-se 100 g de banha de porco com antioxidante para cada um dos 15 recipientes. As amostras, com e sem antioxidante, foram armazenadas a 13.8 °C. Na figura 16 estão representadas duas amostras de banha de porco que foram analisadas: uma amostra de banha de porco com E 392 e outra amostra de banha de porco sem antioxidante.



Figura 16 - Amostras de banha de porco: com E 392 (à esquerda) e sem antioxidante (à direita).

#### 4.5. Teste TBARS

Antes de cada avaliação da oxidação lipídica da carne, foi feito o descongelamento de cada amostra de francesinha - descongelada num frigorífico durante a noite e depois aquecida no micro-ondas - e analisada a formação de malonaldeído na carne nos dias 0, 30, 59 e 85. O teste TBARS foi realizado, para a banha de porco, nos dias 0, 15, 32, 60 e 91.

Recolheram-se 5 g de carne de cada amostra e fez-se a homogeneização num homogeneizador (IKA Ultra Turrax T25) com 25 mL de ácido tricloroacético 7.5% - TCA 7.5% (Sharlau) durante dois minutos. Centrifugou-se o homogeneizado a 2000 rpm (Sigma Laboratory Centrifuges 3k30), durante 20 minutos, a 4 °C, e de seguida filtrou-se. Na figura 17 está representado um esquema do processo<sup>33,38</sup>.

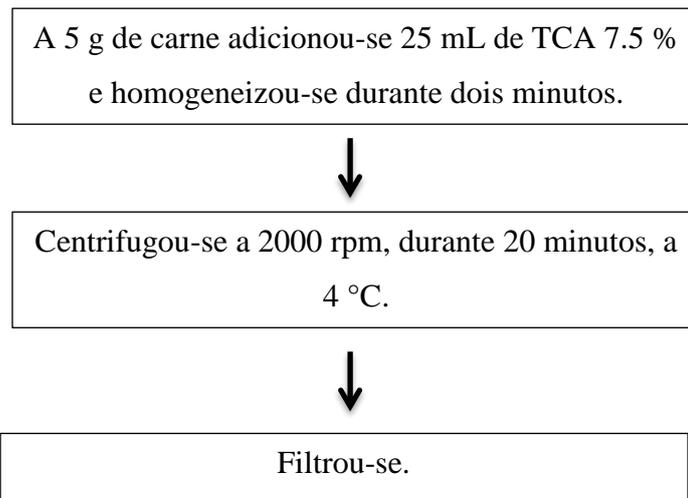


Figura 17 – Esquema do procedimento da obtenção do filtrado translúcido para o teste TBARS, para as amostras de francesinha.

No caso das amostras de banha de porco, adicionou-se 5 g de cada amostra a 10 mL de ácido tricloroacético 7.5% (Sharlau) e homogeneizou-se no Seward Stomacher 80 Lab System durante 7.5 minutos. A centrifugação e a filtração ocorreram de igual modo<sup>33,38</sup>. Esta parte do procedimento encontra-se esquematizada na figura 18.

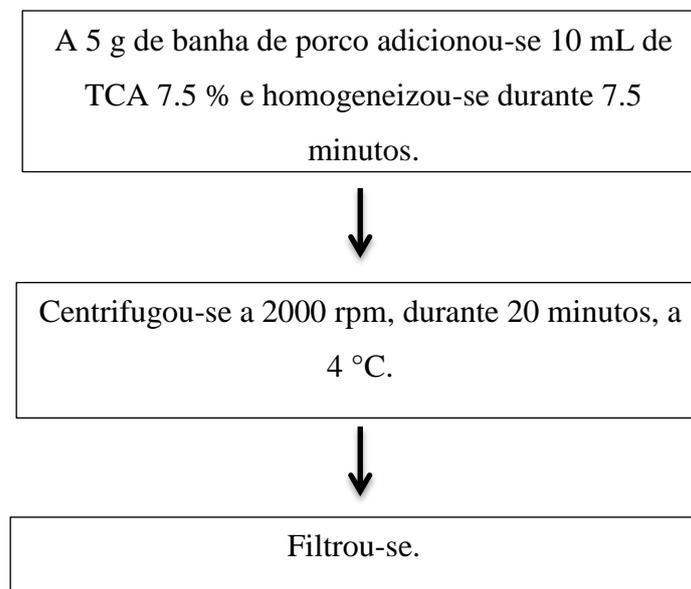


Figura 18 – Esquema do procedimento da obtenção do filtrado translúcido para o teste TBARS, para as amostras de banha de porco.

Para a determinação da concentração de malonaldeído, misturou-se 1 mL de TBA (46 mM dissolvido em ácido acético) a 1 mL do filtrado, num tubo. Após uma agitação rápida, estando o tubo bem fechado, colocou-se num banho de água a ferver, durante 40 minutos. Depois dos tubos serem arrefecidos em gelo, leu-se a densidade ótica, a 532 nm, no leitor de placas Multiskan Go - Thermo Scientific<sup>33,38</sup>. Na figura 19 está representado um esquema desta etapa do processo.

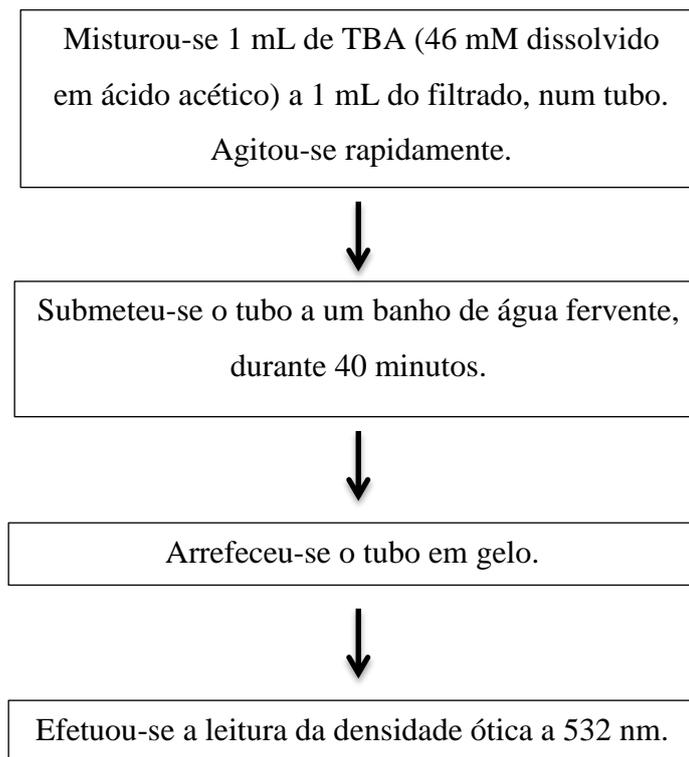


Figura 19 – Esquema do procedimento da preparação da reação com o TBA, para as amostras de francesinha e de banha de porco.

Para a construção da reta de calibração para o teste TBARS, utilizou-se uma solução-mãe de 1000  $\mu\text{M}$  de TMP (SIGMA-ALDRICH; 1,1,3,3-tetrametoxipropano) em ácido tricloroacético 7.5 % (Sharlau). A partir desta solução, prepararam-se soluções padrão com as seguintes concentrações: 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 1.0, 1.5, 2.5, 3.0, 3.5 e 5.0  $\mu\text{M}$ <sup>33</sup>. Leram-se as densidades óticas, a 532 nm, no leitor de placas Multiskan Go - Thermo Scientific<sup>33,38</sup>.

Construiu-se um gráfico com os valores da densidade ótica das várias soluções padrão. Esta etapa experimental encontra-se esquematizada na figura 20.

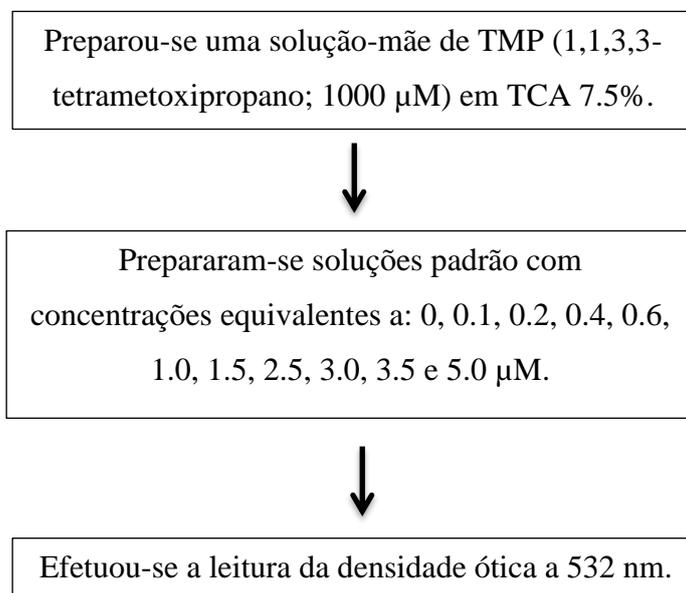


Figura 20 – Esquema do procedimento da preparação das soluções-mãe, para a reta de calibração do teste TBARS.

#### **4.6. Análise sensorial sumária de amostras de banha de porco e de carne bovina de francesinha**

Para a avaliação das características organolépticas, foram realizados testes sensoriais, ao longo do tempo, em amostras de banha de porco e de carne bovina de francesinha.

As amostras de banha de porco, antes da prova sensorial, foram sujeitas a um aquecimento por micro-ondas. As amostras de carne bovina de francesinha foram descongeladas num frigorífico durante a noite e depois foram aquecidas no micro-ondas.

O painel de provadores foi composto por 6 pessoas que trabalham na Centralrest, Lda e na Irmãos Monteiro, S.A..

Os testes sensoriais visavam a análise da cor, do sabor, da textura, do odor e da aceitação global, usando-se uma escala de 1 a 9: 1) desgostei muitíssimo; 2) desgostei muito; 3) desgostei moderadamente; 4) desgostei ligeiramente; 5) nem gostei, nem

desgostei; 6) gostei ligeiramente; 7) gostei moderadamente; 8) gostei muito; 9) gostei muitíssimo.

#### **4.7. Análise estatística**

As experiências foram feitas em triplicado. Para cada triplicado, foi calculada uma média  $\pm$  desvio padrão. Efetuou-se uma análise de variância de dois fatores - tempo e tipo de processamento da carne bovina de francesinha, para se verificar as diferenças entre as várias amostras de carne bovina de francesinha - sem antioxidante, com antioxidante no óleo e com antioxidante no tempero - ao longo do tempo (teste ANOVA). De seguida, fez-se uma comparação múltipla, através do teste de *Fischer*, para se identificar diferenças significativas entre os vários *p-values*. O nível de significância foi estabelecido para um *p-value* inferior a 0.05, com um intervalo de confiança de 95%., usando-se o *software* STATISTICA 7.0. (StatSoft, Inc.).

Efetou-se a mesma análise estatística para os dois tipos de amostras de banha de porco - com e sem antioxidante.

## 5. Resultados e Discussão

### 5.1. Planificação do estágio curricular

O estágio curricular realizou-se na Centralrest Lda. e o mapa da Centralrest Lda., encontra-se no anexo 4. Numa fase inicial do estágio curricular, começou-se por conhecer o funcionamento e a organização da empresa, para além dos deveres e obrigações de um responsável de produção.

Dessa primeira fase fizeram parte as seguintes tarefas:

- Conhecer os vários tipos de embalagens das refeições prontas e suas aplicações; os tipos de cuvetes, filmes e sacos.
- Saber colocar e mudar os filmes e moldes das máquinas de embalagem.
- Perceber como as máquinas de pasteurização e abatimento de temperatura funcionam.
- Ajudar as colaboradoras quando necessário.
- Aprender a preencher Fichas de Formulação, Fichas de Inventário e Mapa de Matérias-primas e Subsidiárias.
- Impressão de etiquetas para os diversos produtos da Centralrest, Lda..
- Supervisionar as colaboradoras, a par com as responsáveis de produção.
- Atualizar os modelos de documentação – documentação de formulação de produtos e documentos de instruções de trabalho, enquadrados na certificação da empresa.
- Verificar as temperaturas de confeção.
- Verificar a implementação do sistema HACCP.

Numa fase posterior, foi avaliado o contributo deste trabalho para a certificação da Centralrest, Lda., com base no *Codex alimentarius*. Para tal, foi necessário comprovar que o processamento térmico, através da pasteurização, é o adequado e que o abatimento de temperatura é seguro – tem de ocorrer durante um tempo aceitável e as temperaturas necessárias têm de ser atingidas. Além disso, deve-se garantir que o empratamento dos vários produtos comercializados pela Centralrest, Lda. ocorre de forma rápida e segura. Para atingir estes fins, foi necessário a criação de bases de dados com binómios de tempo-

temperatura para as etapas da formulação das refeições-prontas (o empratamento, a pasteurização e o abatimento de temperatura).

Ainda relativamente à certificação da Centralrest, Lda., criou-se um documento próprio para o controlo do empratamento (anexo 1) e criaram-se Documentos de Procedimento de Operação com a descrição da confeção de quase todos os produtos produzidos pela Centralrest, Lda. Um exemplo de um documento de Procedimento de Operação encontra-se no anexo 2.

Posteriormente, estudou-se a possibilidade de inibição da oxidação lipídica da carne bovina de francesinha e da banha de porco.

Em relação à carne bovina de francesinha, esta tende a sofrer oxidação lipídica à medida que o final do prazo de validade é atingido, derivado da baixa  $a_w$  do produto. Em relação à banha de porco, devido à elevada composição em ácidos gordos, esta também sofre invariavelmente oxidação lipídica, sendo este um fator determinante no tempo de prateleira (6 meses).

A solução proposta foi utilizar um antioxidante lipossolúvel, o extrato de alecrim (E 392). Com o propósito de avaliar a oxidação lipídica ao longo do tempo na carne bovina de francesinha e na banha de porco, realizaram-se análises sensoriais e o teste TBARS a diversas amostras de banha de porco e de carne bovina de francesinha.

## 5.2. Registo de binómios tempo-temperatura durante o empratamento

Segundo a FDA (*Food and Drug Administration*) e a ECFF (*European Chilled Food Federation*), não é aconselhável que as refeições prontas, durante o empratamento, atinjam e permaneçam a temperaturas entre os 10 e os 60 °C, por mais de duas horas<sup>14,39,40</sup>, pois pode ocorrer o desenvolvimento de microrganismos patogénicos e deteriorativos. Na tabela 7 estão enumerados os microrganismos patogénicos de maior preocupação na área alimentar.

Tabela 7 - Principais microrganismos patogénicos dos alimentos (tabela adaptada da referência 14).

Microrganismos	
<i>L. monocytogenes</i>	<i>E. coli</i>
<i>B. cereus</i>	<i>S. enterica</i>
<i>C. jejuni</i>	<i>S. aureus</i>
<i>C. botulinum</i>	<i>V. cholerae</i>
<i>C. perfringers</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>
<i>Y. enterocolitica</i>	<i>Y. enterocolitica</i>

Fizeram-se os registos de binómios tempo-temperatura de lotes de várias refeições prontas, durante o empratamento. As refeições referidas são: Caldo verde, Creme de alho Francês, Sopa campestre, Sopa de feijão verde, Creme de cenoura, Sopa da pedra, Arroz de cenoura, Arroz de ervilhas, Arroz vaporizado, Arroz de pato, Bacalhau com natas, Bacalhau com natas e camarão, Carne de porco com ameijoas, Empadão de atum, Empadão de carne, Entrecosto assado, Lasanha de carne, Moelas de frango, Rancho, Vitela à primavera e Molho de stroganoff. Estes registos foram efetuados de modo a existir a criação de uma base de dados e um maior controlo desta etapa de produção.

Os gráficos das figuras 21 a 24 mostram os registos de binómios tempo-temperatura, durante o empratamento, dos principais tipos de refeições prontas que foram produzidas na Centralrest, Lda., num dado período do ano. Os registos das restantes refeições prontas estão representados nos gráficos das figuras 41 a 57, que se encontram no anexo 5.

Obtiveram-se registos de binómios tempo-temperatura para 6 lotes de Caldo verde (I a VI) – figura 21. Em todas as amostras, a temperatura inicial foi superior a 87 °C, o que constituiu uma temperatura inicial muito elevada. Todos os lotes apresentaram uma temperatura final superior a 60 °C, que é uma temperatura satisfatória em relação à temperatura limite estabelecida. Relativamente aos lotes de Caldo verde III, IV e VI, constataram-se decréscimos de temperatura mais rápidos, comparativamente aos lotes de Caldo verde I, II e V, dado que as colaboradoras efetuaram o empratamento dos lotes III, IV e VI mais rapidamente. Em todos os lotes de Caldo verde, e especialmente para o lote de Caldo verde V, ocorreram oscilações de temperatura acentuadas, ao longo do tempo, que podem ser justificadas pela insuficiente homogeneização dos produtos.

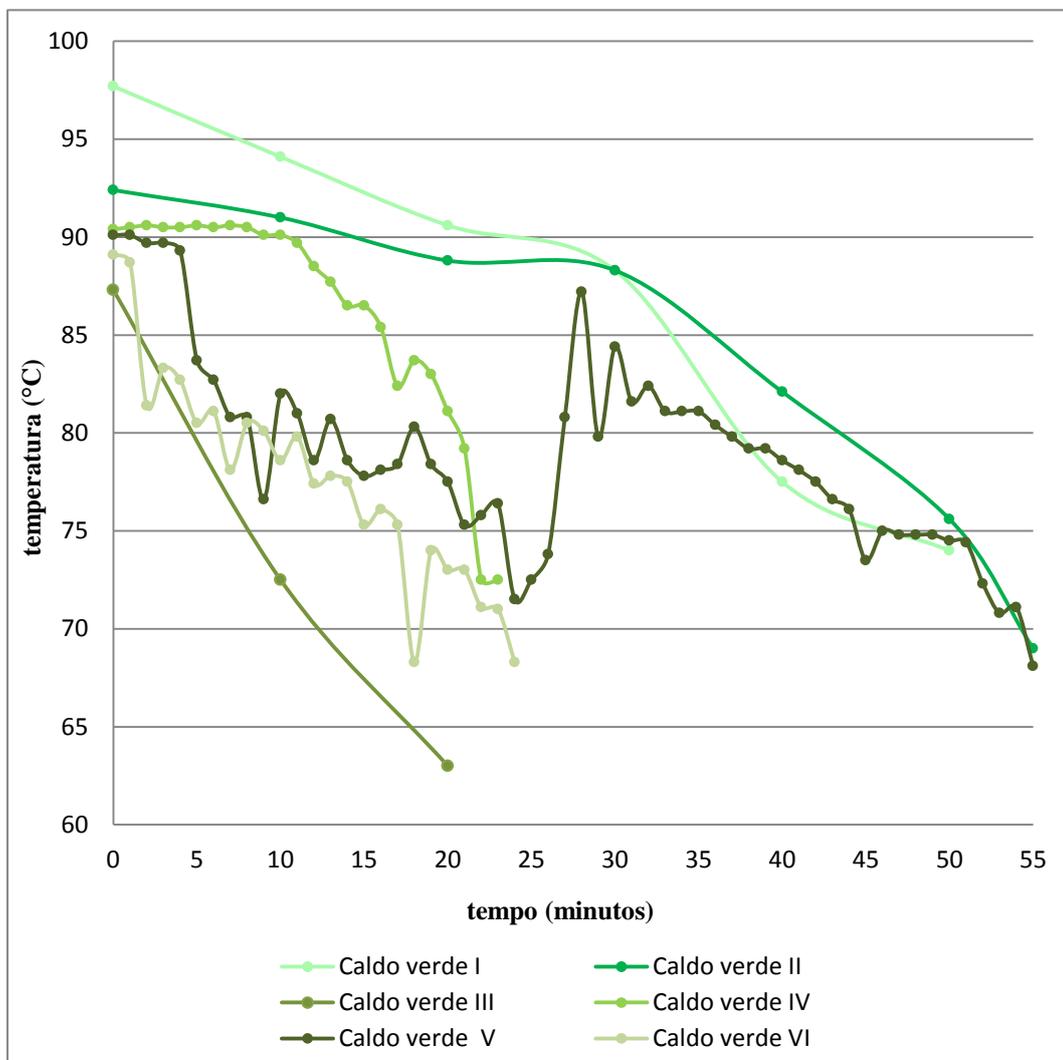


Figura 21 - Binómios tempo-temperatura de Caldo verde, durante o empratamento.

Anotaram-se registos de binómios tempo-temperatura para 6 lotes de Arroz de cenoura (I a VI), 1 lote de Arroz de ervilhas e 4 lotes de Arroz vaporizado (I a IV) – figura 22. Em todos os lotes, a temperatura oscilou pouco, ao longo do tempo.

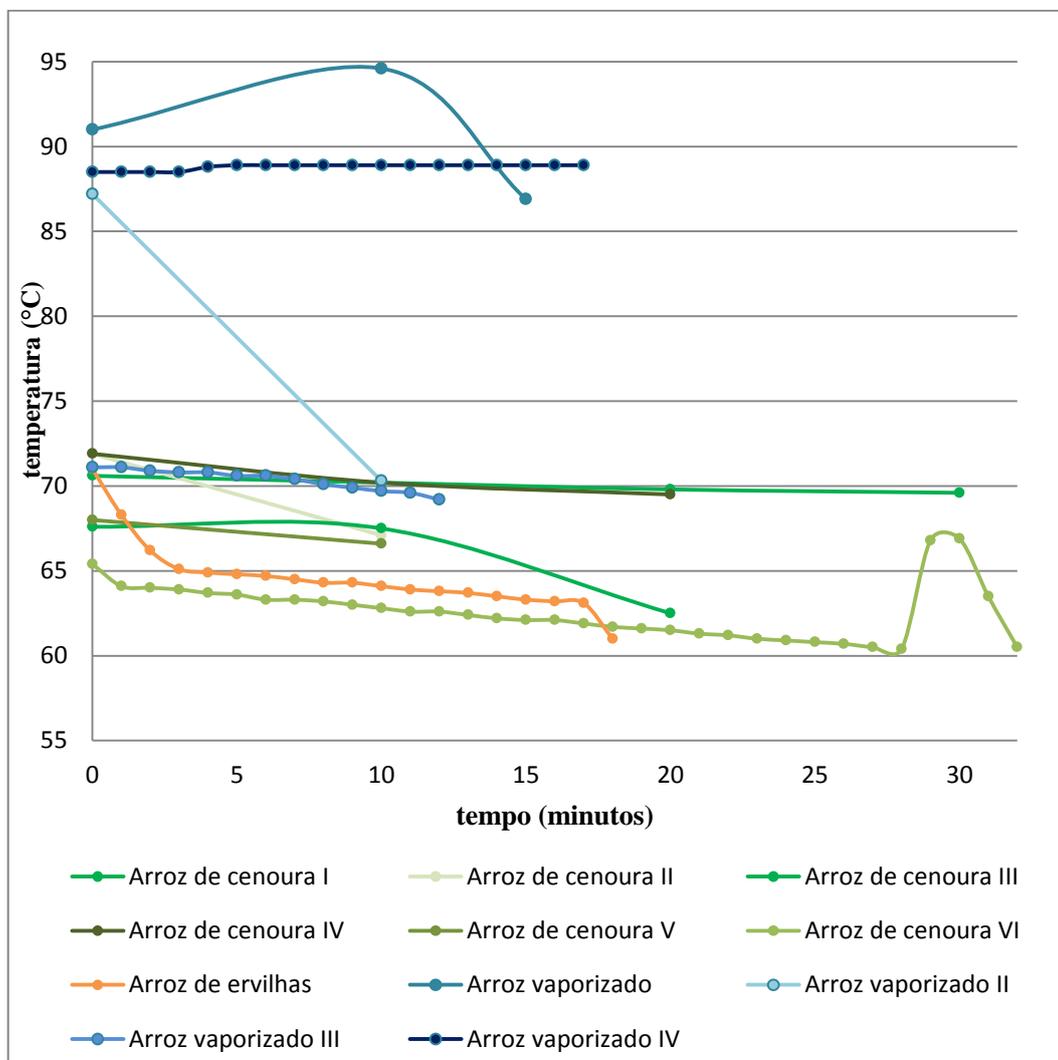


Figura 22 - Binómios tempo-temperatura de Arroz de cenoura, Arroz de ervilhas e Arroz vaporizado, durante o empratamento.

Obtiveram-se registos de binómios tempo-temperatura do recheio e do puré do Empadão de atum (Recheio I a V e Puré I a V) – figura 23. Este constituiu o empratamento mais longo e complexo, e mesmo assim a temperatura final de empratamento de todos os lotes foi igualmente superior a 60 °C.

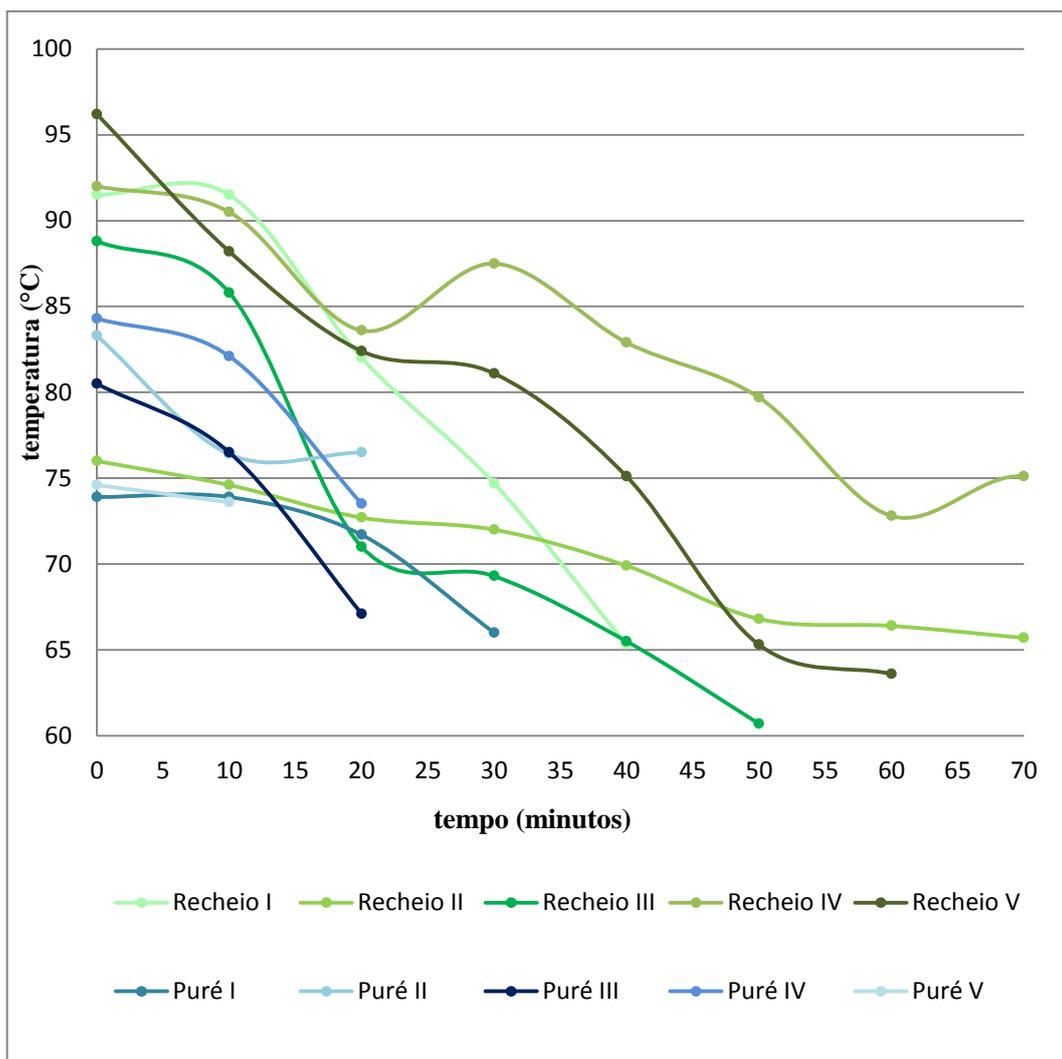


Figura 23 - Binómios tempo-temperatura de Empadão de atum, durante o empratamento.

Na figura 24 encontram-se representados os binómios tempo-temperatura de lotes de bacalhau com natas e de bacalhau com natas e camarão, durante o empratamento. Em todos os lotes, com as exceções do Bacalhau com natas II e do Bacalhau com natas e camarão IV, verificou-se que, durante o empratamento, não se atingiram temperaturas inferiores a 60 °C. Os lotes de Bacalhau com natas II e de Bacalhau com natas e camarão IV, registaram temperaturas inferiores a 60 °C, por um período inferior a duas horas – 10 minutos e 1 minuto, respetivamente. A razão que levou a que as temperaturas dos lotes de Bacalhau com natas II e Bacalhau com natas e camarão IV fossem inferiores a 60 °C está relacionada com o facto de o início do empratamento ter sido, nestes casos, mais lento do

que nos restantes lotes. Aliás, estes dois últimos lotes constituíram os únicos casos em que a temperatura registada foi inferior a 60 °C – figuras 21 a 24 e anexo 5.

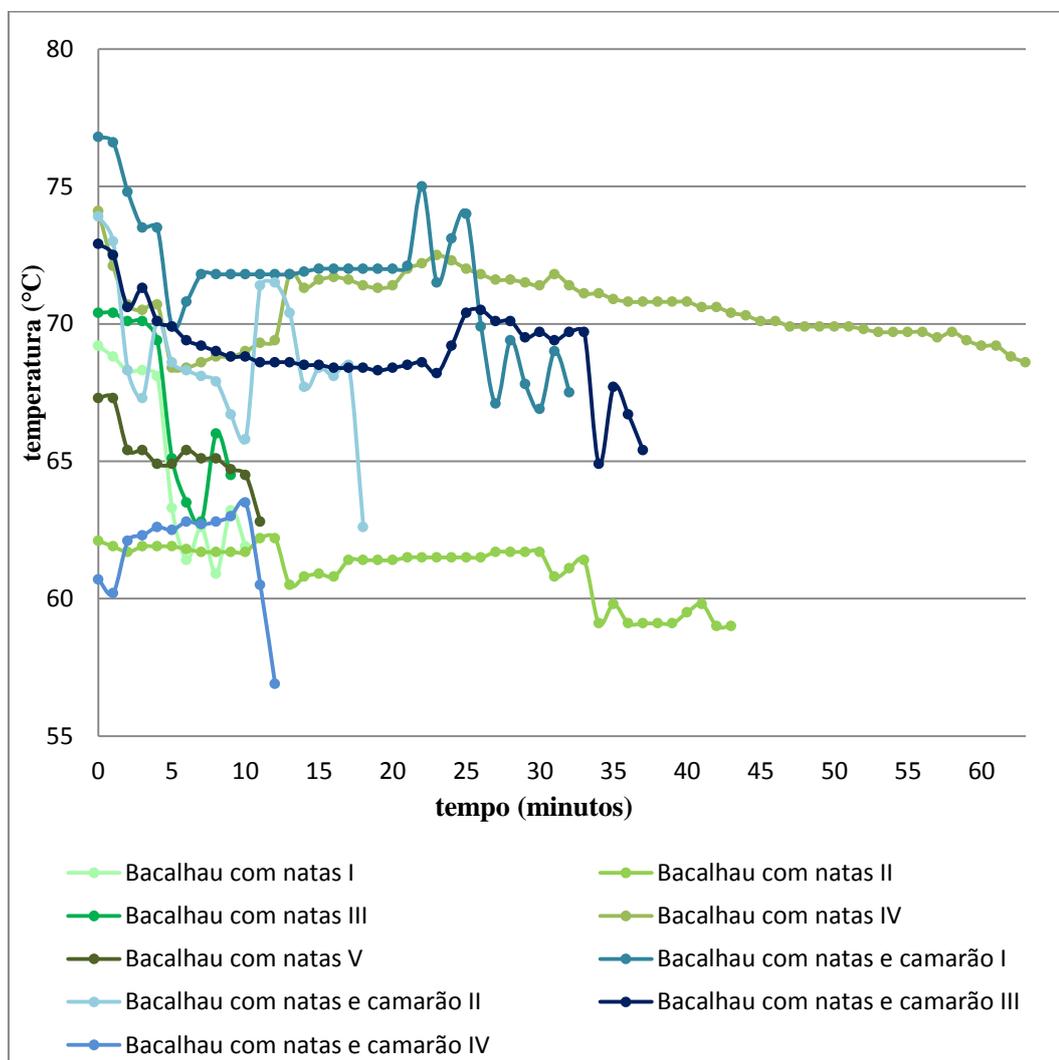


Figura 24 - Binómios tempo-temperatura de bacalhau com natas e bacalhau com natas e camarão durante o empratamento.

A Centralrest, Lda. é uma empresa muito dinâmica, pois a sua produção varia diariamente e também sazonalmente. Para o largo espetro de amostras analisadas, não se registaram, nos vários produtos, temperaturas inferiores a 60 °C, por mais de duas horas - figuras 21 a 24 e anexo 5. Deste modo, foi possível garantir a reduzida probabilidade de desenvolvimento de microrganismos patogénicos e deteriorativos, durante o empratamento das refeições prontas que são produzidas pela Centralrest, Lda.

Observou-se que a temperatura inicial, para todos os lotes das várias refeições prontas, variou muito de caso para caso, o que foi uma consequência da variação do tempo entre o final da confeção e o início do empratamento.

Além disso, pela análise dos gráficos, foi possível constatar que os tempos de empratamento variaram muito para os diferentes lotes das refeições prontas. Isso deveu-se a diversos fatores, tais como: (i) a produção que existiu num dia específico - o tempo entre o final da confeção e o início do empratamento tende a ser maior quando a produção diária é mais elevada, (ii) o número de colaboradores disponíveis para empratar e (iii) quais os colaboradores que estiveram a empratar – há colaboradores mais rápidos que outros.

Este estudo só assegurou o controlo durante o empratamento. No caso das refeições prontas ultracongeladas será necessário efetuar um estudo no futuro, sobre o percurso das refeições prontas, desde o fecho das cuvetes até ao túnel de congelação.

Verificou-se que o sistema HACCP e as boas práticas de higiene e segurança foram cumpridos regularmente, durante o empratamento. Observou-se que a implementação do sistema HACCP permitiu garantir a higiene dos colaboradores, matérias-primas, equipamentos e material de embalagem. Foram também asseguradas todas as precauções para evitar que houvesse qualquer tipo de contaminação.

### **5.3. Validação do abatimento de temperatura**

O abatimento de temperatura dos produtos refrigerados e ultracongelados deve ser feito de modo a que se consiga limitar o tempo de exposição dos alimentos a temperaturas críticas de crescimento de microrganismos, que se situam entre os 10 e os 60 °C<sup>14,39,40</sup>. O tempo de exposição a essas temperaturas não deve exceder as duas horas, de acordo com a ECFE<sup>14</sup>.

#### **5.3.1. Abatimento de temperatura de produtos refrigerados**

Na Centralrest, Lda. existe uma preocupação permanente com o controlo do abatimento de temperatura das refeições pasteurizadas. O abatimento de temperatura dos produtos pasteurizados da Centralrest, Lda. foi realizado no abatedor de temperatura Ilsa s.p. e no abatedor de temperatura Tecnomak. Neste trabalho, realizou-se uma análise dos registos dos intervalos de tempo em que se atingiu a temperatura de refrigeração (3 °C), para as várias refeições prontas, em ambos os abatedores de temperatura (tabelas 8 e 9; e tabelas do anexo 6), ao longo de 2 semestres (2º semestre de 2012 e 1º semestre de 2013). Através da leitura das tabelas 8 e 9, foi possível fazer uma análise estatística, dado que o número de registos foi superior ou igual a 3. Já em relação às tabelas do anexo 6, o número de registos foi inferior a 3, logo os registos não são conclusivos estatisticamente.

No caso do abatedor de temperatura Ilsa s.p., o ponto crítico dos diversos produtos esteve entre os 10 e os 60 °C, durante um intervalo de tempo indefinido, porque o equipamento não tem um programa que permite determiná-lo. Dos 20 tipos de produtos representados na tabela 8, os que tiveram um tempo superior a 2 h para atingirem os 3 °C foram: Caldo verde (2.5 kg), Creme de legumes (2.5 kg), Sopa Campestre (2.5 kg), Sopa de feijão branco (2.5 kg), Sopa de feijão verde (2.5 kg), Sopa de feijão verde (0.390 kg), Bacalhau com natas (2.0 kg), Bacalhau com natas (1.0 kg), Almôndegas (2.0 kg), Feijoada à transmontana (2.0 kg), Moelas (2.0 kg) e Batata a murro/ assada (1.5 kg). Os casos em que se ultrapassaram as duas horas, desde o início do abatimento de temperatura até ao momento em que se atingem os 3 °C, deveu-se às temperaturas iniciais serem muito superiores a 60 °C, demorando algum tempo a atingir-se os 60 °C. Em média, a temperatura inicial para esses casos, foi igual 74.6 °C. Assim, a exposição dos alimentos às

temperaturas críticas de crescimento dos microrganismos patogénicos poderá ter sido mínima. Além disso, as diversas análises microbiológicas, que são feitas para as refeições pasteurizadas que foram refrigeradas no abatedor de temperatura Ilsa s.p., não evidenciaram resultados preocupantes.

Tabela 8 - Tempo médio de abatimento de temperatura de alguns produtos pasteurizados, usando-se o equipamento Ilsa s.p..

<b>Tipo de produto</b>	<b>Temperatura média de início (°C)</b>	<b>Tempo médio para atingir os 3 °C (h)</b>	<b>Número de registos</b>
<b>Caldo verde (2.5 kg)</b>	77.3 ± 4.6	2.2 ± 0.7	4
<b>Creme de alho francês (2.5 kg)</b>	74.0 ± 8.4	2.0 ± 0.8	4
<b>Creme de cenoura (2.5 kg)</b>	73.5 ± 5.4	2.0 ± 0.6	6
<b>Creme de legumes (2.5 kg)</b>	77.9 ± 7.3	2.7 ± 0.5	7
<b>Creme de legumes (0.390 kg)</b>	79.0 ± 4.1	1.5 ± 0.2	5
<b>Sopa campestre (2.5 kg)</b>	72.4 ± 7.2	2.1 ± 0.4	14
<b>Sopa de feijão branco (2.5 kg)</b>	75.7 ± 6.0	2.5 ± 0.6	7
<b>Sopa de feijão verde (2.5 kg)</b>	74.8 ± 4.7	2.2 ± 0.7	14
<b>Sopa de feijão verde (0.390 kg)</b>	78.8 ± 2.7	2.5 ± 0.6	6
<b>Bacalhau com natas (2.0 kg)</b>	70.3 ± 6.4	2.7 ± 0.2	4
<b>Bacalhau com natas (1.0 kg)</b>	75.0 ± 5.1	2.4 ± 0.8	5
<b>Lasanha de bacalhau (1.0 kg)</b>	66.7 ± 4.1	2.0 ± 0.4	3
<b>Almôndegas (2.0 kg)</b>	74.0 ± 5.1	2.1 ± 0.4	5
<b>Entrecosto assado (2.0 kg)</b>	56.5 ± 19.7	1.9 ± 0.7	6
<b>Feijoada à transmontada (2.0 kg)</b>	68.9 ± 6.4	2.1 ± 0.7	7
<b>Lasanha de carne (2.0 kg)</b>	71.9 ± 8.1	2.0 ± 0.4	8
<b>Moelas (2.0 kg)</b>	76.1 ± 2.9	2.2 ± 0.4	8
<b>Moelas (1.0 kg)</b>	78.0 ± 6.2	1.6 ± 0.1	3
<b>Preparado de pato desfiado com calda (0.660 kg)</b>	66.2 ± 3.7	1.5 ± 0.2	5
<b>Batata a murro/ assada (1.5 kg)</b>	74.5 ± 4.7	2.3 ± 0.3	4

De acordo com os registos da tabela 9, para o abatedor de temperatura Tecnomak, todos os produtos pasteurizados estiveram menos de 2 horas na região crítica 10 – 60 °C. É possível afirmar-se que, durante o abatimento de temperatura, no abatedor de temperatura Tecnomak, o tempo de exposição dos alimentos pasteurizados às temperaturas críticas de crescimento de microrganismos patogénicos foi mínimo.

Tabela 9 - Tempo médio de abatimento de temperatura de alguns produtos pasteurizados, usando-se o equipamento Tecnomak.

<b>Tipo de produto</b>	<b>Temperatura média de início (°C)</b>	<b>Tempo médio entre os 60-10 °C (h)</b>	<b>Tempo médio entre os 10-3 °C (h)</b>	<b>Número de registos</b>
<b>Caldo verde (2.5 kg)</b>	68.2 ± 7.7	1.4 ± 0,2	1.0 ± 0.5	5
<b>Creme de alho francês (2.5 kg)</b>	71.0 ± 10.1	1.3 ± 0,2	1.2 ± 0.5	3
<b>Creme de cenoura (2.5 kg)</b>	70.3 ± 3.6	1.6 ± 0,5	1.0 ± 0.5	6
<b>Creme de legumes (2.5 kg)</b>	65.7 ± 6.5	1.5 ± 0,7	1.4 ± 0.5	6
<b>Sopa de feijão verde (2.5 kg)</b>	69.8 ± 4.4	1.3 ± 0,7	1.0 ± 0.5	5
<b>Bacalhau com natas (1.0 kg)</b>	63.3 ± 4.7	1.6 ± 0,3	1.0 ± 0.4	3
<b>Almôndegas (2.0 kg)</b>	65.0 ± 11.1	1.7 ± 0,4	1.4 ± 0.3	3
<b>Lasanha de carne (1.0 kg)</b>	58.3 ± 6.7	1.3 ± 0,2	0.5 ± 0.3	3
<b>Moelas (2.0 kg)</b>	64.5 ± 12.8	1.3 ± 0,5	1.0 ± 0.2	4
<b>Preparado de pato desfiado com calda (0.660 kg)</b>	60.8 ± 6.5	1.3 ± 0,4	0.8 ± 0.2	5

Todos os produtos da tabela 13 (anexo 6) não excederam as duas horas de tempo de refrigeração total e os produtos da tabela 14 (anexo 6) estiveram menos de duas horas expostas ao intervalo de temperatura 10 – 60 °C.

Com base nos registos de abatimento de temperatura das várias refeições pasteurizadas, foi possível constatar que o equipamento Tecnomak está de acordo com as recomendações da ECFF. Para o equipamento Ilsa. s.p. sugere-se a alteração do programa, de modo a ser possível quantificar o tempo em que os produtos ficam expostos ao intervalo de temperatura 10 – 60 °C, sendo para já os resultados inconclusivos. Para os dois equipamentos, constata-se que as temperaturas de refrigeração são atingidas.

### 5.3.2. Abatimento de temperatura de produtos ultracongelados

Foram elaborados alguns acompanhamentos de abatimento de temperatura de refeições prontas ultracongeladas, que foram realizados num túnel de congelação. Os registos de abatimento de temperatura foram efetuados sempre que houve uma produção excedente na empresa. Deste modo, acompanhou-se o abatimento de temperatura da Feijoada (figura 25) e do Bacalhau com natas (figura 26). Ambos os tipos de refeições tinham uma dimensão de 2 kg - a maior dimensão produzida pela empresa.

De acordo com os resultados, observou-se um abatimento de temperatura lento até aos  $-18^{\circ}\text{C}$ . O tempo de abatimento de temperatura para o Bacalhau com natas foi, em média, igual a 9.4 horas, enquanto que o tempo de abatimento de temperatura para a Feijoada foi, em média, igual a 8.9 horas. Contudo, os produtos demoraram, em média, pouco tempo a atingirem os  $10^{\circ}\text{C}$ : 1.1 horas para a Feijoada e 1.6 horas para o Bacalhau com natas. Este arrefecimento rápido até aos  $10^{\circ}\text{C}$  foi importante, porque foi mínima a exposição das refeições à zona de maior proliferação microbiológica, durante a congelação<sup>14</sup>.

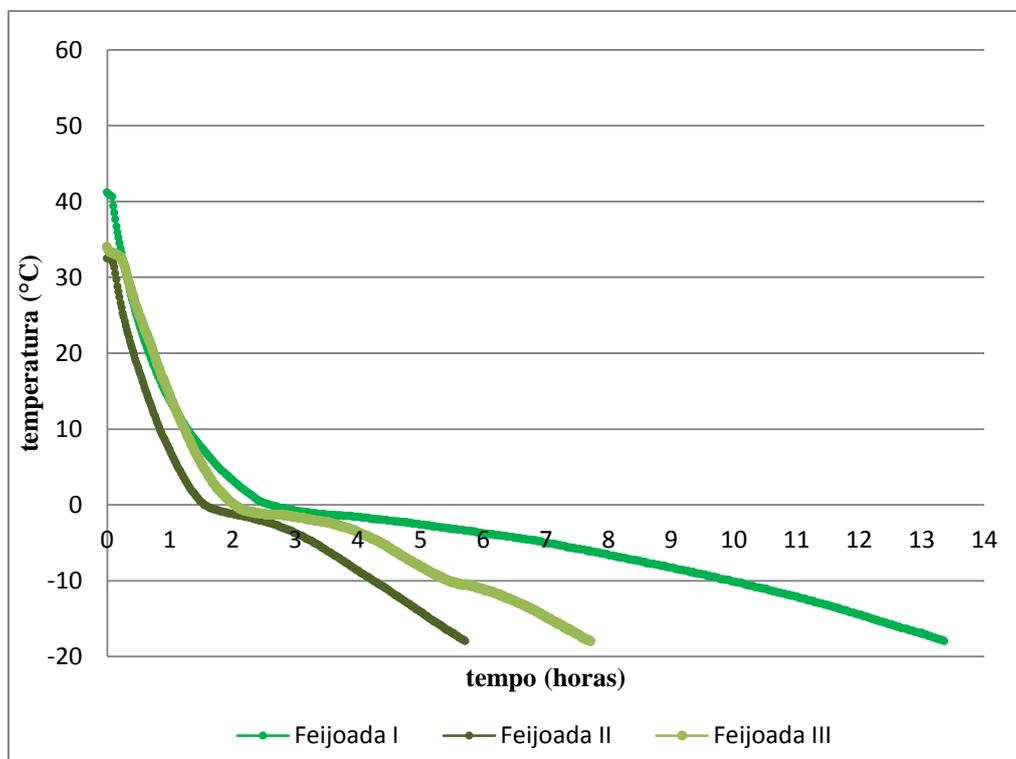


Figura 25 - Binómios tempo-temperatura de feijoada durante a congelação.

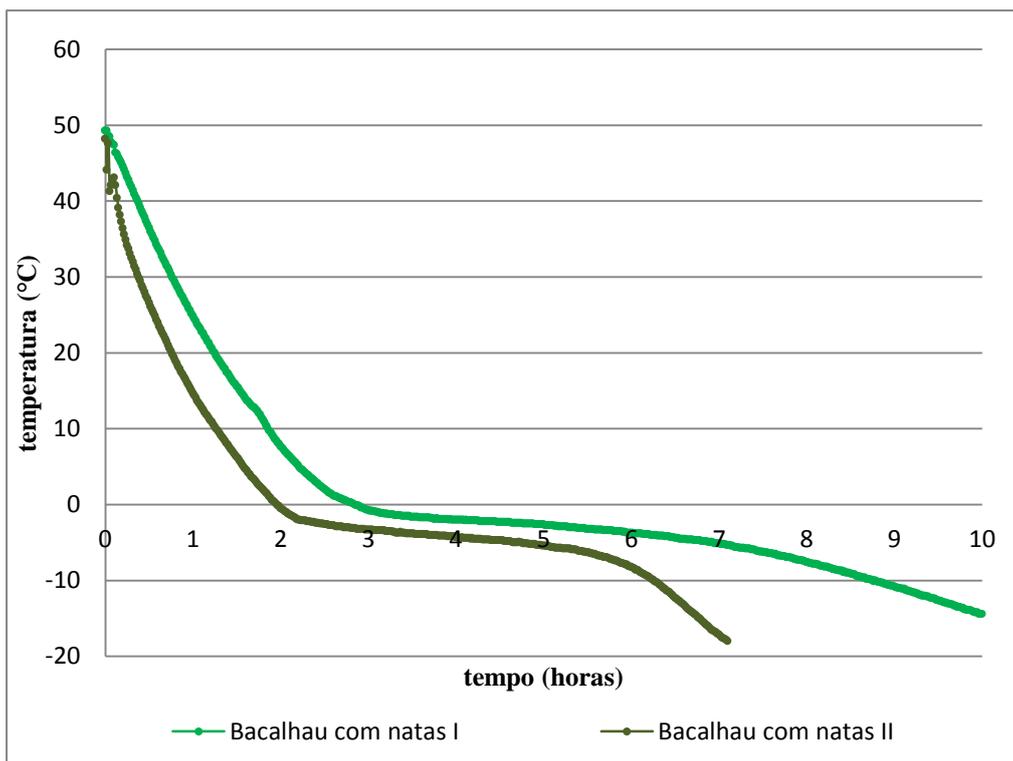


Figura 26 - Binómios tempo-temperatura de bacalhau com natas durante a congelação.

A temperatura inicial dos vários produtos não é superior a 60 °C. Desse modo, desconhece-se o tempo durante o qual os vários produtos estiveram a temperaturas inferiores a 60 °C, desde o fecho das cuvetes até ao início do abatimento de temperatura. Dever-se-á efetuar um estudo para se determinar o tempo de exposição dos produtos entre os 10 e os 60 °C, para essa etapa de produção.

Em todos os controlos de abatimento de temperatura foi possível observar que a temperatura de congelamento comercial (- 18 °C) foi sempre atingida. Este é um dado importante, porque, desta forma, garantiu-se a suspensão de toda a atividade microbiológica<sup>2</sup>.

#### 5.4. Validação da pasteurização

O pasteurizador LAINOX encontra-se validado desde a sua aquisição e a validação foi efetuada pelos representantes espanhóis da empresa ILPRA em junho de 2006. Esta empresa baseou-se na legislação francesa, que recomenda 1000 unidades de pasteurização para as refeições prontas.

A ILPRA SYSTEMS SPAIN desenvolveu um programa informático, disponível num computador adjunto ao pasteurizador LAINOX, que utiliza as informações obtidas pelas duas sondas do equipamento: a que mede a temperatura do forno e a que mede a temperatura do interior do produto. O programa utilizou a equação da taxa de letalidade ( $L = 10((T-T_0)/z)$ ) para criar uma base de dados de valores de unidades de pasteurização, para várias temperaturas. Esses valores foram usados pelo programa para calcular o número de unidades de pasteurização, em cada instante (tabela 10), terminando o processamento térmico quando atingidas as 1000 U.P..

Tabela 10 - Tabela de valores de unidades de pasteurização (informação adaptada da ILPRA SYSTEMS SPAIN).

Temperatura (°C)	U.P./min	Temperatura (°C)	U.P./min	Temperatura (°C)	U.P./min
50	0.010	67	0.501	84	25.119
51	0.012	68	0.631	85	31.622
52	0.016	69	0.794	86	39.810
53	0.020	70	1.000	87	50.118
54	0.025	71	1.259	88	63.095
55	0.031	72	1.585	89	79.433
56	0.040	73	1.995	90	100.000
57	0.050	74	2.512	91	125.892
58	0.063	75	3.162	92	158.489
59	0.079	76	3.981	93	199.526
60	0.100	77	5.012	94	251.188
61	0.126	78	6.309	95	316.227
62	0.158	79	7.943	96	398.107
63	0.200	80	10.000	97	501.187
64	0.251	81	12.589	98	630.957
65	0.316	82	15.849	99	794.328
66	0.398	83	19.952	100	1000.000

A ILPRA garante que os produtos sujeitos a um processamento térmico de 1000 U.P. possuem um tempo de prateleira de 42 dias. A Centralrest, Lda. concluiu, através de estudos microbiológicos, que produtos com um tempo de prateleira de 42 dias estão em condições de serem consumidos, o que vai de encontro com as garantias da ILPRA.

O pasteurizador JUMO possui 2 programas de pasteurização: i) 85 °C durante 32 minutos e ii) 90 °C durante 10 minutos. Estes 2 programas foram definidos tendo em conta os números de unidades de pasteurização, para cada instante, obtidos para o pasteurizador LAINOX – tabela 10. Neste trabalho, realizou-se a validação do pasteurizador JUMO, verificando-se a adequabilidade do programa i) no processamento térmico.

#### 5.4.1. Avaliação do processo de pasteurização do pasteurizador JUMO

Com base nos fundamentos anteriores, procedeu-se ao cálculo do número de reduções decimais para todas as refeições prontas pasteurizadas, no período que vai desde o 2º semestre de 2012 até ao 1º semestre de 2013. Os resultados encontram-se nas tabelas 11 e 12, sendo que na tabela 11 foi possível obter resultados estatísticos e na tabela 12 tal não foi possível. Por análise das tabelas 11 e 12, é possível constatar que, para todos os produtos, ocorreu o número de reduções decimais necessário para a destruição do *C. botulinum* (todos os resultados foram superiores a 6 reduções decimais).

Tabela 11 – Média do número de reduções decimais e do impacto do processamento térmico de produtos com número de amostras superior a 3, utilizando-se o pasteurizador JUMO.

Nome do produto	$F_0 = \sum_0^t L\Delta t$	$\log(N_0/N)$	Número de amostras
Almôndegas (2.0 kg)	35.9 ± 4.67	7.40 ± 0.96	3
Bacalhau com natas (1.0kg)	47.0 ± 4.85	9.70 ± 0.99	3
Batata assada (1.5 kg)	46.3 ± 17.90	9.55 ± 3.68	5
Creme de cenoura (2.5 kg)	40.7 ± 7.13	8.36 ± 1.47	7
Creme de legumes (2.5 kg)	34.6 ± 3.92	7.14 ± 0.81	5
Moelas de frango (2.0 kg)	35.4 ± 3.94	7.30 ± 0.81	4
Pato desfiado com calda (0.390 kg)	37.8 ± 4.43	7.80 ± 0.81	9
Salada Russa (1.0 kg)	39.3 ± 4.69	8.11 ± 0.97	5

Tabela 12 - Média do número de reduções decimais e do impacto do processamento térmico de produtos com número de amostras inferior a 3, utilizando-se o pasteurizador JUMO.

Nome do produto	$F_0 = \sum_0^t L\Delta t$	$\log(N_0/N)$	Número de amostras
<b>Almôndegas (1.0 kg)</b>	35.9	7.41	1
<b>Almôndegas com Arroz (0.300 kg)</b>	27.7	5.70	1
<b>Bacalhau com natas (2.0 kg)</b>	44.4	9.15	2
<b>Caldo verde (2.5 kg)</b>	33.5	6.92	1
<b>Creme de alho Francês (2.5 kg)</b>	48.4	9.97	1
<b>Entrecosto assado (2.0 kg)</b>	51.1	10.54	1
<b>Lasanha de bacalhau (1.0 kg)</b>	39.9	8.23	1
<b>Lasanha de bacalhau (2.0 kg)</b>	37.9	7.81	1
<b>Lasanha de carne (2.0 kg)</b>	38.1	7.86	1

O pasteurizador JUMO tem um programa de processamento térmico, de 85 °C durante 32 minutos, que, de acordo com os resultados, é válido e seguro. O programa de processamento térmico, de 90 °C durante 10 minutos, apesar de ser recomendado pela ACMSF, não é utilizado atualmente, porque o pasteurizador JUMO utiliza um sistema de vapor com um fluxo que, por vezes, não permite elevar e manter a temperatura do ponto crítico nos 90°C. Consequentemente, o pasteurizador demora várias horas a atingir essa temperatura, o que acaba por não ser compensatório. É algo que seria interessante resolver, porque, se fosse possível realizar um processamento térmico a 90 °C, haveria uma maior eficiência energética e uma melhoria das propriedades organolépticas.

## 5.5. Avaliação da oxidação lipídica da carne bovina de francesinha, com e sem extrato de alecrim (E 392)

### 5.5.1. Reta de calibração para o teste TBARS

Na figura 27 está representada a reta de calibração para o teste TBARS de amostras de francesinha e de banha de porco. A reta de calibração, de equação  $y = 0,2405x - 0,008$ , foi usada para determinar a concentração de MDA, em g/kg.

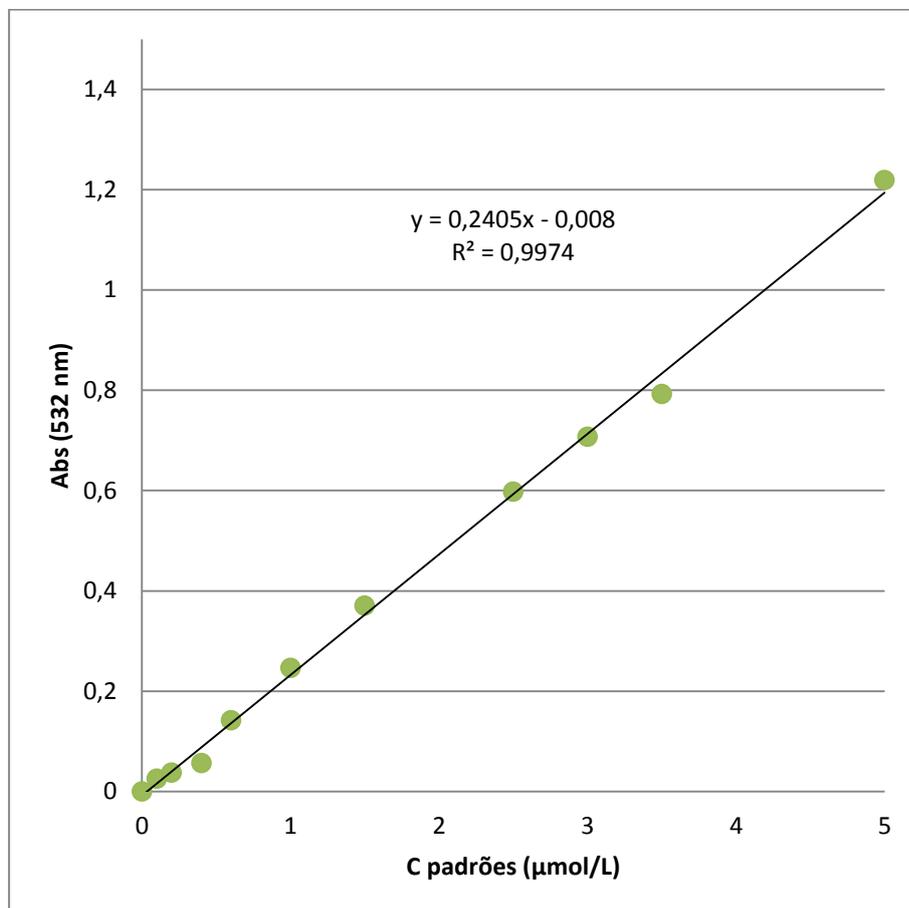


Figura 27 - Reta de calibração para o teste TBARS.

### 5.5.2. Teste TBARS

Os valores de concentração de MDA, que se formou, durante 85 dias, em amostras de carne de francesinha (i) sem antioxidante E 392, (ii) com antioxidante E 392 no tempero e (iii) com antioxidante E 392 no óleo, encontram-se representados no gráfico de barras da figura 28. O teste TBARS foi utilizado com o intuito de se efetuar uma avaliação da oxidação lipídica secundária nestes três tipos de amostras.

Por análise da figura 28, observa-se que, para os quatro momentos de análise (dia 0, dia 30, dia 59 e dia 85), as amostras de carne de francesinha sem antioxidante apresentaram um valor médio de concentração de MDA superior ao registado nas amostras de carne de francesinha com antioxidante no óleo e nas amostras de carne de francesinha com antioxidante no tempero. Por seu lado, as amostras de carne de francesinha com antioxidante no tempero foram as amostras que apresentaram um valor de concentração de MDA inferior, para cada momento de análise (dia 0, dia 30, dia 59 e dia 85).

As amostras de carne de francesinha com antioxidante no óleo registaram um aumento do valor médio de concentração de MDA, ao longo do tempo. O aumento mais significativo observou-se no dia 85, onde o valor médio de concentração de MDA foi 2.9 vezes superior ao valor médio de concentração MDA do dia 59.

O valor médio de concentração de MDA das amostras de carne de francesinha sem antioxidante também aumentou, ao longo do tempo, exceto para o dia 59, em que se observou uma redução deste valor. A redução do valor médio de concentração de MDA, neste dia, pode ter sido o resultado de um erro experimental não identificado, dado que o desvio padrão foi elevado.

O valor médio de concentração de MDA das amostras de carne de francesinha com antioxidante no tempero aumentou, ao longo do tempo, tal como para as amostras sem antioxidante, tendo-se observado uma redução do valor médio de MDA no dia 59. Para além disso, há a registar a eliminação de um valor discrepante de concentração de MDA, no dia 30, para uma amostra de carne de francesinha com antioxidante no tempero. O valor eliminado está identificado no anexo número 8. Consequentemente, na figura 28, para o dia 30, está representado uma média de concentração de MDA formada apenas por dois valores.

É comum ocorrerem oscilações do valor de concentração de MDA, ao longo do tempo, tendo estas oscilações sido descritas noutros estudos (amostras de óleos e de algumas espécies de peixes)<sup>34,41,42</sup>. A redução do valor de concentração de MDA pode ser devida à formação de produtos resultantes da polimerização de compostos de oxidação secundária, entre os quais o MDA, originando-se assim produtos de oxidação terciária<sup>41</sup>.

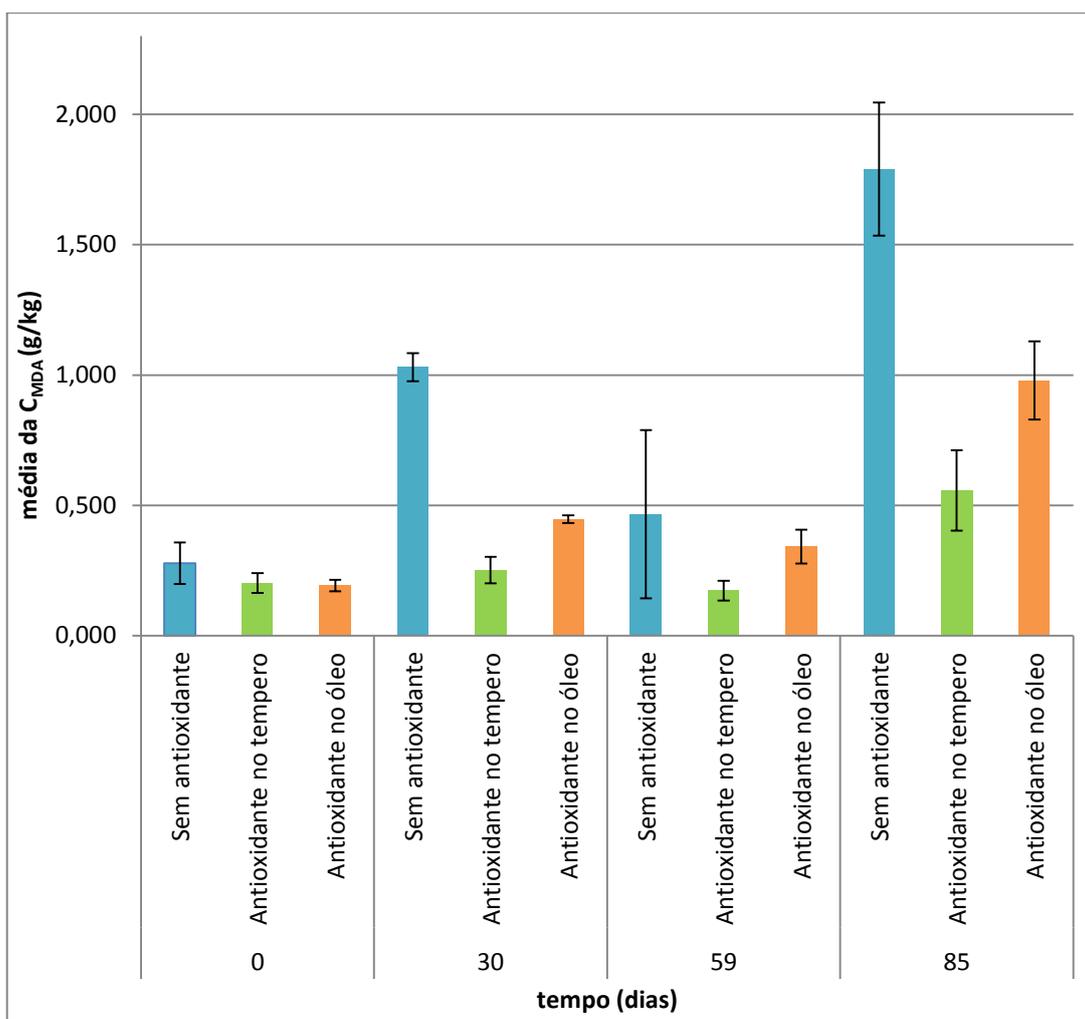


Figura 28 - Valores de concentração de MDA formado (g/kg) ao longo de 85 dias, para amostras de carne de francesinha: sem antioxidante, com E 392 no tempero e com E 392 no óleo.

Obteve-se, com o teste TBARS, um índice relativo da oxidação lipídica<sup>34</sup>. Através da análise estatística, foi possível concluir que os valores não são significativamente diferentes. Contudo, os valores de concentração de MDA registados levam a crer que o

antioxidante E 392 é eficaz quando aplicado no tempero. Seria necessário realizar um estudo mais aprofundado, durante um ano – que é o equivalente ao tempo de prateleira da Francesinha de carne bovina. Além disso, é importante quantificar os peróxidos lipídicos (produtos da oxidação lipídica primária<sup>34</sup>) e os dienos conjugados (produtos da oxidação lipídica primária<sup>34</sup>), para além da quantificação do MDA e do teor de ácidos gordos livres, ao longo do tempo. Tal estudo permitiria retirar conclusões mais aprofundadas sobre a eficácia do uso do antioxidante.

### **5.5.3. Análise sensorial sumária**

A análise sensorial preliminar das várias amostras de carne de francesinha foi muito importante, porque permitiu perceber se houve ou não melhorias significativas nas características organoléticas das amostras de francesinha com antioxidante E 392, tanto no tempero como no óleo, nos dias 31, 62 e 89. Também permitiu perceber se houve ou não alterações organoléticas associadas à oxidação lipídica.

As figuras 29, 30 e 31 representam os diagramas radar, referentes às amostras de carne de francesinha, nos dias 31, 62 e 89, respetivamente. Um dos eixos, de cada gráfico, representa a aceitação global, enquanto que os restantes quatro eixos representam uma das seguintes características sensoriais: (i) cor, (ii) sabor, (iii) textura e (iv) cheiro.

Por análise da figura 29, é possível observar que o painel preferiu as amostras de carne de francesinha com antioxidante no tempero e de carne de francesinha com antioxidante no óleo, dado estas duas amostras obtiveram uma melhor classificação ao nível da aceitação global, cheiro, textura e sabor.

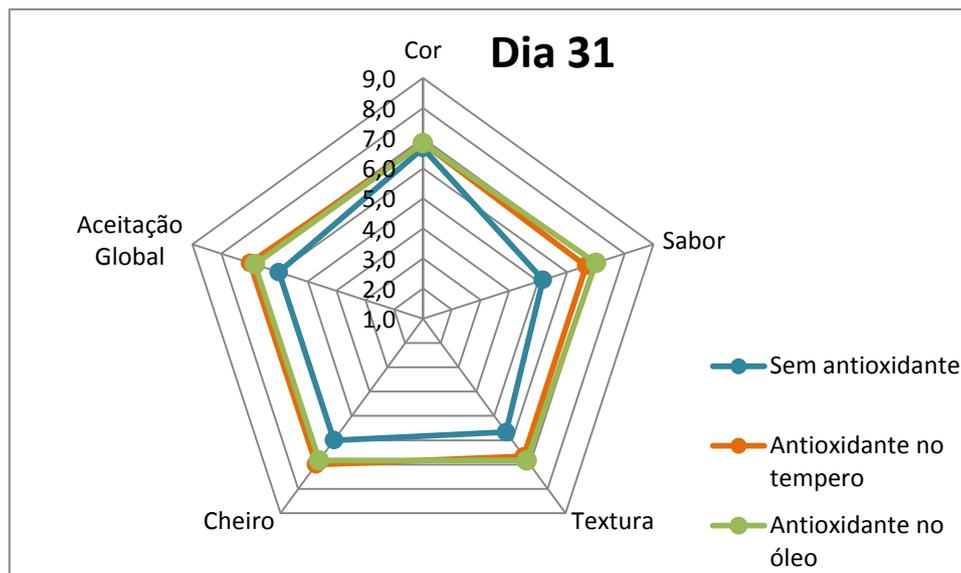


Figura 29 - Diagrama radar do dia 31, referente à análise sensorial das amostras de carne de francesinha: (i) sem antioxidante, (ii) com E 392 no tempero e (iii) com E 392 no óleo.

É possível constatar que, no dia 62 (figura 30), a amostra de carne de francesinha sem antioxidante permaneceu com a avaliação mais desfavorável, enquanto que as outras duas amostras de carne de francesinha obtiveram uma maior aceitação global e uma melhor avaliação ao nível do cheiro e do sabor.

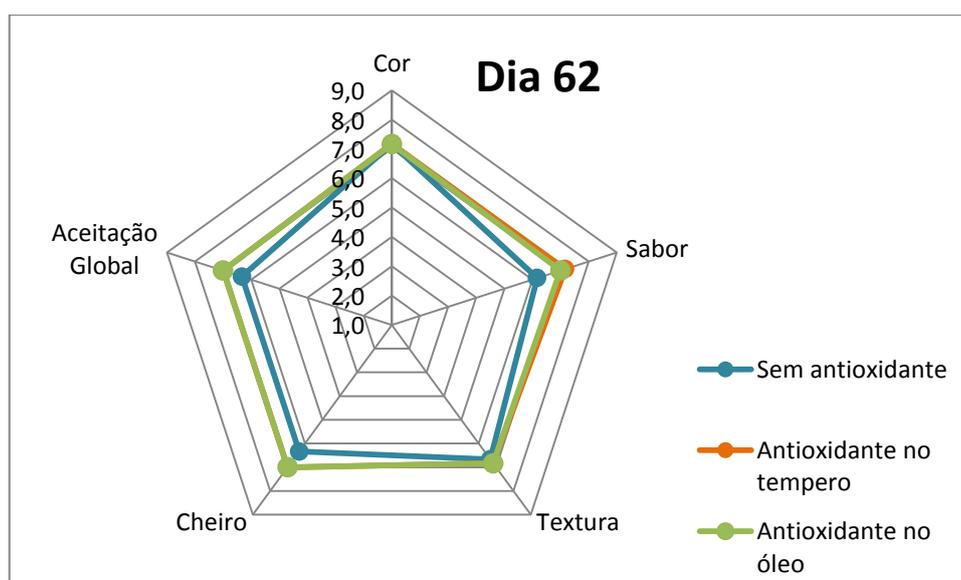


Figura 30 - Diagrama radar do dia 62, referente à análise sensorial das amostras de carne de francesinha: (i) sem antioxidante, (ii) com E 392 no tempero e (iii) com E 392 no óleo.

No dia 89, a amostra de carne de francesinha com antioxidante no tempero apresentou a melhor classificação, tendo melhor classificação a nível da aceitação global, do cheiro e do sabor, e uma classificação equivalente às outras duas amostras a nível da textura e da cor (figura 31).

No dia 89, registou-se uma maior diferença entre a amostra de carne de francesinha com antioxidante no óleo e a amostra de carne de francesinha com antioxidante no tempero. As propriedades aromáticas do antioxidante E 392 favoreceram a amostra de carne de francesinha com antioxidante no tempero, em detrimento da amostra de carne de francesinha com antioxidante no óleo. A amostra com antioxidante no tempero possuiu um cheiro e um sabor muito mais agradável, que se acentuou no dia 89 comparativamente aos dias 31 e 62.

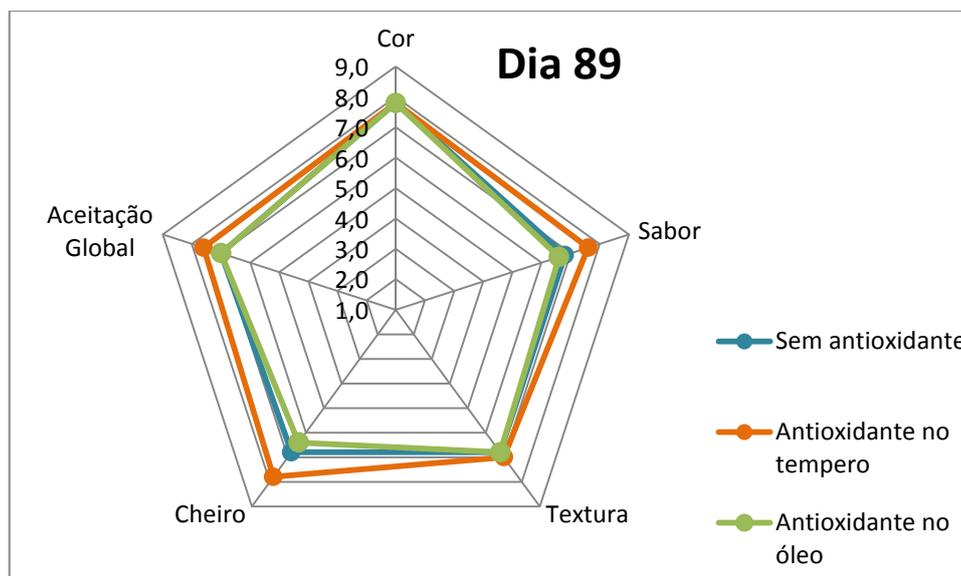


Figura 31 - Diagrama radar do dia 89, referente à análise sensorial das amostras de carne de francesinha: (i) sem antioxidante, (ii) com E 392 no tempero e (iii) com E 392 no óleo.

Observou-se que, nos dias 31 e 62, as amostras de carne de francesinha que contêm o antioxidante E 392, tiveram uma avaliação sensorial muito semelhante. Contudo, no dia 89, a amostra de carne de francesinha com antioxidante no tempero apresentou uma melhor classificação.

Foi também possível concluir que, ao nível da cor e da textura, os três tipos de amostras não variaram muito ao longo do tempo, exceto no dia 31, em que a textura das

amostras de carne de francesinha com antioxidante no óleo e no tempero apresentaram uma melhor avaliação quando comparadas com a amostra de carne de francesinha sem antioxidante. Constatou-se também que, até ao dia 89, não se detetaram quaisquer características associadas ao desenvolvimento da oxidação lipídica, tais como, o sabor e o odor a ranço.

## **5.6. Avaliação da oxidação lipídica numa banha de porco, com e sem extrato de alecrim (E 392)**

### **5.6.1. Análise do comportamento da Banha de Porco Monteiro Carnes**

Para se avaliar a oxidação lipídica na banha de porco, com e sem extrato de alecrim (E 392), aumentou-se a taxa média de oxidação lipídica, o que foi fundamental para se tirarem conclusões sobre a atividade do antioxidante na banha de porco. Tal foi conseguido à custa do aumento da temperatura de armazenamento, o que resultou na diminuição do tempo de prateleira. A banha de porco apresenta uma característica particular: quando se encontra a uma temperatura entre os 32.2 e os 37.8 °C, tende a separar-se em duas camadas - uma camada superior, que se encontra no estado líquido, e uma camada inferior, que contém partículas sedimentadas<sup>29</sup>. Tendo em conta que as amostras da banha de porco devem estar no estado sólido, foi necessário determinar-se a temperatura de solidificação, de modo a mimetizarem-se ao máximo as condições de armazenamento habituais da banha de porco. Como as características físico-químicas da banha de porco variam muito com a matéria-prima selecionada do suíno e com a alimentação destes animais<sup>28</sup>, foi necessário efetuar-se uma análise do comportamento da banha de porco, durante a sua produção, através da medição das temperaturas da banha de porco, ao longo do tempo, o que permitiu determinar-se a temperatura de solidificação.

Os registos de binómios tempo-temperatura de várias amostras de banha de porco permitiram concluir que a Banha de Porco Monteiro Carnes se encontra totalmente solidificada aos  $22.0 \pm 0.5$  °C. Deste modo, escolheu-se uma temperatura de armazenamento de 13.8 °C, que é inferior à temperatura de solidificação determinada.

Este estudo permitiu ainda selecionar a melhor temperatura de adição do antioxidante, o que diminuiu o impacto da temperatura elevada: a temperatura elevada altera a estrutura do antioxidante, o que diminui a sua ação<sup>25</sup>. A temperatura teve de ser baixa o suficiente para se minimizar o impacto da temperatura elevada no antioxidante E 392, mas alta o suficiente para não comprometer a homogeneização do antioxidante nas amostras de banha de porco. Observou-se que a banha de porco, quando foi transferida da marmitta para um recipiente próprio, estava a uma temperatura de  $103.5 \pm 0.5$  °C. A temperatura permaneceu

elevada durante aproximadamente 30 minutos. Selecionou-se a temperatura de 30 °C para se incorporar o E 392, dado que, a essa temperatura, a banha de porco ainda não havia iniciado o processo de solidificação.

### 5.6.2. Teste TBARS

Os valores de concentração de MDA, formado em amostras de banha de porco, sem antioxidante e com antioxidante E 392, durante 91 dias, encontram-se representados na figura 32. Para a obtenção dos valores de concentração de MDA, utilizou-se a mesma equação da reta de calibração, que se utilizou para as amostras de carne de francesinha ( $y = 0.2405 \chi - 0.008$ ).

O valor médio de concentração de MDA obtido para as amostras de banha de porco sem antioxidante foi superior ao valor obtido para as amostras com antioxidante nos dias 0, 32 e 60. Nos dias 15 e 91, os valores médios de concentração de MDA das amostras de banha de porco, com e sem antioxidante, foram equivalentes. Por análise estatística, constatou-se que os valores não são significativamente diferentes entre si.

A concentração média de MDA formado, para as amostras com antioxidante, aumenta até ao dia 60 e diminui no dia 91. O mesmo acontece para as amostras sem antioxidante. Esta diminuição de concentração de MDA, em ambos os casos, pode ser justificada da mesma forma como se justificou para as amostras de carne de francesinha (5.5.2.). Ou seja, poderá ter ocorrido um favorecimento da formação de produtos de oxidação terciária.

Os valores de concentração de MDA nas amostras de banha de porco, com e sem antioxidante, durante os 91 dias, foram quantitativamente muito baixos. Tal pode ser justificado pela reduzida percentagem de ácido linolénico (C18:3) na banha de porco<sup>28</sup>. Como o MDA se forma essencialmente a partir de ácidos gordos com pelo menos três insaturações<sup>34</sup>, é natural que ocorra a formação de uma pequena quantidade de MDA. Deste modo, o MDA, na banha de porco, é um produto de oxidação lipídica minoritário, não sendo significativo.

Apesar do teste TBARS para a banha de porco não ser conclusivo, os resultados da análise sensorial sumária (5.6.3.) e as características que as amostras de banha apresentaram durante cerca de três meses (5.6.4.), levam a crer que o antioxidante E 392 tem um efeito protetor na banha de porco. A próxima tarefa deverá passar pela avaliação da oxidação

lipídica, ao longo de pelo menos 8 meses, de modo verificar-se a possibilidade de aumentar o tempo de prateleira da Banha de Porco Monteiro Carnes, que atualmente é de seis meses. Dever-se-á avaliar o teor de peróxidos lipídicos (produtos da oxidação primária<sup>34</sup>), de dienos conjugados (produtos da oxidação primária<sup>34</sup>) e de ácidos gordos livres, ao longo do tempo.

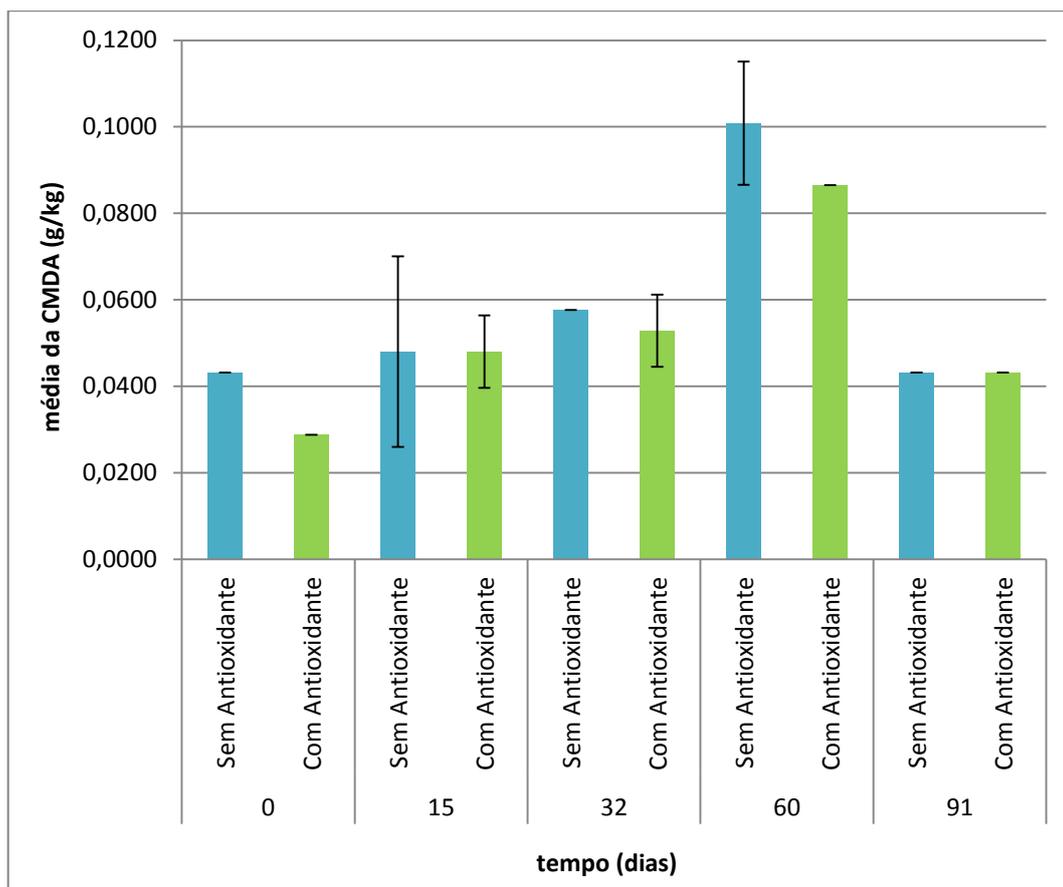


Figura 32 - Valores de  $C_{MDA}$  formado (g/kg) ao longo de 91 dias, para amostras de banha de porco sem antioxidante e com o antioxidante E 392.

### 5.6.3. Análise sensorial sumária

Foi efetuada uma análise sensorial preliminar para a banha de porco, com e sem o antioxidante E 392, para os dias 16, 33, 61 e 95. Esta análise permitiu verificar se existiram ou não diferenças significativas nas características organolépticas entre os dois tipos de amostras diferentes, ao longo do tempo. A avaliação e o tratamento dos resultados, foi

efetuada usando os mesmos parâmetros da análise sensorial das amostras de carne de francesinha (5.5.3.).

A figura 33 refere-se à análise sensorial dos dois tipos de amostras para o dia 16, tendo havido preferência pela amostra de banha de porco com antioxidante, dado que esta teve uma melhor avaliação nos seguintes parâmetros: aceitação global, cheiro e sabor.

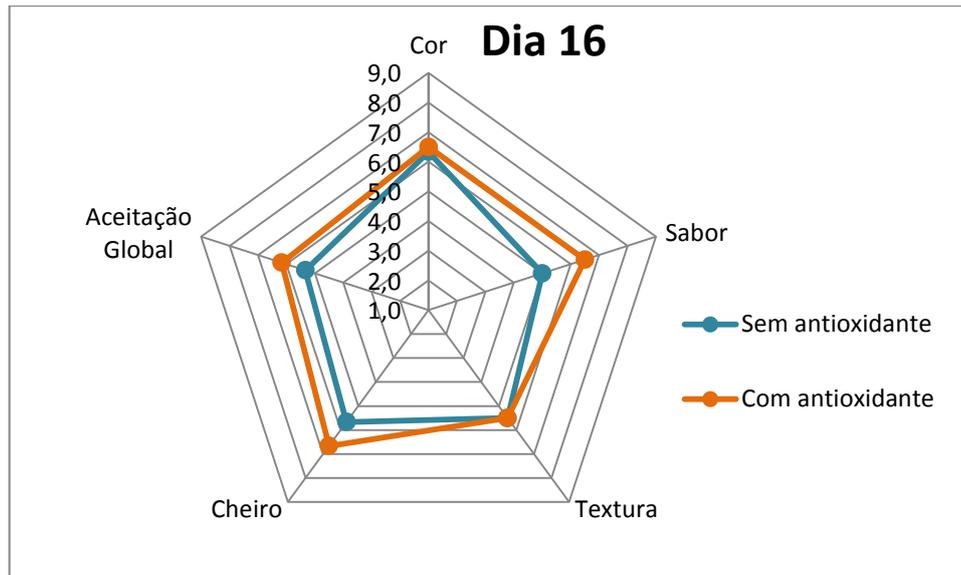


Figura 33 - Diagrama radar do dia 16, referente à análise sensorial das amostras de banha de porco (com e sem o E 392).

No dia 33, a aceitação global das amostras de banha de porco, com e sem antioxidante, foi a mesma. As diferenças na avaliação estão ao nível do sabor e do cheiro, havendo preferência pela amostra de banha de porco com antioxidante (figura 34).

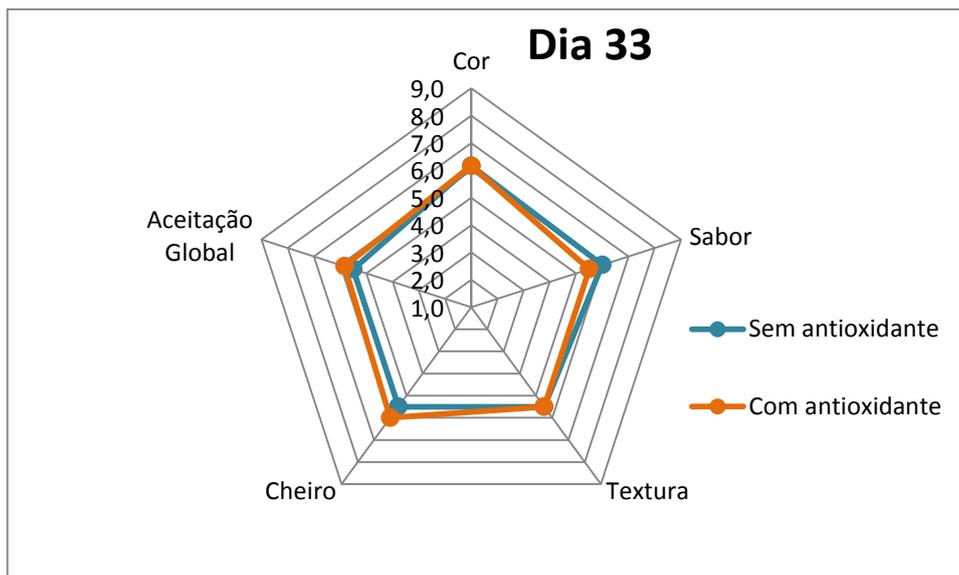


Figura 34 - Diagrama radar do dia 33, referente à análise sensorial das amostras de banha de porco (com e sem o E 392).

Por análise da figura 35, é possível observar que, no dia 61, a aceitação global das duas amostras continuou a ser igual. Porém, houve uma ligeira preferência pela amostra de banha de porco com antioxidante, tendo em conta as características da cor, do sabor e do cheiro.

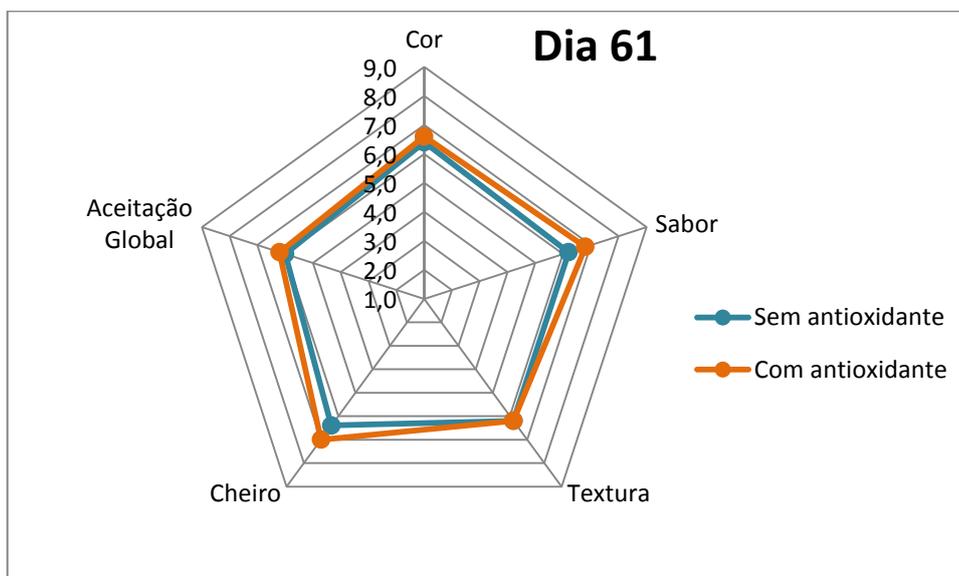


Figura 35 - Diagrama radar do dia 61, referente à análise sensorial das amostras de banha de porco (com e sem o E 392).

No dia 95, a análise sensorial foi idêntica aos dias 33 e 61, havendo, contudo, preferência pelo sabor e pelo cheiro da amostra de banha de porco com antioxidante, quando comparada com a amostra de banha de porco sem antioxidante (figura 36).

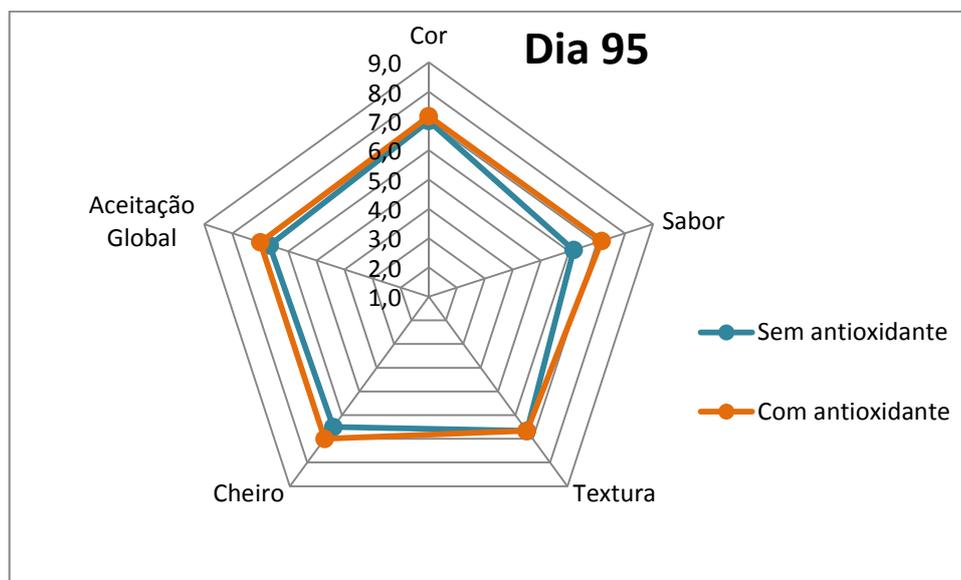


Figura 36 - Diagrama radar do dia 95, referente à análise sensorial das amostras de banha de porco (com e sem o E 392).

De acordo com os resultados, conclui-se que, apesar de ter existido uma aceitação global equivalente entre as amostras de banha de porco, com e sem antioxidante, existiu uma preferência pelas amostras de banha de porco com antioxidante, ao nível do cheiro e do sabor.

Tal como na análise sensorial das amostras de carne de francesinha, também aqui se observou o impacto positivo do antioxidante E 392 nas características organoléticas das amostras (no cheiro e no sabor), ao longo do tempo, devido essencialmente às suas propriedades aromáticas.

#### 5.6.4. Aspeto das amostras de banha de porco, com e sem extrato de alecrim (E 392)

Durante as análises sensoriais sumárias das amostras de banha de porco, com e sem o antioxidante E 392, nos dias 61 e 95, foi possível observar que, depois do aquecimento e durante o arrefecimento destas amostras, ocorreram diferenças notáveis na solidificação das mesmas. As amostras com o antioxidante E 392 demoraram mais tempo a solidificar. A figura 37 e a figura 58 do anexo 12 evidenciaram isso mesmo: no dia 61 e 95 as amostras da banha de porco sem antioxidante apresentaram uma cor mais esbranquiçada – característica da banha de porco solidificada – e as amostras de banha de porco com antioxidante apresentaram uma cor mais amarelada – característica da banha de porco líquida. Isto demonstra que o antioxidante E 392, nos dias 61 e 95, permitiu que a banha, depois de aquecida, permanecesse no estado líquido durante mais tempo, ou seja, o ponto de fusão foi alterado.

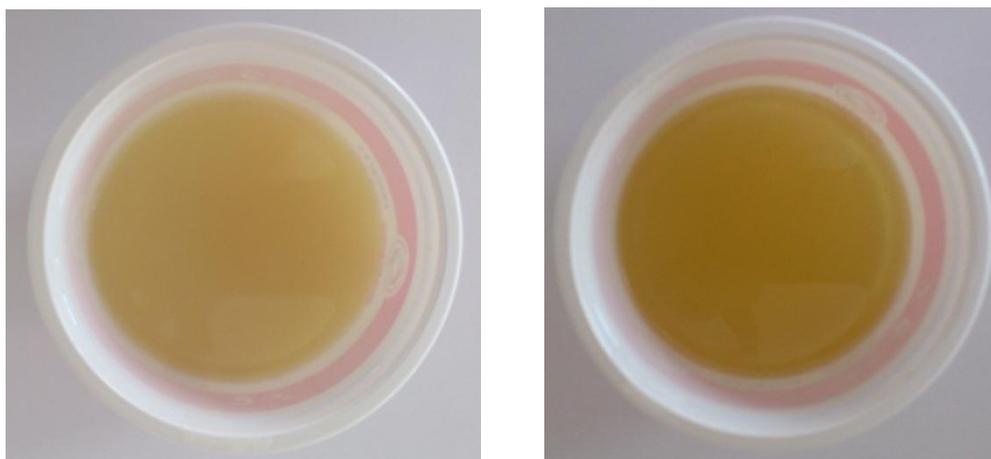


Figura 37 - Amostra de banha de porco sem antioxidante (esquerda) e amostra de banha de porco com antioxidante (direita), depois da análise sensorial do dia 61.

Nos dias 32, 60 e 91, foi possível detetar alterações notáveis no aspeto da banha, com e sem antioxidante. Na figura 38, e nas figuras 59 e 60 (anexo 12) é possível observar-se que as amostras de banha de porco sem antioxidante apresentaram uma superfície irregular, ao passo que, as amostras de banha de porco com antioxidante apresentaram uma superfície lisa. Estas diferenças no aspeto dos diferentes tipos de amostras de banha de porco, parecem constituir uma evidência de um maior nível de oxidação lipídica nas amostras de banha de porco sem antioxidante.



Figura 38 - Amostra de banha de porco sem antioxidante (à esquerda) e amostra com antioxidante E 392 (à direita), referentes ao dia 32.

## 6. Conclusão

No âmbito da certificação da empresa pelo *Codex Alimentarius*, verificou-se que as temperaturas praticadas, durante o empratamento de várias refeições prontas, garantem uma elevada segurança alimentar, dado que se evitam temperaturas internas entre os 10 °C e os 60 °C, por mais de duas horas.

Em relação ao abatimento de temperatura, para os produtos refrigerados, verificou-se que o equipamento Tecnomak expõe as diversas refeições prontas às temperaturas críticas de crescimento de microrganismos patogénicos, apenas durante um período de tempo curto e seguro. Verificou-se que o equipamento Ilsa s.p. não permite averiguar o tempo em que as refeições prontas permanecem no intervalo de temperatura 10 – 60 °C.

A congelação das refeições prontas, apesar de lenta, é rápida até se atingirem os 10 °C. Abaixo desse valor de temperatura, existe um menor risco para o desenvolvimento microrganismos patogénicos.

Relativamente à validação da pasteurização, percebeu-se o funcionamento do pasteurizador LAINOX. Além disso, foi possível comprovar que o processamento térmico efetuado pelo pasteurizador JUMO é o recomendado, sendo atingidos pelo menos seis ciclos de redução decimal para o *C. botulinum* do tipo B.

Foi possível criar uma base de dados dos binómios tempo-temperatura de várias refeições prontas, durante o empratamento, pasteurização e refrigeração. Obtiveram-se Procedimentos de Operação de um grande número de produtos produzidos pela Centralrest, Lda. Além disso, foi possível obter registos de abatimento de temperatura de refeições prontas ultracongeladas.

A Centralrest Lda., desde a sua fundação, procurou respeitar as normas de higiene e segurança, e responder sempre às exigências da atualidade. Foi possível verificar que a confeção, o empratamento, a pasteurização, a refrigeração e a congelação respeitam as práticas de segurança e qualidade alimentar. Esta empresa espelha a mudança reguladora atual: já não são efetuados controlos de qualidade através de análises microbiológicas metódicas e extensivas, mas sim através de um sistema de controlo com base no sistema HACCP, promovendo-se assim sistemas de controlos preventivos, que além de mais eficazes são também mais económicos.

O teste TBARS permitiu concluir que, num período de 85 dias, a amostra de carne de francesinha com o antioxidante E 392 no tempero possuía uma menor quantidade de MDA,

ao longo do tempo, quando comparado com as amostras de carne de francesinha com antioxidante no óleo e sem antioxidante. Apesar dos resultados obtidos não serem significativamente diferentes entre si e de haver a necessidade de se efetuarem mais estudos, existem indícios de que, ao incorporar-se o antioxidante no tempero, haverá inibição da oxidação lipídica. Além disso, as análises sensoriais também apontam para as vantagens da incorporação do antioxidante no tempero.

O teste TBARS não foi conclusivo para as amostras de banha de porco, com e sem antioxidante. Contudo, as análises sensoriais e o aspeto das várias amostras levam a crer que a banha de porco, com a incorporação do antioxidante E 392, sofre menos oxidação lipídica, o que deverá aumentar o tempo de prateleira.

## 7. Referências

1. Varnam A., Sutherland J., Cooked meat and cooked meat products, in Meat and Meat Products Technology, Chemistry and Microbiology, Chapman & Hall, 1<sup>st</sup> edition, London, 1995, 224-297.
2. Sun D., Thermal Processing of Ready Meals, in Thermal Food Processing New Technologies and Quality Issues, Taylor & Francis Group, 1<sup>st</sup> edition, London, 2006, 363-386.
3. Fellows P., Properties of foods and processing theory, in Food Processing Technology Principles and Practice, Woodhead Publishing Limited, 2<sup>nd</sup> edition, Cambridge, 2000, 9-62.
4. Ernest R. V., Microbial activity, in Elementary Food Science, Chapman & Hall, 4<sup>th</sup> edition, New York, 1996, 57-61.
5. Tewari G., Junej V., Basic Food Microbiology, in Advances in Thermal and Non-Thermal Food Preservation, Blackwell Publishing, 1<sup>st</sup> edition, Iowa, 2007, 35-166.
6. Belitz H. D., Grosch W., Schieberle P., Amino Acids, Peptides, Proteins in Food Chemistry, Springer, 4<sup>th</sup> edition, Berlin, 2009, 8-89.
7. Fellows P., Pasteurisation, in Food Processing Technology Principles and Practice, Woodhead Publishing Limited, 2<sup>nd</sup> edition, Cambridge, 2000, 241-249.
8. Ramaswamy H., Marcotte M., Thermal Processing, in Food Processing: Principles and Applications, Taylor & Francis Group, 2<sup>nd</sup> edition, USA, 2006, 67-168.
9. Lagarriga J., Casellas A., Elementos básicos para el cálculo de los procesos de tratamiento térmico, in Destrucción Térmica de Microorganismos en Los Alimentos, Siliker Iberia S.A., 6<sup>a</sup> Edición, Barcelona, 2011, 14-21.

10. Nyati H., 2000. An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf-life products. *Food Control*, 11, 471-476.
11. Sun D., Thermal Processing of Meat Products, in *Thermal Food Processing*, Taylor & Francis Group, 1<sup>st</sup> edition, London, 2006, 156-196.
12. Sun D., Time-Temperature Integrators for Thermal Process Evaluation, in *Thermal Food Processing*, Taylor & Francis Group, 1<sup>st</sup> edition, London, 2006, 597-620.
13. FDA, Pathogenic Bacteria Survival Through Cooking or Pasteurization, in *Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance*, 3<sup>rd</sup> edition, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Office of Seafood, Washington DC., 2011, 315-330.
14. ECFF, Recommendations for the production of prepackaged chilled food, 2<sup>nd</sup> edition, European Chilled Food Federation, Finland, 2006, 1-88.
15. Kendall P., 2012. Botulism, *Food and Nutrition Series*. Food Safety, 305, 1-3.
16. Ramaswamy H., Marcotte M., Low-Temperature Preservation, in *Food Processing: Principles and Applications*, Taylor & Francis Group, 2<sup>nd</sup> edition, USA, 2006, 169-232.
17. Ramaswamy H., Marcotte M., Introduction, in *Food Processing: Principles and Applications*, Taylor & Francis Group, 2<sup>nd</sup> edition, USA, 2006, 1-6.
18. Varnam A., Sutherland J., Frozen meat and meat products, in *Meat and Meat Products Technology, Chemistry and Microbiology*, Chapman & Hall, 1<sup>st</sup> edition, London, 1995, 355-386.

19. Allen J., Hamilton R., The chemistry of rancidity in foods, in Rancidity In Foods, Blackie Academic & Professional, 3<sup>th</sup> edition, London, 1994, 1-21.
20. Allen J., Hamilton R., Nutritional aspects of rancidity, in Rancidity In Foods, Blackie Academic & Professional, 3<sup>th</sup> edition, London, 1994, 128-140.
21. Belitz H. D., Grosch W., Schieberle P., Carbohydrates, in Food Chemistry, Springer, 4<sup>th</sup> edition, Berlin, 2009, 248-337.
22. Allen J., Hamilton R., Rancidity in meats, in Rancidity In Foods, Blackie Academic & Professional, 3<sup>th</sup> edition, London, 1994, 191-202.
23. Belitz H. D., Grosch W., Schieberle P., Lipids, in Food Chemistry, Springer, 4<sup>th</sup> edition, Berlin, 2009, 158-247.
24. Allen J., Hamilton R., Prevention of rancidity in confectionery and biscuits, in Rancidity In Foods, Blackie Academic & Professional, 3<sup>th</sup> edition, London, 1994, 160-178.
25. Allen J., Hamilton R., The use of antioxidants, in Rancidity In Foods, Blackie Academic & Professional, 3<sup>th</sup> edition, London, 1994, 84-103.
26. Varnam A., Sutherland J., Introduction, in Meat and Meat Products Technology, Chemistry and Microbiology, Chapman & Hall, 1<sup>st</sup> edition, London, 1995, 1-45.
27. Zhang Y., Yang L., Zu Y., Chen X., Wang F., Liu F., 2010. Oxidative stability of sunflower oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during accelerated storage. Food Chemistry, 118, 656-662.
28. Belitz H. D., Grosch W., Schieberle P., Edible Fats and Oils, in Food Chemistry, Springer, 4<sup>th</sup> edition, Berlin, 2009, 640-669.

29. Nollet L. M. L., Toldrá F., Analysis of Rendered Fats in Handbook of Analysis of Edible Animal By-Products, Taylor & Francis Group, 1<sup>st</sup> edition, Florida, 2011, 37-42.
30. Barriuso B., Astiasara I., Ansorena D., 2013. A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: a challenging task. European Food Research and Technology, 236, 1-15.
31. Min B., Ahn D. U., 2005. Mechanism of Lipid Peroxidation in Meat and Meat Products -A Review. Food Science and Biotechnology, 14, 152-163.
32. Laguerre M., Lecomte J., Villeneuve P., 2007. Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. Progress in Lipid Research, 46, 244-282.
33. Lemon, D. W., 1975. An improved TBA test for rancidity, New series circular, Halifax, Nova Scotia: Fisheries and Marine Services Canada, 51, 1-4.
34. Kim R. S., LaBelia F. S., 1987. Comparison of analytical methods for monitoring autoxidation profiles of authentic lipids. Journal of Lipid Research, 28, 1110-1117.
35. Allen J., Hamilton R., Legislation and labelling, in Rancidity In Foods, Blackie Academic & Professional, 3<sup>th</sup> edition, London, 1994, 203-221.
36. CAC (2003). Código de práticas internacionais recomendadas. Princípios gerais de higiene alimentar. Comissão do Codex Alimentarios. CAC/RCP 1-1969 Rev.4 2003.
37. Juneja V. K., Eblen B. S., Marmer B.S., Williams A.C., Palumbo S. A., Miller A. J., (1994). Thermal Resistance of Nonproteolytic Type B and Type E *Clostridium botulinum* Spores in Phosphate Buffer and Turkey Slurry. Agricultural Research Service, 6214, 94-157.

38. Vyncke W., 1970. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette Seifen Anstrichm*, 72, 1084-1087.
39. FDA, Food CGMP Modernization – A Focus on Food Safety, in *Guidance and Regulation*, 1<sup>st</sup> edition, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Office of Seafood, Washington DC., 2005, 1-14.
40. Sun D., Thermal Processing of Poultry Products, in *Thermal Food Processing*, Taylor & Francis Group, 1<sup>st</sup> edition, London, 2006, 197-234.
41. Aubourg S. P., 1999. Lipid damage detection during the frozen storage of an underutilized fish species. *Food Research International*, 32, 497-502.
42. Auborg S. P., Ugliano M., 2002. Effect of brine pre-treatment on lipid stability of frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*). *European Food Research and Technology*, 215, 91-95.



## 8. Anexos



## Anexo 2 – Procedimento de Operação para a produção de Francesinha de carne bovina

### PROCEDIMENTO DE OPERAÇÃO



#### Produção de Francesinha de carne bovina

- 1. Objetivo:** Descrever e definir as condições de fabrico e controlo da Francesinha de carne bovina.
- 2. Preparação dos ingredientes (zona de preparação)**
  - 2.1. Proceder à pesagem dos ingredientes.
  - 2.2. Temperar o bife de novilho com: sal purificado cristal, pimenta branca moída, vinho de mesa branco, massa de alho e louro em folha.
  - 2.3. Deixar marinar, aproximadamente 1h.
  - 2.4. Efetuar um corte longitudinal na linguiça. Para cada metade de linguiça efetuar quatro cortes transversais.
  - 2.5. Cortar a salsinha longitudinalmente.
  - 2.6. Cortar o queijo e o fiambre em fatias finas, na fiambreira (posição 0.5).
- 3. Fritagem da carne (cozinha)**
  - 3.1. Colocar o óleo na vasculante.
  - 3.2. Quando o óleo estiver quente, adicionar a carne na vasculante.
  - 3.3. Passado aproximadamente 1.5 minutos, virar a carne e passado 1.5 minutos retirar a carne da vasculante. A temperatura da carne deverá ser igual ou superior a 75 °C.
- 4. Fritagem da linguiça (cozinha)**
  - 4.1. Colocar o óleo na vasculante.
  - 4.2. Quando o óleo estiver quente, adicionar as fatias de linguiça.
  - 4.3. Passado aproximadamente 1 minuto virar a linguiça e retirar a linguiça da vasculante, passado 1 minuto. A temperatura da linguiça deverá ser igual ou superior a 75 °C.
- 5. Montagem da francesinha (zona de empratamento)**
  - 5.1. Numa cuvete CPET, adicionam-se os ingredientes pela seguinte ordem: uma fatia de pão de forma, uma fatia de fiambre, uma fatia de queijo, um bife, três metades de salsichas, dois pedaços de linguiça, uma fatia de pão, três fatias de queijo.
- 6. Embalamento (zona de embalamento)**
  - 6.1. Efetuar o embalamento de acordo com as seguintes especificações:

Embaladora	Embalagem	Selagem		
		Pressão (mbar)	Tempo (s)	Temp. <sup>a</sup> (°C)
EFABIND EFAHAN	Cuvete CPET 2035	750	3	220
MPTEC E500 (Nº546)	Cuvete CPET 2035	(15% x 850)	3	200
MPTEC E500 (Nº547)	Cuvete CPET 2035	(15% x 850)	3	200

- 7. Congelação (túnel de congelação)**
  - 7.1. Após o embalamento da Francesinha de carne bovina em cuvete CPET, o produto vai para um túnel de descongelação.

Código	Edição nº	Data	Preparado por	Aprovado por	Página
PO100	1	04-03-2013	Andreia Coelho		1/1

### Anexo 3 – Layout da produção de Banha de Porco Monteiro Carnes

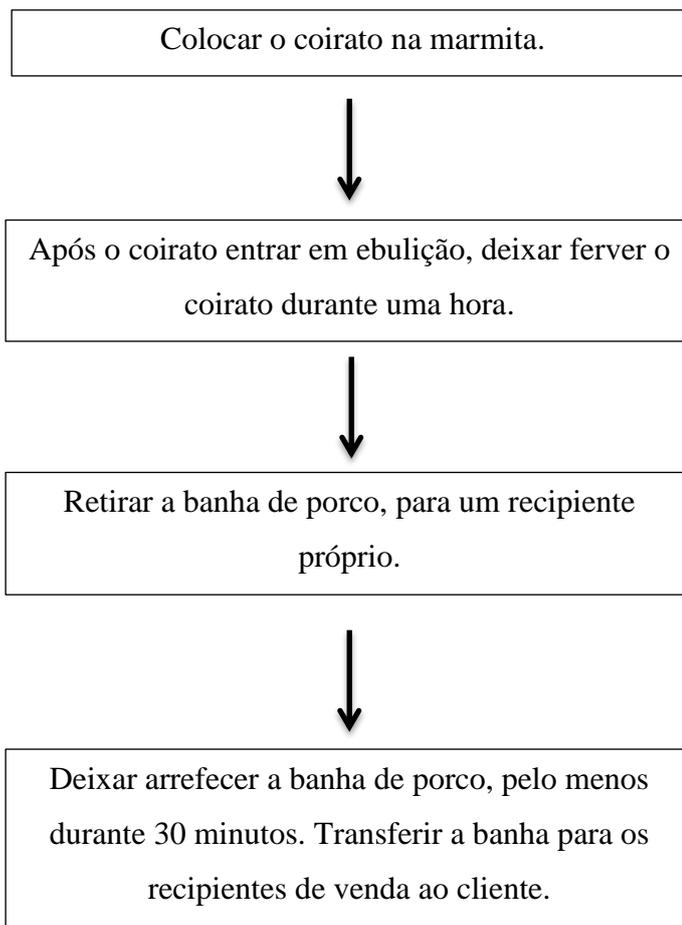


Figura 39 - *Layout* da produção da banha de porco monteiro carnes.

#### Anexo 4 – Mapa do local de produção Centralrest Lda.

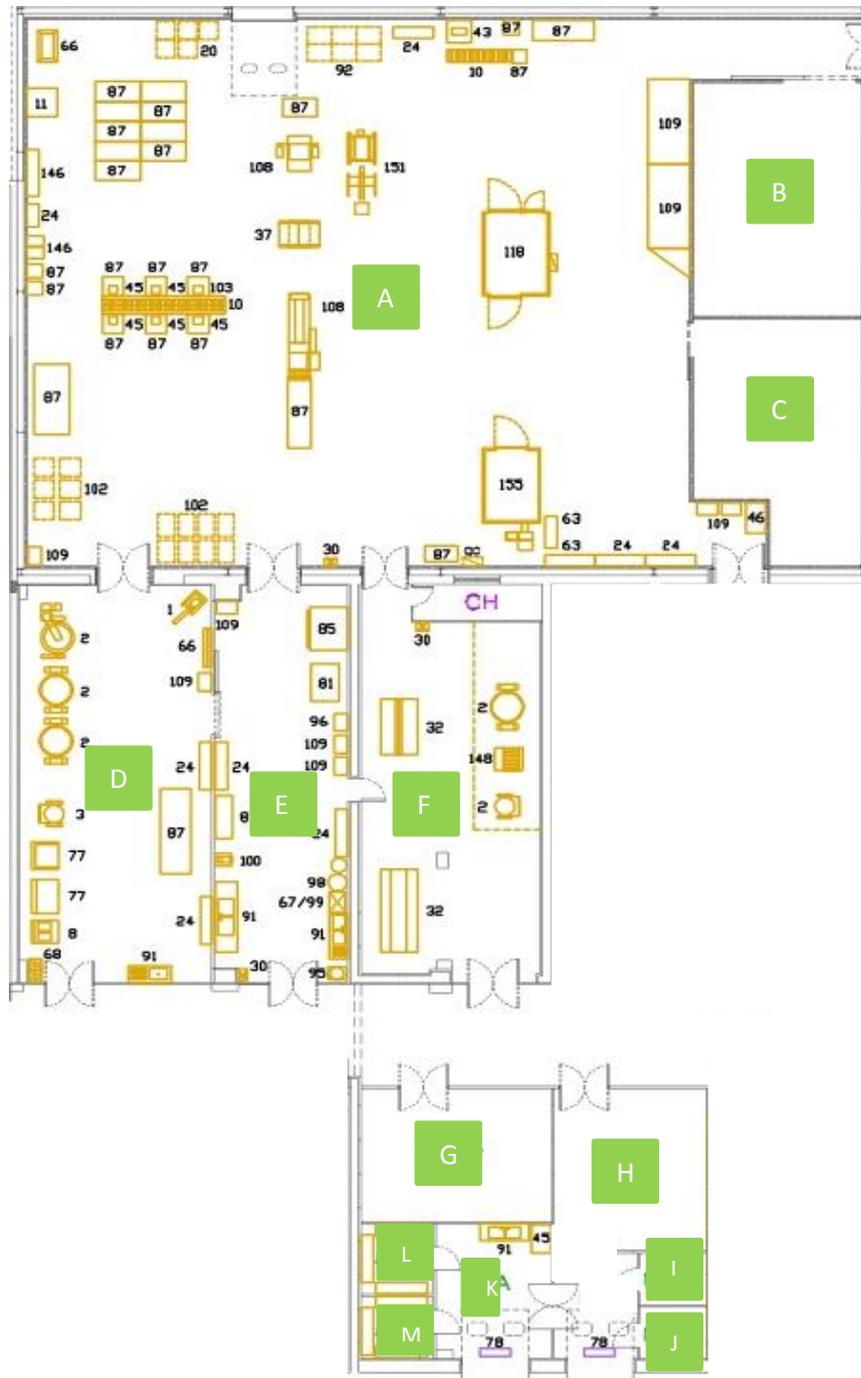


Figura 40 - Mapa do local de produção Centralrest Lda (legenda da figura: A – zona de embalagem, pasteurização e arrefecimento; B – armazém de cartão e embalagens; C – câmara de produto final pasteurizado; D e F – cozinhas; E – zona de preparação; G – câmara de refrigerados em trânsito; H – economato; I – câmara de matéria-prima congelada; J – câmara de matéria-prima refrigerada; L – economato e M – economato).

**Anexo 5 – Registos de Binómios-temperatura, durante o empratamento, de várias refeições prontas produzidas pela Centralrest Lda.**

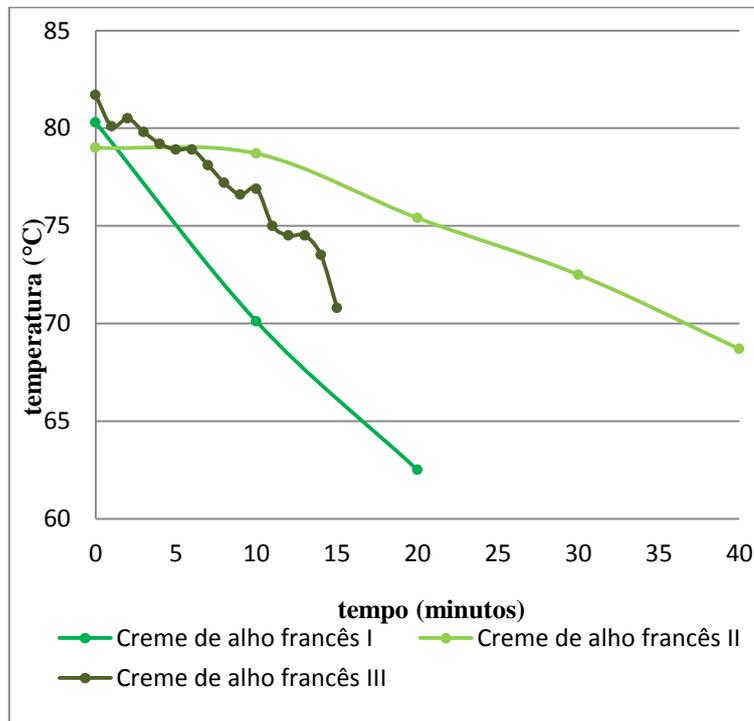


Figura 41 - Binómios tempo-temperatura de creme de alho francês, durante o empratamento.

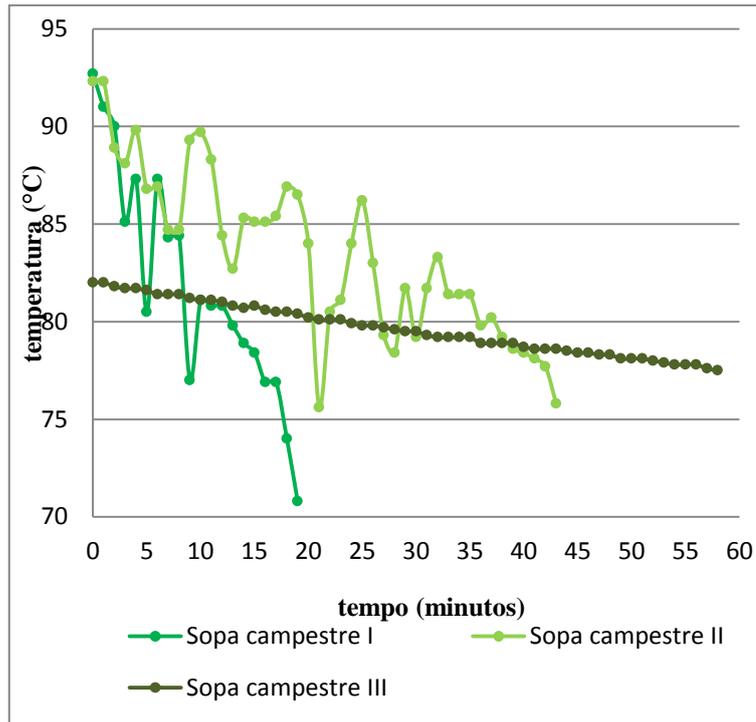


Figura 42 - Binómios tempo-temperatura de creme da sopa campestre durante o empratamento.

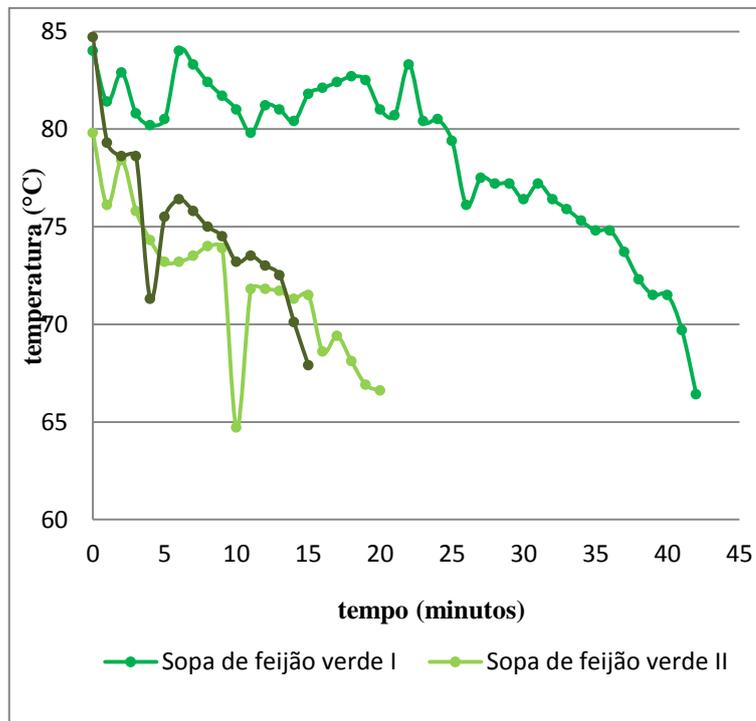


Figura 43 - Binómios tempo-temperatura de creme da sopa de feijão verde, durante o empratamento.

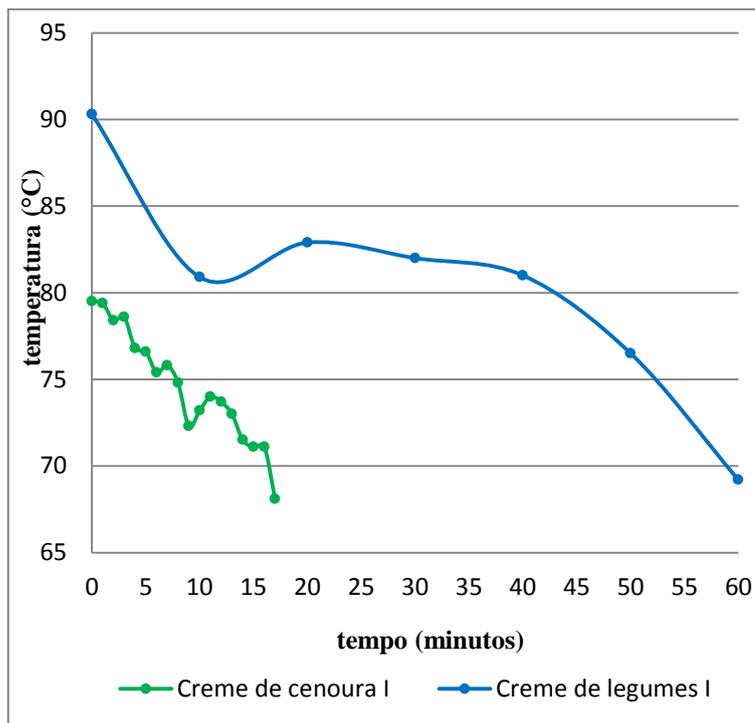


Figura 44 - Binómios tempo-temperatura de creme do creme de cenoura e do creme de legumes, durante o empratamento.

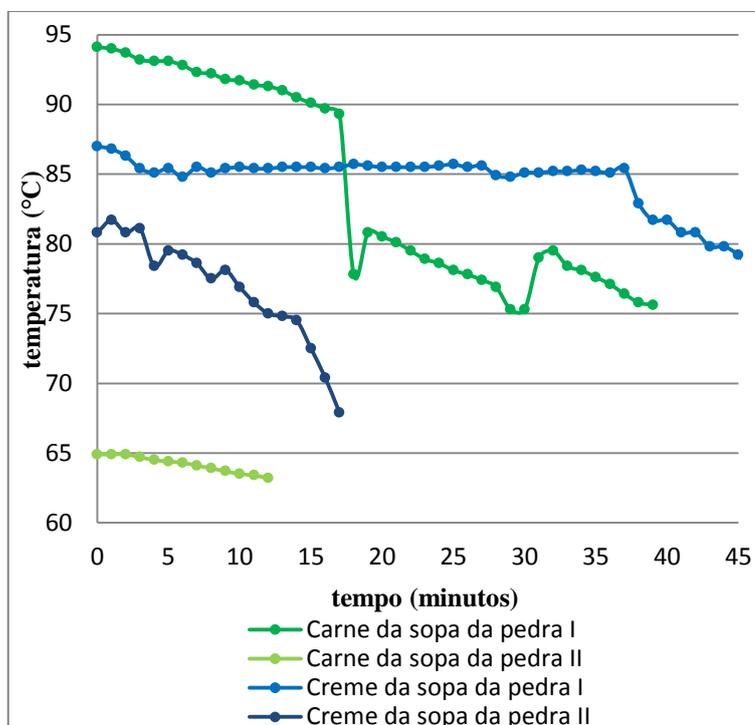


Figura 45 - Binómios tempo-temperatura de sopa da pedra, durante o empratamento.

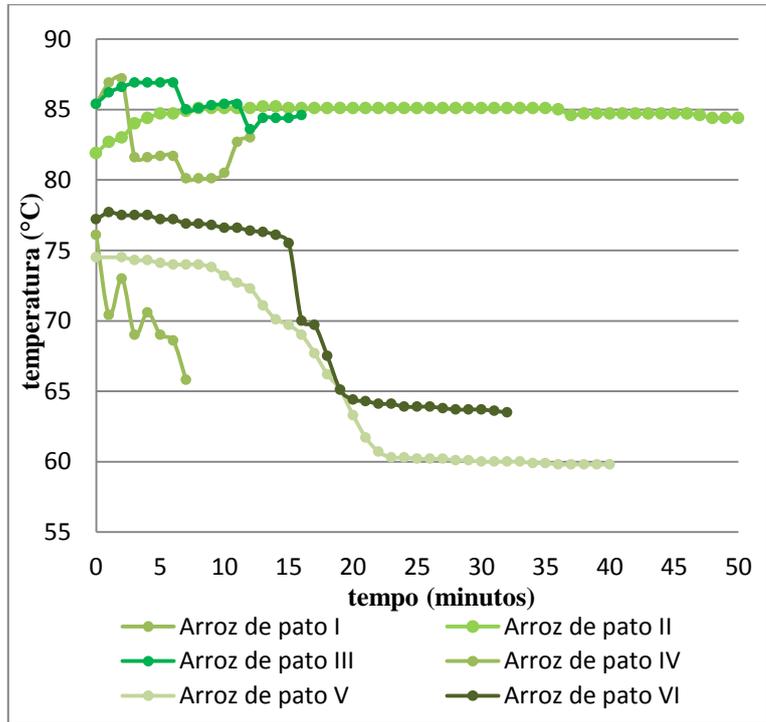


Figura 46 - Binómios tempo-temperatura de arroz de pato, durante o empratamento.

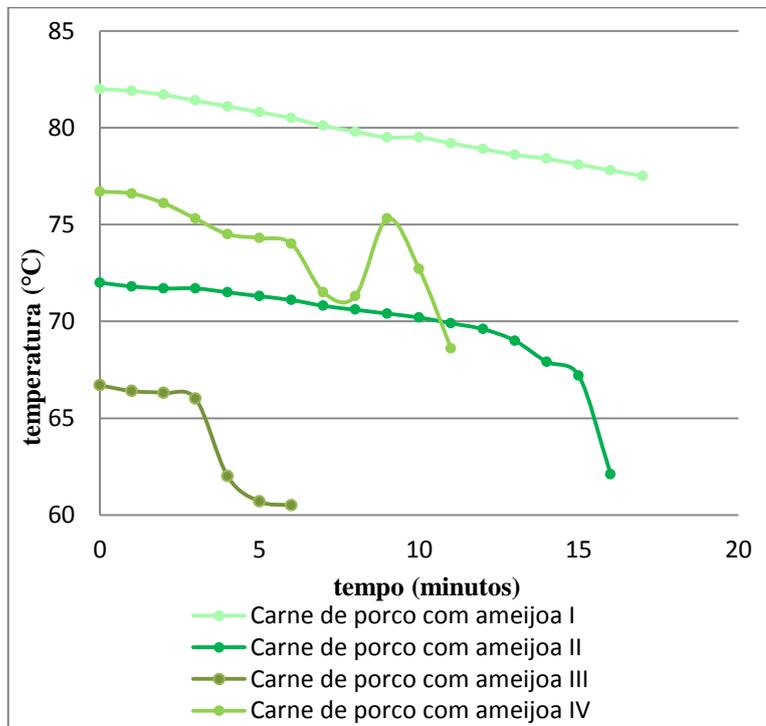


Figura 47 - Binómios tempo-temperatura de carne de porco com ameijoia, durante o empratamento.

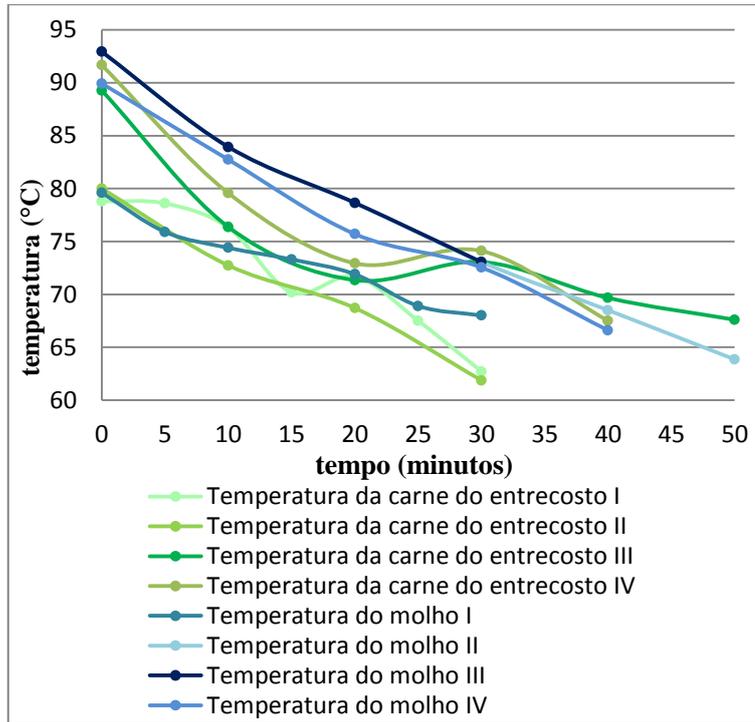


Figura 48 - Binómios tempo-temperatura de entrecosto assado, durante o empratamento.

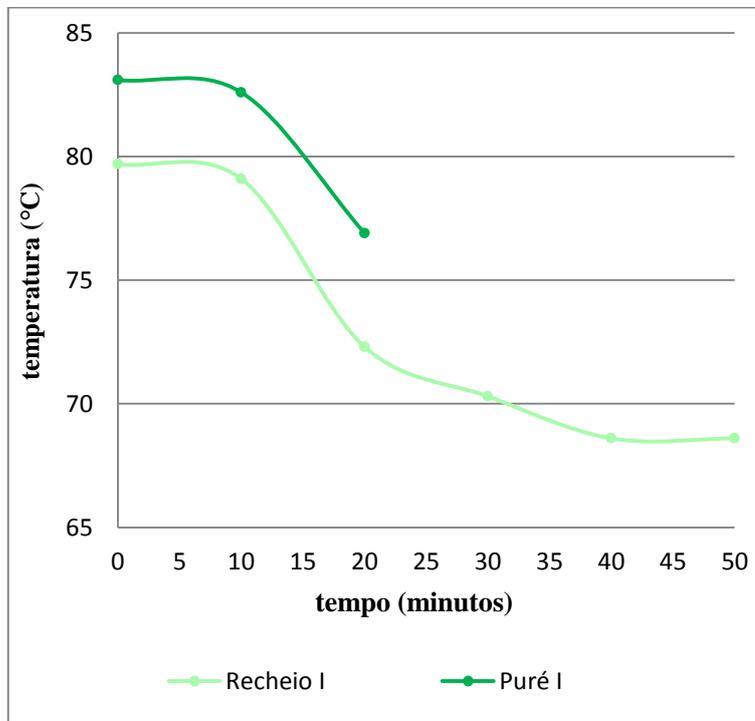


Figura 49 - Binómios tempo-temperatura de empadão de carne, durante o empratamento.

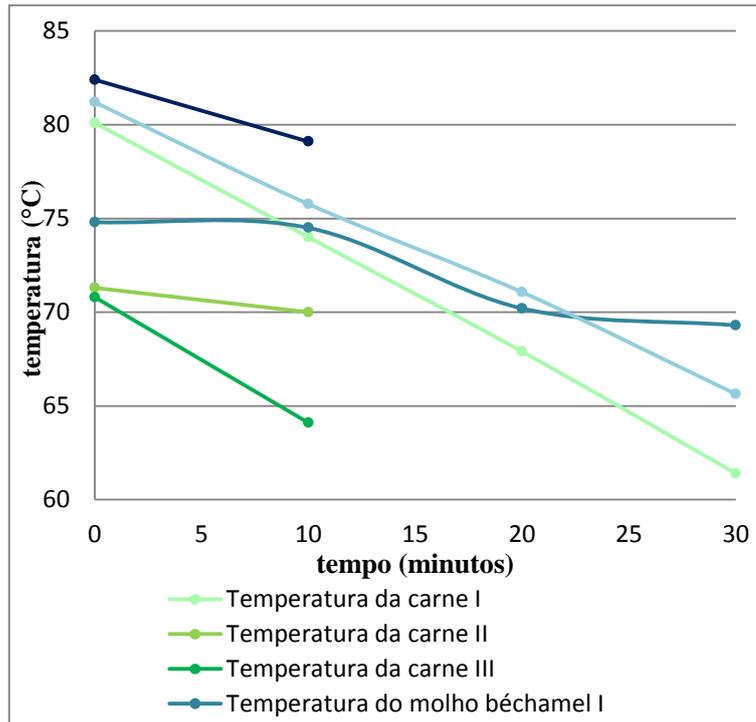


Figura 50 - Binómios tempo-temperatura de lasanha de carne, durante o empratamento.

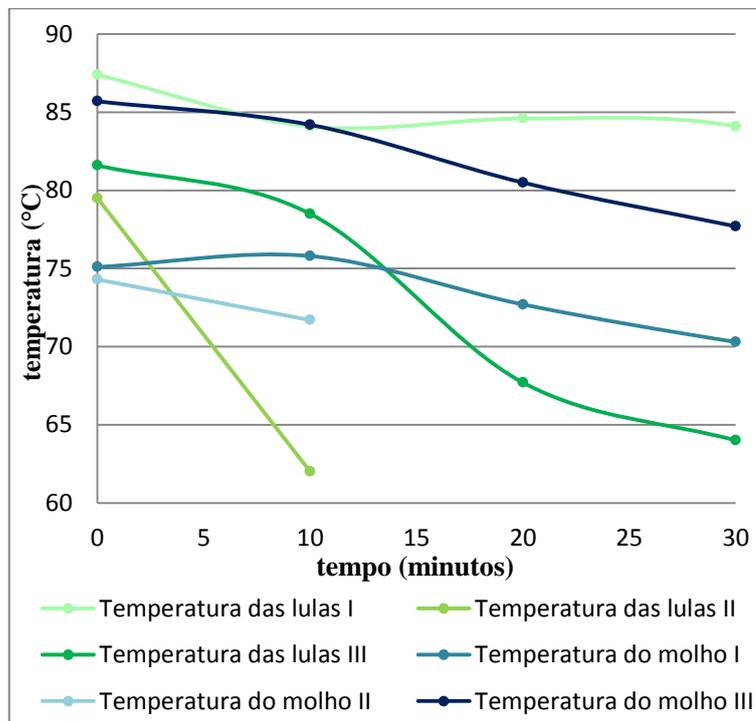


Figura 51 - Binómios tempo-temperatura de lulas estufadas, durante o empratamento.

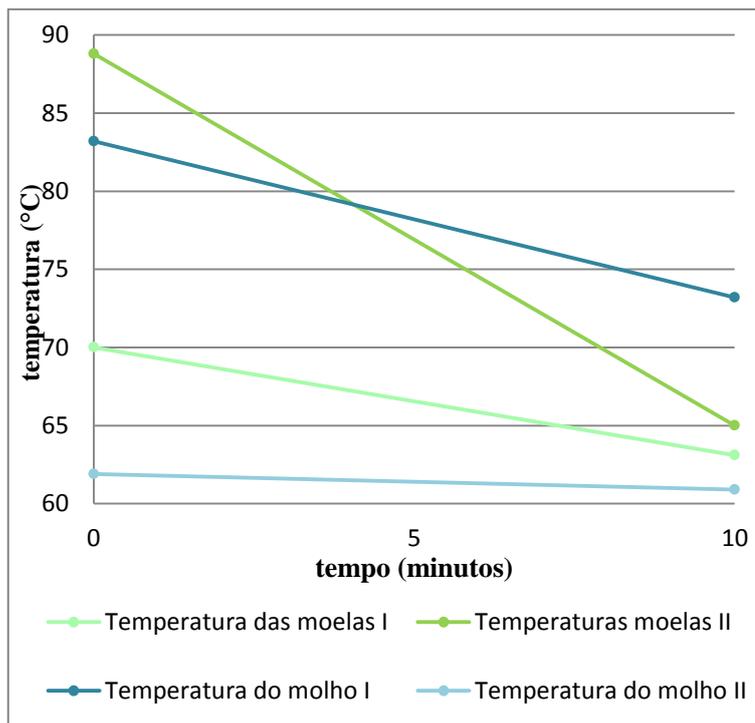


Figura 52 - Binómios tempo-temperatura de moelas de frango, durante o empratamento.

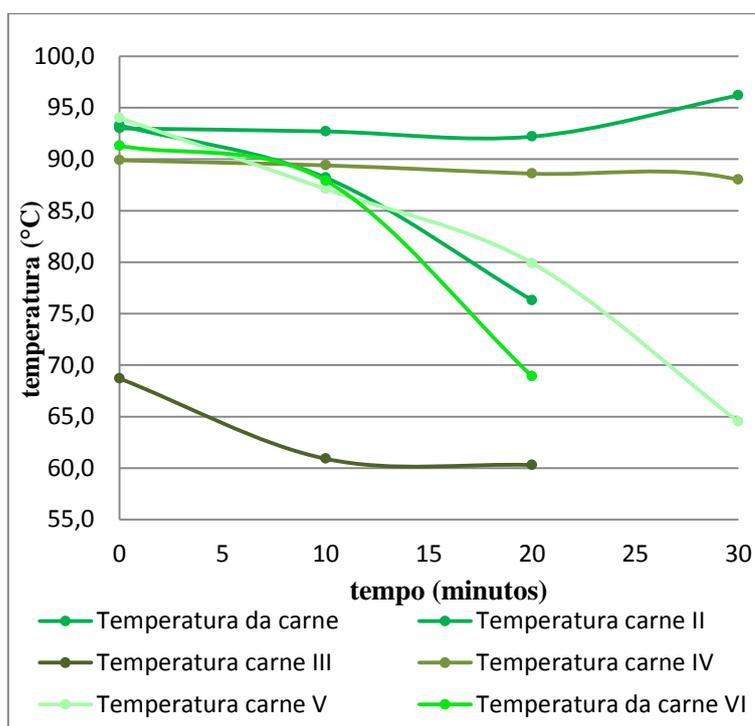


Figura 53 - Binómios tempo-temperatura de carne do rancho, durante o empratamento.

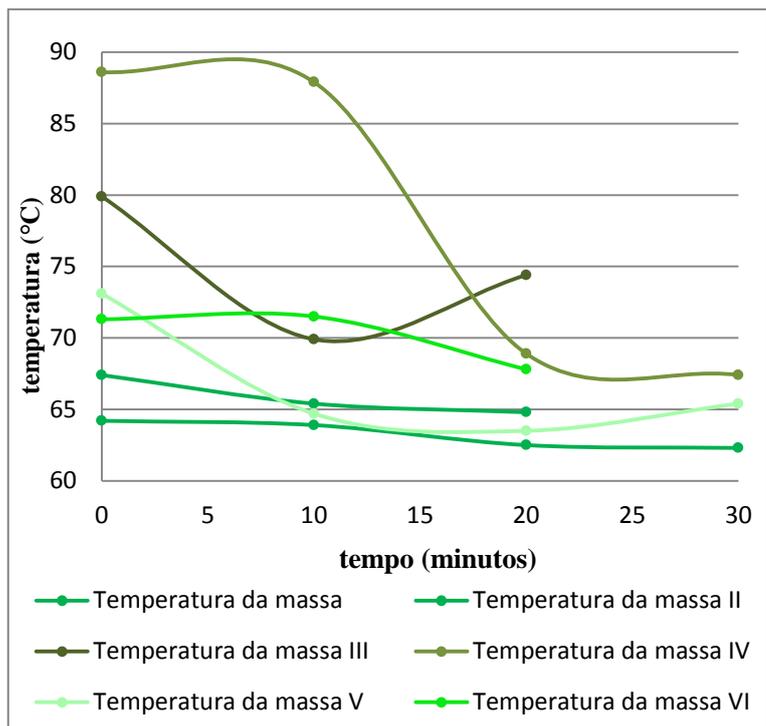


Figura 54 - Binómios tempo-temperatura de massa do rancho, durante o empratamento.

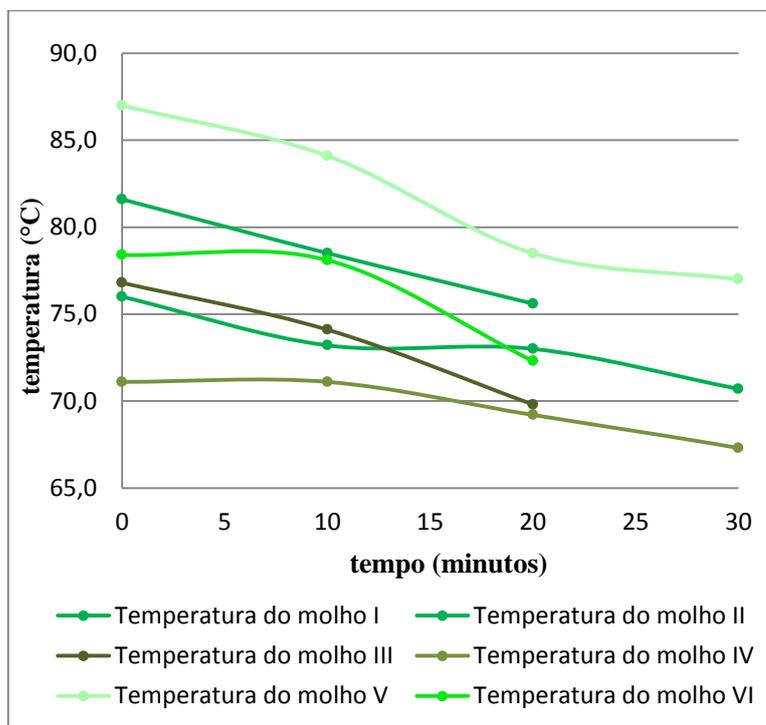


Figura 55 - Binómios tempo-temperatura de molho do rancho, durante o empratamento.

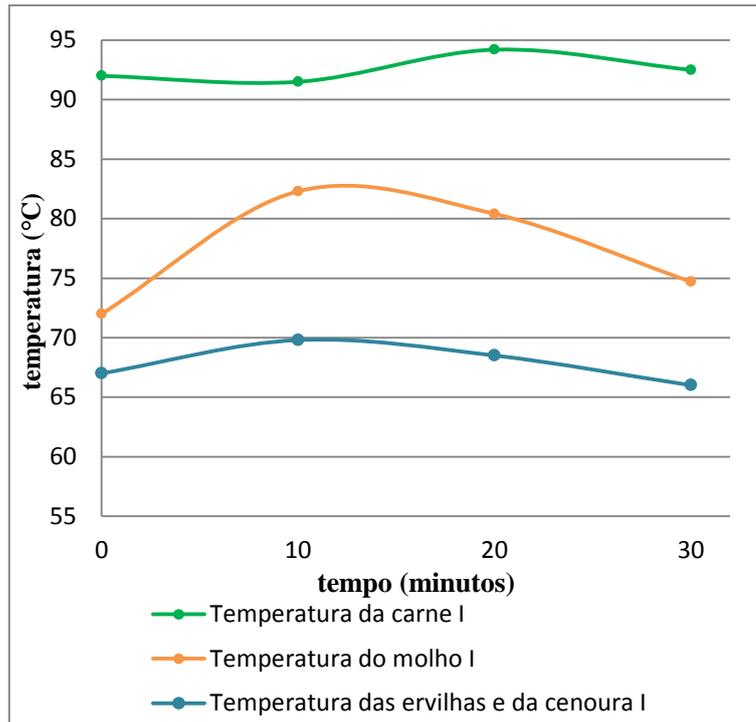


Figura 56 - Binómios tempo-temperatura de vitela à primavera, durante o empratamento.

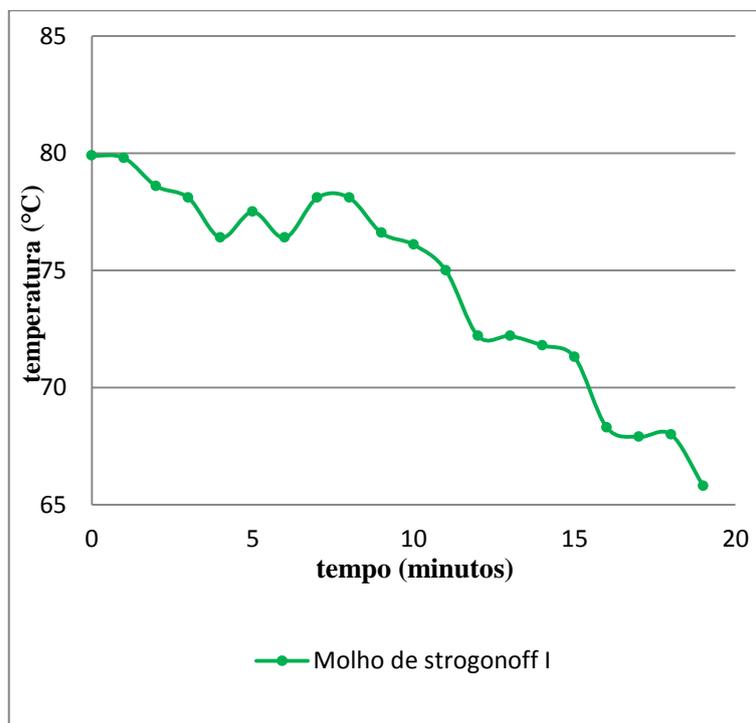


Figura 57 - Binómios tempo-temperatura de molho de strogonoff, durante o empratamento.

## Anexo 6 – Registos de abatimento de temperatura de alguns produtos pasteurizados

Tabela 13- Tempo médio de abatimento de temperatura de alguns produtos pasteurizados, usando-se o abatedor de temperatura Ilsa s.p..

Tipo de produto	Temperatura média de início (°C)	Tempo médio para atingir os 3 °C (h)	Número de registos
<b>Caldo verde (0.150 kg)</b>	57.0	0.7	1
<b>Caldo verde (0.350 kg)</b>	73.0	1.7	1
<b>Almôndegas (1.0 kg)</b>	58.0	2.3	1
<b>Almôndegas com arroz branco (0.350 kg)</b>	60.0	1.7	1
<b>Entrecosto assado (1.0 kg)</b>	62.5	1.8	2
<b>Feijoada à transmontada (1.0 kg)</b>	81.0	1.7	1
<b>Lasanha de carne (1.0 kg)</b>	76.0	1.7	2

Tabela 14 - Tempo médio de abatimento de temperatura de alguns produtos pasteurizados, usando-se o abatedor de temperatura Tecnomak.

Tipo de produto	Temperatura média de início (° C)	Tempo médio entre os 60-10 °C (h)	Tempo médio entre os 10-3 °C (h)	Número de registos
<b>Sopa campestre (2.5 kg)</b>	71.00	1.30	0.40	2
<b>Sopa de feijão branco (2.5 kg)</b>	75.00	0.85	0.37	1
<b>Bacalhau com natas (2.0 kg)</b>	66.00	1.75	1.34	2
<b>Almôndegas (1.0 kg)</b>	56.00	1.70	1.20	2
<b>Entrecosto assado (2.0 kg)</b>	75.00	0.90	1.10	2
<b>Feijoada à transmontada (1.0 kg)</b>	60.00	1.80	0.90	1

**Anexo 7 – Registo dos valores de redução decimal e do impacto do processamento térmico, para cada lote de produto**

Tabela 15 - Número de reduções decimais e do impacto do processamento térmico, para cada lote de produto, utilizando-se o pasteurizador Jumo.

<b>Nome do produto</b>	<b>F0= <math>\sum_0^t L\Delta t</math></b>	<b>log(N<sub>0</sub>/N)</b>
<b>Almôndegas 1.0 kg</b>	35.9	7.41
<b>Almôndegas 2.0 Kg 02021313</b>	34.5	7.12
<b>Almôndegas 2.0 Kg 02041713</b>	32.0	6.60
<b>Almôndegas 2.0 Kg 02122612</b>	41.1	8.47
<b>Almôndegas com Arroz 204041813</b>	27.7	5.70
<b>Bacalhau com Natas 1.0 kg 16010213</b>	41.5	8.55
<b>Bacalhau com Natas 1.0 kg 16010223</b>	50.2	10.35
<b>Bacalhau com Natas 1.0 kg 16021432</b>	49.5	10.20
<b>Bacalhau com Natas 2.0 kg 19013013</b>	50.9	10.50
<b>Bacalhau com Natas 2.0 kg 19030613</b>	37.8	7.80
<b>Batata Assada 1.5 kg 21050623</b>	61.4	12.67
<b>Batata Assada 1.5 kg 210011013</b>	37.1	7.66
<b>Batata Assada 1.5 kg 210011413</b>	42.3	8.72
<b>Batata Assada 1.5 kg 210012213</b>	44.0	9.07
<b>Batata Assada 1.5 kg 210012413</b>	39.3	8.11
<b>Batata Assada 1.5 kg 210013013</b>	44.6	9.20
<b>Batata Assada 1.5 kg 210013013</b>	10.6	21.96
<b>Batata Assada 1.5 kg 210020713</b>	43.1	8.88
<b>Batata Assada 1.5 kg 210021513</b>	41.4	8.53
<b>Batata Assada 1.5 kg 210022513</b>	39.4	8.12
<b>Batata Assada 1.5 kg 210112212</b>	40.0	8.25
<b>Batata Assada 1.5 kg 210113012</b>	44.2	9.10
<b>Batata Assada 1.5 kg 210120712</b>	42.8	8.82
<b>Batata Assada 1.5 kg 210121312</b>	30.1	6.21
<b>Batata Assada 1.5 kg 210122012</b>	38.7	7.99
<b>Caldo Verde 2.5 kg 25120422</b>	33.5	6.92
<b>Creme de Alho Francês 2.5 kg 301</b>	48.4	9.97
<b>Creme de Cenoura 2.5 kg 28012813</b>	40.5	8.35
<b>Creme de Cenoura 2.5 kg 28042213</b>	31.2	6.44
<b>Creme de Cenoura 2.5 kg 28050713</b>	39.4	8.13
<b>Creme de Cenoura 2.5 kg 28112012</b>	40.1	8.26
<b>Creme de Cenoura 2.5 kg 28120312</b>	38.1	7.85
<b>Creme de Cenoura 2.5 kg 28121712</b>	55.0	11.35
<b>Creme de Cenoura 2.5kg 28510122</b>	39.5	8.15

<b>Creme de Legumes 2.5 kg 29030613</b>	33.4	6.89
<b>Creme de Legumes 2.5 kg 29040313</b>	34.4	7.10
<b>Creme de Legumes 2.5 kg 29041013</b>	31.2	6.44
<b>Creme de Legumes 2.5 kg 29050613</b>	32.8	6.76
<b>Creme de Legumes 2.5 kg 29120422</b>	41.3	8.52
<b>Entrecosto Assado 2.0 kg 74043023</b>	51.1	10.54
<b>Lasanha de Bacalhau 1.0 kg 7305281</b>	39.9	8.23
<b>Lasanha de bacalhau 2.0 kg 9609251</b>	37.9	7.81
<b>Lasanha de carne 2.0 kg 01052713</b>	38.1	7.86
<b>Moelas de Frango 2.0 kg 04012213</b>	41.1	8.47
<b>Moelas de Frango 2.0 kg 04051423</b>	32.0	6.60
<b>Moelas de Frango 2.0 kg 04112212</b>	34.1	7.02
<b>Moelas de Frango 2.0 kg 04112212_2</b>	34.4	7.09
<b>Pato desfiado com Calda 0602222</b>	38.5	7.93
<b>Pato desfiado com Calda 0602223</b>	34.8	7.17
<b>Pato desfiado com Calda 0602224</b>	34.6	7.14
<b>Pato desfiado com Calda 0602246</b>	44.5	9.18
<b>Pato desfiado com Calda 0602248</b>	34.8	7.18
<b>Pato desfiado com Calda 0604173</b>	43.8	9.02
<b>Pato desfiado com Calda 0610043</b>	39.0	8.05
<b>Pato desfiado com Calda 0610047</b>	39.2	8.09
<b>Pato desfiado com Calda</b>	31.1	6.42
<b>Salada Russa 206010913</b>	33.6	6.94
<b>Salada Russa 206011613</b>	38.8	7.99
<b>Salada Russa 206012413</b>	37.0	7.63
<b>Salada Russa 206013113</b>	41.0	8.45
<b>Salada Russa 206022613</b>	46.2	9.53

## Anexo 8 – Resultados do teste TBARS para as várias amostras de francesinha

Tabela 16 - Resultados do teste TBARS para as várias amostras de francesinha.

Dia	Tipo de amostra	A <sub>532</sub>	C <sub>MDA</sub>	Média da C <sub>MDA</sub>	Desvio Padrão da C <sub>MDA</sub>
Dia 0	Sem antioxidante	0.0554	1.87E-01	2.78E-01	7.94E-02
		0.1022	3.31E-01		
		0.0967	3.17E-01		
	Antioxidante no tempero	0.0533	1.87E-01	2.02E-01	3.82E-02
		0.0513	1.73E-01		
		0.0724	2.45E-01		
	Antioxidante no óleo	0.0663	2.16E-01	1.92E-01	2.19E-02
		0.0545	1.87E-01		
		0.0483	1.73E-01		
Dia 30	Sem antioxidante	0.3258	9.94E-01	1.03E+00	5.37E-02
		0.0864	2.88E-01		
		0.3475	1.07E+00		
	Antioxidante no tempero	0.0644	2.16E-01	2.52E-01	5.09E-02
		0.5250	1.60E+00*		
		0.0872	2.88E-01		
	Antioxidante no óleo	0.1410	4.47E-01	4.47E-01	1.45E-02
		0.1468	4.61E-01		
		0.1372	4.32E-01		
Dia 59	Sem antioxidante	0.2694	8.36E-01	4.66E-01	3.22E-01
		0.0995	3.17E-01		
		0.0750	2.45E-01		
	Antioxidante no tempero	0.0382	1.44E-01	1.73E-01	3.80E-02
		0.0462	1.59E-01		
		0.0638	2.16E-01		
	Antioxidante no óleo	0.1259	4.04E-01	3.41E-01	6.51E-02
		0.0817	2.74E-01		
		0.1098	3.46E-01		
Dia 85	Sem antioxidante	0.5318	1.61E+00	1.79E+00	2.55E-01
		0.6515	1.97E+00		
		0.3521	1.08E+00		
	Antioxidante no tempero	0.2397	7.35E-01	5.57E-01	1.54E-01
		0.1478	4.61E-01		
		0.1508	4.76E-01		
	Antioxidante no óleo	0.3546	1.08E+00	9.79E-01	1.50E-01
		0.3425	1.05E+00		
		0.2604	8.07E-01		

\* Valor de concentração de MDA excluído do cálculo da média.

## Anexo 9 - Resultados do teste TBARS para as várias amostras de banha de porco

Tabela 17 - Resultados do teste TBARS para as várias amostras de banha de porco.

Dia	Tipo de amostra	A <sub>532</sub>	C <sub>MDA</sub>	Média da C <sub>MDA</sub>	Desvio Padrão da C <sub>MDA</sub>
Dia 0	Sem antioxidante	0.0080	4.32E-02	4.32E-02	8.50E-18
		0.0059	4.32E-02		
		0.0064	4.32E-02		
	Com antioxidante	0.0012	2.88E-02	2.88E-02	4.25E-18
		0.0036	2.88E-02		
		0.0024	2.88E-02		
Dia 15	Sem antioxidante	0.0182	7.21E-02	4.80E-02	2.21E-02
		0.0040	2.88E-02		
		0.0056	4.32E-02		
	Com antioxidante	0.0101	5.77E-02	4.80E-02	8.37E-03
		0.0084	4.32E-02		
		0.0060	4.32E-02		
Dia 32	Sem antioxidante	0.0117	5.77E-02	5.77E-02	0.00E+00
		0.0114	5.77E-02		
		0.0121	5.77E-02		
	Com antioxidante	0.0100	5.77E-02	5.29E-02	8.37E-03
		0.0094	5.77E-02		
		0.0076	4.32E-02		
Dia 60	Sem antioxidante	0.0282	1.15E-01	1.01E-01	1.43E-02
		0.0202	8.65E-02		
		0.0254	1.01E-01		
	Com antioxidante	0.0226	8.65E-02	8.65E-02	1.70E-17
		0.0200	8.65E-02		
		0.0204	8.65E-02		
Dia 91	Sem antioxidante	0.0075	4.32E-02	4.32E-02	8.50E-18
		0.0042	4.32E-02		
		0.0062	4.32E-02		
	Com antioxidante	0.0061	4.32E-02	4.32E-02	8.50E-18
		0.0043	4.32E-02		
		0.0058	4.32E-02		

## Anexo 10 - Resultados da análise sensorial para as várias amostras de francesinha

Tabela 18- Resultados da análise sensorial para as diversas amostras de francesinha.

	Tipo de amostra	Cor	Sabor	Textura	Cheiro	Aceitação Global
Dia 31	Sem antioxidante	7.0	5.0	5.0	7.0	6.0
Dia 31	Sem antioxidante	7.0	5.0	6.0	6.0	6.0
Dia 31	Sem antioxidante	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Dia 31	Sem antioxidante	8.0	4.0	8.0	5.0	6.0
Dia 31	Sem antioxidante	7.0	4.0	5.0	4.0	5.0
Dia 31	Sem antioxidante	5.0	7.0	4.0	8.0	7.0
Média dia 31	Sem antioxidante	6.7	5.2	5.7	6.0	6.0
Dia 31	Antioxidante no tempero	7.0	6.0	6.0	7.0	6.0
Dia 31	Antioxidante no tempero	7.0	6.0	7.0	7.0	7.0
Dia 31	Antioxidante no tempero	7.0	6.0	7.0	7.0	7.0
Dia 31	Antioxidante no tempero	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Dia 31	Antioxidante no tempero	7.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Dia 31	Antioxidante no tempero	5.0	8.0	6.0	7.0	8.0
Média dia 31	Antioxidante no tempero	6.8	6.7	6.7	7.0	7.0
Dia 31	Antioxidante no óleo	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 31	Antioxidante no óleo	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 31	Antioxidante no óleo	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 31	Antioxidante no óleo	8.0	9.0	8.0	8.0	8.0
Dia 31	Antioxidante no óleo	7.0	5.0	6.0	5.0	5.0
Dia 31	Antioxidante no óleo	5.0	7.0	6.0	7.0	7.0
Média dia 31	Antioxidante no óleo	6.8	7.0	6.8	6.8	6.8
Dia 62	Sem antioxidante	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 62	Sem antioxidante	7.0	4.0	5.0	5.0	5.0
Dia 62	Sem antioxidante	7.0	6.0	7.0	6.0	6.0
Dia 62	Sem antioxidante	7.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Dia 62	Sem antioxidante	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Dia 62	Sem antioxidante	7.0	6.0	7.0	6.0	6.0
Média dia 62	Sem antioxidante	7.2	6.2	6.7	6.3	6.3
Dia 62	Antioxidante no tempero	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 62	Antioxidante no tempero	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 62	Antioxidante no tempero	7.0	8.0	7.0	7.0	7.0
Dia 62	Antioxidante no tempero	7.0	6.0	5.0	6.0	6.0
Dia 62	Antioxidante no tempero	8.0	9.0	8.0	9.0	9.0

Dia 62	Antioxidante no tempero	7.0	6.0	7.0	6.0	6.0
Média dia 62	Antioxidante no tempero	7.2	7.2	6.8	7.0	7.0
Dia 62	Antioxidante no óleo	7.0	6.0	7.0	6.0	6.0
Dia 62	Antioxidante no óleo	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 62	Antioxidante no óleo	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 62	Antioxidante no óleo	7.0	6.0	5.0	6.0	6.0
Dia 62	Antioxidante no óleo	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Dia 62	Antioxidante no óleo	7.0	8.0	7.0	8.0	8.0
Média dia 62	Antioxidante no óleo	7.2	7.0	6.8	7.0	7.0
Dia 89	Sem antioxidante	8.0	7.0	5.0	5.0	7.0
Dia 89	Sem antioxidante	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 89	Sem antioxidante	8.0	7.0	7.0	8.0	7.0
Dia 89	Sem antioxidante	8.0	6.0	8.0	7.0	7.0
Dia 89	Sem antioxidante	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 89	Sem antioxidante	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Média dia 89	Sem antioxidante	7.8	6.8	6.8	6.8	7.0
Dia 89	Antioxidante no tempero	8.0	9.0	6.0	8.0	8.0
Dia 89	Antioxidante no tempero	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Dia 89	Antioxidante no tempero	8.0	6.0	7.0	8.0	7.0
Dia 89	Antioxidante no tempero	8.0	9.0	7.0	8.0	8.0
Dia 89	Antioxidante no tempero	7.0	6.0	7.0	7.0	7.0
Dia 89	Antioxidante no tempero	7.0	8.0	7.0	7.0	7.0
Média dia 89	Antioxidante no tempero	7.8	7.6	7.0	7.8	7.6
Dia 89	Antioxidante no óleo	8.0	7.0	5.0	5.0	7.0
Dia 89	Antioxidante no óleo	8.0	6.0	8.0	7.0	7.0
Dia 89	Antioxidante no óleo	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 89	Antioxidante no óleo	8.0	6.0	7.0	6.0	7.0
Dia 89	Antioxidante no óleo	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 89	Antioxidante no óleo	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Média dia 89	Antioxidante no óleo	7.8	6.6	6.8	6.4	7.0

## Anexo 11 - Resultados da análise sensorial para as várias amostras de banha de porco

Tabela 19 - Resultados da análise sensorial para as diversas amostras de banha de porco.

	Tipo de amostra	Cor	Sabor	Textura	Cheiro	Aceitação Global
Dia 16	Sem antioxidante	5.0	3.0	5.0	3.0	3.0
Dia 16	Sem antioxidante	6.0	6.0	6.0	5.0	6.0
Dia 16	Sem antioxidante	7.0	5.0	6.0	6.0	6.0
Dia 16	Sem antioxidante	8.0	6.0	6.0	7.0	6.0
Dia 16	Sem antioxidante	7.0	5.0	5.0	7.0	6.0
Dia 16	Sem antioxidante	5.0	5.0	5.0	6.0	5.0
Média dia 16	Sem antioxidante	6.3	5.0	5.5	5.7	5.3
Dia 16	Com antioxidante	5.0	6.0	5.0	7.0	6.0
Dia 16	Com antioxidante	6.0	7.0	6.0	6.0	6.0
Dia 16	Com antioxidante	7.0	7.0	6.0	7.0	7.0
Dia 16	Com antioxidante	8.0	7.0	6.0	7.0	7.0
Dia 16	Com antioxidante	7.0	6.0	5.0	7.0	6.0
Dia 16	Com antioxidante	6.0	6.0	5.0	6.0	5.0
Média dia 16	Com antioxidante	6.5	6.5	5.5	6.7	6.2
Dia 33	Sem antioxidante	5.0	6.0	5.0	3.0	5.0
Dia 33	Sem antioxidante	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Dia 33	Sem antioxidante	7.0	7.0	6.0	6.0	6.0
Dia 33	Sem antioxidante	7.0	7.0	5.0	7.0	6.0
Dia 33	Sem antioxidante	6.0	5.0	6.0	5.0	5.0
Dia 33	Sem antioxidante	6.0	5.0	5.0	6.0	5.0
Média dia 33	Sem antioxidante	6.2	6.0	5.5	5.5	5.5
Dia 33	Com antioxidante	5.0	5.0	5.0	3.0	5.0
Dia 33	Com antioxidante	6.0	5.0	6.0	7.0	6.0
Dia 33	Com antioxidante	7.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Dia 33	Com antioxidante	7.0	5.0	5.0	7.0	6.0
Dia 33	Com antioxidante	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Dia 33	Com antioxidante	6.0	6.0	5.0	7.0	6.0
Média dia 33	Com antioxidante	6.2	5.5	5.5	6.0	5.8
Dia 61	Sem antioxidante	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Dia 61	Sem antioxidante	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Dia 61	Sem antioxidante	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Dia 61	Sem antioxidante	6.0	6.0	7.0	6.0	6.0
Dia 61	Sem antioxidante	9.0	8.0	7.0	9.0	7.0
Dia 61	Sem antioxidante	9.0	8.0	7.0	9.0	7.0
Média dia 61	Sem antioxidante	6.4	6.2	6.2	6.4	6.0
Dia 61	Com antioxidante	6.0	6.0	6.0	7.0	6.0
Dia 61	Com antioxidante	6.0	7.0	6.0	7.0	6.0

Dia 61	Com antioxidante	7.0	8.0	7.0	7.0	7.0
Dia 61	Com antioxidante	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 61	Com antioxidante	7.0	6.0	5.0	7.0	5.0
Dia 61	Com antioxidante	7.0	6.0	5.0	7.0	5.0
Média dia 61	Com antioxidante	6.6	6.8	6.2	7.0	6.2
Dia 95	Sem antioxidante	7.0	6.0	7.0	7.0	7.0
Dia 95	Sem antioxidante	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 95	Sem antioxidante	8.0	6.0	7.0	6.0	7.0
Dia 95	Sem antioxidante	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 95	Sem antioxidante	7.0	6.0	7.0	7.0	7.0
Dia 95	Sem antioxidante	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Média dia 95	Sem antioxidante	7.0	6.2	6.7	6.5	6.7
Dia 95	Com antioxidante	7.0	6.0	7.0	6.0	6.0
Dia 95	Com antioxidante	8.0	8.0	7.0	7.0	8.0
Dia 95	Com antioxidante	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 95	Com antioxidante	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 95	Com antioxidante	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Dia 95	Com antioxidante	5.0	8.0	5.0	8.0	7.0
Média dia 95	Com antioxidante	7.2	7.2	6.7	7.0	7.0

## Anexo 12 - Aspeto das amostras de banha de porco com e sem E 392

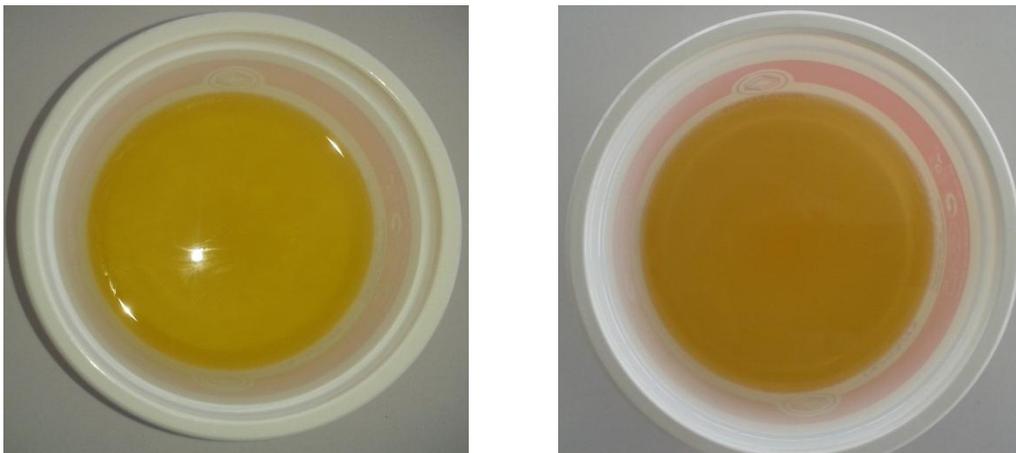


Figura 58 - Amostra de banha de porco sem antioxidante (à esquerda) e amostra de banha de porco com antioxidante (à direita), depois da análise sensorial do dia 95.

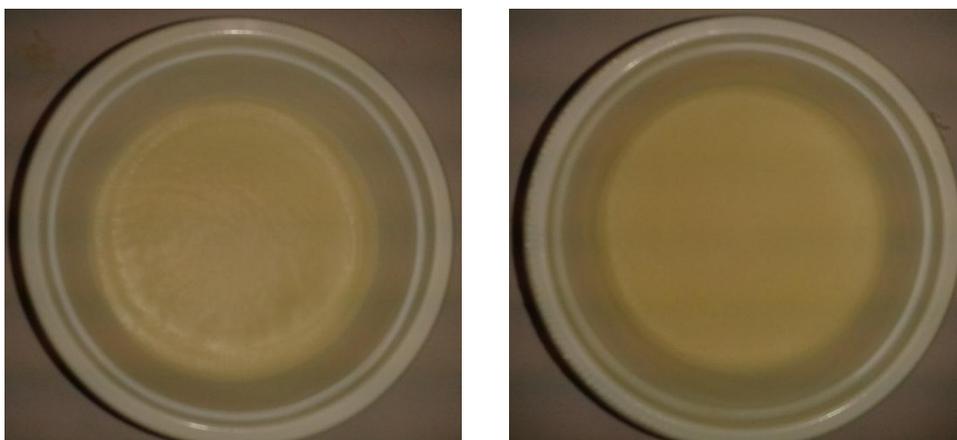


Figura 59 - Amostra de banha de porco sem antioxidante (esquerda) e amostra com antioxidante (direita), referentes ao dia 60.

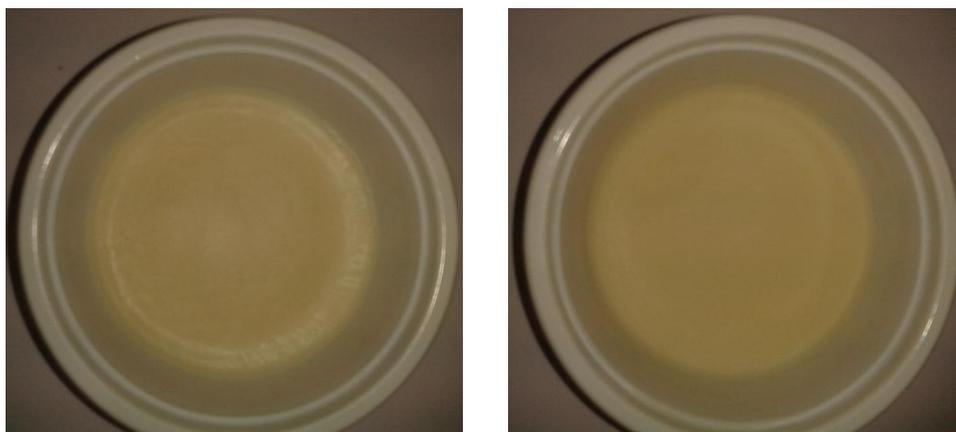


Figura 60 - Amostra de banha de porco sem antioxidante (esquerda) e amostra com antioxidante (direita), referentes ao dia 91.