

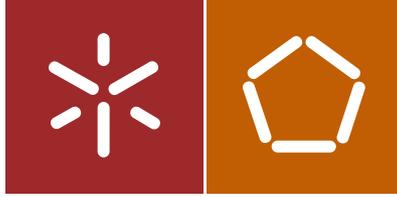


Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Sílvia Marlene Salgado Lopes

Estudo da termo-estabilidade de produtos  
ultracongelados e a influência do tempo  
de armazenamento na validade primária





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Sílvia Marlene Salgado Lopes

Estudo da termo-estabilidade de produtos  
ultracongelados e a influência do tempo  
de armazenamento na validade primária

Dissertação de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de  
Mestre em Engenharia Biológica – Tecnologias Alimentares

Trabalho efetuado sob a orientação de  
Professora Isabel Belo  
Engenheira Sara Silva  
Doutora Cidália Osório

## **DECLARAÇÃO**

**Nome:** Sílvia Marlene Salgado Lopes

**Endereço eletrónico:** silviasalgadolopes@gmail.com

**N.º do Cartão de Cidadão:** 13784279

**Título da dissertação:** Estudo da termo-estabilidade de produtos ultracongelados e a influência do tempo de armazenamento na validade primária

**Orientadoras:** Professora Isabel Belo, Engenheira Sara Silva e Dra. Cidália Osório

**Ano de conclusão:** 2014

**Mestrado em:** Mestrado Integrado em Engenharia Biológica – Tecnologias Alimentares

- É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA TESE, APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

**Universidade do Minho,** 27 de Outubro 2014

**Assinatura:**

## Resumo

O presente trabalho teve dois objetivos principais de estudo: um deles consistiu na análise da estabilidade térmica de produtos de pastelaria ultracongelados, em dois momentos distintos do processo de produção, na congelação e no armazenamento; e o outro na caracterização e investigação das possíveis alterações que ocorrem no produto, desde o momento inicial de armazenamento, até ao final da validade primária, previamente definida.

Durante o processo de congelação, os produtos devem atingir uma temperatura máxima de -8 °C para prosseguirem para a etapa da embalagem e, aquando do armazenamento, os produtos necessitam de alcançar os -18 °C para a sua comercialização ser consentida. As temperaturas obtidas, através da utilização de um *data logger*, permitiram concluir que temperatura de entrada dos produtos, no início do processo de congelação, não tem uma influência preponderante no tempo de congelação e o tempo máximo para os produtos, sem embalagem, atingirem a estabilização a -8 °C foi de 1 h e 10 min. Para o armazenamento, a principal ilação retirada é de que nenhum dos produtos de pastelaria estudados demorou mais do que 24 h para estabilizar, no Armazém do Produto Acabado, a -18 °C.

De modo a monitorizar as alterações que ocorrem durante o tempo de armazenamento até à expiração da validade primária procedeu-se à determinação de características físico-químicas, microbiológicas e organoléticas dos produtos armazenados. Primeiramente foram determinados os valores de pH nas massas iniciais dos respetivos produtos, após a fase de mistura e antes da fase de cozedura comprovando-se que em todos os pontos a flutuação é mínima. Os valores da contagem de microrganismos a 30 °C, a deteção da presença de *Listeria monocytogenes* e o índice de peróxidos nos produtos com 1 mês e 12 meses de armazenamento foram avaliados e os resultados obtidos permitiram concluir que os limites legais exigidos estavam a ser cumpridos. Neste contexto e após um enquadramento dos resultados, foi formado um painel de provadores para corroborar os resultados das análises executadas anteriormente, permitindo auferir que, tal como expectável, não foram detetadas alterações significativas nas características organoléticas dos produtos.

**Palavras-chave:** Indústria Alimentar; Pastelaria; Tempo de congelação; Tempo de armazenamento; Qualidade



## **Abstract**

The presented dissertation had two main objectives of study: one focused in the analysis of thermal stability of deep frozen foods in two different points of the production process, freezing and storage; and the other one consisting in the characterization and investigation of possible alterations occurring on the product, since the initial moment of storage, until the end of the previously defined primary shelf life.

Throughout the freezing process, products must achieve a maximum temperature of -8 °C in order to continue to the packaging stage and, on storage, the products need to reach a temperature of -18 °C to be accepted for commercialization. The temperatures achieved during the entire process were obtained through the use of a datalogger and led to the conclusion that the overall temperature of the foodstuff at the beginning of the freezing process does not have a major influence on the freezing time. Furthermore, the maximum time that products, without packaging, took to achieve stabilization at -8 °C was 1 h 10 min. During storage, the main conclusion to retrieve is that none of the bakery products studied took more than 24 hours to stabilize in Finished Products Warehouse, at -18 °C.

In order to monitor the changes that occur, during storage time until the end of the primary shelf life, the determination of physico-chemical, microbiological and organoleptic characteristics of the stored products was performed. Firstly, the pH values were determined for the initial batter, after the mixing process and preceding the cooking process of all products proving that minimal fluctuations occur for this parameter. The count values of microorganisms at 30 °C, the presence of *Listeria monocytogenes* in the products and the peroxide value after 1 month and 12 months of storage were evaluated and they were all within the legal limits required. In this context, and after doing a framework of the results, a panel of assessors was selected to corroborate the analysis outcomes. The sensorial analysis settled that, as expected, there were no relevant alterations on the organoleptic characteristics of the products.



## **Agradecimentos**

Às minhas orientadoras, a Eng.<sup>a</sup> Sara Silva, a Dra. Cidália Osório e à Professora Isabel Belo, pelo apoio e disponibilidade para orientar e corrigir este trabalho, ao longo de todo o percurso;

Ao Professor António Vicente pela preciosa ajuda;

À CSM Iberia S.A., mas principalmente ao Departamento de Desenvolvimento e Qualidade, nomeadamente à Ana Azevedo, Graça Sousa, Sara Antunes, Amélia Amorim, Lúcia Cadilhe, Juliana Fernandes e Isabel Ferreira pela ajuda constante. Ao Sr. Henrique e a todos os voluntários dos meus painéis. Por último, mas não menos importante, um obrigado especial à Lígia Lobo pela partilha de conhecimentos;

Aos meus pais e ao meu irmão, por tudo;

Ao Fernando, Cristina e Rita pela ajuda e apoio imprescindíveis;

À Gold Family, pelos melhores momentos;

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, um sincero agradecimento.



## Índice

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	xi
<b>ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	xiii
<b>CAPÍTULO I Introdução</b> .....	1
<b>CAPÍTULO II CSM Iberia S.A.</b> .....	5
1. Breve Descrição da Empresa .....	7
1.1 Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ) e Certificações: <i>British Retail Consortium</i> (BRC) e <i>International Food Standard</i> (IFS).....	7
2. Classificação dos Produtos .....	9
2.1 Descrição dos Produtos.....	9
3. Processo de Produção .....	11
3.1. Descrição Geral do Processo .....	11
<b>Capítulo III Termo-estabilidade de produtos ultracongelados</b> .....	17
1. Estabilidade Térmica .....	19
2. Congelação e Armazenamento.....	20
3. Túnel de Congelação e Câmara de Armazenamento.....	21
4. Determinação do Tempo de Congelação .....	22
5. Metodologias .....	28
5.1. Estrutura do Trabalho.....	28
5.2. Determinação da Temperatura no Centro Térmico do Produto .....	28
5.3 Túnel de Congelação e Câmara de Armazenamento .....	28
6. Apresentação e Discussão dos Resultados .....	29
6.1. Congelação.....	29
6.2. Armazenamento.....	38
7. Considerações Finais .....	43
7.1. Túneis de Congelação .....	43
7.2. Armazenamento.....	44
<b>CAPÍTULO IV Influência do tempo de armazenamento na validade primária</b> .....	47
1. Validade de Produtos Ultracongelados.....	49
2. Deterioração de Alimentos Ultracongelados Durante o Armazenamento .....	51

2.1.	Deterioração Química - Oxidação Lipídica .....	53
2.2.	Deterioração Microbiológica - <i>Listeria monocytogenes</i> .....	55
3.	Análise Sensorial .....	60
4.	Metodologias .....	62
4.1.	Estrutura do Trabalho.....	62
4.2.	Análises Físico-Químicas .....	63
4.2.1.	Determinação do pH .....	63
4.2.2.	Determinação do Índice de Peróxidos na Gordura .....	63
4.3.	Análises Microbiológicas.....	63
4.3.1.	Contagem de Microrganismos Totais a 30 °C .....	63
4.3.2.	Contagem de <i>Listeria monocytogenes</i> .....	64
4.4.	Análise Sensorial.....	64
4.4.1.	Avaliação Sensorial.....	64
4.4.2.	Tratamento Estatístico .....	64
5.	Apresentação e Discussão dos Resultados .....	65
5.1.	pH.....	65
5.2.	Microrganismos Aeróbios Totais a 30 °C .....	66
5.3.	<i>Listeria Monocytogenes</i> .....	68
5.4.	Índice de Peróxidos .....	70
5.5.	Análise Sensorial.....	71
6.	Considerações Finais .....	74
<b>CAPÍTULO V Conclusão .....</b>		<b>77</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>81</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>91</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	Fluxograma do processo de produção de produtos de pastelaria .....	12
<b>Figura 2</b>	Esquema da equação para o cálculo do tempo de congelação .....	24
<b>Figura 3</b>	Variação do tempo de congelação em função da temperatura de entrada dos diferentes produtos. ....	32
<b>Figura 4</b>	Diminuição da qualidade dos alimentos em função do tempo de armazenamento, em função da abertura da embalagem e os respetivos valores de vida de prateleira primária e secundária .....	50
<b>Figura 6</b>	As taxas de notificação de listeriose humana por idade e sexo na UE em 2012 .....	59
<b>Figura 7</b>	Evolução média do índice de peróxidos nos diferentes produtos em estudo. ....	71
<b>Figura 8</b>	Quadro de síntese dos produtos .....	93
<b>Figura 9</b>	Sala de provadores.....	94
<b>Figura 10</b>	Boletim de análise sensorial. ....	96







## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> Descrição dos produtos.....	10
<b>Tabela 2</b> Modelos das diferentes propriedades térmicas para os componentes alimentares com a temperatura a variar de $-40 \leq t \leq 150$ °C .....	25
<b>Tabela 3</b> Modelos de propriedades térmicas para a água e o gelo ( $-40 \leq t \leq 150$ °C). .....	26
<b>Tabela 4</b> Propriedades térmicas dos diferentes produtos.....	30
<b>Tabela 5</b> Resultados do cálculo do coeficiente convectivo ( <i>h</i> ) .....	31
<b>Tabela 6</b> Valores experimentais e teóricos do tempo necessário para atingir os -8 °C, nos túneis de congelação para os produtos <i>Black Mini Muffin</i> , <i>Queque</i> , <i>Mini Choco Muffin</i> .....	34
<b>Tabela 7</b> Valores experimentais e teóricos do tempo necessário para atingir os -8 °C, nos túneis de congelação para os dois <i>Cup Cakes</i> .....	35
<b>Tabela 8</b> Valores experimentais e teóricos do tempo necessário para atingir os -8 °C, nos túneis de congelação para os <i>Muffins</i> de chocolate.....	35
<b>Tabela 9</b> Valores experimentais e teóricos do tempo necessário para atingir os -8 °C, nos túneis de congelação para os <i>Muffins</i> de fruta.....	36
<b>Tabela 10</b> Valores experimentais e teóricos do tempo necessário para atingir os -8 °C nos túneis de congelação para o <i>Bolo de Arroz</i> .....	36
<b>Tabela 11</b> Valores experimentais e teóricos do tempo necessário para atingir os -8 °C, nos túneis de congelação para o <i>SB Lemon Loaf cake</i> .....	37
<b>Tabela 12</b> Valores experimentais do tempo necessário dos <i>Mini Muffins</i> e do <i>Queque</i> para estabilizar à temperatura legal exigida para a comercialização de -18 °C. ....	39
<b>Tabela 13</b> Valores experimentais do tempo necessário, dos dois <i>Cup Cakes</i> em estudo, para atingir a temperatura legal exigida para a comercialização de -18 °C. ....	40
<b>Tabela 14</b> Valores experimentais do tempo necessário, dos dois <i>Muffins</i> de chocolate em estudo, para atingir a temperatura legal exigida para a comercialização de -18 °C. ....	41
<b>Tabela 15</b> Valores experimentais do tempo necessário, dos dois <i>Muffins</i> de fruta em estudo, para atingir a temperatura legal exigida para a comercialização de -18 °C. ....	41
<b>Tabela 16</b> Valores experimentais do tempo necessário para atingir a temperatura legal exigida para a comercialização de -18 °C para o <i>loaf cake</i> em estudo. ....	42
<b>Tabela 17</b> Valores experimentais do tempo necessário para atingir a temperatura legal exigida para a comercialização de -18 °C para o <i>Bolo de Arroz com Açúcar</i> . ....	43
<b>Tabela 18</b> Principais fatores de crescimento, limites mínimos, máximos, condições de crescimento ótimo e tratamentos térmicos durante o processamento alimentar para <i>Listeria monocytogenes</i> .....	56
<b>Tabela 19</b> <i>Listeria monocytogenes</i> em produtos prontos para consumo no ano de 2012 .....	58

<b>Tabela 20</b> Valores médios de pH das massas dos produtos. ....	66
<b>Tabela 21</b> Critérios microbiológicos para os resultados da contagem de colônias aeróbias. ....	67
<b>Tabela 22</b> Valores médios das contagens de microrganismos aeróbios a 30 °C, nos vários produtos, nos dois momentos diferentes de análise .....	67
<b>Tabela 23</b> Critérios microbiológicos para a ocorrência de <i>Listeria monocytogenes</i> em produtos de pastelaria prontos para consumo.....	69
<b>Tabela 24</b> Ocorrência de <i>Listéria monocytogenes</i> , nos vários produtos .....	69
<b>Tabela 25</b> Valores obtidos para o Teste de Fisher e para o teste de Qui-quadrado .....	72
<b>Tabela 26</b> Exemplo de uma Tabela de contingência 2x2.....	97
<b>Tabela 27</b> Tabela de frequências obtidas .....	99
<b>Tabela 28</b> Tabela de frequências esperadas .....	99
<b>Tabela 29</b> Valores críticos (unilaterais à esquerda) da distribuição Qui-Quadrado $P(X^2 \text{ com } n \text{ graus de liberdade} \geq \text{valor Tabelado}) = \alpha$ .....	101
<b>Tabela 30</b> Informação Nutricional .....	102

## Abreviaturas e Siglas

A	Área da Superfície de Transferência de Calor ( $m^2$ )
APA	Armazém de Produto Acabado
$a_w$	Atividade da Água
Bi	Número de Biot
BRC	British Retail Consortium
$c_p$	Calor específico ( $J/m^3K$ )
D	Diâmetro (m)
E	Dimensionalidade Equivalente de Transferência de Calor
f	Fator de Fricção de Fanning
h	Coefficiente de transferência de calor de superfície ( $J/m^2 K$ )
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points (Análise de Perigos e Controlo de Pontos Críticos)
IFS	International Food Standard
IP	Índice de Peróxidos
IPAC	Instituto Português de Acreditação
ISO	International Organization for Standardization
k	Condutividade Térmica
L	Calor Latente de Evaporação da Água ( $J/kg$ )
l	Largura (m)
UFC	Unidade de Formação de Colónias
MP's	Matérias-primas
Nu	Número de Nussel
PA	Produto Acabado
Pr	Número de Prandtl
Re	Número de Reynolds
S.A.	Sociedade Anónima
SGQ	Sistema de Gestão de Qualidade
SQMS	Supplier Quality Management System
T	Temperatura ( $^{\circ}C$ )
V	Volume ( $m^3$ )

$\alpha$	Difusividade Térmica ( $m^2/s$ )
$\Delta H$	Alteração na Entalpia Relativa
$\rho$	Densidade ( $kg/m^3$ )
$\mu$	Viscosidade dinâmica ( $kg/ms$ )

**Subscritos**

1	Fase de Pré-arrefecimento
2	Fase de Mudança de Fase
a	Ar/Ambiente
c	Congelado
d	Descongelado
i	Inicial
mc	Média de Congelação

# Capítulo I

---

*Introdução*

---



Na sociedade atual, fruto da constante evolução da ciência, temos uma população cada vez mais informada e com expectativas maioritariamente exigentes em relação aos alimentos que consome. Assim, o mercado alimentar deve tentar corresponder às necessidades dos consumidores, satisfazendo os parâmetros requeridos por estes, produzindo ao máximo nível (Nicoli, 2012; Robertson, 2010).

A qualidade e segurança dos alimentos constituem aspetos fundamentais no setor alimentar. A qualidade de um produto relaciona a expectativa do consumidor e as características concretas do mesmo, sendo que a maior parte é determinada pela perceção do consumidor. De acordo com a Norma ISO 9000:2000, o conceito qualidade é definido como o grau de satisfação de requisitos dados por um conjunto de características intrínsecas. No caso dos produtos de pastelaria a cor, o sabor, a textura, a aparência e o aroma são algumas das características que o consumidor percebe através dos seus sentidos. Diretamente relacionada com a qualidade está a segurança: um produto alimentar seguro é inócuo e não representa um risco para a saúde (Robertson, 2010).

Durante o tempo de armazenamento, o produto vai perdendo alguns dos seus atributos essenciais, pelo que a determinação do tempo exato em que este processo ocorre permite certificar a segurança e a qualidade do mesmo.

A totalidade dos alimentos é, por natureza, perecível e sofre alterações durante o processamento e o armazenamento. Ao longo do tempo de armazenamento, um ou mais atributos dos alimentos são passíveis de sofrer alterações, atingindo um estado indesejável. Neste momento, o alimento é, portanto, considerado impróprio para consumo, determinando o fim do seu tempo de prateleira (Man e Jones, 2000).

Ainda no seguimento da segurança e qualidade alimentar, a presença de microrganismos patogénicos e as perdas económicas associadas à produção de alimentos defeituosos e disformes, constituem alguns dos problemas da indústria alimentar.

Garantir a qualidade e segurança dos produtos alimentares é assim crucial, quer para garantir a satisfação dos clientes quer para cumprir com todos os parâmetros legais exigidos. A estabilidade térmica de produtos alimentares congelados está intrinsecamente relacionada com as suas características, que por sua vez afetam a qualidade e a segurança alimentares. A determinação do tempo em que o produto atinge a estabilidade e as flutuações a que é submetido durante o processo e

armazenamento são parâmetros essenciais e de relevante importância no setor alimentar (Nicoli, 2012; Valero *et al.*, 2012).

# **Capítulo II**

---

*CSM Iberia S.A.*

---





## 1. Breve Descrição da Empresa

A CSM Iberia S.A. é a líder mundial de produtos de panificação e pastelaria. A CSM oferece uma ampla gama de produtos, desde ingredientes para panificação e pastelaria até produtos semiacabados e congelados. Possui instalações em 28 países na Europa, África, América do Norte, América Latina e Ásia (CSM, 2008).

A CSM Iberia presente em Santo Tirso, distrito do Porto, é constituída por duas plantas principais, uma para a produção de bolos e outra para a produção de pão. A planta para a produção do pão tem na sua constituição cinco linhas para a produção de diferentes tipos de pão e uma linha para a produção exclusiva de bolo-rei. A planta de produção de bolos é constituída por três linhas para a produção de diferentes tipos de produtos.

A história desta empresa remonta a 1994, quando foi fundada a empresa Panduave. Foi um grande investimento, pois além do processo normal de fabrico de pão foi necessário a compra de túneis de fermentação, fornos para produtos pré-cozidos e um armazém com temperaturas abaixo dos 20 °C. Em 1996, todas as atividades foram vendidas a Jerónimo Martins, parceira da Unilever em Portugal. Em 2002 a CSM adquiriu todos os direitos da empresa.

Entre os principais clientes desta empresa multinacional, destacam-se: o *Lidl*, *Pingo Doce*, *Starbucks*, *Burger King*, *Intermarché*, *Dia* e *McDonald's*.

O slogan da empresa é “St Tirso - Famous for making your ideas come true and breaking new boundaries”.

### 1.1 Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ) e Certificações: *British Retail Consortium (BRC)* e *International Food Standard (IFS)*

A CSM, como uma empresa multinacional competitiva em vários mercados, possui um Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ), baseado na norma ISO 9001:2008 e é certificada pelo *British Retail Consortium (BRC)*, com nota A e pelo *International Food Standard (IFS)* com *Higher Level*. Estas certificações, embora não exigidas legalmente, são de extrema importância no mercado alimentar internacional e, por isso, essenciais para a CSM.

A satisfação das exigências dos clientes, uma melhoria da imagem perante o mercado, pela categoria que a certificação confere, e conseqüente acesso a mercados e clientes mais exigentes e um

aumento da confiança nos processos de conceção, planeamento, produção do produto e/ou fornecimento do serviço são apenas algumas das vantagens (BRC Global Standards, 2014; APCER, 2014).

O SGQ inclui as expectativas de segurança alimentar e do sistema de qualidade para todos os fornecedores, independentemente do país, e encontra-se sob revisão contínua (IPAC, 2014).

O BRC assegura que todas as empresas que fornecem produtos alimentares aos mercados presentes no Reino Unido, cumprem todos os critérios de qualidade e segurança exigidos. Esta certificação implica a adoção da metodologia Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo (HACCP), formalizada pelo *Codex Alimentarius Commission*, que define as medidas a implementar por forma a controlar os perigos alimentares. Implica ainda a existência de um Sistema de Gestão de Qualidade e o controlo das condições ambientais das instalações, do produto, processo e pessoas.

A adoção deste referencial de qualidade traz às empresas alguns benefícios como redução significativa do número de auditorias de clientes e custos associados, vigilância constante e acompanhamento das ações corretivas, assegurando uma melhoria contínua e proporcionando um aumento da confiança dos clientes na segurança e qualidade dos produtos adquiridos (BRC Global Standards, 2014; Certif, 2014).

O referencial IFS destina-se a empresas de processamento alimentar ou a empresas que embalam produtos alimentares "individuais". O IFS aplica-se quando os produtos são "processados" ou quando existe um risco para a contaminação do produto durante a embalagem primária. O IFS Food Standard é importante para todos os produtores alimentares, especialmente para os que produzem marcas próprias, pois contém muitas exigências relacionadas com o cumprimento de especificações. É baseado na ISO 9001 e no sistema HACCP e é direcionado para as empresas agroindustriais. Ao adotar este referencial garantem a transparência em toda a cadeia de fornecimento, o que permite economizar custos e tempo para as empresas (Gonçalves, 2012; IFS, 2014).

Os principais objetivos passam por estabelecer um *standard* comum com um sistema de avaliação uniforme, trabalhar com auditores e certificadores aprovados e assegurar a transparência durante toda a cadeia de abastecimento (Figueiras, 2012).

Além dos certificados referidos anteriormente, existem ainda várias políticas a nível ambiental, de segurança alimentar, de qualidade, de saúde e segurança.

## **2. Classificação dos Produtos**

Os *Cup Cakes*, *Muffins*, *Loaf Cakes* e bolos ultracongelados comercializados pela CSM são considerados produtos prontos para consumo. Um produto pronto-a-consumir é definido, segundo o Regulamento (CE) N° 2073/2005 relativo a critérios microbiológicos aplicáveis aos géneros alimentícios, como um alimento para o consumo direto humano, sem a necessidade de ser cozinhado ou recorrer a outro tipo de processo para eliminar ou reduzir o nível de microrganismos. Por outras palavras, é responsabilidade do produtor determinar se o alimento pode ou não ser classificado como pronto-a-consumir. Se o produtor determinar que o alimento pode ser consumido sem ser cozinhado ou ter de sofrer outro tipo de processo para garantir a sua segurança alimentar, então o produto é classificado como pronto para o consumo (Giannou *et al.*, 2005; NSW Food Authority, 2009).

Quando os produtos alimentares são classificados como prontos para consumo, o cumprimento dos requisitos em relação aos critérios para *Listeria monocytogenes*, previsto na Tabela 1, Anexo 1, do Regulamento (CE) N° 2073/2005 relativo a critérios microbiológicos aplicáveis aos géneros alimentícios, é obrigatório.

### **2.1 Descrição dos Produtos**

Os *Muffins*, *Loaf Cakes* e *Bolos* são produtos microbiologicamente estáveis, visto que, a maioria é totalmente sujeita a cozedura. Quando, posteriormente, existe adição de recheios ou *topping*, estes são bastante estáveis, concedendo a estes produtos uma validade primária de cerca de 12 meses.

Os *Cup Cakes* são produtos mais complexos que os anteriormente apresentados. Têm uma base semelhante aos *Muffins*, com ingredientes base como a água, óleo, ovo em pó, farinha T55 e um *mix*<sup>1</sup> que contém fermento e aditivos. No entanto, acrescenta-se sempre *topping*, à base de creme de pasteleiro e manteiga, que torna os produtos mais suscetíveis e, por isso, quando armazenados a -18°C, o tempo de vida é de apenas 9 meses. Os produtos analisados encontram-se descritos na Tabela 1, relativamente à categoria respeitante a cada um.

---

<sup>1</sup> Todos os produtos produzidos pela CSM Iberia S.A. têm na sua constituição um *mix*, que é constituído por fermento e alguns aditivos. Existem diversos tipos de *mix*, com diferentes formulações.

Tabela 1 Descrição dos produtos

<b>Categoria</b>	<b>Produtos</b>	<b>Constituição</b>	<b>Mix</b>	<b>Peso / g</b>	<b>Diâmetro / cm</b>	<b>Altura / cm</b>	<b>Recheio</b>	<b>Topping</b>
<i>Muffins de Chocolate</i>	<i>Muffins</i> Pepitas de Chocolate	Água, farinha T55, açúcar, ovo em pó, cacau, chocolate, óleo	<i>TK – Muffin Konz. 20%</i>	100,0 ± 5,0	8,3 ± 1,0	7,0 ± 1,0	-	Pepitas de chocolate
	<i>Filled Chocolate Muffin</i>	Água, óleo, farinha, açúcar, ovo em pó, cacau em pó e pepitas de chocolate	<i>B&amp;B Muffin Mix</i>	130,0 ± 5,0	8,4 ± 1,0	7,2 ± 1,0	Creme de chocolate	Bolacha ralada
<i>Muffins de Fruta</i>	<i>Raspberry Cheesecake Muffin</i>	Água, óleo, farinha, açúcar, ovo em pó, aroma de limão e pedaços de framboesa	<i>B&amp;B Muffin Mix</i>	120,0 ± 5,0	8,8 ± 1,0	6,8 ± 1,0	Queijo creme, açúcar, amido de trigo, água e ovo	Queijo creme, açúcar, amido de trigo, água e ovo
	<i>Blueberry Muffin</i>	Água, óleo, farinha, açúcar, ovo em pó, aroma de mirtilo, baunilha e mirtilos congelados	<i>B&amp;B Muffin Mix</i>	130,0 ± 5,0	7,6 ± 1,0	9,0 ± 1,0	-	<i>Crumble</i> de manteiga sem sal, açúcar, açúcar amarelo e farinha
<i>Mini Muffins</i>	<i>Black Mini Muffin</i>	Água, óleo, farinha, açúcar, ovo em pó, cacau em pó e baunilha	<i>L. C. Mix</i>	30,0 ± 2,7	5,2 ± 0,5	5,2 ± 0,5	-	-
	<i>Mini Choco Muffin</i>	Água, óleo, farinha, açúcar, ovo em pó, cacau em pó	<i>B&amp;B Muffin Mix</i>	30,0 ± 2,7	4,7 ± 1,0	4,7 ± 1,0	Pepitas de chocolate	Chocolate
<i>Cup Cakes</i>	<i>Wild Blueberry Cup Cake</i>	Água, óleo, ovo em pó, farinha T55 e mirtilos congelados		77,0 ± 4,0	6,0 ± 0,5	6,0 ± 0,5	-	Creme de <i>Blueberry</i> com chocolate branco
	<i>Triple Choco Cup Cake</i>	Água, óleo, farinha T55, açúcar, ovo e cacau em pó		80,0 ± 4,0	6,0 ± 0,5	6,0 ± 0,5	-	Creme de chocolate com pepitas de chocolate
<i>Loaf Cakes</i> <sup>2</sup>	<i>Lemon Loaf Cup Cake</i>	Água, óleo, farinha, açúcar, ovo em pó, aroma de limão e manteiga sem sal líquida (40°C)	<i>B&amp;B Muffin Mix</i>	90,0 ± 10,0	2,4 ± 1,0	8,5 ± 1,0	-	Creme de limão e óleo
<b>Bolos</b>	<i>Bolo de Arroz com Açúcar</i>	Água, óleo, farinha, açúcar, aroma de manteiga ovo em pó, farinha de arroz	<i>L. C. mix</i>	70,0 ± 4,0	7,0 ± 1,0	7,0 ± 1,0	-	Açúcar
	<i>Queque</i>	Água, óleo, farinha, açúcar, aroma de manteiga	<i>Caty Muffins</i>	55,0 ± 4,0	5,8 ± 1,0	9,0 ± 1,5	-	-

<sup>2</sup> Os Loaf Cakes, durante a etapa da congelação, apresentam um peso aproximado de 2,0 kg. Durante a etapa de embalagem são fatiados, em porções com cerca de 90,0g. Este é o peso final do produto e com o qual ele é armazenado.

### **3. Processo de Produção**

O processo envolvido na produção de alimentos pode variar na sua complexidade, dependendo do tipo de produtos que se pretende produzir, mas é normalmente projetado para manter e melhorar a segurança alimentar. Algumas técnicas de processamento, como os tratamentos térmicos e a congelação, podem aumentar o prazo de validade dos alimentos, destruindo ou reduzindo o número de microrganismos (Hoffmann, 2001; Saranraj e Geetha, 2012).

Devem, por isso, ser consideradas todas as etapas do processo e como estas podem afetar a sobrevivência e o crescimento de microrganismos, o prazo de validade e por consequência a qualidade do produto final.

Este processo envolve todas as atividades relacionadas com a produção de pastelaria pronta, desde a receção das matérias-primas (MP's) até ao Armazém do Produto Acabado (APA) e está representado na Figura 1, da página seguinte.

#### **3.1. Descrição Geral do Processo**

O processo de produção inicia-se com a receção das matérias-primas e com a receção do material de embalagem e auxiliares de produção. Entre as principais matérias primas encontram-se *mixes* de pastelaria, a farinha de trigo T55, o açúcar, ovo em pó, óleo e manteiga (fontes de matérias gordas).

Após a sua receção, as MP's são armazenadas no armazém de matérias-primas, a temperatura controlada (cerca de 18 °C) ou em refrigeração, enquanto que o material de embalagem e os auxiliares são encaminhados para outro armazém devidamente identificados. É realizado o controlo de corpos estranhos, odor e aspeto em todas as matérias-primas definidas nas receitas através de uma inspeção visual. As matérias-primas são pesadas, para um contentor plástico, e são espalhadas de forma a permitir uma ampla visualização.

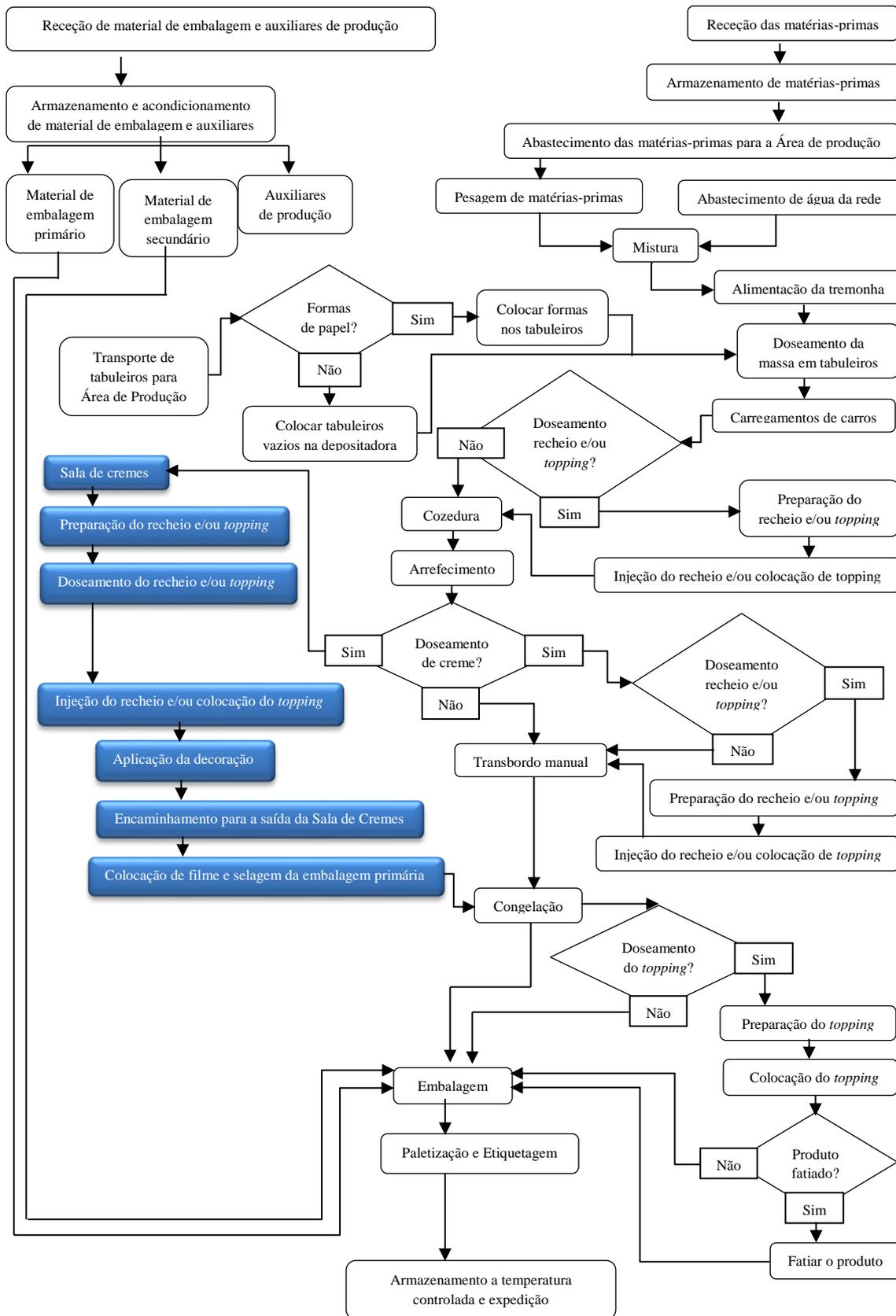


Figura 1 Fluxograma do processo de produção de produtos de pasteleria

Se o produto se encontrar dentro dos parâmetros, previamente referidos, é transferido diretamente para a batedeira. Caso exista algum corpo estranho este deve ser retirado e deve-se realizar uma nova inspeção visual. Caso as MP's contenham algum odor estranho, os produtos devem ser imediatamente bloqueados e qualquer não conformidade é registada num documento de registo de produção e são tomadas medidas corretivas. São registados os lotes de todas as matérias-primas, materiais de embalagem de contacto direto com o produto e auxiliares tecnológicos, para assegurar a rastreabilidade.

Os ingredientes inspecionados são medidos, pesados e são introduzidos na batedeira pela ordem em que estão dispostos na receita. A água e o óleo são doseados automaticamente. Os parâmetros do equipamento são ajustados e inicia-se a mistura. Os tempos e as rotações são diferentes, dependendo do tipo de produto, e as massas obtidas na pastelaria podem estar em espera apenas 30 minutos até serem utilizadas. Durante a mistura, ocorre a incorporação de ar, sob a forma de pequenas bolhas bem distribuídas e que são essenciais para atingir uma boa textura do produto final.

A duração desta etapa depende não só do tipo de misturador, como também dos ingredientes utilizados assim como a ordem em que são adicionados. A gordura aumenta o tempo da mistura pois envolve o glúten e dificulta a sua hidratação, por isso deve ser adicionada por último. As farinhas com baixo teor de proteína, como a T55, diminui o tempo de mistura, pois hidrata-se e desenvolve-se mais rapidamente. (Barcenas e Rosell, 2006; Paton *et al.*, 1981; Pylar e Gorton, 2008).

Após a mistura, a massa é introduzida na tremonha para o seu posterior doseamento. A tremonha doseia a quantidade de massa ideal para a formação do produto e procede-se ao controlo do peso da massa depositada, que varia com o tipo de produto. A precisão e a uniformidade são essenciais, uma vez que o excesso de massa pode provocar perdas económicas e a sua falta pode levar ao incumprimento da legislação.

Paralelamente à fase da mistura, os tabuleiros são transportados para a Área de Produção e, caso o produto necessite, as formas são colocadas. Os tabuleiros com a massa doseada são colocados em carros. Se não ocorrer doseamento de recheio nem de *topping* passam para a cozedura, caso contrário ocorre a injeção do recheio e/ou a colocação do *topping* (como é o caso de alguns *Muffins* que contêm *toppings*).

No forno, o tempo e a temperatura da cozedura são diferentes para cada produto, no entanto, no fim da cozedura a temperatura no interior do produto não pode ser inferior a 90 °C. Durante esta etapa ocorre um conjunto de alterações químicas e físicas. Quando a temperatura atinge os 70 °C, a rede de glúten desnatura-se e ocorre a libertação da água das proteínas. A gelatinização do amido é outra das alterações químicas que ocorrem, a 50 °C, e utiliza a água libertada durante a desnaturação proteica. O amido gelatinizado prende-se na rede proteica e depois do arrefecimento é o responsável pela sustentação desta estrutura. A ativação das enzimas ocorre com o aumento da temperatura, no entanto só até um determinado limite, após o qual ocorre a desnaturação das proteínas e a sua inativação.

A ação da amilase sobre o amido gelatinizado (no início da cozedura) é essencial para manter a quantidade de açúcares necessários à produção de cor e aroma, uma vez que, a maior parte dos açúcares foram consumidos durante a fermentação. A reação de Maillard, que ocorre durante esta etapa, é responsável pelo aroma característico e pelo escurecimento não enzimático. A reação de Maillard dá-se entre açúcares redutores e o grupo amina dos aminoácidos. Os produtos finais desta reação dependem da quantidade de açúcares e de aminoácidos presentes, da humidade, do pH e da temperatura (EKamp, 2014; Davies *et al.*, n.d.; Moret, 2013).

Durante a cozedura, ocorrem diversas alterações físicas como o aumento do volume da massa, que é o resultado da produção de CO<sub>2</sub>, da diminuição da solubilidade da fase gasosa na massa que por sua vez fazem aumentar a pressão interna e expandem a massa. Outra alteração física é a formação da crosta, onde se forma um filme na superfície que delimita a estrutura do produto (e é semipermeável à saída de gases como CO<sub>2</sub> e vapor de água). Por último, ocorre a perda de peso devido à evaporação de água, CO<sub>2</sub>, álcool, ácidos orgânicos e muitos outros. A temperatura, o tempo e a humidade da cozedura dependem dos ingredientes e das características do produto. De modo geral, a humidade não deve ser muito baixa para não ressequeir a crosta. O tempo vai depender do formato pretendido e da temperatura utilizada. A escolha da temperatura é vital, uma vez que uma má opção pode levar ao endurecimento rápido da crosta (temperaturas demasiado elevadas) e ao prolongamento da ação enzimática, levando à produção excessiva de dióxido de carbono (pelas leveduras) e de dextrinas (pela amilase) (Al-dmoor, 2013; Cauvain e Cyster, 1996; Cauvain e Young, 2006; Davies *et al.*, n.d.; Paton *et al.*, 1981; Pylar e Gorton, 2008).

À saída do forno, os produtos arrefecem à temperatura ambiente, antes de serem encaminhados para o transbordo manual. A temperatura interna do produto, antes de entrar para os

túneis de congelação, deverá ser de 35 °C à qual se deverá associar uma tolerância de +/-5 °C. Através do arrefecimento à temperatura ambiente, evita-se a alteração da qualidade do produto permitindo também a extração de parte da humidade do produto sem este se tornar rijo e seco, evitando a formação de “crosta” (Vessière, 2014).

Se o produto não possuir qualquer tipo de recheio, creme ou *topping*, passa diretamente para os túneis de congelação, após transbordo. O transbordo consiste na passagem dos produtos dos carros de cozedura para os carros de congelação. Esta operação é efetuada manualmente.

Os produtos que contenham creme (*Cup Cakes*) são encaminhados para a sala dos cremes, onde se dá a preparação e injeção do recheio (apenas em alguns produtos) e/ou a preparação e colocação do *topping* (creme). Ainda na sala dos cremes, aplica-se a decoração nos produtos e a embalagem primária é filmada e selada, encaminhando-se para a saída da sala e prosseguindo para a congelação<sup>3</sup>.

Os produtos com outros tipos de recheio e/ou *topping*, após cozedura, são encaminhados para a sua injeção/colocação, sendo transbordados manualmente e seguindo posteriormente para a congelação.

A temperatura interna do produto, após a sua congelação, está previamente definida, com uma tolerância de +/-5 °C para produtos de congelação a -13 °C e de +/-3 °C para produtos de congelação a -10 °C.

Os produtos, após a etapa de congelação, são encaminhados para a embalagem onde são etiquetados e colocados em paletes sendo, no final, encaminhados para APA.

Os *Loaf Cakes*, produtos cobertos com *topping* e fatiados, após congelação sofrem as alterações correspondentes e só posteriormente é que são embalados e encaminhados para o APA onde são armazenados a -18 °C.

Durante a embalagem, e nas trocas de produto, o tipo de etiqueta e o tipo de caixa a ser utilizada são rigorosamente verificados. Antes de se proceder à embalagem, a temperatura interna do produto, após congelação, é determinada. Após a embalagem, os produtos embalados passam por um detetor de metais. O correto funcionamento do detetor de metais é verificado no início do processo e a cada hora de produção.

---

<sup>3</sup> Ver no Capítulo III os pontos 2 e 3.



# **Capítulo III**

---

*Termo-estabilidade de produtos ultracongelados*

---



## **1. Estabilidade Térmica**

A estabilidade térmica de um produto de pastelaria ultracongelado, durante todo o processo é um fator preponderante para assegurar a sua qualidade e segurança.

Todos os produtos congelados necessitam, para manterem a sua estabilidade e o tempo de vida adequado, que a temperatura de armazenamento seja superior à temperatura de congelamento, -18 °C. Para a maioria dos produtos alimentares, onde estão incluídos os produtos de pastelaria, o ponto de congelação é perto dos -2 °C. Esta temperatura, no entanto, não é suficiente para manter os produtos congelados e armazenados (Man e Jones, 2000).

A congelação dos alimentos é um dos principais métodos de preservação dos produtos alimentares. Existem diversas vantagens associadas a este método de conservação, como a redução da atividade microbiana e enzimática o que, conseqüentemente, retarda a deterioração do alimento (Erickson e Hung, 1997).

Com a diminuição da quantidade de água no estado líquido, através do processo de cristalização, o crescimento microbiológico é inibido e a velocidade das reações diminui drasticamente. Durante a cristalização, a água, sob a forma de cristais de gelo, deixa de estar disponível como solvente ou como componente reativo, e a difusão dos outros solutos no tecido é reduzida, o que, concomitantemente com a redução da temperatura, diminui a taxa de reações. Apesar da taxa de reações químicas diminuir, alterações e modificações a nível estrutural nos diferentes componentes dos alimentos continuam a ocorrer, originando mudanças sensoriais, que, por sua vez, diminuem a qualidade do produto final após a descongelação. Para preservar a qualidade do alimento é assim necessário controlar todas as etapas do processo desde a congelação, armazenamento e distribuição (Frick e Becker, 2002; Erickson e Hung, 1997; Robertson, 2010; Wang e Zou, 2014).

O conhecimento do tempo necessário, que um alimento requer, para congelar e atingir uma determinada temperatura desejada é essencial num contexto industrial, e a sua compreensão permite maximizar todo o processo. O tempo de congelação de um alimento depende de vários fatores, entre os quais se encontram a constituição dos produtos e do tipo de equipamento de refrigeração. A construção de um equipamento de refrigeração deve ser baseada no conhecimento da estimativa dos tempos de congelação, de forma a obter uma maior eficiência (Frick e Becker, 2002; Delgado e Sun, 2001; Robertson, 2010).

## **2. Congelação e Armazenamento**

A congelação de produtos alimentares é um processo complexo que envolve várias etapas do processo incluindo a congelação e o armazenamento. Na congelação, a temperatura do produto deve ser reduzida até aos -18 °C ou até temperaturas mais negativas (Fennema *et al.*, 1973; Pham, 2001).

O processo de redução de temperatura ocorre gradualmente à medida que o calor latente de fusão é retirado, a partir da água que se encontra no produto, e encontra-se dividido em três fases (Brennan, 1990).

Na primeira fase, de pré-arrefecimento, o alimento é arrefecido desde a sua temperatura inicial até à temperatura do ponto de congelação. A segunda etapa engloba uma mudança de fase, onde a maior quantidade de água é cristalizada e durante o último período, o produto atinge a temperatura final desejada. Aquando da formação dos cristais de gelo, a sua localização e o seu tamanho podem danificar as membranas celulares, interferindo na estrutura física do alimento (Barbin e Junior, 2011; Brennan, 1990).

Diminuindo o tempo de mudança de fase, é possível melhorar a qualidade do produto, uma vez que, este elemento se encontra intrinsecamente relacionado com a velocidade da congelação. Quando a velocidade de congelação é muito lenta, formam-se cristais de gelo maiores e em áreas extracelulares e, por outro lado, quando a velocidade de congelação é superior, os cristais originados são mais pequenos e estão uniformemente distribuídos pelos tecidos. No mesmo alimento, a formação de cristais não é homogénea. Nas periferias do produto formam-se cristais mais pequenos, enquanto que no seu interior, os cristais formados são maiores devido à resistência de transferência de calor, apesar do produto ser sujeito à mesma temperatura de congelação. Outra razão para a não homogeneidade da cristalização reside no facto da mobilidade da água ser diferente nos diversos componentes do alimento (Barbin e Junior, 2011; Brennan, 1990; Delgado e Sun, 2001; Fennema *et al.*, 1973).

O processo de congelação de alimentos diferencia-se do processo de congelação da água pura. O ponto inicial de congelação de um alimento é mais baixo que o ponto de congelação da água pura, devido às substâncias dissolvidas na água presente no alimento (Frick e Becker 2002; Pham 2002).

A temperatura de equilíbrio para a formação inicial de cristais de gelo nos alimentos é inferior à temperatura de equilíbrio para a formação de cristais de gelo em água pura. Apesar do

sobrarrefecimento poder ocorrer no produto antes da formação dos cristais de gelo, a temperatura é sempre mais baixa do que o que acontece na água em estado puro (Frick e Becker, 2002; Pham, 2002).

Outra diferença entre a congelação de um produto alimentar em relação à congelação da água pura, ocorre após a formação dos primeiros cristais de gelo. Num produto alimentar, a remoção da energia de mudança de fase ocorre gradualmente ao longo de um intervalo de tempo e aquando da diminuição da temperatura do mesmo. O binómio tempo-temperatura, durante o período de mudança de fase, é uma função da percentagem de água congelada, em qualquer momento do processo de congelação. A curva de tempo-temperatura durante o processo de congelação modifica-se com a composição do produto e com a localização dentro da estrutura do mesmo (Heldman e Lund, 2007).

A congelação constitui um excelente método de conservação de géneros alimentícios, todavia, acarreta algumas desvantagens, entre as quais a desidratação do alimento. O processo de desidratação principia na superfície, transpondo para as partes mais internas, com a deslocação da água para a superfície. Ao longo do arrefecimento, a transferência de água, do ou para o produto, ocorre simultaneamente e sem cessar, diminuindo a sua qualidade. A perda de água por evaporação é maior durante a primeira fase uma vez que a velocidade de transferência de calor diminui, à medida que o produto atinge a temperatura do meio ambiente. A temperatura inicial do produto é uma condição que influencia o processo de desidratação. Quanto mais elevada a temperatura inicial, maior a desidratação. A temperatura da câmara, a velocidade e a turbulência do ar são outros fatores que podem influenciar a desidratação do alimento (Erickson e Hung, 1997; Delgado e Sun, 2001).

### **3. Túnel de Congelação e Câmara de Armazenamento**

Um dos principais métodos para a congelação de alimentos é a utilização de túneis de congelação com convecção forçada. A transferência de calor por convecção é um dos principais processos de transferência de calor entre a superfície de um material sólido e o fluido envolvente (Heldman e Lund, 2007; Perry *et al.*, 1984).

Nos sistemas de congelação com convecção forçada é utilizado ar a temperaturas reduzidas como fluido envolvente, sendo que este é forçado através dos produtos. Após o início do processo de congelação, os produtos devem permanecer no túnel até que a temperatura, no seu centro térmico, atinja o limite mínimo pretendido. Os produtos com a embalagem primária são colocados em carros

cujas dimensões são especificamente concebidas para maximizar a superfície de transferência de calor e facilitar a circulação do ar (Talbot e Fletcher, 1998; Thompson, 2004; Wang e Zou, 2014).

Na câmara de armazenamento, o processo de arrefecimento também é executado por convecção forçada. Os produtos, por sua vez, encontram-se já embalados e dispostos em paletes, sem contacto direto com o fluido envolvente, o que significa que, dentro das caixas, o processo convectivo é natural. No armazenamento, a transferência de calor ocorre através de dois processos: convecção forçada e convecção natural, com resistências térmicas por parte das embalagens primárias e secundárias (Barbin e Junior, 2011; Erickson e Hung, 1997).

#### **4. Determinação do Tempo de Congelação**

Segundo Eek (1991), tempo de congelação efetiva ou tempo de congelação padrão ( $T_e$ ) é o tempo total necessário para diminuir a temperatura desde o seu valor inicial, até à temperatura final desejada, isto é, o tempo desde o início do arrefecimento até à temperatura final de  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , no centro do produto.

A obtenção de tempos de congelação mais curtos leva à formação de cristais de gelo de menores dimensões, originando menores perdas de água durante o descongelamento (Brennan, 1990; Delgado e Sun, 2001; Singh e Heldmen, 2009).

O método analítico mais reconhecido para a estimativa do tempo de congelação foi desenvolvido por Plank. Este método assume apenas que ocorre transferência de calor entre o alimento e o meio de arrefecimento envolvente.

Pressupõe-se, deste modo, que a temperatura do alimento é a sua temperatura de congelação inicial e que esta temperatura é constante ao longo do processo. No entanto, este método assume premissas falsas, o que não possibilita a determinação correta do tempo de congelação dos alimentos (Pham, 2014).

É assumido que a congelação ocorre a temperaturas constantes, que a condutividade térmica dos produtos é constante e não considera a remoção de calor latente acima do ponto de congelação. Pham (2014) introduziu algumas modificações à equação de Plank, tornando-a numa das mais recomendadas e utilizadas, para o cálculo do tempo de congelação, através da temperatura média de congelação, equação 1. Esta equação representa uma clara melhoria à equação de Plank visto que

tem em consideração a remoção do calor sensível antes e depois da congelação. É assumido que a temperatura do ar de arrefecimento é constante, que a temperatura inicial do alimento é uniforme, que a temperatura final no termo da congelação é definida e na superfície do produto existe transferência de calor por convecção (Pham, 1984, 2001, 2002, 2006, 2014).

$$t_c = \frac{V}{hA} \left( \frac{\Delta H_1}{\Delta T_1} + \frac{\Delta H_2}{\Delta T_2} \right) \left( 1 + \frac{Bi_c}{4} \right) \quad (1)$$

Onde,

$$\Delta H_1 = c_{pd}(T_i - T_{mc}) \quad (2)$$

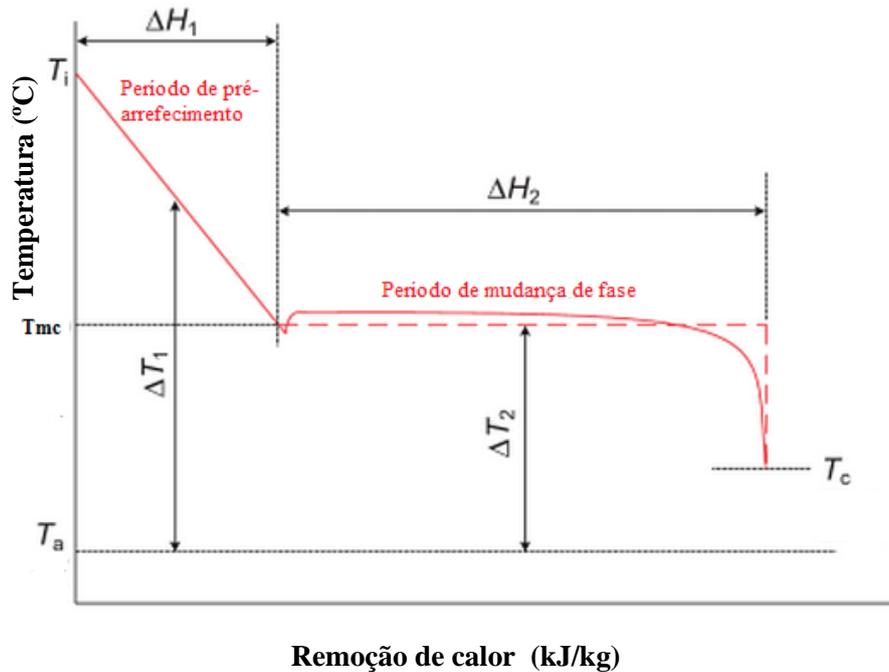
$$\Delta TH_2 = L_1 + C_{pc}(T_{mc} - T_c) \quad (3)$$

$$\Delta T_1 = \left( \frac{T_i - T_{mc}}{2 - T_a} \right) \quad (4)$$

$$\Delta T_2 = T_{mc} - T_a \quad (5)$$

$$T_{mc} = 1.8 + 0.263 T_c + 0.105 T_a \quad (6)$$

Nas equações 2 e 4,  $\Delta H_1$  e  $\Delta T_1$  representam a variação de entalpia específica e a diferença de temperaturas, respetivamente, para o período de pré-arrefecimento enquanto que  $\Delta H_2$  e  $\Delta T_2$  representam para o período de congelação. Na equação 6,  $T_{mc}$  é a temperatura média de congelação. A partir da equação 1, é possível confirmar que  $\frac{\Delta H_1}{\Delta T_1}$  é referente ao período de pré-arrefecimento,  $\frac{\Delta H_2}{\Delta T_2}$  refere-se à fase de mudança de fase e o termo  $\left( 1 + \frac{Bi_c}{4} \right)$  engloba o efeito da resistência térmica interna à transferência de calor. Na expressão de  $T_{mc}$ ,  $T_c$  expressa o efeito do período de pré-arrefecimento na temperatura média do produto e  $T_a$  pode ser interpretado como uma correção ao perfil de temperaturas no produto congelado durante a fase de mudança e pré-arrefecimento. As três constantes da equação 6 são os únicos parâmetros empíricos do método. Na Figura 2, está ilustrada a razão física que deu origem ao método.



**Figura 2** Esquema da equação para o cálculo do tempo de congelamento de Pham. Adaptado de (Pham, 2014)

Para o cálculo do tempo de congelamento é imperativo o conhecimento das propriedades térmicas dos alimentos que dependem, essencialmente, da sua composição química e da temperatura. As propriedades envolvidas na determinação do tempo de congelamento são a densidade ( $\rho$ ), o calor específico ( $c_p$ ), a entalpia ( $H$ ), a condutividade térmica ( $k$ ) e a difusividade térmica ( $\alpha$ ). Os produtos de pastelaria possuem, como constituintes principais, os hidratos de carbono, água, proteínas, gorduras, fibras e cinzas. A variedade de alimentos com diferentes constituintes e diferentes percentagens dos mesmos, assim como a variação das suas propriedades térmicas com a temperatura, torna impossível determinar experimentalmente todas as propriedades térmicas de todos os produtos alimentares (Rahman, 2009; Rao *et al.*, 2014).

Assim sendo, Choi e Okos (1986), desenvolveram vários modelos matemáticos que permitem calcular as propriedades térmicas para os diferentes alimentos, baseados nas propriedades dos seus principais constituintes, Tabela 2.

As propriedades térmicas dos alimentos congelados dependem significativamente da quantidade de água presente no estado sólido. Num ponto inicial, o alimento é constituído por sólidos e água e, à medida que o calor sensível é removido, a temperatura da mistura dos sólidos e da água diminui. Imediatamente abaixo do ponto inicial de congelamento, a água começa a converter-se em gelo. Desta forma, o alimento passa a ser constituído por sólidos do produto, água e gelo. Com a água a

converter-se gradualmente em gelo, a solução restante fica mais concentrada, em termos de sólidos do produto. Devido à maior concentração de sólidos, a temperatura de congelação vai diminuir. Assim sendo, a remoção do calor latente ocorre num intervalo de temperaturas e não apenas a uma temperatura fixa, como acontece com a água pura. Com o desenvolver do processo de congelação, seria expectável que toda a água fosse transformada em gelo, no entanto, existe uma fração de água pura que não sofre congelação (Rao *et al.*, 2014; Rahman, 2009; Erickson e Hung, 1997; Barcenas e Rosell, 2006).

**Tabela 2** Modelos das diferentes propriedades térmicas para os componentes alimentares com a temperatura a variar de  $-40 \leq t \leq 150$  °C. Adaptada de Choi e Okos 1986

Propriedade térmica	Componente	Modelo
Condutividade térmica, W/(m.K)	Proteína	$k = 1.7881 \times 10^{-1} + 1.1958 \times 10^{-3}t - 2.7178 \times 10^{-6}t^2$
	Gordura	$k = 1.8071 \times 10^{-1} + 2.7604 \times 10^{-4}t - 1.7749 \times 10^{-7}t^2$
	Hidratos de carbono	$k = 2.0141 \times 10^{-1} + 1.3874 \times 10^{-3}t - 4.3312 \times 10^{-6}t^2$
	Fibras	$k = 1.8331 \times 10^{-1} + 1.2497 \times 10^{-3}t - 3.1683 \times 10^{-6}t^2$
	Cinzas	$k = 3.2962 \times 10^{-1} + 1.4011 \times 10^{-3}t - 2.9069 \times 10^{-6}t^2$
Difusividade térmica, m <sup>2</sup> /s	Proteína	$\alpha = 6.8714 \times 10^{-8} + 4.7578 \times 10^{-10}t - 1.4646 \times 10^{-12}t^2$
	Gordura	$\alpha = 9.8777 \times 10^{-8} - 1.2569 \times 10^{-11}t - 3.8286 \times 10^{-14}t^2$
	Hidratos de carbono	$\alpha = 8.0842 \times 10^{-8} + 5.3052 \times 10^{-10}t - 2.3218 \times 10^{-12}t^2$
	Fibras	$\alpha = 7.3976 \times 10^{-8} + 5.3052 \times 10^{-10}t - 2.2202 \times 10^{-12}t^2$
	Cinzas	$\alpha = 1.2461 \times 10^{-7} + 3.7321 \times 10^{-10}t - 1.2244 \times 10^{-12}t^2$
Densidade, kg/m <sup>3</sup>	Proteína	$\rho = 1.3299 \times 10^3 - 5.1840 \times 10^{-1}t$
	Gordura	$\rho = 9.2559 \times 10^2 - 4.1757 \times 10^{-1}t$
	Hidratos de carbono	$\rho = 1.5991 \times 10^3 - 3.1046 \times 10^{-1}t$
	Fibras	$\rho = 1.3115 \times 10^3 - 3.6589 \times 10^{-1}t$
	Cinzas	$\rho = 2.4238 \times 10^3 - 2.8063 \times 10^{-1}t$
Calor específico, kJ/(kg.K)	Proteína	$c_p = 2.0082 + 1.2089 \times 10^{-3}t - 1.3129 \times 10^{-6}t^2$
	Gordura	$c_p = 1.9842 + 1.4733 \times 10^{-3}t - 4.8008 \times 10^{-6}t^2$
	Hidratos de carbono	$c_p = 1.5488 + 1.9625 \times 10^{-3}t - 5.9399 \times 10^{-6}t^2$
	Fibras	$c_p = 1.8459 + 1.8306 \times 10^{-3}t - 4.6509 \times 10^{-6}t^2$
	Cinzas	$c_p = 1.0926 + 1.8896 \times 10^{-3}t - 3.6817 \times 10^{-6}t^2$

As propriedades térmicas de um alimento congelado diferem das propriedades de um alimento descongelado. A fração da água e do gelo presentes nos alimentos que sofrem congelação dependem da temperatura. No ponto inicial de congelação, uma parte da água do produto cristaliza e a restante torna-se mais concentrada, reduzindo o ponto de congelação da fração descongelada do alimento. Assim sendo, a temperatura do ponto de congelação continua a diminuir à medida que a

formação de cristais aumenta. As propriedades dos alimentos congelados e descongelados devem ser assim determinadas separadamente, baseadas nos modelos térmicos de cada um, representados na Tabela 3 (ASHRAE, 2010; Erickson e Hung, 1997).

**Tabela 3** Modelos de propriedades térmicas para a água e o gelo ( $-40 \leq t \leq 150$  °C). Adaptada de Choi e Okos 1986

	Propriedade térmica	Modelo
	Condutividade térmica, W/(m.K)	$k_d = 5.7109 \times 10^{-1} + 1.7625 \times 10^{-3}t - 6.7036 \times 10^{-6}t^2$
	Difusividade térmica, m <sup>2</sup> /s	$\alpha_d = 1.3168 \times 10^{-7} + 6.2477 \times 10^{-10}t - 2.4022 \times 10^{-12}t^2$
<b>Água</b>	Densidade, kg/m <sup>3</sup>	$\rho_d = 9.9718 \times 10^2 + 3.1439 \times 10^{-3}t - 3.7574 \times 10^{-3}t^2$
	Calor específico, kJ/(kg.K) (Para temperaturas entre -40 a 0°C)	$c_{pd} = 4.1289 - 5.3062 \times 10^{-3}t + 9.9516 \times 10^{-4}t^2$
	Calor específico, kJ/(kg.K) (Para temperaturas entre 0 a 150°C)	$c_{pd} = 4.1289 - 9.0864 \times 10^{-5}t + 5.4731 \times 10^{-6}t^2$
	Condutividade térmica, W/(m.K)	$k_c = 2.2196 - 6.2489 \times 10^{-3}t + 1.0154 \times 10^{-4}t^2$
<b>Gelo</b>	Difusividade térmica, m <sup>2</sup> /s	$\alpha_c = 1.1756 \times 10^{-6} - 6.0833 \times 10^{-9}t + 9.5037 \times 10^{-11}t^2$
	Densidade, kg/m <sup>3</sup>	$\rho_c = 9.1689 \times 10^2 - 1.3071 \times 10^{-1}t$
	Calor específico, kJ/(kg.K)	$c_{pc} = 2.0623 + 6.0769 \times 10^{-3}t$

Para a estimativa do tempo de congelação é ainda imprescindível a determinação de diversas variáveis, com preponderante importância.

O número de *Biot* (*Bi*) é a razão entre a resistência externa e a resistência interna de um sólido e é extremamente importante num processo de transferência de calor de um sólido, equação 7. É um número adimensional, que determina se a temperatura dentro de um sólido varia no espaço, enquanto o corpo é sujeito a uma mudança de temperatura (aquecimento ou arrefecimento). Quando a resistência interna à transferência de calor é insignificante quando comparada com a resistência externa (da superfície), o produto encontra-se a uma temperatura uniforme (ASHRAE, 2010; Delgado e Sun, 2001; Frick e Becker, 2002; Pham, 2002).

$$Bi = \frac{hR}{k} \tag{7}$$

Na equação 7, *h* é o coeficiente de transferência de calor da superfície, *R* representa a menor dimensão do alimento e *k* é a sua condutividade térmica. A resistência interna pode ser desprezada quando o número de *Bi* << 1 (temperatura interna uniforme). Se o número de Biot for muito superior a 1, significa que a resistência térmica é muito elevada (Pham, 2002).

O coeficiente de transferência de calor da superfície representa uma propriedade característica do meio e depende de inúmeros fatores, como da velocidade do fluido do meio ambiente dentro das câmaras/túneis de congelação, da geometria do produto, da rugosidade da superfície e da embalagem. Idealmente, este parâmetro deveria ser determinado experimentalmente, contudo, é possível ser estipulado a partir de correlações. Para convecção forçada num tubo retangular, o número de *Reynolds* ( $Re$ ), o número de *Prandtl* ( $Pr$ ) e o número de *Nussel* ( $Nu$ ) devem ser calculados através das seguintes equações (Barbin e Junior, 2011; Frick e Becker, 2002; Perry *et al.*, 1984).

$$Re = \frac{\rho v_{ar} D}{\mu} \quad (8)$$

$$Pr = \frac{\mu c_p}{k} \quad (9)$$

$$Nu = \frac{hD}{k} \quad (10)$$

Quando é possível assegurar as seguintes condições,  $0 < D/l < 1$ ,  $0.6 < Pr < 2000$ ,  $2300 < Re < 10^6$ , é utilizada a equação de (Gnielinski, 1976) para a determinação do número de *Nussel* (Perry *et al.*, 1984)

$$Nu = \frac{\left(\frac{f}{2}\right)(Re-1000)Pr}{1+12.7\left(\frac{f}{2}\right)^{0.5} \frac{2}{(Re^3-1)}} \left(1 + \left(\frac{D}{L}\right)^{2/3} \left(\frac{\mu_b}{\mu_p}\right)\right) \quad (11)$$

Segundo Filonenko (1954), o fator de fricção de *Fanning*  $f$  é determinado pela equação 12 (Perry *et al.*, 1984).

$$f = 0.25(1.82 \log_{10} Re - 1.64)^2 \quad (12)$$

## **5. Metodologias**

### **5.1. Estrutura do Trabalho**

O estudo dividiu-se em 2 fases distintas, para cada produto individualmente.

A primeira fase incidiu na seleção dos produtos mais produzidos, que se encontravam armazenados e cuja validade expirava nos meses de abril de 2014, maio de 2014, junho de 2014 e julho de 2014. Posteriormente, os planos de produção semanais eram analisados. Com o cruzamento destes dados, os produtos que apresentassem correspondência eram selecionados. Além desta conexão, a preferência recaiu de forma a obter uma maior variedade de produtos (desde *Cup Cakes*, *Muffins* e *Loaf Cakes*).

Na segunda fase, acompanhou-se o processo de produção de cada produto, sendo que no fim da etapa de cozedura, 20 amostras eram recolhidas, sem ter em conta o lote. O *datalogger* foi introduzido numa destas amostras e durante 48 h registou, a cada 60 s, a temperatura no centro térmico do produto, acompanhando a congelação, a embalagem e o armazenamento.

### **5.2. Determinação da Temperatura no Centro Térmico do Produto**

A temperatura foi determinada com recurso a um *datalogger* HI141 (HANNA Instruments) com um canal e com um sensor de temperatura externa de aço inoxidável para a inserção direta no produto. Os dados do *software* HI141001 foram recolhidos através de RS232 para o sistema Windows®, através de um transmissor infravermelho. O *datalogger* registou a temperatura durante 48 horas, a cada 60 segundos, no centro térmico do produto. O *datalogger* foi colocado antes da entrada do produto para os túneis de congelação, acompanhando a congelação, a embalagem do produto e o seu armazenamento, registando o tempo necessário para o produto estabilizar a -18 °C. As temperaturas obtidas foram expressas em graus Celsius (°C), e a unidade do tempo foi expressa em minutos (min).

### **5.3 Túnel de Congelação e Câmara de Armazenamento**

Para a congelação dos produtos é utilizado um túnel de congelação com convecção forçada a temperaturas compreendidas entre -22 a -33 °C, com 6.3 m de comprimento e 3.8 m de largura, com uma área correspondente a 23.94 m<sup>2</sup>.

Após a congelação, os produtos são submetidos à embalagem, e no fim desta etapa são transferidos para a câmara de armazenamento denominado por APA, até o momento da comercialização.

O APA apresenta uma temperatura que pode variar de -15 a -30 °C, com 36 m de comprimento e 18 m de largura, com uma área correspondente a 648 m<sup>2</sup>.

## **6. Apresentação e Discussão dos Resultados**

### **6.1. Congelação**

O conhecimento das propriedades térmicas de um alimento é fundamental para prever o comportamento do produto em relação às alterações de temperatura que ocorrem durante o processo, nomeadamente durante a congelação. As propriedades térmicas do alimento dependem da quantidade de água presente e no estado em que se encontra. As propriedades do gelo e da água diferem e a conversão da água em gelo não é linear, dado que as suas frações se vão alterando, até atingirem o ponto de congelação (Rahman, 2009; Rao *et al.*, 2014).

Para o cálculo das propriedades térmicas dos produtos descongelados foi considerada que a fração de água presente nos produtos se encontrava totalmente no estado líquido, e por isso utilizaram-se as propriedades da água. Para a estimativa das propriedades térmicas dos produtos congelados, foi assumido que toda a água presente tinha sido convertida em gelo e, por isso, utilizaram-se exclusivamente as propriedades do gelo. Sendo assim, a utilização desta aproximação é um fator limitante. Os valores teóricos estimados encontram-se representados na Tabela 4.

A condutividade térmica de um produto é a medida da sua capacidade para conduzir o calor. Nos alimentos, esta propriedade depende da sua composição e dos fatores que afetam o fluxo de calor como a percentagem de espaços vazios, forma, tamanho e homogeneidade do produto. É possível observar-se pelos valores da Tabela 4, que a condutividade térmica dos produtos congelados é maior que a dos produtos descongelados, uma vez que a condutividade do gelo é superior à da água (Rahman, 2009; Rao *et al.*, 2014).

Num contexto geral, a condutividade térmica aumenta com o aumento da quantidade de água para todos os produtos alimentares. No caso dos bolos, como são alimentos porosos, os espaços vazios influenciam tanto ou mais que o conteúdo de água (Rahman, 2009; Rao *et al.*, 2014).

**Tabela 4** Propriedades térmicas dos diferentes produtos determinadas através das equações das Tabelas 1 e 2, e da informação nutricional de cada produto (anexo) a -8 °C, às diferentes temperaturas de entrada de cada produto nos dois ensaios

<b>Produtos</b>	<b>Temperatura de entrada (°C)</b>	<b><math>k_a</math> (W/(m.k))</b>	<b><math>K_c</math> (W/(m.k))</b>	<b><math>\alpha</math> (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b><math>\rho_a</math> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\rho_c</math> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>cp_a</math> (J/(kg.K))</b>	<b><math>cp_c</math> (J/(kg.K))</b>	<b>L (J/kg)*</b>
<i>Wild Blueberry Cup Cake</i>	25.8	1.2E+00	1.6E+00	1.0E-07	1.0E+03	1.2E+03	2.8E+03	1.8E+03	1.2E+05
	22.0	1.2E+00	1.6E+00	1.1E-07	1.2E+03	1.3E+03	2.5E+03	1.8E+03	
<i>Black Mini Muffin</i>	40.0	1.4E+00	1.7E+00	1.1E-07	1.7E+03	1.3E+03	2.5E+03	1.9E+03	5.8E+04
	37.3	1.4E+00	1.7E+00	1.1E-07	1.7E+03	1.3E+03	2.4E+03	1.9E+03	
<i>Muffin Pepitas de Chocolate</i>	40.0	1.4E+00	1.7E+00	1.1E-07	1.7E+03	1.3E+03	2.5E+03	1.9E+03	5.8E+04
	25.0	1.4E+00	1.7E+00	1.1E-07	1.2E+03	1.3E+03	2.3E+03	1.8E+03	
<i>SB Filled Deluxe Choc</i>	40.0	1.3E+00	1.7E+00	1.1E-07	3.9E+02	1.3E+03	2.8E+03	1.8E+03	5.0E+04
	28.2	1.3E+00	7.7E+00	1.1E-07	9.9E+02	1.3E+03	2.6E+03	1.8E+03	
<i>Bolo de Arroz</i>	40.0	1.4E+00	1.7E+00	1.1E-07	1.1E+03	1.3E+03	2.5E+03	1.8E+03	6.7E+04
	28.9	1.4E+00	1.7E+00	1.1E-07	1.1E+03	1.3E+03	2.4E+03	1.8E+03	
<i>SB Lemon Loaf Cake New</i>	20.9	1.2E+00	1.5E+00	1.0E-07	1.1E+03	1.3E+03	2.3E+04	1.8E+03	6.5E+04
<i>Blueberry Muffin</i>	39.7	1.1E+00	1.6E+00	1.1E-08	1.0E+03	1.3E+03	2.8E+03	1.8E+03	1.2E+05
	25.0	1.2E+00	1.6E+00	1.1E-08	1.0E+03	1.3E+03	2.5E+03	1.8E+03	
<i>Mini Choco Muffin Milka</i>	25.8	1.2E+00	1.5E+00	1.1E-07	1.1E+03	1.3E+03	2.4E+03	1.8E+03	6.7E+04
<i>Queque</i>	40.0	1.4E+00	1.7E+00	9.8E-08	1.0E+03	1.2E+03	2.2E+03	1.6E+04	5.5E+04
	32.3	1.4E+00	1.7E+00	9.6E-08	1.0E+03	1.2E+03	2.1E+03	1.6E+04	
<i>Raspberry Cheesecake Muffin</i>	31.1	1.6E+00	1.6E+00	1.1E-07	1.0E+03	1.3E+03	2.6E+03	1.8E+03	1.2E+05
	24.6	1.6E+00	1.6E+00	1.1E-07	1.0E+03	1.3E+03	2.5E+13	1.8E+03	
<i>Triple Chocolate Cup Cake</i>	26.0	1.4E+00	1.7E+00	9.2E-08	1.2E+03	1.3E+03	2.2E+03	1.8E+03	3.7E+04
	22.5	1.3E+00	1.7E+00	9.0E-08	1.2E+03	1.3E+03	2.1E+03	1.8E+03	

A difusividade térmica relaciona a capacidade do produto para conduzir o calor com a capacidade de armazenar o calor e é utilizada na determinação de taxas de transferência de calor em alimentos de qualquer forma. Os valores encontrados para os alimentos situam-se todos próximos e na mesma ordem de grandeza (Heldman e Lund, 2007; Rahman, 2009).

O calor específico indica a quantidade de calor necessária para alterar a temperatura do alimento. O conhecimento do calor específico de cada componente do alimento permite determinar o calor específico total. Para os produtos descongelados é necessário fornecer uma maior quantidade de calor para alterar a temperatura (Erickson e Hung, 1997; Rao *et al.*, 2014).

Na Tabela 5, está representado o valor do coeficiente de convecção dentro dos túneis de congelação.

**Tabela 5** Resultados do cálculo do coeficiente convectivo ( $h$ ), através das equações 1 a 12, para o túnel de congelação

$V_{ar}$ (m/s)	$T_{ar}$ (K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (kg/ms)	$Re$	$k$ (W/ms)	$c_p$ (J/kgK)	$Pr$	$F$	$Nu$	$h$
0.8818	251.2	1.405	1.8E-05	436691	0.025	1006	0.7195	0.006629	2910	19.14

Considerando os valores teóricos determinados anteriormente e através da equação de Pham, determinou-se o tempo do processo necessário para os produtos atingirem, durante a congelação, nos túneis de congelação, a temperatura obrigatória de -8 °C. Não obstante, esta temperatura não representa o ponto de congelação dos bolos. É necessário ressaltar que todos estes valores são aproximações e, por isso, com erros associados. O método de Pham (2014) utilizado apresenta um erro médio de previsão absoluta de 10.4%, com um desvio padrão de 12.4 %. O cálculo das propriedades térmicas através do modelo de Choi e Okos (1986) apresenta um erro menor ou igual a 6%. Por estes fatos, estes valores devem ser considerados apenas como uma referência.

Com base na correlação teórica determinada, alteraram-se os valores da temperatura de entrada dos produtos, de modo a averiguar se, teoricamente, o tempo para atingir os -8 °C se alterava, de uma forma considerável, com a temperatura de entrada. A Figura 3 representa a variação do tempo de congelação em função da temperatura de entrada dos bolos.

Com base nos valores teóricos dos tempos de congelação estimados, é possível apurar, como expectável, que os bolos inseridos na mesma categoria apresentaram tempos de congelação semelhantes.

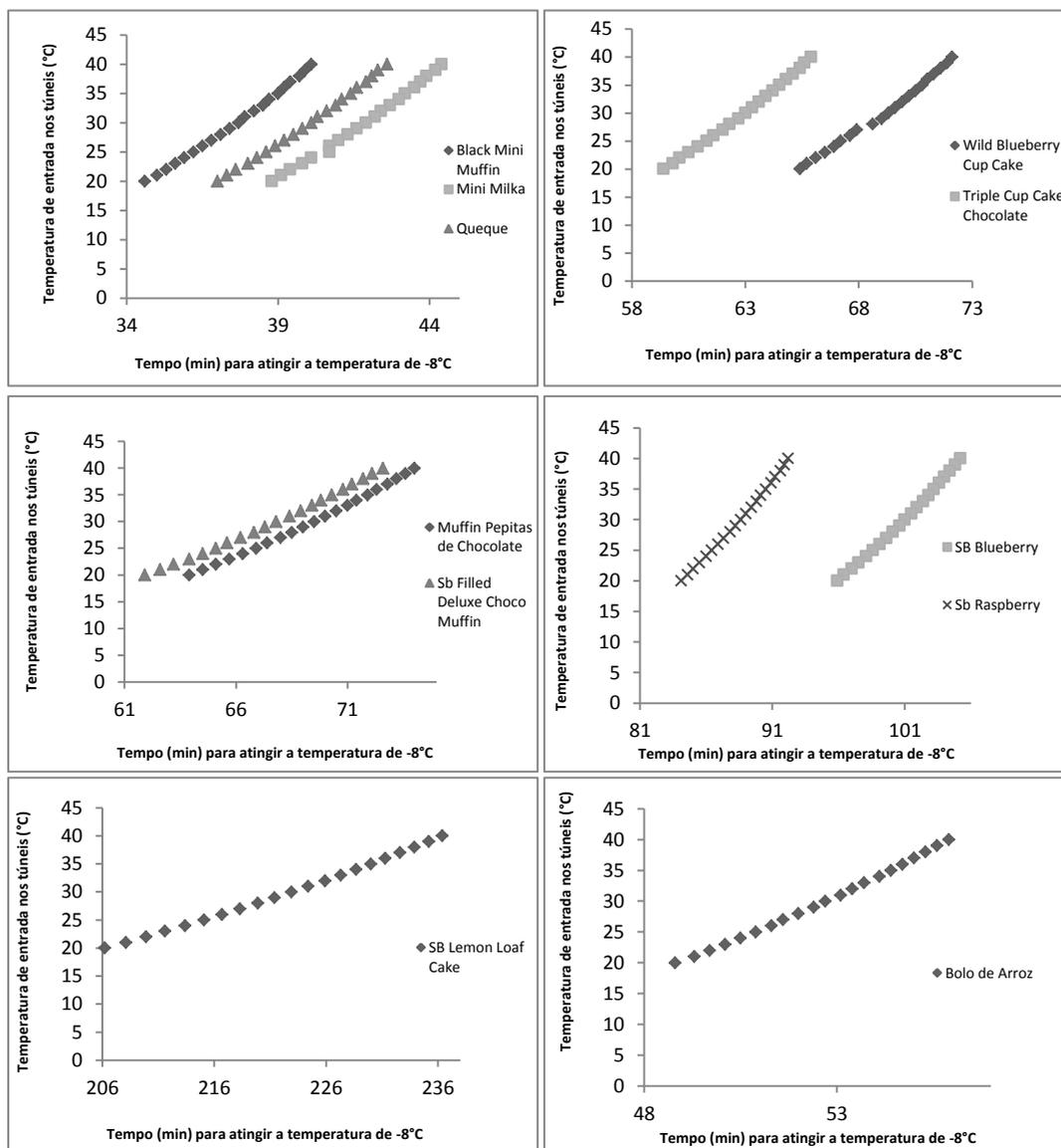


Figura 3 Variação do tempo de congelação em função da temperatura de entrada dos diferentes produtos

Na primeira categoria encontram-se os *Mini Muffins*, o *Black Mini Muffin* e o *Mini Choco Muffin*. O *Queque*, apesar de ser um bolo com particularidades que não pertencem a este grupo, foi inserido nesta categoria por apresentar tempos de congelação semelhantes. No segundo grupo encontram-se os *Cup Cakes*, *Wild Blueberry Cup Cake* e *Triple Chocolate Cup Cake*. A terceira categoria é composta pelo *Filled Deluxe Chocolate Muffin* e o *Muffin Pepitas de Chocolate*. O quarto grupo integra o *Blueberry Muffin* e o *Raspberry Cheesecake Muffin*. O *Lemon Loaf Cake* e o *Bolo de*

*Arroz com Açúcar* representam bolos com características singulares e que não se encaixam em nenhum grupo supracitado.

De acordo com a Figura 3, relativamente ao *Black Mini Muffin*, *Mini Choco Muffin* e *Queque*, a variação do tempo necessário para estabilizar a -8 °C, com uma amplitude térmica de 20 °C, é de 5.5 min, 5.6 min e 5.6 min, respetivamente. Com este resultado é viável denotar que, uma diferença de 20 °C na temperatura de entrada, pouco influencia o tempo de congelação. Aos 40 °C, a temperatura máxima a que o produto pode entrar nos túneis de congelação, os produtos demoram, num limite máximo, apenas mais 5.6 min para atingir a temperatura pretendida.

No que concerne ao *Wild Blueberry Cup Cake* e o *Triple Chocolate Cup Cake*, as diferenças máximas do tempo de congelação são de 6.7 min e 6.5 min, respetivamente. Para a classe correspondente aos *Muffins* de chocolate, onde pertencem o *Filled Deluxe Chocolate Muffin* e o *Muffin Pepitas de Chocolate*, um aumento de 20 °C na temperatura de entrada corresponde a um aumento de 10.7 min e 10.1 min. Relativamente aos *Muffins* de fruta, as diferenças são de 8.1 min para o *Raspberry Cheesecake Muffin* e de 9.3 min para o *Blueberry Muffin*.

Respeitante ao *Bolo de Arroz com Açúcar*, a uma temperatura de entrada no centro térmico de 20°C, o produto demora 48.8 min a estabilizar a -8 °C, e quando entra com 40 °C demora 55.9 min, o que significa uma diferença de apenas 7.1 min.

Considerando a Figura 3, pode atestar-se também que o tempo de congelação do *Lemon Loaf Cake* é o que sofre uma maior alteração com a temperatura. Apresentando uma temperatura de entrada de 40 °C, o produto demora cerca de 236 minutos a atingir os -8 °C e, por sua vez, se entrar a 20 °C demora cerca de 206 minutos, o que constitui uma diferença de 30 min. Este produto é o que detém maior volume e maior peso, visto que a congelação ocorre antes de ser fatiado e, por isso, é natural que o tempo de congelação seja superior aos restantes produtos.

Tendo em conta estes resultados, é possível aferir que a temperatura de entrada, desde que se encontre dentro da amplitude térmica obrigatória, de 20 °C a 40 °C, tem pouca influência no tempo de congelação do produto.

De uma forma geral, é possível, de igual modo, concluir que com o aumento do peso/tamanho dos produtos, as diferenças entre os tempos de congelação com temperaturas de entrada de 20 °C e 40 °C são mais acentuadas.

Nas Tabelas 6 a 11, encontram-se os valores teóricos determinados para cada alimento, assim como os valores experimentais obtidos pelo *datalogger* através de duas repetições. A existência de dois valores teóricos é explicada pelo facto de os túneis de congelação funcionarem entre uma gama de temperaturas de -33 °C a -22 °C e, por isso, determinaram-se os valores mínimos e máximos de tempo para a possibilidade dos túneis operarem nas condições extremas.

**Tabela 6** Valores experimentais e teóricos do tempo necessário para atingir os -8 °C, nos túneis de congelação para os produtos *Black Mini Muffin*, *Queque*, *Mini Choco Muffin*

Produtos	Temperatura de entrada do produto (°C)	Valor experimental (min)	Valor teórico (min) (-33 °C)	Valor teórico (min) (-22 °C)
<i>Black Mini Muffin</i>	40.0	39	40.1	56.8
	37.3	38	39.5	56.1
<i>Queque</i>	38.9	47	42.6	60.4
	32.3	40	40.7	58.4
<i>Mini Choco Muffin</i>	25.8	39	40.4	59.1

Ao observar a Tabela 6, pode constatar-se que o *Black Mini Muffin*, nas duas repetições, com temperaturas de entrada de 40.0 °C e 37.3 °C, demorou 39.0 min e 38.0 min para atingir os -8 °C. Estes valores encontram-se próximos do intervalo teórico, mas ligeiramente abaixo. O *Queque*, com temperaturas de entrada de 38.9 °C e 32.3 °C, estabilizou a -8 °C em 47 min e 40 min, respetivamente. Estes valores encontram-se dentro do intervalo teórico determinado. Para o *Mini Choco Muffin* foi concretizado apenas um ensaio, uma vez que o produto se encontrava em desenvolvimento aquando da realização do estudo. Este produto apresentou uma temperatura de entrada de 25.8 °C e o tempo necessário para atingir a temperatura desejada foi de 39 min.

Estes três produtos já mencionados, apesar das diferenças de composição e de forma, apresentaram tempos de congelação semelhantes. O *Black Mini Muffin* e o *Mini Choco Muffin* apresentam o mesmo peso (30 g), composição nutricional ligeiramente diferente mas propriedades térmicas semelhantes e, por isso, é natural que apresentem tempos de congelação idênticos. O *Queque* apresenta um peso superior, 55g, no entanto a estrutura é completamente diferente, apresentando uma maior porosidade e uma maior área de superfície de transferência de calor, facilitando o processo de congelação e, conseqüentemente, resultando num tempo de congelação menor (Frick e Becker, 2002; Carson e Lovatt, 2003).

**Tabela 7** Valores experimentais e teóricos do tempo necessário para atingir os -8 °C, nos túneis de congelação para os dois *Cup Cakes*

<b>Produtos</b>	<b>Temperatura de entrada do produto (°C)</b>	<b>Valor experimental (min)</b>	<b>Valor teórico (min) (-33 °C)</b>	<b>Valor teórico (min) (-22 °C)</b>
<i>Wild Blueberry Cup Cake</i>	25.8	172	67.9	99.8
	22.0	101	66.5	98.2
<i>Triple Chocolate Cup Cake</i>	26.0	70	34.7	49.7
	22.5	64	33.4	48.2

Na Tabela 7, constata-se que os tempos de congelação dos dois *Cup Cakes* em estudo. O *Wild Blueberry Cup Cake*, com temperaturas de entrada de 25.8 °C e 22.0 °C apresenta tempos de congelação muito diferentes, de 172 min e 101 min, respetivamente. Ambos os valores encontram-se acima dos valores teóricos determinados. Estes resultados podem estar relacionados com o facto dos *Cup Cakes* serem congelados já embalados (com embalagem primária e secundária)<sup>4</sup>. A embalagem vai representar assim uma resistência à transferência de calor, dificultando a congelação. Relativamente ao *Triple Chocolate Cup Cake*, o tempo de congelação é de 70 min e 64 min com temperaturas de entrada de 26 °C e 22 °C, respetivamente. Os valores teóricos e experimentais do *Triple Chocolate Cup Cake* são muito inferiores ao do *Wild Blueberry Cup Cake*, uma vez que, este último possui uma condutividade térmica inferior ao primeiro. (Rao *et al.*, 2014; Singh e Heldman, 2009).

**Tabela 8** Valores experimentais e teóricos do tempo necessário para atingir os -8 °C, nos túneis de congelação para os *Muffins* de chocolate

<b>Produtos</b>	<b>Temperatura de entrada do produto (°C)</b>	<b>Valor experimental (min)</b>	<b>Valor teórico (min) (-33 °C)</b>	<b>Valor teórico (min) (-22 °C)</b>
<i>Muffin Pepitas de Chocolate</i>	39.0	101	73.6	104.4
	25.0	89	66.9	97.0
<i>Filled Deluxe Chocolate Muffin</i>	40.0	73	72.6	102.3
	25.0	66	65.1	94.0

<sup>4</sup> As embalagens primárias correspondem às formas dos bolos que são utilizadas em todos os produtos (exceto o *Queque* e o *Lemon Loaf Cake*) e os sacos /filmes plásticos que contactam diretamente com o produto. As embalagens secundárias englobam as caixas de cartão, e só são utilizadas após embalagem. As únicas exceções são os *Cup Cakes*.

Na Tabela 8 estão representados dois *Muffins* de chocolate. O *Filled Deluxe Chocolate Muffin* tem um peso médio de cerca 130 g, enquanto que o *Muffin Pepitas de Chocolate* apresenta um peso médio de 100g. Não obstante o *Muffin Pepitas de Chocolate* apresentar um peso menor, demorou mais tempo que o *Filled Deluxe Chocolate Muffin* para atingir a temperatura obrigatória. Teoricamente, ambos os produtos deveriam ter tempos de congelação próximos, no entanto, em ambos os ensaios, o *Filled Deluxe Chocolate Muffin* atingiu a temperatura de -8 °C em apenas 73 min e 66 min a entrar com 40 °C e 25 °C, respetivamente. Este resultado pode ser consequência, além das ligeiras diferenças nas propriedades térmicas, do último produto supracitado possuir recheio, na sua constituição recheio.

**Tabela 9** Valores experimentais e teóricos do tempo necessário para atingir os -8 °C, nos túneis de congelação para os *Muffins* de fruta

<b>Produtos</b>	<b>Temperatura de entrada do produto (°C)</b>	<b>Valor experimental (min)</b>	<b>Valor teórico (min) (-33 °C)</b>	<b>Valor teórico (min) (-22 °C)</b>
<i>Blueberry Muffin</i>	39.7	128	105.1	152.2
	25.0	102	98.6	145.1
<i>Raspberry Cheesecake Muffin</i>	31.1	101	89.0	130.1
	24.6	99	86.3	127.0

Os *Muffins* de fruta encontram-se representados na Tabela 9. O *Blueberry Muffin*, com tempos de congelação de 128 min e 102 min, a 39.7 °C e a 25.0 °C e o *Raspberry Cheesecake Muffin* com tempos de congelação de 101 min e 99 min, a 31.1 °C e a 24.6 °C, respetivamente. Todos os valores experimentais obtidos encontram-se dentro do intervalo de valores teórico determinado. Estes dois produtos têm na sua constituição pedaços de fruta, mas o *Raspeberry Cheesecake Muffin* apresenta um recheio de queijo. Apesar de produtos diferentes, têm pesos, formas e constituintes semelhantes.

**Tabela 10** Valores experimentais e teóricos do tempo necessário para atingir os -8 °C, nos túneis de congelação para o *Bolo de Arroz*

<b>Produtos</b>	<b>Temperatura de entrada do produto (°C)</b>	<b>Valor experimental (min)</b>	<b>Valor teórico (min) (-33°C)</b>	<b>Valor teórico (min) (-22°C)</b>
<i>Bolo de Arroz</i>	40.0	54	58.5	82.6
<i>com Açúcar</i>	28.9	51	54.4	78.2

O *Bolo de Arroz com Açúcar* apresenta uma constituição e estrutura típicas e, por isso, não foi inserido em nenhuma das categorias anteriores. Com 40 °C e 28.9 °C de temperatura de entrada, este produto demora 54 min e 51 min, respetivamente, a atingir -8 °C, como se pode observar pela Tabela 10. Estas temperaturas de congelação são próximas das temperaturas de congelação do primeiro grupo de bolos. Apesar do *Bolo de Arroz com Açúcar* ser significativamente mais pesado que os restantes, com 70g, demora pouco tempo a atingir a temperatura obrigatória. Estes valores encontram-se próximos dos valores teóricos determinados baseados nas suas propriedades térmicas.

**Tabela 11** Valores experimentais e teóricos do tempo necessário para atingir os -8°C, nos túneis de congelação para o *SB Lemon Loaf cake*

<b>Produtos</b>	<b>Temperatura de entrada do produto (°C)</b>	<b>Valor experimental (min)</b>	<b>Valor teórico (min) (-33 °C)</b>	<b>Valor teórico (min) (-22 °C)</b>
<i>Lemon Loaf cake</i>	20.9	124.0	214.4	312.20

Para o produto *Lemon Loaf cake*, Tabela 11, foi apenas realizado um ensaio devido à complexidade do seu processo de produção. Os *Loaf Cakes* são bolos com proporções maiores que os restantes quando são congelados e por isso permanecem de um dia para o outro a arrefecer e, posteriormente, a congelar.

O processo só se completa no dia seguinte, quando os mesmos são submetidos à embalagem, que envolve igualmente o seu corte. Parte deste processo é noturno e, devido a este facto, foi efetuado apenas um ensaio.

O valor experimental obtido de 124 min é muito inferior ao intervalo de valores teórico determinado. Seria de esperar que um bolo com estas dimensões superiores, requeresse mais tempo para alcançar os -8 °C, o que não se confirmou.

Como foi inviável realizar uma repetição, não é seguro comparar com mais nenhum caso particular. Na origem deste resultado pode estar o facto do produto, no momento da congelação, se encontrar no túnel vazio. O fluxo de ar presente nos tuneis é o fator que mais influencia o tempo de congelação e, por sua vez, o fluxo de ar dentro dos tuneis é alterado pela presença de obstáculos. Se, dentro do túnel, existirem muitos produtos, isto é, “obstáculos”, o fluxo de ar segue caminhos preferenciais, levando a um aumento do tempo de congelação e a uma diminuição do coeficiente de transferência de calor (Barbin e Junior, 2011).

## **6.2. Armazenamento**

A embalagem diminui os coeficientes de transferência de calor de diversas formas. O empacotamento do produto pode dar origem a espaços vazios de ar e a bolhas em torno do alimento, o que provoca uma diminuição dos coeficientes de transferência, que por sua vez provocam um aumento no tempo necessário, para um determinado produto, estabilizar a uma temperatura definida (Becker e Fricke, 2004).

A temperatura de entrada de cada bolo para o Armazém do Produto Acabado encontra-se dependente do respetivo tempo da embalagem. Aquando da etapa de embalagem, a temperatura do produto não deve diminuir abaixo dos  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , que é, sensivelmente, a temperatura de congelação dos bolos.

Esta fase tem uma duração variável, dependendo da quantidade de produto produzido e do tipo de embalagem aplicado, contudo, não excede os 30 min. Dentro do APA, a temperatura pode variar dos  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  até aos  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , no entanto a temperatura média do armazém é de  $-18$  a  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

O *datalogger*, colocado desde a congelação, registou as variações de temperatura, durante um período de 48 h. Todos os produtos alcançaram a temperatura legal exigida para a comercialização de produtos ultracongelados ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) num tempo inferior. Quanto à embalagem, todos os produtos foram embalados da mesma forma<sup>5</sup>, com uma embalagem primária de plástico e numa embalagem secundária de cartão, exceto os *Cup Cakes* que possuem uma embalagem primária de filme e cartão além da embalagem secundária de cartão.

Todos os produtos foram colocados no mesmo sítio do APA, para não ocorrerem alterações advindas desta mudança. Nas Tabelas 12 a 17, estão apresentados os valores experimentais do tempo necessário para atingir os  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de todos os produtos, assim como as respetivas temperaturas de entrada. Os produtos foram analisados pelas mesmas categorias utilizadas na congelação.

---

<sup>5</sup> Durante o decorrer da produção, os produtos não são embalados todos com o mesmo tipo de embalagem, contudo, de modo a fixar o maior número de variáveis, procedeu-se ao encaixotamento dos produtos sempre na mesma caixa, e sempre no mesmo local, com exatamente o mesmo tempo.

**Tabela 12** Valores experimentais do tempo necessário dos *Mini Muffins* e do *Queque* para estabilizar à temperatura legal exigida para a comercialização de -18 °C

<b>Produtos</b>	<b>Temperatura de entrada do produto (°C)</b>	<b>Valor experimental (h)</b>
<i>Black Mini Muffin</i>	-7.7	6.52
	-7.3	6.37
<i>Queque</i>	-11.7	3.40
	-2.9	5.08
<i>Mini Choco Muffin</i>	-8.5	10.12

Os fatores que influenciam a congelação dos produtos, como o tamanho da amostra, a composição e a temperatura do armazém são também preponderantes durante armazenamento. Assim, é possível pressupor, que os produtos que congelam mais rapidamente também consigam alcançar a temperatura -18 °C mais depressa. É de ressaltar que o armazenamento difere do processo de congelação, na medida em que existem barreiras à transferência térmica, como as embalagens (primárias e secundárias). Este fator vai influenciar o tempo requerido para a obtenção da estabilidade térmica (Barcenas e Rosell, 2006; Erickson e Hung, 1997; Rao *et al.*, 2014).

No que concerne ao produto *Black Mini Muffin*, e através da observação dos dados da Tabela 12, os tempos de armazenamento são muito semelhantes, 391 min e 382 min, com temperaturas de entrada de -7 °C e -7.3 °C, respetivamente. Nas duas repetições realizadas, os produtos alcançaram os -18 °C em apenas 6 h e 37 min e em 6 h e 52 min, respetivamente. Relativamente ao *Mini Choco Muffin*, foi apenas executado um ensaio, e o valor encontrado foi de 607 min, aproximadamente 10 h e 12 min. Este valor deveria aproximar-se dos valores obtidos para o *Black Mini Muffin* uma vez que são produtos com tamanhos, pesos e formas idênticas.

Como só foi realizado um ensaio não é possível aferir se este valor é ou não dependente do produto. A dedução mais provável é que este valor advenha de uma alteração da temperatura do APA durante o tempo em que o *datalogger* esteve inserido no produto e isso tenha aumentado o tempo necessário para a estabilização.

Relativamente ao *Queque*, este apresentou o menor tempo para atingir os -18 °C. Dos dois ensaios executados, o primeiro, com uma temperatura de entrada de -11.7 °C, estabilizou aos -18 °C

em apenas 204.0 min correspondentes a 3 h 40 min. Na segunda repetição, o produto entrou no APA com  $-2.9\text{ }^{\circ}\text{C}$  e em 305.0 min, ou seja, em 5 h e 8 min, conseguiu alcançar a temperatura pretendida.

**Tabela 13** Valores experimentais do tempo necessário, dos dois *Cup Cakes* em estudo, para atingir a temperatura legal exigida para a comercialização de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

<b>Produtos</b>	<b>Temperatura de entrada do produto (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	<b>Valor experimental (h)</b>
<i>Wild Blueberry Cup cake</i>	-5.4	20.52
	-6.7	17.05
<i>Triple Chocolate Cup cake</i>	-12.0	12.02
	-8.2	16.68

Em relação ao *Wild Blueberry Cup Cake*, constata-se que nos dois ensaios realizados, com temperaturas de entrada de  $-5.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-6.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o produto atingiu os  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 20 h e 52 min e 17 h e 05 min, respetivamente. Como são produtos iguais, armazenados com as mesmas embalagens, esta diferença de tempos relaciona-se com a temperatura do APA.

As flutuações de temperatura, que ocorrem devido aos ciclos de descongelação onde se desligam os ventiladores, ou pelo facto das portas do armazém não se encontrarem sempre fechadas, alteram a temperatura do interior da câmara. Estas flutuações estão na origem da discrepância de valores encontrada em mais produtos. Este produto, além da embalagem primária possui uma embalagem secundária complexa, composta por um tabuleiro, base e tampa de cartão, o que constitui uma barreira adicional à transferência de calor. O tempo para alcançar os  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  é assim superior aos restantes produtos, com características semelhantes.

De acordo com a Tabela 13, o *Triple Chocolate Cup Cake*, nos dois ensaios realizados, atingiu os  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 12 h e 2 min e em 16 h e 68 min. Este último produto analisado apresentou tempos significativamente inferiores ao *Wild Blueberry Cup Cake*. Estas diferenças podem ser originadas pela alteração da temperatura do APA, como já foi referenciado, e pelas propriedades térmicas dos produtos, que como já vimos anteriormente, são díspares.

**Tabela 14** Valores experimentais do tempo necessário, dos dois *Muffins* de chocolate em estudo, para atingir a temperatura legal exigida para a comercialização de -18 °C

<b>Produtos</b>	<b>Temperatura de entrada do produto (°C)</b>	<b>Valor experimental (h)</b>
<i>Muffin Pepitas de Chocolate</i>	-12.5	22.48
	-8.1	18.20
<i>Filled Deluxe Chocolate Muffin</i>	-2.9	17.40
	-9.8	17.12

Observando a Tabela 14, para o *Muffin Pepitas de Chocolate*, o tempo necessário nas duas repetições realizadas foi de 22 h e 48 min e de 18h e 20 min, apesar da temperatura de entrada no primeiro ensaio ser de -12.5 °C e no segundo ensaio de -8.1 °C. Estas discrepâncias podem estar relacionadas com as ligeiras alterações de temperatura dentro do Armazém do Produto Acabado. O *muffin Filled Deluxe Chocolate Muffin* obteve valores de 1044 min, cerca de 17 h e 40 min e de 1027 min, equivalente a 17 h e 12 min, para conseguir adquirir uma temperatura interna de -18 °C. Os valores encontrados para estes dois produtos estão relativamente próximos, o que é expectável, pois são produtos com propriedades e estruturas semelhantes.

**Tabela 15** Valores experimentais do tempo necessário, dos dois *Muffins* de fruta em estudo, para atingir a temperatura legal exigida para a comercialização de -18 °C

<b>Produtos</b>	<b>Temperatura de entrada do produto (°C)</b>	<b>Valor experimental (h)</b>
<i>Blueberry Muffin</i>	-8.9	15.58
	-11.1	20.52
<i>Raspberry Cheesecake Muffin</i>	-4.6	41.98
	-10.3	21.92

Em relação ao *Blueberry Muffin*, nos dois ensaios realizados e de acordo com a Tabela 15, alcançou a temperatura de -18 °C em 935 min, que equivale a 15 h e 58 min e em 1231 min que

equivale a 20 h e 52 min. Esta grande diferença temporal está relacionada com a alteração da temperatura dentro do APA, tal como aconteceu com os restantes produtos.

A temperatura de entrada não surte uma grande influência durante o armazenamento, uma vez que no primeiro ensaio realizado o produto apresentava apenas -8.9 °C, enquanto que, no segundo ensaio o *muffin* entrou na câmara com -11 °C e, ainda assim, demorou mais tempo para alcançar os -18 °C. No que concerne ao *Raspberry Cheesecake Muffin*, nos dois ensaios, os valores obtidos foram de 41 h e 98 min e de 21 h e 92 min, respetivamente.

O valor do primeiro ensaio afasta-se completamente do segundo ensaio, assim como dos resultados obtidos para os restantes produtos, nomeadamente para o *Blueberry Muffin*. A única explicação para este incidente encontra-se no facto da temperatura do APA, aquando do tempo em que o produto esteve armazenado, ter descido abaixo dos -18 °C durante um longo período de tempo e, por isso, o tempo de armazenamento ter quase duplicado.

É necessário ressaltar que a temperatura do APA não sofre desvios significativos, no entanto basta descer para os -17 °C que os produtos mantêm-se a esta temperatura. No período desde projeto, só se considerou a estabilidade de um produto aos -18 °C. O *Raspberry Cheesecake Muffin* manteve-se entre os -17 °C e os -17.9 °C durante um tempo razoável, o que aumentou drasticamente o tempo de armazenamento. Este valor não deve ser alarmante, uma vez que é o resultado de uma ligeira alteração da temperatura do APA.

**Tabela 16** Valores experimentais do tempo necessário para atingir a temperatura legal exigida para a comercialização de -18 °C para o *Loaf Cake* em estudo

<b>Produtos</b>	<b>Temperatura de entrada do produto (°C)</b>	<b>Valor experimental (h)</b>
<i>Lemon Loaf Cake</i>	-11.0	22.48

O *Lemon Loaf Cake* é cortado e embalado, em fatias com peso próximo das 90 g. As fatias são colocadas todas em contacto, o que se traduz numa superfície de transferência térmica menor que nos demais produtos. Não obstante este facto, o produto analisado demorou 1349 min,

aproximadamente 22 h e 48 min, a atingir a temperatura de -18 °C, de acordo com a Tabela 16. Como só foi realizado um ensaio, não é possível saber se este valor foi superior ao previsto ou se se encontra próximo do valor real.

O *Bolo de Arroz com Açúcar*, como sucedeu na congelação, foi dos produtos que estabilizou mais rapidamente à temperatura obrigatória. Com temperaturas de entrada de -5.6 °C e -4.9 °C, o produto alcançou uma temperatura interna de -18 °C ao fim de 4 h e 8 min e 9h e 43 min, respetivamente. Este é um produto com um baixo peso mássico, no entanto, os fatores mais preponderantes para a transferência de calor são as suas propriedades térmicas e a sua porosidade, que facilita a transferência de calor (Carson e Lovatt, 2003).

**Tabela 17** Valores experimentais do tempo necessário para atingir a temperatura legal exigida para a comercialização de -18 °C para o *Bolo de Arroz com Açúcar*

<b>Produtos</b>	<b>Temperatura de entrada do produto (°C)</b>	<b>Valor experimental (h)</b>
<i>Bolo de Arroz Com Açúcar</i>	-5.6	4.08
	-4.9	9.43

## **7. Considerações Finais**

### **7.1. Túneis de Congelação**

O tempo de congelação é influenciado por inúmeros fatores. Entre os principais encontram-se a temperatura dos túneis, a constituição, o tamanho, a área de superfície do produto e a porosidade. No entanto, em sistemas com convecção forçada, o tempo de congelação é determinado principalmente pelo ar no interior da câmara e este depende consequentemente da velocidade e da quantidade de ar que circula (Carson *et al.*, 2006).

Com o intuito de otimizar o processo de produção, é mais vantajoso congelar os produtos a temperaturas mais próximas dos 40 °C, de modo a minimizar o tempo de arrefecimento e consequentemente melhorar o tempo de produção. É de ressaltar que as temperaturas de entrada

dentro deste intervalo de valores, não influenciam a qualidade do produto, particularmente no que respeita à desidratação.

A temperatura de entrada não tem uma influência preponderante no tempo de congelação. Com base nos resultados analisados, o peso e o tamanho influenciaram de uma forma mais preeminente o tempo de congelação, sendo que os produtos com menores dimensões congelaram mais rápido. As exceções são o *Queque* e o *Bolo de Arroz com Açúcar* que congelaram mais rapidamente que os *Mini Muffins*. Na origem deste facto estão as propriedades térmicas de cada produto, a superfície de transferência de calor e a porosidade.

Os *Muffins* de fruta apresentaram um tempo de congelação ligeiramente superior aos *Muffins* com a mesma estrutura, mas com constituição de chocolate. Teoricamente, o *Lemon Loaf Cake* deveria ser o produto com um maior tempo de congelação, todavia, este pressuposto não foi verificado. Dos restantes produtos, o *Blueberry Muffin* foi o que apresentou um maior tempo de congelação.

Atendendo às oscilações de temperatura, nenhum dos produtos sem embalagem demorou mais do que 130 min, correspondentes a 1 h e 10 min, a congelar. Para o *Black Mini Muffin*, *Mini Choco Muffin*, *Queque* e *Bolo de Arroz com Açúcar* o tempo máximo experimental foi de 54.6 min. Relativamente aos *Cup Cakes*, o tempo experimental máximo obtido foi de 172 min. Os *Muffins* de chocolate apresentaram o tempo máximo experimental de 101 min, ao passo que, para os *Muffins* de fruta foi de 128 min. Os valores teóricos determinados, na generalidade, encontram-se próximos dos valores experimentais, o que reforça a fiabilidade dos resultados obtidos.

## **7.2. Armazenamento**

A principal inferência retirada dos resultados obtidos é que a totalidade dos produtos analisados estabilizou, à temperatura legal requerida, em menos de 24 h.

Atentando aos valores experimentais máximos de cada produto, no contexto geral, os produtos que estabilizaram de uma forma mais eficiente foram o *Queque*, o *Black Mini Muffin* e o *Bolo de Arroz Com Açúcar*, em apenas 5 h e 8 min, 6 h e 52 min e 9 h e 43 min, respetivamente. Imediatamente após encontra-se o *Mini Choco Muffin* com 10 h e 12 min.

O *Wild Blueberry Cup Cake* estabilizou ao fim de 20h e 52 min, enquanto que o *Triple Chocolate Cup Cake* atingiu a estabilidade térmica ao fim de 16 h e 68 min.

O *Muffin Pepitas de Chocolate* estabilizou num tempo máximo de 22 h e os 48 min e o *Filled Deluxe Chocolate Muffin* alcançou, por sua vez, os -18 °C em 17 h e 40 min.

O *Blueberry Muffin* atingiu os -18 °C em 20 h e 52 min, e o *Raspberry Cheesecake Muffin* estabilizou em 21 h e 92 min. O *Lemon Loaf Cake*, no único ensaio realizado, atingiu o equilíbrio ao fim de 22 h e 48 min.

Assim, por ordem crescente de tempo de estabilização encontram-se os produtos *Queque*, *Black Mini Muffin* e *Bolo de Arroz com Açúcar*, seguidos pelo *Mini Choco Muffin*. Posteriormente, seguem-se todos os *Muffins*, independentemente da constituição, e por último, mas dentro da média de valores dos *Muffins*, encontra-se o *Lemon Loaf Cake*. Os valores dos tempos de estabilização dos *Cup Cakes* estão próximos dos intervalos dos *Muffins* e do *Lemon Loaf Cake*.



# Capítulo IV

---

*Influência do tempo de armazenamento na  
validade primária*

---



## **1. Validade de Produtos Ultracongelados**

A validade ou tempo de prateleira de um produto é um conceito complexo que define o limite de tempo, após produção e embalagem, durante o qual o alimento mantém um determinado nível de qualidade que o torna aceitável para o consumo, sob condições bem definidas de armazenamento. Este conceito relaciona a qualidade do produto com a sua aceitação por parte do consumidor. A qualidade de um produto é um dado bem definido, não obstante, a sua aceitação depende de regulamentos, da economia, do *marketing*, e da sociedade. O nível de aceitação de um alimento é difícil de quantificar e não lhe pode ser atribuído um valor finito, o que torna o conceito do termo “validade” difícil de estimar (Nicoli, 2012; Valero *et al.*, 2012).

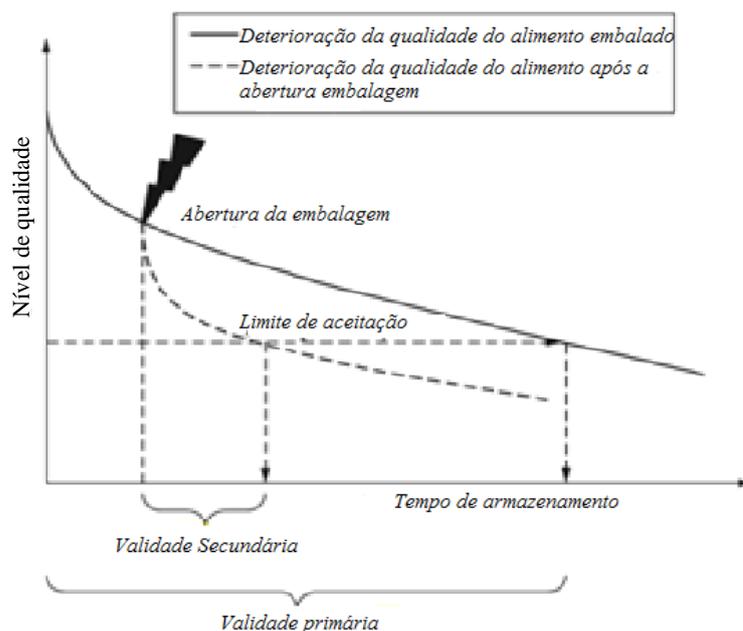
A qualidade de um alimento é definida como o conjunto de inúmeras propriedades que afetam o grau de aceitabilidade do produto, sendo considerado um estado dinâmico que se movimenta continuamente para níveis mais baixos. É de salientar que, na definição de validade, não se encontra qualquer referência à segurança do alimento, sendo este um requisito fundamental para qualquer produto alimentar, desde a produção até ao momento do consumo. Por conseguinte, é obrigatório que o produto mantenha a sua segurança até ao fim do seu tempo de prateleira (Codex alimentarius Commission, 2003; Nicoli, 2012; Robertson, 2010; Valero *et al.*, 2012).

Todos os produtos embalados possuem uma validade primária e uma validade secundária. A validade primária engloba todo o período de tempo durante o armazenamento, onde o produto mantém o nível de aceitação por parte do consumidor. A validade secundária é definida como o período de tempo após a abertura da embalagem, durante o qual o alimento mantém um nível aceitável de qualidade (Nicoli, 2012; Robertson, 2010).

A validade secundária é intrínseca à validade primária do produto, isto é, durante a validade primária o alimento pode ser retirado da embalagem a qualquer momento (ver Figura 5). A partir do momento de abertura da embalagem, existem várias reações que começam a ocorrer e que alteram as características do produto, como alterações na atividade da água (*aw*) e atividade microbológica, que aceleram a queda na curva da qualidade (Nicoli, 2012; Robertson, 2010; Valero *et al.*, 2012).

No caso de produtos com um elevado teor de humidade, as alterações podem induzir o crescimento de microrganismos que podem colocar em risco a segurança alimentar. Deste modo, é importante definir a validade secundária destes alimentos e, em alguns casos, fornecer informações,

no rótulo, sobre as condições de armazenamento e do limite de tempo em que estes podem ser consumidos de uma forma segura. Existem diversos exemplos destes produtos como alimentos desidratados, grãos de café, massas e bolos (Nicoli, 2012; Robertson, 2010; Valero *et al.*, 2012). A Figura 4 ilustra, de uma forma genérica, a perda de qualidade de um qualquer produto alimentar, ao fim de um determinado tempo de armazenamento.



**Figura 4** Diminuição da qualidade dos alimentos em função do tempo de armazenamento, em função da abertura da embalagem e os respectivos valores de vida de prateleira primária e secundária. Adaptado de (Nicoli 2012)

A utilização de metodologias validadas para determinar o tempo de prateleira é exigido quer pela indústria alimentar, quer pelas autoridades de saúde nacionais e internacionais e, por isso, é fundamental do ponto de vista legal e de segurança alimentar. Todos os alimentos estão sujeitos a alterações físicas, químicas e microbiológicas. Estas alterações ocorrem devido à composição dos alimentos e à ação de fatores ambientais intrínsecos e extrínsecos. Estas modificações, depois de um determinado nível, alteram a qualidade sensorial dos alimentos (Valero *et al.*, 2012).

Os procedimentos mais utilizados para determinar o tempo de prateleira de um produto alimentar são baseados na deteção de alterações microbiológicas, alterações sensoriais e alterações físico-químicas. A abordagem tradicional consiste em definir um ponto ao longo do período de

armazenamento, no momento em que um dos atributos a analisar pode ultrapassar o limite pré-estabelecido (Codex alimentarius Commission, 2003; Valero *et al.*, 2012).

## **2. Deterioração de Alimentos Ultracongelados Durante o Armazenamento**

Os alimentos, durante o processamento e armazenamento, estão sujeitos a fatores ambientais como temperatura, humidade, oxigénio e luz que podem desencadear mecanismos de reação que provocam a sua deterioração. Estes mecanismos, podem alterar de tal forma o produto que este se torna inviável para consumo (Man e Jones, 2000)

As alterações físicas, químicas e microbiológicas são as principais causas da deterioração dos alimentos. As deteriorações físicas podem ocorrer devido ao mau manuseamento dos produtos e podem dar origem a outro tipo alterações químicas e microbiológicas (Smith *et al.*, 2004).

No caso dos alimentos congelados, as flutuações da temperatura podem ser destrutivas, provocando *secura pelo frio* caso o produto não esteja bem isolado, o descongelamento e posterior congelamento que provoca a recristalização, contudo o problema com maior gravidade nos produtos de pastelaria e panificação é o endurecimento (*staling*). O endurecimento é definido como qualquer mudança, exceto alterações microbiológicas, que ocorre durante o período após a cozedura, tornando o produto menos aceitável para o consumidor. Os produtos com maior teor de humidade, como é o caso dos bolos, são mais suscetíveis de sofrer esta alteração, porém, possuem um elevado teor em lípidos o que retarda o processo de endurecimento. O mecanismo do endurecimento tem sido relacionado com a migração da humidade do miolo para a crosta e, mais especificamente, do amido dilatado para o glúten. Contudo, o grau e a velocidade de cristalização dos componentes do amido, especificamente da fração de amilopectina não-linear, são considerados os principais responsáveis por este fenómeno. Existem já diversos métodos para inibir o endurecimento, como a reformulação dos produtos com lípidos e gorduras, tensoativos, emulsionantes, aditivos químicos, atmosfera modificada e mais recentemente com enzimas que atuam acima das temperaturas da gelatinização do amido e hidrolisam a fração de amilopectina, evitando a recristalização e, conseqüentemente, o endurecimento. As deteriorações químicas envolvem os componentes internos do alimento e os fatores ambientais externos (Giannou *et al.*, 2005; Hebeda e Zobel, 1996; Hoffmann, 2001; Man e Jones, 2000; Saranraj e Geetha, 2012; Smith *et al.*, 2004).

As principais alterações químicas estão relacionadas com a atividade enzimática e com reações oxidativas, que alteram o sabor dos alimentos e provocam alterações na sua aparência (Hebeda e Zobel, 1996; Hoffmann, 2001; Saranraj e Geetha, 2012; Smith *et al.*, 2004).

A deterioração química pode ser prevenida adicionando antioxidantes como ácido ascórbico ou hidroxianisol butilado (BHA). Das principais alterações físico-químicas que ocorrem em produtos congelados destacam-se: a perda de sabor, seguido por desenvolvimento de sabores desagradáveis, perda de vitaminas, retrogradação do amido, desnaturação proteica e cristalização da sacarose (Man e Jones, 2000; Giannou *et al.*, 2005).

As deteriorações microbiológicas estão relacionadas com o crescimento de leveduras, bactérias e fungos, fatores limitantes para a estimativa do tempo de prateleira e que representam uma das principais perdas económicas no setor alimentar. O fator mais relevante que influencia a deterioração microbiológica de produtos de pastelaria é a *aw*. Para produtos com baixo teor de humidade, *aw* < 0,6, a deterioração microbiológica não é um problema. Em produtos com um teor de humidade intermédio, *aw* entre valores de 0,6-0,85, leveduras e bolores são os microrganismos que predominam. Em produtos com elevado teor de humidade, *aw* entre 0,94-0,99, quase todas as bactérias, leveduras e bolores são capazes de se desenvolver (Hebeda e Zobel, 1996; Hoffmann, 2001; Saranraj e Geetha, 2012; Smith *et al.* 2004).

A deterioração microbiológica por leveduras ocorre principalmente em produtos com teores de humidade médio/alto. As leveduras podem crescer na superfície dos produtos (manchas brancas ou de cor de rosa), ou pode ocorrer deterioração fermentativa de uma ampla gama de produtos ou ingredientes que pode provocar odores alcoólicos, como bolhas de gás em recheios que contenham fruta ou a extensão da embalagem. O crescimento na superfície dos produtos é associada a alimentos com teor de atividade de água elevado e com tempo de validade pequeno, enquanto que a deterioração fermentativa é normalmente associada a produtos com baixo teor de *aw* e com um grande tempo de validade, como por exemplo, bolos de frutas. A contaminação dos produtos por leveduras normalmente provém da utilização de utensílios e equipamentos sujos (Erickson e Hung, 1997; Saranraj e Geetha, 2012; Smith *et al.*, 2004).

A deterioração por fungos/bolores não acontece em produtos frescos, apenas na fase após produção através de esporos presentes no ar, das superfícies, dos operadores e dos ingredientes. Os

problemas com fungos são mais evidenciados no verão e não são significativos nos produtos frescos que são congelados e armazenados a baixas temperaturas (Smith *et al.*, 2004).

A deterioração de um produto alimentar ultracongelado é muito mais lenta que num produto armazenado à temperatura ambiente (Huis *in 't veld*, 1996). A baixas temperaturas, as reações químicas são mais lentas e a atividade microbiológica é inibida, no entanto as condições utilizadas no processamento e no armazenamento podem influenciar negativamente a qualidade dos produtos. Apesar da atividade microbiológica a baixas temperaturas ser quase inexistente, se o alimento sofrer contaminação durante o resto do processo, a congelação não destrói os microrganismos (Man e Jones, 2000).

### **2.1. Deterioração Química - Oxidação Lipídica**

A oxidação lipídica ocorre em qualquer alimento que contenha, na sua composição, ácidos gordos. É um fenómeno que está na origem da deterioração dos ácidos gordos, modificando o sabor do alimento, e dando origem a sabores e odores característicos do ranço que são perceptíveis pelos consumidores e que diminuem a qualidade e o tempo de vida dos alimentos. Além dos sabores desagradáveis, durante o processo autocatalítico, existe a formação de radicais livres que provoca outras reações indesejadas como a perda de vitaminas, alteração da cor e a degradação de proteínas, tornando o produto impróprio para consumo (Man e Jones, 2000; Silva *et al.*, 1999).

Existem diversos fatores que contribuem para um aumento da taxa de oxidação lipídica. A temperaturas favoráveis, como à temperatura ambiente, a velocidade da reação é maior assim como quando existe uma grande quantidade de oxigénio disponível e baixos valores de atividade de água. Alterações no pH, na atividade da água, luz e pressão e solubilidade do oxigénio são outros fatores que influenciam a oxidação lipídica. Contudo, mudanças na temperatura, atividade da água e na solubilidade do oxigénio são as que têm mais impacto nos alimentos congelados (Erickson e Hung, 1997).

Os lípidos presentes nos alimentos são maioritariamente triglicerídeos, fosfolípidos e esteróis. Destes três grupos, os triglicerídeos são os que se encontram em maior percentagem (90%). A oxidação lipídica ocorre em várias fases, produzindo inúmeros compostos voláteis e não-voláteis e abrange a oxidação enzimática, a fotoxidação e a autoxidação (Bartosz, 2013; Soares *et al.*, 2012).

A fotoxidação ocorre quando estão presentes fotossensibilizadores (como clorofila e mioglobina) e o produto é sujeito a radiação ultravioleta. A oxidação enzimática envolve a ação de enzimas lipoxigenases, que formam aromas voláteis semelhantes aos produzidos durante a autoxidação (Soares *et al.*, 2012).

A autoxidação é, por sua vez, o principal fenómeno que ocorre nos alimentos. A autoxidação ocorre na presença de lípidos insaturados e está dividida em três etapas, a iniciação, a propagação e a terminação. Na iniciação dá-se a perda de um radical de hidrogénio de uma posição alílica do ácido gordo dando origem a um radical alquil, na presença de iniciadores (como hidroperóxidos presentes como impurezas, metais redox ou exposição à luz) (equação 13). Na segunda etapa, a propagação, dá-se a formação de vários péroxidos através de duas reações (equações 14 e 15) que servem como índice da oxidação lipídica nos alimentos. Na primeira reação, o ácido gordo radical alquil combina-se com o oxigénio e é convertido em ácido gordo radical peroxil (equação 14) (Ferrari, 1998; St Angelo, 1996).

Na segunda reação, o radical peroxil retira um hidrogénio de um ácido gordo adjacente, formando uma molécula de hidropéroxido e um novo ácido gordo radical alquil. A decomposição do hidropéroxido é responsável pela propagação adicional do processo dos radicais livres. Como a energia de dissociação de LOO-H é cerca de 90 kcal/mol e de LO-OH cerca de 44 kcal/mol, a decomposição espontânea é pouco provável a temperaturas baixas. A decomposição dos hidroperóxidos durante o armazenamento a baixas temperaturas é dominado pela equação 15, que consiste na transferência de um eletrão de iões metálicos (Ferrari, 1998; Mendes, 2006; Soares *et al.*, 2012; St Angelo, 1996).

Nos alimentos ultracongelados, as reações que envolvem iões ferrosos são bastante mais rápidas que as reações que envolvem iões férricos. Os peróxidos resultantes desta etapa vão decompor-se noutros produtos como aldeídos, cetonas, alcoóis e hidrocarbonetos, originando o cheiro e o sabor desagradáveis. Não obstante, como o número de péroxidos é instável, a sua medição é limitada às fases iniciais da oxidação lipídica, já que as reações continuam a ocorrer até à fase da terminação (equações 16 a 18). Depois de iniciada esta etapa, a reação só acaba quando deixam de existir ácidos gordos insaturados ou oxigénio. Na fase da terminação, os radicais reagem entre si, formando novos compostos não reativos, diminuindo o consumo de oxigénio. Quando deixam de existir radicais, as reações terminam (Mendes, 2006; St Angelo, 1996).



O processo de oxidação lipídica é um processo muito complexo. Todas as reações descritas não acontecem separadamente e as reações de iniciação ocorrem durante todo o tempo em que o produto está armazenado (Erickson e Hung, 1997).

## 2.2. Deterioração Microbiológica - *Listeria monocytogenes*

A qualidade microbiológica é um fator preponderante na segurança de um produto alimentar e não afeta sensorialmente os alimentos, isto é, um alimento contaminado pode ser consumido sem que se tenha essa percepção, o que torna a contaminação microbiológica um perigo “invisível”. A qualidade microbiológica está dependente da quantidade inicial de microrganismos presentes (contaminação inicial) e posteriormente da capacidade de multiplicação dos mesmos. A contaminação inicial está relacionada com a higiene das matérias-primas utilizadas assim como dos operadores e das áreas onde os produtos são elaborados. Uma vez armazenados, os fatores intrínsecos do alimento, como o pH e a atividade da água, vão determinar a multiplicação microbiana e a velocidade a que esta ocorre. A -18 °C, a atividade microbiológica não é eliminada, no entanto o crescimento é inibido (Erickson e Hung 1997; Hoffmann 2001).

Existem diversas bactérias patogênicas e não patogênicas, capazes de sobreviver a temperaturas baixas e, por isso, a sua detecção é essencial para a segurança alimentar. De todas as bactérias patogênicas importantes para a indústria alimentar, a *Listeria monocytogenes* é a mais

relevante. O género *Listeria* é constituído por dez espécies sendo elas: a *Listeria monocytogenes*, *Listeria ivanovii*, *Listeria seeligeri*, *Listeria innocua*, *Listeria welshimeri* e *Listeria Grayi*, *Listeria fleischmannii*, *Listeria marthii*, *Listeria weihenstephanensis* e *Listeria rocourtiae*, sendo a mais importante para o homem a *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*). A *L. monocytogenes* é uma espécie de bactérias gram-positivas, anaeróbias facultativas, não formadoras de esporos, com forma de bastonete e com um baixo conteúdo em guanina-citosina (G+ C). São microrganismos que não possuem nenhuma cápsula e são móveis entre 20-25 °C devido aos flagelos peritricosos, no entanto não têm mobilidade a 37 °C. A *L. monocytogenes* consegue crescer numa ampla gama de pH, desde 4.3 até 9.6 (Buchanan e Phillips, 2000; Cole *et al.*, 1990; Di Bonaventura *et al.*, 2008; Farber *et al.*, 1989; Ponniah *et al.*, 2010; Rodrigues, 2010;).

A atividade da água, a concentração de sal e a atmosfera, além do pH e da temperatura, são fatores que têm uma grande influência sobre o crescimento da *L. monocytogenes*. A influência destes fatores encontra-se sintetizada na Tabela 18.

**Tabela 18** Principais fatores de crescimento, limites mínimos, máximos, condições de crescimento ótimo e tratamentos térmicos durante o processamento alimentar. Adaptado de: (Guidance Document, 2005)

Fator	Crescimento			Consegue sobreviver (mas não cresce)
	Limite mínimo de crescimento	Crescimento ótimo	Limite máximo de crescimento	
Temperatura (°C)	-1.5 a +3	30.0 a 37.0	45.0	-18.0
pH	4.2 a 4.3	7.0	9.4 a 9.5	3.3 a 4.2
Atividade da água (aw)	0.90 a 0.93	0.99	> 0.99	<0.90
Concentração de sal (%)	<0.5	0.7	12-14	≥20

Estes fatores de crescimento são normalmente ajustados nos produtos alimentares para impedir o crescimento microbiano, no entanto a *L. monocytogenes* tem uma enorme capacidade de se adaptar e uma grande resistência a condições adversas.

A *L. monocytogenes* pode ser encontrada em vários ambientes, nomeadamente em solos, águas de esgoto, água de consumo, efluentes, na microbiota indígena de animais e seres humanos e

principalmente em alimentos. Com a globalização e o aumento do consumo de alimentos prontos para o consumo, a *L. monocytogenes*, tornou-se reconhecida como um importante patogénico de origem alimentar (Franchin e Batista, 2008; Ponniah *et al.*, 2010; Trabusli e Althertum, 1999).

De todas as espécies, a *L. monocytogenes* e a *L. ivanovii* são as únicas patogénicas, embora existam alguns casos raros de doenças causadas pelas *L. seeligeri* e *L. innocua*. A *Listeria monocytogenes* é um oportunista patogénico que se tornou mais conhecido por ser a causa de infeções provocadas em humanos através de alimentos contaminados (Ponniah *et al.*, 2010; Roberts e Wiedmann, 2003).

Na indústria alimentar, a *L. monocytogenes* é considerada como um dos patogénicos mais importantes devido à sua perigosidade. Como consequência da sua natureza, esta bactéria consegue crescer em alimentos refrigerados prontos-a-consumir que tenham sido contaminados durante o processamento e a embalagem. Diversas categorias de produtos alimentares têm sido relacionados a vários surtos de listeriose, principalmente aqueles que são prontos-a-comer e que não sofrem nenhum tipo de tratamento antes do consumo. Existem ainda outros alimentos, como produtos de carne, produtos lácteos, gelados, peixe embalado a vácuo, mariscos e legumes, muito suscetíveis ao crescimento deste microrganismo (Jantzen, 2006; Rodrigues, 2010).

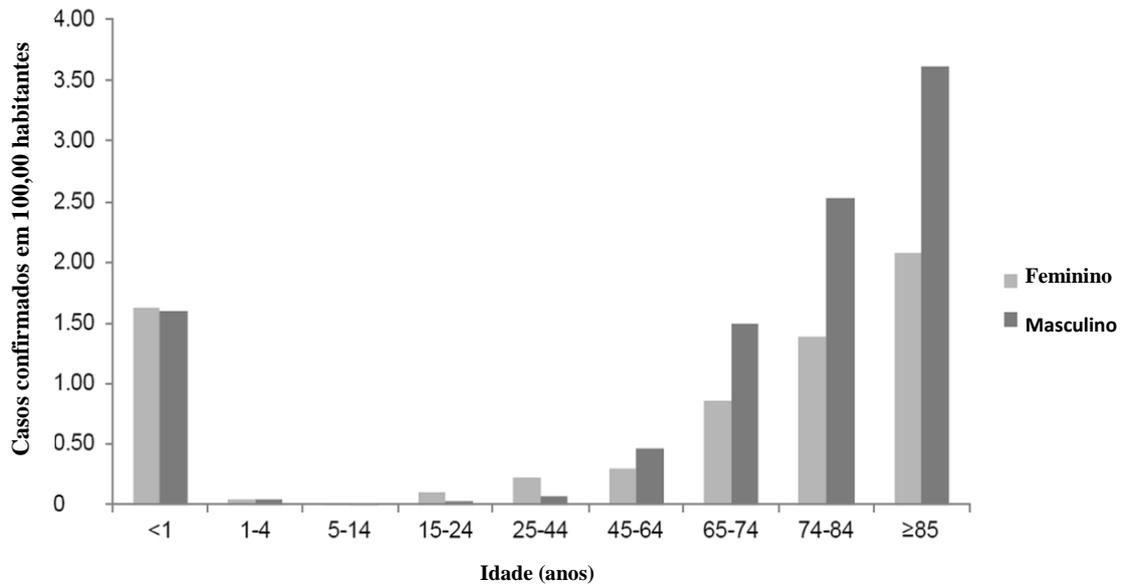
Existem algumas investigações relacionadas com a presença de *L. monocytogenes* noutros produtos prontos para consumo tais como: produtos de padaria, sanduíches, frutas e legumes, pratos preparados e saladas. Num estudo relativo a produtos de pastelaria, a *L. monocytogenes* foi detetada em 6 das 10 investigações qualitativas, no entanto não foi encontrada em níveis acima de 100 UFC /g como está representado na Tabela 19 (EFSA, 2014).

**Tabela 19** *Listeria monocytogenes* em produtos prontos para consumo no ano de 2012. Adaptado de: EFSA (2014)

País	Descrição	Contagem		
		N (Nº de casos ocorridos)	% ≤ 100 UFC/g	% ≥ 100 UFC/g
Alemanha	Bolos, no ponto de venda	697	0,1	0
Áustria	Bolos, no ponto de venda	55	0	0
	Pastelaria, no ponto de venda	111	0	0
Bélgica	Pastelaria, durante processamento	-	-	-
	Pastelaria, no ponto de venda	-	-	-
Eslovénia	Sobremesas, na restauração	50	0	0
	Sobremesas, com creme tratado termicamente, no ponto de venda	100	0	0
	Bolos, na restauração	-	0	0
Espanha	No ponto de venda	349	0	0
Hungria	Bolos	89	0	0
Irlanda	Bolos, no ponto de venda	48	0	0
	Sobremesas, no ponto de venda	51	0	0
	No ponto de venda	-	-	-
Itália	Pastelaria, na restauração	-	-	-
	Pastelaria, no ponto de venda	-	-	-
Portugal	Bolos	-	-	-
Polónia	Durante processamento	-	-	-

A *Listeria monocytogenes* provoca listeriose, uma doença rara e grave que apresenta taxas de mortalidade bastantes elevadas (20-30%) quando comparadas com outros microrganismos patogénicos, como *Salmonella* (FAO/WHO, 2002). Na Figura 5 estão representados os principais grupos etários afetados por listeriose divididos por idade e sexo na União Europeia, no ano de 2012.

É possível observar que as principais pessoas afetadas encontram-se na faixa etária dos 65-74 anos, e que a partir destas idades o número de casos aumenta consideravelmente. Os bebés até um ano de idade também representam um grupo de risco e com uma elevada incidência de casos, sendo que 79% dos casos estão relacionados com a transmissão durante a gravidez (EFSA, 2014).



**Figura 5** As taxas de notificação de listeriose humana por idade e sexo na UE em 2012. Adaptado de (EFSA 2014)

A *Listeria monocytogenes* está largamente disseminada e é comum a sua ingestão, todavia, o índice de listeriose em humanos é muito baixo (Rodrigues, 2010). Na União Europeia (EU), no ano de 2012, o número de casos de listeriose em humanos aumentou ligeiramente quando comparado com o ano de 2011 (1.642 casos humanos confirmados em 2012), com uma elevada taxa de mortalidade (17,8%) associada entre os casos. Um total de 198 mortes por listeriose foi relatado por 18 Estados-Membros em 2012, registando-se o maior número de casos fatais desde 2006. A *Listeria monocytogenes* foi detetada acima do limite de segurança em alguns alimentos prontos para o consumo, mas as principais amostras que excederam este limite foram em produtos provenientes da pesca (EFSA, 2014).

A *L. monocytogenes* entra no organismo do homem através da ingestão de alimentos contaminados, e no estômago resiste ao ataque de enzimas proteolíticas do hospedeiro, ao ambiente ácido do estômago (pH 2,0), a sais biliares e a ataques inflamatórios não específicos. Uma vez no organismo, a *L. monocytogenes* vai aderir à superfície das células hospedeiras onde é internalizada através de fagocitose no caso de células fagocíticas, ou com a ajuda de proteínas de superfície denominadas por internalinas. As principais internalinas são as internalinas A e B codificadas pelos genes *inlA* e *inlB*. Ao entrar para as células hospedeiras, a *L. monocytogenes* invade o sistema imunitário do hospedeiro. Depois de alojada no hospedeiro, *L. monocytogenes* multiplica-se com um tempo de geração de cerca de uma hora (Ponniah *et al.*, 2010; Silva, 2009; WHO e FAO, 2002).

Como um agente patogénico que é capaz de sobreviver em condições extremas, a sua deteção é de máxima importância. Atualmente, existem diversos métodos para a sua deteção, a partir de uma grande variedade de alimentos, com relativa facilidade. A introdução de meios cromogénicos melhorou de forma eficiente o isolamento de *L. monocytogenes*. As técnicas de diagnóstico molecular também têm contribuído, uma vez que são altamente sensíveis, precisas e rápidas. Embora existam muitos procedimentos de subtipagem que podem ser utilizados para a deteção de estirpes de *L. monocytogenes*, a combinação de dois ou mais procedimentos é, normalmente, mais eficaz do que a utilização de apenas um só método (Ponniah *et al.*, 2010).

### **3. Análise Sensorial**

A avaliação sensorial é definida, segundo o Instituto de Tecnologia de Alimentos (Kemp *et al.*, 2009) como um método científico utilizado para medir, analisar e interpretar as reações produzidas pelas características dos produtos, na perceção dos sentidos da visão, olfato, tato, paladar e audição. De acordo com a Norma Portuguesa NP 4263:1994, a análise sensorial ou exame organolético é definido como o “exame das características organoléticas de um produto pelos órgãos dos sentidos”.

A análise química, por mais completa, deve ser complementada com a análise sensorial, uma vez que existem estímulos que são percebidos apenas pelos sentidos. Na indústria alimentar, a avaliação sensorial em conjunto com testes microbiológicos, pode ser utilizada para determinar a validade de um produto ao longo da cadeia de fornecimento e para confirmar se, de facto, ao longo do seu tempo de armazenamento, mantém todas características intactas ou dentro dos limites previstos. A avaliação sensorial pode ainda ser utilizada como parte de um programa de controlo de qualidade de matérias-primas e pode fornecer dados à equipa de Marketing e de Desenvolvimento, de modo a orientar o desenvolvimento e a estratégia comercial, desde a conceção dos produtos até ao lançamento para o mercado, nas diferentes fases do ciclo de vida do mesmo (Giménez *et al.*, 2012; Hozova *et al.*, 2002; Kemp *et al.*, 2009).

Na avaliação sensorial, os sentidos têm um papel fundamental e a compreensão, por parte dos profissionais sensoriais, dos mecanismos biológicos envolvidos na perceção, é muito importante. A visão permite avaliar a aparência do alimento. As ondas de luz refletidas pelo produto são captadas pela retina, que contém células recetoras, conhecidas como bastonetes e cones, que convertem em impulsos neurais que percorrem o nervo ótico até ao cérebro, e este, fornece-nos informação sobre a aparência (cor, forma, tamanho, translucidez e textura de superfície) do alimento. O paladar envolve a

percepção de substâncias não voláteis, que quando dissolvidas em água, óleo ou saliva, são detetadas por recetores gustativos nas papilas gustativas localizadas na superfície da língua, boca e garganta. As sensações resultantes podem ser divididas em salgado, doce, azedo, amargo e umami. O olfato permite detetar moléculas voláteis através de recetores olfativos. Há cerca de 17 mil compostos voláteis diferentes e cada odor pode ser constituído por vários compostos voláteis. O tato, através da pele, incluindo os lábios, língua e superfícies da cavidade oral que contém imensos recetores táteis, permite detetar sensações relacionadas com o contacto como a força, o tamanho e a textura. A audição permite detetar milhões de células ciliadas através do ouvido. O som emitido pelo alimento durante a sua degustação contribui para identificar a textura (Giménez *et al.*, 2012; Jinjarak *et al.*, 2006; Kemp *et al.*, 2009; Lawless e Heymann, 1999; Lyon *et al.*, 1982).

Os provadores, indivíduos que fazem parte da avaliação sensorial, são a parte mais importante da avaliação e podem ser facilmente afetados por fatores psicológicos e fisiológicos e podem dar a origem a erros e a interpretações incorretas, principalmente quando não são sujeitos a nenhum treino. A Norma NP ISO 8586-1:2001 distingue três tipos de provadores: provadores (candidatos ou indivíduos que já participaram em análises sensoriais, provadores iniciados); provadores qualificados (que foram sujeitos a seleção e treino) e peritos (que já demonstraram uma particular acuidade para efetuar análises sensoriais possuindo uma larga experiência).

Ter conhecimento do objetivo do teste pode levar a um erro de expectativa e o facto de ser sujeito continuamente aos mesmos estímulos resulta numa diminuição da sensibilidade. As diferenças culturais também podem constituir uma barreira, como em códigos de conduta, normas, produtos com diferentes características e diferentes interpretações de escalas sensoriais. O recrutamento dos provadores depende do número e do tipo pretendido. Para realizar uma prova é necessário conhecer o produto, a sua composição química geral, as tecnologias envolvidas na sua elaboração e a relação dos seus constituintes com as sensações. Para isso, o indivíduo que vai realizar as provas não pode apresentar limitações. Existem muitas condicionantes da acuidade, anomalias como a anosmia (falta de sensibilidade aos estímulos olfativos) e a ageusia (falta de sensibilidade aos estímulos gustativos), a fadiga e a idade (decrécimo da acuidade a partir dos 60 anos). A acuidade decresce também aquando da digestão ou de cansaço, estados febris, sinusites e asma (Chen *et al.*, 2004; Kemp *et al.*, 2009).

A avaliação sensorial está dividida em testes discriminativos, afetivos e descritivos. Nos testes afetivos o objetivo é avaliar a aceitação e a preferência dos consumidores, em relação a um ou mais

produtos. Estes testes podem ser de aceitação, onde é avaliada a aceitação de um determinado produto, ou podem ser de preferência, onde é determinada a preferência que o consumidor tem em relação a outro. Nos testes descritivos são avaliados os atributos sensoriais dos produtos e têm de ser realizados por provadores treinados. Dentro dos testes descritivos existe a análise descritiva quantitativa, onde se identifica e quantifica os atributos sensoriais do produto, e o método do índice de qualidade que avalia o grau de frescura de um alimento (Kemp *et al.*, 2009).

Nos testes discriminativos, são avaliadas as diferenças ou semelhanças sensoriais entre duas ou mais amostras e é utilizado tratamento estatístico para analisar e tratar os resultados. Estes tipos de testes são rápidos e podem ser realizados quer por provadores treinados, quer por não treinados em várias circunstâncias incluindo no controlo de qualidade. Segundo Kemp *et al.* (2009), a prova de diferença simples é um teste discriminativo, onde são apresentadas duas amostras ao provador e este deve indicar se as amostras são iguais ou diferentes.

## **4. Metodologias**

### **4.1. Estrutura do Trabalho**

O estudo dividiu-se em quatro fases distintas, para cada produto individualmente.

A primeira etapa foi similar e em simultâneo à primeira etapa do capítulo da termo-estabilidade, onde recaiu a escolha dos produtos.

Na segunda fase, procedeu-se ao acompanhamento do processo de produção, determinando-se o pH das massas, de cada produto individualmente, em dois momentos: logo após a mistura e antes da cozedura. No fim da cozedura e do arrefecimento, recolheram-se cerca de 20 amostras provenientes das massas analisadas. É necessário salvaguardar que, as amostras recolhidas, foram utilizadas em todos os parâmetros determinados.

Na terceira fase, realizou-se um ensaio físico-químico, o índice de peróxidos (IP), dois ensaios microbiológicos, a contagem de microrganismos totais a 30 °C e a contagem de *Listeria monocytogenes* dos produtos com menos de 1 mês de armazenamento e a acabar a validade (com 12 meses de armazenamento). Todos os produtos foram descongelados à temperatura ambiente e avaliados no mesmo dia.

A quarta fase correspondeu à análise sensorial dos produtos, através de um painel de provadores não treinados, com o intuito de determinar as alterações ocorridas ao longo do tempo de armazenamento e se estas eram, por sua vez, sensorialmente perceptíveis.

## **4.2. Análises Físico-Químicas**

### **4.2.1. Determinação do pH**

O pH foi determinado recorrendo a um potenciómetro portátil, HI 99161 (HANNA *Instruments*), que possui um elétrodo de perfuração FC 202D. O valor do pH foi obtido pela determinação da média aritmética de duas medições sucessivas, obedecendo aos requisitos de repetibilidade.

### **4.2.2. Determinação do Índice de Peróxidos na Gordura**

Em relação ao índice de peróxidos na gordura, foi determinado de acordo com a ISO 3960:2007, através de um método iodométrico com a deteção do ponto de viragem visualmente.

De ressaltar que, o índice de peróxidos determina a quantidade de oxigénio ligado quimicamente a um óleo ou gordura. Este método é assim aplicável a todas as gorduras animais e vegetais, óleos, ácidos gordos e às suas misturas com os valores de peróxidos, desde 0 meq a 30 meq (miliequivalentes) de oxigénio ativo por quilograma. Os resultados obtidos foram expressos em miliequivalentes de oxigénio ativo por quilograma de gordura extraída (meq/Kg).

## **4.3. Análises Microbiológicas**

### **4.3.1. Contagem de Microrganismos Totais a 30 °C**

A contagem de microrganismos totais a 30 °C foi realizada segundo a ISO 48331:2013, através de um método horizontal para enumeração de microrganismos com a capacidade de crescer e formar colónias num meio sólido, após incubação aeróbica a 30 °C. Os resultados obtidos foram expressos por número de unidades formadoras de colónias por grama de produto analisado (UFC/g).

#### **4.3.2. Contagem de *Listeria monocytogenes***

A contagem de *Listeria monocytogenes* foi realizada através do método ALOA COUNT (alternativo ao método descrito na norma internacional ISO 11290-2:1998) concordante com o definido na norma internacional ISO 16140:2003.

Os resultados obtidos foram expressos por número de unidades formadoras de colónias por grama de produto analisado (UFC/g)

### **4.4. Análise Sensorial**

#### **4.4.1. Avaliação Sensorial**

A prova utilizada para a análise sensorial foi uma prova discriminativa – a Prova de Diferença Simples. As amostras correspondentes a um mês de armazenamento e a 12 meses de armazenamento foram apresentadas aos provadores, sendo-lhes solicitado que referissem as amostras como sendo iguais ou distintas. Cerca de metade das vezes foram apresentadas amostras iguais, e na outra metade amostras diferentes. O principal objetivo consistia na distinção das duas amostras complexas, baseadas em atributos como a cor, o cheiro, a textura e sabor (ISO 6658:2005; Kemp *et al.*, 2009; Meilgaard *et al.*, 1991).

A constituição do painel de provadores, a localização das provas, a preparação das amostras e o boletim de análise sensorial entregue a cada provador encontram-se nos anexos 2 a 5.

#### **4.4.2. Tratamento Estatístico**

Os resultados obtidos na prova foram tratados estatisticamente com recurso ao programa Microsoft Excel® 2008. Foram assim comparados o número de respostas do tipo “diferente” para os pares de amostras iguais e para os pares de amostras diferentes utilizando o teste de Qui Quadrado ( $\chi^2$ )<sup>6</sup>. Em amostras pequenas, o erro do valor do Qui quadrado é mais alto e, portanto, o teste não se considera recomendável. Ronald Fisher apresentou outro teste que permite calcular a probabilidade de associação das características em análise, ou seja, a probabilidade de tais características serem independentes, quando o número total de dados é pequeno. Assim, em amostras pequenas deve-se

---

<sup>6</sup> Ver anexo 4 acerca do Teste do Qui-Quadrado.

executar a Prova Exata de Fisher<sup>7</sup>. Os resultados obtidos foram submetidos aos dois testes estatísticos (Fernandes, 1999; Meilgaard *et al.*, 1991; Kemp *et al.*, 2009).

## **5. Apresentação e Discussão dos Resultados**

### **5.1. pH**

A acidez de um alimento é um fator importante que afeta o crescimento e a sobrevivência dos microrganismos. Os alimentos, relativamente ao pH, são classificados em produtos ácidos, quando apresentam um pH inferior a 4,6, em produtos pouco ácidos com um pH entre 4,6 e 7 e em produtos não ácidos ou alcalinos com um pH superior a 7 (Man e Jones, 2000; NSW Food Authority, 2009; Ordóñez e Hoz, 2007)

A capacidade de um alimento permitir ou não o crescimento de microrganismos é diretamente influenciado pelo pH. O pH de um certo alimento pode variar com o crescimento microbiano e com a composição ou formulação do produto. A maioria dos microrganismos tem o pH ótimo de crescimento próximo do pH 7, o que significa que as massas de pastelaria reúnem as condições ideais para o crescimento de microrganismos (Man e Jones, 2000).

Observando os dados da Tabela 20, nas medições logo após a mistura, não existe grande variação do pH entre os produtos, encontrando-se os valores todos próximos do pH 7. Para os produtos que possuem na sua constituição frutos, como o *Wild Blueberry Cup Cake*, *Blueberry Muffin* e *Raspberry Cheesecake Muffin*, é possível constatar que o pH é ligeiramente mais baixo. Após o doseamento e repouso da massa, verifica-se que o pH das massas diminui embora muito ligeiramente. Qualquer alteração do pH, durante o processamento, pode levar ao desenvolvimento de patogénicos o que compromete a sua segurança alimentar. Não obstante, qualquer crescimento que possa ocorrer entre a fase de mistura e de doseamento é eliminado na etapa da cozedura. Apesar de esta etapa não ser concebida para a eliminação de microrganismos, a utilização de temperaturas muito elevadas, em geral acima dos 180 °C e durante mais de 20 minutos, é capaz de destruir todos os microrganismos presentes nas massas (DesRochers *et al.*, 2004; Man e Jones, 2000; NSW Food Authority, 2009).

---

<sup>7</sup> Ver anexo 5 acerca de Prova Exacta de Fisher.

**Tabela 20** Valores médios de pH das massas dos produtos imediatamente após mistura (pH<sub>1</sub>) e após doseamento, antes de entrar no forno (pH<sub>2</sub>), com o respetivo desvio padrão (s)

Produtos	pH <sub>1</sub>		pH <sub>2</sub>	
	Média	s	Média	s
<i>Wild Blueberry Cup Cake</i>	6.95	0.01	6.74	0.16
<i>Black Mini Muffin</i>	6.90	0.03	7.01	0.08
<i>Muffin Pepitas de Chocolate</i>	6.91	0.02	6.90	0.08
<i>Queque</i>	7.30	0.08	7.10	0.03
<i>Blueberry Muffin</i>	6.84	0.04	6.78	0.04
<i>Filled Deluxe Chocolate Muffin</i>	7.06	0.04	6.95	0.01
<i>Lemon Loaf Cake</i>	7.06	0.04	6.95	0.06
<i>Bolo de Arroz com Açúcar</i>	7.04	0.01	7.01	0.02
<i>Raspberry Cheesecake Muffin</i>	6.88	0.04	6.76	0.03
<i>Mini choco Muffin</i>	6.73	0.06	6.66	0.01
<i>Triple chocolate Cup Cake</i>	7.09	0.08	7.15	0.14

Constata-se, assim, que os valores de pH obtidos nas massas durante o processo até à fase da cozedura não constituíram uma barreira ao desenvolvimento microbiano, contudo, não representaram um problema de segurança microbiológica. É possível ainda verificar que durante o tempo de repouso, desde a mistura até à cozedura, incluindo a fase de doseamento, o valor de pH das massas não sofreu alterações significativas e por isso não representa um parâmetro importante na qualidade dos produtos finais.

## 5.2. Microrganismos Aeróbios Totais a 30 °C

Através da contagem de microrganismos totais a 30 °C é possível determinar a quantidade total de microrganismos aeróbios ou anaeróbios facultativos presentes num determinado alimento. Este método, contudo, não especifica a que grupo os microrganismos pertencem e não fornece nenhum detalhe sobre a sua patogenicidade (Huis in 't Veld, 1996; Trabusli e Althertum, 1999).

Para a avaliação da qualidade microbiológica em produtos cozinhados e prontos para consumo, categoria onde estão inseridos os produtos de pastelaria, não existe legislação portuguesa, no entanto, existem guias de orientação internacionais como NSW Food Authority (2009). Na Tabela 21 encontram-se os critérios microbiológicos e as classificações correspondentes.

**Tabela 21** Critérios microbiológicos para os resultados da contagem de colónias aeróbias em produtos prontos para consumo.

\*Satisfatório - Não é necessário nenhuma acção; Aceitável - Considerar a fonte do alimento (produtor/vendedor) e a fase da validade antes de determinar qualquer acção; Insatisfatório - Investigar razões para elevada contagem; N/A – Não aplicável. Adaptado de: NSW Food Authority (2009)

Produtos	Resultados (UFC/g)			
	*Satisfatório	**Aceitável	***Insatisfatório	Potencialmente perigoso
<i>Bolos sem creme</i>	$<10^4$	$10^4$ - $<10^6$	$\geq 10^6$	N/A
<i>Bolos com creme</i>	$<10^6$	$<10^7$	$\geq 10^7$	N/A

Na Tabela 22 estão representados os valores médios das contagens de microrganismos aeróbios totais a 30 °C nos dois momentos de estudo: no início do armazenamento e com doze meses de armazenamento.

**Tabela 22** Valores médios das contagens de microrganismos aeróbios a 30 °C, nos vários produtos, nos dois momentos diferentes de análise

Produtos	Resultados (UFC/g)	
	Amostra com menos de 1 mês de armazenamento	Amostra com 12 meses de armazenamento
<i>Wild Blueberry Cup Cake</i>	$<1 \times 10^1$	$4,5 \times 10^4$
<i>Black Mini Muffin</i>	$4 \times 10^1$	$4 \times 10^1$
<i>Muffin Pepitas de Chocolate</i>	$4 \times 10^1$	$4 \times 10^1$
<i>Queque</i>	$3 \times 10^1$	$1.3 \times 10^2$
<i>Blueberry Muffin</i>	$1 \times 10^1$	$4 \times 10^1$
<i>Filled Deluxe Chocolate Muffin</i>	$<1 \times 10^1$	$4 \times 10^1$
<i>Lemon Loaf Cake</i>	$<1 \times 10^1$	$4 \times 10^1$
<i>Bolo de Arroz com Açúcar</i>	$4 \times 10^1$	$2.6 \times 10^2$
<i>Raspberry Cheesecake Muffin</i>	$<1 \times 10^1$	$4 \times 10^1$

Como expectável, as diferenças entre as amostras, nos dois momentos de análise, não são muito significativas. Todas as amostras recolhidas no primeiro mês de armazenamento encontram-se dentro dos limites do satisfatório,  $<10^4$  UFC/g para bolos sem creme e  $<10^6$  UFC/g para bolos com creme (NSW Food Authority, 2009).

Com doze meses de armazenamento, o *Queque* e o *Bolo de Arroz com Açúcar* apresentam uma ligeira subida nos valores médios, no entanto mantêm-se dentro dos limites satisfatórios. As amostras recolhidas com doze meses de armazenamento não fazem parte do mesmo lote das amostras recolhidas no início do armazenamento e, por isso, podem apresentar valores médios de microrganismos naturalmente variáveis. O *Queque* e o *Bolo de Arroz Com Açúcar* apresentam valores de percentagem de humidade relativamente baixos, não contêm cremes nem *toppings* e, por isso, são produtos estáveis e que não permitem um fácil desenvolvimento microbiano (Baptista e Venâncio, 2003; Gilbert *et al.*, 2002; Hoffmann, 2001; Saranraj e Geetha, 2012).

Nas amostras de *Wild Blueberry Cup Cake*, os valores da contagem de microrganismos apresenta uma subida mais acentuada, para  $4,5 \times 10^4$  UFC/g, contudo ainda dentro dos limites satisfatórios,  $<10^6$  UFC/g. Esta subida pode ser consequência da variação natural entre os lotes, ou pelo facto do *Wild Blueberry Cup Cake* ser o único bolo que contém um *topping* adicionado após cozedura, não sofrendo ação térmica. Este *topping* é constituído por ingredientes crus que podem já estar contaminados ou ser manipulados inadequadamente (Baptista e Venâncio, 2003).

O *Raspberry Cheesecake Muffin* tem como recheio um creme composto por queijo e ovo em pó e o *Blueberry Muffin* contém na sua constituição frutos congelados que libertam água e tornam o bolo mais húmido. Por este facto, ambos os bolos reúnem maiores condições para a proliferação de microrganismos. Contudo, os dois casos apresentaram-se estáveis nos dois momentos de análise, uma vez que o recheio e os frutos são adicionados antes da cozedura, sofrendo processamento térmico (Gilbert *et al.*, 2002; Robertson, 2010).

Os resultados da contagem de microrganismos aeróbios a 30 °C em produtos alimentares são o reflexo da qualidade sanitária e traduzem as condições higiénicas das matérias-primas utilizadas e da manipulação dos produtos ao longo do processo e, por isso, estas contagens não devem ser elevadas. A utilização de matérias-primas contaminadas e uma manipulação incorreta durante o processamento do alimento dão origem a valores elevados de microrganismos aeróbios (Baptista e Venâncio, 2003; Erickson e Hung, 1997).

### **5.3. *Listeria Monocytogenes***

A União Europeia estabeleceu critérios microbiológicos para a *L. monocytogenes* em alimentos prontos para consumo segundo o Regulamento (CE) N° 2073/2005 relativo a critérios microbiológicos

aplicáveis aos géneros alimentícios. Para a avaliação da presença/ausência de *Listeria monocytogenes* seguiram-se também as guias do NSW Food Authority (2009), Tabela 23.

**Tabela 23** Critérios microbiológicos para a ocorrência de *Listeria monocytogenes* em produtos de pastelaria prontos para consumo.

\*Satisfatório - Não é necessário nenhuma ação; Aceitável - Considerar a fonte do alimento (produtor/vendedor) e a fase da validade antes de determinar qualquer ação; Insatisfatório - Investigar razões para elevada contagem. Adaptado de: NSW Food Authority (2009)

Resultados (UFC/g)			
Satisfatório	Aceitável	Insatisfatório	Potencialmente perigoso
Não detetada	Detetada mas $<10^2$	-	$\geq 10^2$

Na Tabela 24, estão representados os valores de *L. monocytogenes* obtidos para todos os produtos analisados.

**Tabela 24** Ocorrência de *Listéria monocytogenes*, nos vários produtos, nos dois momentos de análise

Produtos	Resultados (UFC/g)	
	Amostra com menos de 1 mês de armazenamento	Amostra com 12 meses de armazenamento
<i>Wild Blueberry Cup Cake</i>	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$
<i>Black Mini Muffin</i>	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$
<i>Muffin Pepitas de Chocolate</i>	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$
<i>Queque</i>	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$
<i>Blueberry Muffin</i>	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$
<i>Filled Deluxe Chocolate Muffin</i>	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$
<i>Lemon Loaf Cake</i>	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$
<i>Bolo de Arroz com Açúcar</i>	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$
<i>Raspberry Cheesecake Muffin</i>	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$

Como se pode observar através da Tabela 24, os valores de *L. monocytogenes* encontram-se abaixo do limite aceitável,  $10^2$  UFC/g, em todos os produtos analisados. Estes resultados são o reflexo da eficiência de todas as etapas ao longo do processo, desde a receção das matérias-primas à cozedura e ao armazenamento. Microrganismos microrganismos

A presença de *L. monocytogenes* nos alimentos é muito baixa, o que por vezes pode dificultar a sua deteção, todavia é possível o seu posterior desenvolvimento ao longo da fase de armazenamento, caso as temperaturas oscilem e não cumpram as condições necessárias. A *L. monocytogenes* é capaz de sobreviver até -18 °C. Deve, por isso, ter-se em consideração a sua capacidade de sobrevivência em condições desfavoráveis, visto que, em circunstâncias favoráveis e na ausência de competição, a *L. monocytogenes* pode desenvolver-se sem dificuldades (Anderson e Calderón, 2000; Azevedo *et al.*, 2005; Batt, 2000).

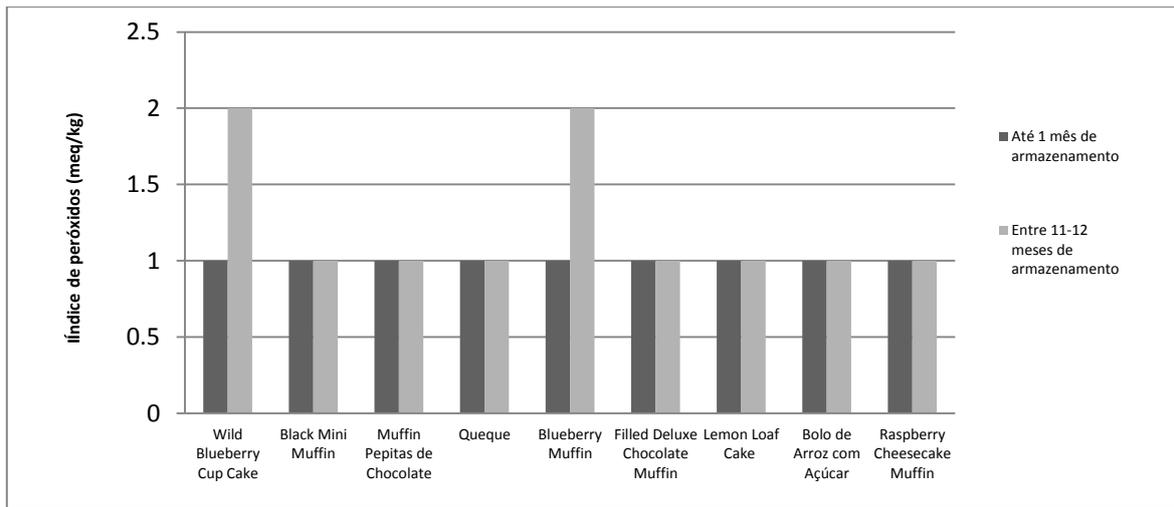
Os resultados encontram-se dentro do que seria expectável, posto que, na cozedura a temperaturas superiores a 50°C, a *Listeria monocytogenes* é destruída.

#### **5.4. Índice de Peróxidos**

Para a avaliação dos processos oxidativos em alimentos, em Portugal e na Europa não existe atualmente nenhuma legislação para o controlo da presença de peróxidos em produtos prontos para consumo. A única legislação existente é referente apenas a gorduras e óleos vegetais destinados à alimentação humana.

A ocorrência de processos oxidativos durante o processamento e o armazenamento dos alimentos é inevitável e não pode ser eliminada. Existem, contudo, diversas formas para minimizar estes processos e impedir que interfiram na qualidade dos alimentos (Soares *et al.*, 2012; St Angelo, 1996).

O índice de peróxidos é utilizado para determinar a fase inicial da oxidação, na qual há liberação de peróxidos e as alterações não são perceptíveis sensorialmente. Os resultados do índice de peróxidos determinado, nos dois pontos de análise, com a finalidade de avaliar a evolução do processo oxidativo, encontram-se representados na Figura 7 (Silva *et al.*, 1999).



**Figura 6** Evolução média do índice de peróxidos nos diferentes produtos em estudo

Observou-se que nos produtos *Black Mini Muffin*, *Muffin Pepitas de Chocolate*, *Queque*, *Filled Deluxe Chocolate Muffin*, *Lemon Loaf Cake*, *Bolo de Arroz com Açúcar* e *Raspberry Cheesecake Muffin*, o valor do IP manteve-se a um valor constante de 1 miliequivalente de oxigénio ativo/kg de gordura. No *Wild Blueberry Cup Cake* e no *Blueberry Muffin*, o índice de peróxidos alterou-se de 1 miliequivalente de oxigénio ativo/kg para 2 miliequivalentes de oxigénio ativo/kg. Esta ligeira subida não é significativa, pelo que não é perceptível pelos consumidores. Estes valores podem ser fruto de uma embalagem defeituosa ou de pequenas oscilações de temperatura. Na origem desta ligeira subida, pode residir o facto destes dois produtos possuírem uma maior atividade de água, resultado dos frutos presentes na sua constituição, fator que influencia positivamente o processo oxidativo (Silva *et al.*, 1999; Soares *et al.*, 2012; St Angelo, 1996).

Estes valores vão ao encontro dos valores esperados, uma vez que, durante todo o armazenamento, os produtos encontraram-se a temperaturas inferiores aos  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , embalados na presença de pouco oxigénio, sem contacto com luz ou metais. O conjunto destes fatores impede o desenvolvimento dos processos oxidativos e permitem manter a qualidade dos alimentos (Bartosz, 2013; Soares *et al.*, 2012).

## 5.5. Análise Sensorial

A aceitação de um alimento não depende apenas do seu estado físico-químico e microbiológico. A análise sensorial de um produto é fundamental e permite complementar os resultados obtidos pelas análises físico-químicas e microbiológicas. Na Tabela 25 estão representados

os resultados obtidos na análise sensorial de cada produto. O objetivo da prova é identificar, para cada produto, se a amostra no início do armazenamento (A) é diferente da amostra no final do tempo de armazenamento (B), isto é, se durante o armazenamento e ao acabar o tempo de prateleira, a qualidade do produto se altera (Fernandes, 1999; Meilgaard *et al.*,1991).

No caso do *Wild Blueberry Cup Cake*, o valor obtido para o teste de Fisher foi de 0.273%, superior a 0.05%. Este resultado, a nível estatístico, representa 27% de probabilidade do tempo de armazenamento não influenciar as características do produto com um grau de 95% de confiança. Aceita-se a hipótese de igualdade estatística entre os valores observados e os valores esperados, sendo que as amostras são consideradas iguais.

**Tabela 25** Valores obtidos para o Teste de Fisher e para o teste de Qui-quadrado. \* Valor Tabelado anexo 6, para 1 grau de liberdade e com 5% de significância

Produtos	Teste de Fisher		Teste Qui-quadrado	
	Valor obtido	Valor tabelado	Valor obtido	Valor tabelado
	(%)	(%)		
<i>Wild Blueberry Cup Cake</i>	0.273		1.65	
<i>Black Mini Muffin</i>	0.039		5.85	
<i>Muffin Pepitas de Chocolate</i>	0.008		4.97	
<i>Queque</i>	0.121		2.97	
<i>Blueberry Muffin</i>	0.321	0.0500	1.51	3.4180*
<i>Filled Deluxe Chocolate Muffin</i>	0.636		0.40	
<i>Lemon Loaf Cake</i>	0.716		0.40	
<i>Bolo de Arroz com Açúcar</i>	0.500		0.69	
<i>Raspberry Cheesecake Muffin</i>	0.436		0.77	

O painel de provadores não conseguiu encontrar diferenças significativas entre as duas amostras de *Wild Blueberry Cup Cake*, concluindo que a sua totalidade apresentava todas as características intactas. Estes resultados são também corroborados pelo teste do Qui-quadrado. O valor obtido foi de 1.65, que é inferior ao valor tabelado, o que significa que não existem diferenças significativas.

Para os produtos *Queque*, *Blueberry Muffin*, *Filled Deluxe Chocolate Muffin*, *Lemon Loaf Cake*, *Bolo de Arroz com Açúcar* e *Raspberry Cheesecake Muffin*, os resultados obtidos através dos testes de Fisher e do Qui-quadrado são semelhantes ao *Wild Blueberry Cup Cake*, ou seja, as amostras no início do armazenamento e no fim do armazenamento são consideradas iguais.

No caso do produto *Queque*, quando foram apresentadas duas amostras A e B, os provadores referiram que a amostra B era menos doce e mais seca que amostra A, mas com aroma semelhante. Quando foram apresentadas amostras AA e BB os provadores encontraram diferenças entre as mesmas, considerando a amostra A mais seca, e a amostra B com menor coloração. Estas diferenças podem ocorrer naturalmente entre lotes e não são significativas.

Pode-se constatar que, apesar de uma parte dos provadores conseguir detetar algumas diferenças, as amostras não foram consideradas diferentes. O painel conseguiu detetar algumas diferenças entre os produtos, no entanto, assumiram que o produto no fim de validade era mais fresco que o produto no início da validade. No conjunto, os participantes não conseguiram distinguir perfeitamente o produto, confundindo as duas amostras. Tal como os dados estatísticos comprovam, o produto com a validade quase a expirar pode ser considerado aceitável organolepticamente. A mesma situação foi verificada para os produtos *Blueberry Muffin*, *Filled Deluxe Chocolate Muffin*, *Lemon Loaf Cake*, *Bolo de Arroz com Açúcar* e *Raspberry Cheesecake Muffin* (Meilgaard *et al.*, 1991).

Os produtos *Black Mini Muffin* e *Muffin Pepitas de Chocolate* apresentaram, segundo os dois testes, diferenças significativas. O valor obtido no Teste de Fisher para *Black Mini Muffin* representa 3.9 % de probabilidade do tempo de armazenamento não influenciar as características do produto, o que significa, que a probabilidade das amostras serem consideradas diferentes é de 96.1%. Para o *Muffin Pepitas de Chocolate*, a probabilidade do tempo de armazenamento influenciar a qualidade do produto é de 99,2%, isto é, as duas amostras apresentam, estatisticamente, diferenças muito significativas. A maior diferença encontrada pelo painel de provadores foi ao nível da textura e humidade. As amostras com a validade prestes a expirar apresentavam-se mais secas que as amostras no início da validade. Esta diferença foi mais acentuada no *Black Mini Muffin*, e pode ser consequência de uma alteração da embalagem ou da temperatura durante o armazenamento, ou pelo facto do produto ter uma dimensão menor que os restantes. Não obstante, o produto normal já é caracteristicamente seco, sem nenhum *topping* ou creme e com valores mais baixos de humidade. Relativamente à formulação dos produtos, ambos contêm ingredientes semelhantes mas com misturas

diferentes e, por isso, este não deve ser considerado um fator preponderante na alteração da qualidade sensorial.

É de ressaltar que, apesar de dois produtos terem apresentado diferenças estatísticas significativas, este não deve ser motivo de preocupação. A prova diferencial consiste apenas em distinguir se duas amostras são diferentes ou não, não definindo a intensidade dessa diferença. As amostras de um mesmo produto podem apresentar diferenças naturais de lote para lote. Esta prova, em conjunto com um painel de provadores não treinados, constituem algumas limitações. No contexto geral, as amostras com 1 mês de armazenamento e com 12 meses de armazenamento foram consideradas sensorialmente iguais com um risco de erro de 5%, pelo que, os produtos mantiveram toda a sua qualidade sensorial. Constata-se assim que o armazenamento não alterou os principais aspetos sensoriais dos produtos e que os bolos com 12 meses de armazenamento ainda se encontram conformes, do ponto de vista sensorial.

## **6. Considerações Finais**

Um alimento ultracongelado sofre, ao longo do seu tempo de armazenamento, alterações de origem física, química, microbiológica e sensorial. Estas alterações, quando o armazenamento é efetuado de uma forma adequada, não devem afetar a conformidade do produto. A validade primária dos produtos de pastelaria comercializados pela CSM Iberia S.A. encontra-se estabelecida em 12 meses, exceto para os produtos do género *Cup Cake*, em que a validade primária atribuída é de 9 meses. O estudo incide nas alterações ocorridas durante estes meses e na qualidade do produto, no final da sua validade primária. O conhecimento do desenvolvimento do produto ao longo desta etapa, nomeadamente no setor empresarial onde se insere a CSM Iberia S.A., constitui uma parte integrante da Segurança Alimentar.

No que concerne aos valores de pH obtidos nas massas ao longo do processo, até à fase da cozedura, estes não sofrem alterações significativas e, por este fato, não representam um parâmetro relevante na qualidade dos produtos finais.

Os resultados da contagem de microrganismos aeróbios encontraram-se todos dentro dos limites atribuídos, o que espelha a eficácia de todo o processo, desde a cozedura, congelação e armazenamento. Concomitantemente a estes fatores, encontram-se aliadas as condições de higiene e

a segurança de todos os materiais crus, assim como o bom manuseamento dos produtos e das matérias-primas por parte dos operadores da empresa.

A *Listeria monocytogenes* é um dos principais responsáveis pela maioria dos surtos de origem alimentar. Devido à sua relevante importância, a Organização Mundial de Saúde assim como todos os países desenvolvidos, onde está inserido Portugal, adotaram medidas e legislações no sentido de controlarem a presença desta bactéria. As análises de todos os produtos presentes no estudo mostraram-se concordantes com os limites legais estabelecidos.

Relativamente ao índice de peróxidos presentes em alimentos, não existe nenhuma legislação que abranja este critério. O índice de peróxidos apenas avalia a evolução do processo oxidativo e, através dos valores obtidos, as alterações não foram significativas ao longo de todo o tempo de armazenamento.

A análise sensorial efetuada por um painel interno, reforçou os valores obtidos pelas análises químicas e microbiológicas realizadas. De uma forma geral, as amostras com 1 mês de armazenamento e com 12 meses de armazenamento foram consideradas sensorialmente iguais com um risco de erro de 5%, pelo que os produtos mantiveram toda a sua qualidade sensorial. É conveniente salvaguardar que a prova diferencial utilizada, em conjunto com um painel de provadores não treinados, constituem algumas limitações que podem afetar a fiabilidade dos resultados.



# Capítulo V

---

*Conclusão*

---



A CSM Iberia S.A. é uma das principais líderes no mercado alimentar. A adoção de políticas internas e a implementação de normas externas têm sido impulsionadas, face às crescentes preocupações relativamente à qualidade, segurança alimentar e à competitividade do mercado. Numa perspetiva de melhoria contínua, este estudo permitiu validar o que tem sido feito e o que ainda é possível alcançar neste sentido.

Para a otimização do processo de produção revelou-se mais vantajoso congelar os produtos a temperaturas mais próximas dos 40 °C. Deste modo, é possível minimizar o tempo de arrefecimento e conseqüentemente melhorar o tempo de produção. Focando os produtos analisados, o peso, o tamanho, as propriedades térmicas, a superfície de transferência de calor e a porosidade são os principais fatores que afetam o tempo de congelação destes géneros alimentícios. Considerando as oscilações de temperatura, nenhum dos produtos sem embalagem demorou mais do que 1 h e 10 min para estabilizar à temperatura especificada para a produção. Colocando por ordem crescente de tempo de congelação, com base nos resultados experimentais e teóricos, temos o *Queque*, o *Black Mini Muffin*, *Bolo de Arroz com Açúcar*, *Mini Choco Muffin*, os *Muffins* de chocolate seguidos pelos *Muffins* de fruta, *Cup Cakes* e por último o *Lemon Loaf Cake*. Os valores teóricos determinados convergem para os valores experimentais, o que reforça a fiabilidade dos resultados alcançados.

O conhecimento do tempo de estabilização de um determinado produto à temperatura legal requerida é essencial para o sucesso do processo, do transporte e da venda. Com esta informação, é possível diminuir o tempo de armazenamento necessário a que os bolos têm de ser submetidos, permitindo uma expedição mais rápida e otimizando todo o processo.

A principal ilação que pode ser retirada dos resultados obtidos relativamente ao tempo de armazenamento é que nenhum produto apresenta um tempo de estabilização superior a 24 h. A ordem pela qual os produtos estabilizaram é concordante com a ordem do tempo de congelação. Evidentemente que no armazenamento, as barreiras térmicas proporcionadas pelas embalagens e pela paletização são fatores que influenciam igualmente o tempo de estabilização.

É oportuno referir que este estudo foi inserido na empresa, onde as condições de operação, como a temperatura dos túneis e da câmara de armazenamento, não puderam ser alteradas ou controladas e sofreram oscilações naturais, resultantes do desenrolar do processo. Como perspetiva futura e para a obtenção de resultados mais fiáveis, coloca-se a hipótese da execução de mais repetições, para cada produto, e de um maior controlo das temperaturas durante o processo.

Relativamente ao efeito do tempo de armazenamento na validade primária dos produtos, as análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais permitiram inferir que, ao longo de todo o tempo em que o produto se encontra armazenado, este não sofre alterações significativas. No controlo dos valores de pH observaram-se apenas ligeiras modificações entre a fase de mistura e de doseamento, indicando que estas não influenciam a qualidade do produto final.

Os valores obtidos através da contagem de microrganismos encontraram-se todos dentro do limite do satisfatório e a *Listeria monocytogenes* não foi detetada em nenhum produto acima do limite mínimo obrigatório. O IP manteve-se constante ao longo de todo tempo de armazenamento, para a maior parte dos produtos, em 1 meq de O<sub>2</sub>/kg, excetuando para os produtos *Blueberry Muffin* e o *Wild Blueberry Cup Cake* que subiu para 2 meq de O<sub>2</sub>/kg. Os resultados advindos da avaliação do painel de provadores, revelaram que os produtos com 1 mês e 12 meses de armazenamento, do *Black Mini Muffin* e do *Muffin Pepitas de Chocolate* eram diferentes, não obstante, para os restantes produtos, o painel não conseguiu distinguir as duas amostras.

Como considerações finais, este estudo permitiu reforçar a fiabilidade da validade primária já atribuída aos produtos da CSM Iberia S.A., com base em dados experimentais recolhidos com o máximo rigor possível e face às informações disponíveis. Os resultados alcançados sugerem que a validade primária dos produtos pode ser estendida, no entanto, são insuficientes, quer em género quer em número, para ser possível retirar essa inferência. No que à estabilidade térmica diz respeito, a CSM Iberia S.A. cumpre com todos os requisitos legais necessários.

Espera-se que o trabalho realizado constitua um contributo para o melhor conhecimento do setor alimentar, e que permita melhorar o seu desempenho, eficiência e qualidade dos serviços prestados.

## Bibliografia

- Al-Dmoor, H. 2013. Cake Flour: Functionality and Quality. *European Scientific Journal* 9 (3):1857-7881.
- Anderson, M. del R. P. e Calderón, V. 2000. *Microbiología Alimentaria. Metodología Analítica para Alimentos y Bebidas*. 2ª Edição. Madrid: Díaz de Santos, S.A.
- APCER. 2014. Qualidade. ISO 9001:2008 - Sistemas de Gestão da Qualidade. [http://www.apcer.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=96:iso-9001&catid=3&Itemid=10](http://www.apcer.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=96:iso-9001&catid=3&Itemid=10). (Consultado em Abril, 2014).
- ASHRAE. 2010. *Handbook - Refrigeration*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Azevedo, I., Regalo, M., Mena, C., Almeida, G., Carneiro, L., Teixeira, P., Hogg, T. e Paul A. Gibbs. 2005. Incidence of *Listeria* spp. in Domestic Refrigerators in Portugal. *Food Control* 16 (2):121-124.
- Baptista, P. e Venâncio, A. 2003. *Os Perigos para a Segurança Alimentar no Processamento de Alimentos*. 1ª edição. Guimarães: Forvisão - Consultadoria em Formação Integrada.
- Barbin, D. F. e Junior, V. S. 2011. *Comparison of the Effects of Air Flow and Product Arrangement on Freezing Process by Convective Heat Transfer Coefficient Measurement*. InTech. <http://www.intechopen.com/articles/show/title/comparison-of-the-effects-of-air-flow-and-product-arrangement-on-freezing-process-by-convective-heat>. (Consultado em Abril, 2014).
- Barcenas, M. e Rosell, C. 2006. Effect of Frozen Storage Time on the Bread Crumb and Aging of Par-Baked Bread. *Food Chemistry* 95 (3):438-45.
- Bartosz, G. 2013. *Food oxidants and antioxidants: chemical, biological, and functional properties*. Boca Raton: CRC Press.
- Batt, C. A. 2000. *Listeria. Introduction*. Em *Encyclopedia of Food Microbiology*. Editado por R. K. Robinson, Carl A. Batt e P. D. Patel, 1195-1198. San Diego: Academic Press.
- BRC Global Standards. 2014. "Knowledge Center." Consultado em Abril, 2014. <http://www.brcglobalstandards.com/KnowledgeCentre/Publications.aspx#.VEAz9PldVqU>

- Brennan, J. G. 1990. *Food Engineering Operations*. 3ª edição. Amesterdão: Elsevier Pub. Co.
- Buchanan, R. L. e Phillips, J. G. 2000. "Updated Models for the Effects of Temperature, Initial pH, NaCl, and NaNO<sub>2</sub> on the Aerobic and Anaerobic Growth of *Listeria monocytogenes*." *Quantitative Microbiology* 2 (2):103-128.
- Carson, J. K. e Lovatt, S. J. 2003. A New Method for Predicting the Effective Thermal Conductivity of Porous Foods applied to Sponge Cakes. Apresentada no *Proceedings of the 21st International Congress of Refrigeration*, Indiana.
- Carson, J. K., Lovatt, S. J., Tanner, D. J. e Cleland, A. C. 2006. "Predicting the Effective Thermal Conductivity of Unfrozen, Porous Foods." *Journal of Food Engineering* 75 (3):297-307.
- Cauvain, S. e Cyster, J. 1996. *Sponge Cake Technology*. Chipping Campden: Campden & Chorleywood Food Research Association.
- Cauvain, S. P. e Young, L. S. 2006. *Baked Products: Science, Technology and Practice*. Oxford: Blackwell Pub.
- Certif, 2014. "Associação para a Certificação." Consultado em Maio de 2014. [www.certif.pt](http://www.certif.pt)
- Chen, S., Bobe, G., Zimmerman, S., Hammond, E. G., Luhman, C. M., Boylston, T. D., Freeman, A. E. e Beitz, D. C. 2004. "Physical and Sensory Properties of Dairy Products from Cows with Various Milk Fatty Acid Compositions." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52 (11):3422-3428.
- Codex Alimentarius Commission. 2003. "Recommended International Code of Practice General Principles of Food Hygiene." Consultado em Maio de 2014. [http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/23/CXP\\_001e.pdf](http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/23/CXP_001e.pdf)
- Cole, M. B., Jones, M. V. e Holyoak, C. 1990. "The Effect of pH, Salt Concentration and Temperature on the Survival and Growth of *Listeria monocytogenes*." *Journal of Applied Bacteriology* 69 (1):63-72.
- CSM. 2008. "About CSM Baking" Consultado em Maio 2014. [http://www.csmbaking.com/Csm/EN/About\\_CSM.aspx](http://www.csmbaking.com/Csm/EN/About_CSM.aspx)

- Davies, C. G. A., Labuza, T. P. e St Paul. "The Maillard Reaction Application to Confectionery Products." <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.22.5873&rep=rep1&type=pdf> (Consultado em Abril de 2014).
- Delgado, A.E. e Sun, D. 2001. "Heat and mass transfer models for predicting freezing processes – a review." *Journal of Food Engineering* 47 (3):157-174.
- DesRochers, J.L., Seitz, K.D., Walker, C.E. e Wrigley, C. 2004. "Principal Ingredients in Cake Batter." Em *Cakes, Chemistry of Manufacture*. Australia: Elsevier.
- Di Bonaventura, G, Piccolomini, R., Paludi, D., D'Orio, V., Vergara, A., Conter, M. e Ianieri, A. 2008. "Influence of Temperature on Biofilm Formation by *Listeria monocytogenes* on Various Food-Contact Surfaces: Relationship with Motility and Cell Surface Hydrophobicity." *Journal of Applied Microbiology*. 104 (6): 1552-61.
- Eek, L. 1991. "A Convenience Born of Necessity: The Growth of Modern Food Freezing Industry." *Food Freezing: Today and Tomorrow*. 143 – 155.
- EFSA. 2014. "The European Union Summary Report." Em *Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2012*. European Food Safety Authority Journal.
- Ekamp, D. 2014. "Cookies." Inovation Center, Bakery Products, CSM.
- Erickson, M. C. e Hung, Y. 1997. *Quality in frozen food*. Nova Iorque: Chapman & Hall.
- Farber, J.M., Sanders, G.W., Dunfield, S. e Prescott, R. 1989. "The effect of various acidulants on the growth of *Listeria monocytogenes*." *Letters in Applied Microbiology* 9 (5):181-183.
- Fennema, O. R., Powrie, W. D. e Marth, E. H.. 1973. *Low-temperature preservation of foods and living matter*. Nova Iorque: M. Dekker.
- Fernandes, E. M. G. P. 1999. *Estatística Aplicada*. Braga: Universidade do Minho.
- Ferrari, C. K. B. 1998. Oxidação Lipídica em Alimentos e Sistemas Biológicos: Mecanismos Gerais e Implicações Nutricionais e Patológicas. Artigo de Revisão, Universidade de São Paulo.
- Figueiras, S. I. S. 2012. Controlo das Linhas de Produção- Bolachas Recheadas e Milfolhas. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar, Universidade Nova de Lisboa.

Filonenko, G. K. 1954. "Hydraulic Resistance in Pipes." *Teplonergetika* 1 e 4:40-44.

Food Safety Authority of Ireland. 2011. *Validation of product shelf-life (Revision 1)*. Dublin: Food Safety Authority of Ireland.

Franchin, P. R. e Batista, C. R. V. 2008. Comparação de Metodologia Alternativas para Detecção de Salmonella sp e Listeria Monocytogenes em Carnes e Produtos Cárneos. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina.

Fricke, B. A. e Becker, B. R. 2002. "Food Freezing Times and Heat Transfer Coefficients." Apresentada no 2002 IIAR Ammonia Refrigeration Conference and Exhibition, Kansas City.

Giannou, V., Tzia, C. e Le, B. A. 2005. "Quality and Safety of Frozen Bakery Products." Volume 22 do *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*. Da-Wen Sun. Grécia: Taylor & Francis Group, LLc.

Gilbert R. J., de Louvois, J., Donovan, T., Little, C., Nye, K., Ribeiro, C. D., Richards, J., Roberts, D. e Bolton, F. J. 2000. "Guidelines for the Microbiological Quality of Some Ready-to-Eat Foods Sampled at the Point of Sale." PHLS Advisory Committee for Food and Dairy Products." *Communicable Disease and Public Health / PHLS* 3 (3):163-7.

Gimenez, A., Ares, F. e Ares, G. 2012. "Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches." *Food Research International* 49(1):311-325.

Gnielinski, V. 1976. "New equations for heat and mass transfer in turbulent pipe and channel flow." *Int. Chem. Eng.* 16 (2):359-368.

Gonçalves, C. V. M. 2012. Controlo das Linhas de Produção-Bolos e Tortas. 2012. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar, Universidade nova de Lisboa.

Hawkes, C. 2002. "Marketing activities of global soft drink and fast food companies in emerging markets: A review." Em *Globalization, Diets and Noncommunicable Diseases*. Geneva: World Health Organization.

Hebeda, R. E. e Zobel, H. F. 1996. *Baked Goods Freshness Technology, Evaluation, and Inhibition of Staling*. Nova Iorque: Marcel Dekker.

- Heldman, D. R. e Lund, D. B. 2007. *Handbook of food engineering*. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis.
- Hoffmann, F. L. 2001. "Fatores Limitantes À Proliferação de Microrganismos em Alimentos." *Brasil Alimentos* 5: 23-30.
- Hozova, B., Kukurova, I., Turicova, R. e Dodok, L. 2002. "Sensory Quality of Stored Croissant-Type Bakery Products." *Czech Journal of Food Sciences* 20 (3):105-12.
- Hui, Y. H. 2006. *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Huis in't Veld, J. H. J. 1996. "Microbial and biochemical spoilage of foods: an overview." *International Journal of Food Microbiology* 33 (1):1-18.
- IFS. 2014. "International Food Standards." Consultado em Abril de 2014. [www.ifs-certification.com](http://www.ifs-certification.com).
- IPAC. 2014. "Instituto português de acreditação - A Acreditação" Consultado em Abril de 2014. <http://www.ipac.pt/ipac/funcao.asp>
- ISO 11290-2:1998. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes* – Part 2: Enumeration method. 1998.
- ISO 16140:2003. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Protocol for the validation of alternative methods. 2003.
- ISO 3960:2007. Animal and vegetable fats and oils – Determination of peroxide value – Iodometric (visual) endpoint determination. 2007.
- ISO 4833-1:2013. Microbiology of the food chain – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Part 1: Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique. 2013.
- ISO 6658:2005. Sensory analysis – Methodology – General guidance. 2005.
- ISO 8587:1988. Sensory analysis – Methodology – Ranking. 1988.
- Jantzen, M. M. 2006. *Listeria Monocytogenes: detecção de Células Injuriadas por Altas Pressões e Efeito de Pré-enriquecimentos*. Tese de Pós-Graduação, Universidade Federal de Pelotas.

- Jinjarak, S., Olabi, A., Jiménez-Flores, R. e Walker, J. H. 2006. "Sensory, Functional, and Analytical Comparisons of Whey Butter with Other Butters1." *Journal of Dairy Science* 89 (7):2428-2440.
- Jinneman, K. e Hitchins, A. D. (ret.). 2011. "Detection and Enumeration of *Listeria Monocytogenes* in Foods." Capítulo 10 do *Bacteriological Analytical Manual*.
- Kemp, S. E., Hollowood, T. e Hort, J. 2009. *Sensory Evaluation: A Practical Handbook*. Reino Unido: Wiley-Blackwell.
- Lawless, H. T. e Heymann, H. 1999. *Sensory evaluation of food: principles and practices*. Gaithersburg, Md: Aspen Publishers.
- Lyon, D. H., Francombe, M. A., Hasdell, T. A. e Lawson, K. 1982. *Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control*. Londres: Chapman & Hall.
- Man, C. M. D. e Jones, A. A. 2000. "Frozen Foods." Volumes 1, 15 em *Shelf Life Evaluation Of Foods*. Londres: Blackie Academic & Professional.
- Meilgaard, M., Civille, G. V. e Carr, B. T. 1991. *Sensory Evaluation Techniques*. Boca Raton: CRC Press.
- Mendes, S. M. C. 2006. Controlo de Qualidade de Óleos de Fritura em Restauração Colectiva: Validação do Plano HACCP. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto.
- Moret, P. 2013. "Doughnuts." Inovation Center, Bakery Products, CSM: s.n., 2013.
- Nicoli, M. C. 2012. *Shelf Life Assessment of Food*. Hoboken: CRC Press.
- NP 4258:1993. Análise sensorial – Diretivas gerais para a conceção. 1993.
- NP 4263:1994. Análise Sensorial – Vocabulário. IPQ, Lisboa.
- NP ISO 8586-1:2001. Análise sensorial – Guia geral para a seleção, treino e controlo dos provadores – Parte 1: Provadores qualificados. 2001.
- NP ISO 8586-2:2001. Análise sensorial – Guia geral para a seleção, treino e monitorização de provadores – Parte 2: Peritos. 2001.
- NSW Food Authority. 2009. *Microbiological quality guide for ready-to-eat-foods*.

- Ordóñez, J. e Hoz, L. 2007. Mediterranean products. Em *Handbook of fermented meat and poultry*, ed. Toldrá, F, Hui, Y., Astiasarán, I., Nip, W., Sebranek, J., Silveira, E., Stahnke, L. e Talon, R., 333-347. Oxford: Blackwell Publishing.
- Panton, G. M. L. e Holme, J. 1981. *Development of Cake Structure: Influence of Ingredients on the Measurement of Cohesive Force During Baking*. Otava: Food Research Institute, Agriculture Canada.
- Paton, D., Larocque, G. M. e Holme, J. 1981. Development of Cake Structure: Influence of Ingredients on the Measurement of Cohesive Force During Baking 58 (6):527-29.
- Perry, R. H., Green, D. W. e Maloney, J. O. 1984. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. Nova Iorque: McGraw-Hill.
- Pham, Q. T. 1984. "Extension to Planck's Equation for Predicting Freezing Times of Foodstuffs of Simple Shapes." *Revue Internationale Du Froid* 7:377-83.
- Pham, Q. T. 2001. Modelling Thermal Processes: Cooling and Freezing. Em *Food Process Modelling*, Editado por L.M.M. Tijskens, M.L.A.T.M. Hertog e B.M. Nicolai, cap. 15. Australia: Woodhead Publishing.
- Pham, Q. T. 2002. "Calculation of Processing Time and Heat Load During Food Refrigeration." Apresentado na conferência "Food for Thought-Cool" AIRAH, Darling Harbour, Sidney, Australia.
- Pham, Q. T. 2006. "Modelling Heat and Mass Transfer in Frozen Foods: A Review." *International Journal of Refrigeration* 29 (6):876-88.
- Pham, Q. T. 2014. *Food Freezing and Thawing Calculations*. 1ª edição. Londres: Springer.
- Ponniah, J., Robin, T., Paie, M. S., Radu, S., Ghazali, F. M. e Cheah, Y. K. 2010. "Detection of *Listeria Monocytogenes* in Foods." *International Food Research Journal* 17 (1):1-11.
- Pylar, E. J. e Gorton, L. A. 2008. *Baking Science & Technology*. 4ª edição. Sosland Publising Company.
- Rahman, M. S. 2009. *Food Properties Handbook*. 2ª edição. E.U.A.: CRC Press.
- Rao, M.A., Rizvi, S. S. H., Datta, A. D. e Ahmed, J. 2014. *Engineering Properties of Foods*. 4ª Edição. Nova Iorque: M. Dekker.

Regulamento (CE) N.º 852/2004. Relativo à Higiene dos Géneros Alimentícios.

Regulamento (CE) N.º 2073/2005 Relativo a Critérios Microbiológicos Aplicáveis aos Géneros Alimentícios. 2005.

Roberts A. J. e Wiedmann, M. 2003. "Pathogen, Host and Environmental Factors Contributing to the Pathogenesis of Listeriosis." *Cellular and Molecular Life Science*: CMLS 60:904-918.

Robertson, G. L. 2010. *Food Packaging and Shelf Life: A Practical Guide*. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis Group.

Rodrigues, D. A. F. 2010. *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* Adhesion, Biofilm Formation and Control. 2010. Tese de Doutoramento em Engenharia em Engenharia Biológica, Universidade do Minho.

Saranraj, P. e Geetha, M. 2012. "Microbial Spoilage of Bakery Products and Its Control by Preservatives." *International Journal of Pharmaceutical Biological* 3 (1):38-48.

Silva, F. A. M., Borges, M. F. M. e Ferreira, M. 1999. "Métodos para Avaliação do Grau de Oxidação Lipídica e da Capacidade Antioxidante." *Química Nova* 22 (1):94-103.

Silva, F. M. 2009. *Listeria monocytogenes: Um Perigo Invisível nos Alimentos*. São Paulo. Faculdades Metropolitanas Unidas Medicina Veterinária.

Singh, R. P. e Heldman, D. R. 2009. *Introduction to Food Engineering*. Amesterdão: Elsevier/Academic Press.

Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J. e El-Khoury, A. 2004. "Shelf Life and Safety Concerns of Bakery Products - a Review." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44 (1):19-55.

Soares, D. J., Tavares, T. M., Brasil, I. M., Figueiredo, R. W. e Sousa, P. H. M. 2012. "Processos Oxidativos na Fração Lipídica de Alimentos." *Boletim Centro De Pesquisa De Processamento De Alimentos* 30 (2):263-272.

St Angelo, A. J. 1996. "Lipid Oxidation on Foods." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.36 (3).

- Talbot, M. T. e Fletcher, J. H. 1997. "A Portable Demonstration Forced-Air Cooler." Gainesville, Fla: Instituto das ciências da alimentação e da Agricultura, Universidade da Flórida.
- Thompson, J. F. 2004. "Pre-cooling and Storage Facilities." Em *Agriculture Handbook*. E.U.A.: Departamento de Agricultura.
- Trabusli, L. R. e Althertum, F. 1999. *Microbiologia*. São Paulo: Atheneu.
- Valero, A., Carrasco, E. e García-Gimeno, R. M. 2012. "Principles and Methodologies for the Determination of Shelf – Life in Foods." Em *Trends in Vital Food Control Engineering*. Editado por Ayman Hafiz Amer Eissa. Rijeka: In Tech.
- Vessièrè, L.. 2014. "Viennoiserie." Inovation center, Bakery Products, CSM, 2014.
- Wang, G. e Zou, P. 2014. "Mathematical Modeling of Food Freezing in Air-Blast Freezer." *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing* 2 (4):2-5.
- WHO e FAO. 2002. "Risk Assessment of *Listeria monocytogenes* in Ready-to-Eat Foods: Interpretative." Em *Microbiological risk assessment series*. Geneva: World Health Organization.



---

## ***Anexos***

---



## Anexo 1

*Bolo de Arroz com Açúcar*



*Queque*



*Lemon Loaf Cake*



### **Cup Cakes**

*Wild Bleuberry Cup Cake*



*Triple Chocolate Cup Cake*



### **Mini Mufins**

*Black Mini Muffin*



*Mini Choco Muffin*



### **Muffins de Chocolate**

*Muffin Pepitas de Chocolate*



*Filled Deluxe Chocolate Muffin*



### **Muffin de Frutas**

*Blueberry Muffin*



*Strawberry Cheesecake Muffin*



**Figura 7** Quadro de síntese dos produtos

## **Anexo 2**

### **Constituição do Painel de Provedores**

Para a constituição do painel de provedores foi solicitada a colaboração de um grupo de indivíduos que labora na empresa CSM, de diferentes departamentos, nomeadamente do Departamento da Qualidade, Departamento de Desenvolvimento, Departamento da Logística e Planeamento, do Departamento Financeiro e da Produção. Todos os participantes tinham prévio conhecimento do produto embora não tivessem recebido qualquer tipo de treino. (NP ISO 8586-1, 2001; NP ISO 8586-2, 2001). Cada sessão foi realizada com a participação mínima de 12 provedores.

### **Localização das Provas**

As provas realizaram-se na empresa, numa sala transformada para corresponder às características exigidas pela norma NP 4258:1993. O local situou-se nas imediações do laboratório, onde as amostras foram preparadas, com temperatura ambiente a 22 °C e humidade a 60%, isento de ruídos externos, odores e com cores neutras. Como os ensaios foram individuais, foi necessário a construção de quatro cabines amovíveis (Figura 9) (NP 4258, 1993).



**Figura 8** Sala de provedores

## **Preparação e Apresentação das Amostras para a Análise Sensorial**

As amostras com 1 mês de armazenamento (A) e as amostras com 12 meses de armazenamento (B) foram ambas descongeladas à temperatura ambiente, no mesmo dia da prova. As amostras, à temperatura ambiente, foram apresentadas simultaneamente com uma quantidade de 25g, por amostra. Aos provadores foram apresentadas quatro combinações possíveis A|B, B|A, A|A e B|B. Foram realizadas 6 apresentações de A|B ou B|A e 6 apresentações de A|A ou B|B (*Kemp et al.* 2009; *Lyon et al.* 1982).

### Anexo 3

#### Prova de Diferença Simples

**Data:**

**Provedor:**

**Códigos das amostras:**

São fornecidas duas amostras, cada uma com um código diferente de três dígitos. Avalie cada amostra na ordem fornecida, e determine se as amostras são "iguais" ou "diferentes". Indique o resultado na Tabela abaixo. Limpe o paladar com água após cada amostra. Não volte a provar as amostras. Comente, sobre as diferenças que tenha detetado (por exemplo a nível de textura, sabor, cor ou cheiro), caso considere diferentes.

<b>Amostras iguais</b>	
<b>Amostras diferentes</b>	

Comentários: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

**Figura 9** Boletim de análise sensorial

## Anexo 4

O teste de Fisher é uma prova estatística não paramétrica em que se calcula diretamente a significância  $p$ , de forma direta, sem recorrência a estatística intermediária. Neste teste, Fisher, define duas populações independentes, subdivididas em duas categorias, e cada elemento de cada população pertence a exatamente uma das duas categorias. São utilizadas Tabelas de contingência 2X2 (Tabela 26), para se comparar as duas populações. Este teste é utilizado quando o tamanho das duas populações independentes é pequeno e consiste em determinar a probabilidade exata da ocorrência de uma frequência observada, ou de valores mais extremos. O objetivo consiste em encontrar um valor da dispersão para duas variáveis nominais, avaliando a associação existente entre variáveis qualitativas (Kemp et al. 2009; Meilgaard, Civille e Carr 1991).

Num primeiro passo constrói-se a Tabela com os resultados. Caso nenhum dos eventos seja nulo, calcula-se  $p$  através da equação 19. Caso não existam eventos nulos, calcula-se a probabilidade  $p_1$ , pela mesma fórmula. De seguida, reconstrói-se a Tabela subtraindo 1 unidade à menor frequência de cada amostra e acrescentando-se 1 unidade à maior frequência. Calcula-se, novamente, pela mesma fórmula, a probabilidade  $p_2$ . Repete-se o processo até que uma das frequências das amostras se anule. A probabilidade das amostras apresentarem diferença significativa ( $P$ ) é dada pela soma de todas as probabilidades calculadas.

**Tabela 26** Exemplo de uma Tabela de contingência 2x2

		Amostras apresentadas		Total
		X	Y	
Eventos	1	A	B	C
	2	D	E	F
Total		G	H	N

$$P = \frac{(C!.F!.G!.H!)}{(N!.A!.B!.D!.E!)} \quad (19)$$

$P$  representa a probabilidade das amostras apresentarem uma diferença significativa. Se  $P > 0,05$  aceita-se a hipótese de igualdade estatística, entre os números esperados e os números

observados. As amostras são idênticas. O tempo de armazenamento não tem influência na qualidade sensorial dos produtos. Se  $P < 0,05$ , os números observados e os números esperados são estatisticamente diferentes. As amostras A e B são consideradas diferentes. O tempo de armazenamento influencia a qualidade sensorial dos produtos (Fernandes 1999; Lawless e Heymann 1999).

## Anexo 5

O cálculo do qui-quadrado tem o mesmo objetivo da prova exata de Fisher. O valor de qui-quadrado é determinado através da equação 20, onde  $E_0$  representa a frequência observada e  $E_t$  representa a frequência esperada.

$$\chi^2 = \sum_{i,j} \frac{(E_0 - E_t)^2}{E_t} \quad (20)$$

Posteriormente constroem-se duas Tabelas, com as frequências obtidas ( $E_0$ ) e com as frequências esperadas ( $E_t$ ), com duas amostras A e B.

**Tabela 27** Tabela de frequências obtidas

		Amostras apresentadas		Total
		A A ou B B	A B ou B A	
Resposta do provador	Igual	n° de acertos de A A ou B B	n° de falhas de A B ou B A	D
	Diferente	n° de falhas de A A ou B B	n° de acertos de A B ou B A	E
Total		F	G	Total (H)

**Tabela 28** Tabela de frequências esperadas

		Amostras apresentadas		Total
		A A ou B B	A B ou B A	
Resposta do provador	Igual	$(D \times F)/H$	$(D \times F)/H$	D
	Diferente	$(E \times G)/H$	$(E \times G)/H$	E
Total		F	G	Total (H)

Utiliza-se o teste de hipóteses com Distribuição Qui-Quadrado onde:

H0:  $\sigma_A = \sigma_B$  - As amostras A e B são idênticas. Não há diferenças entre os dois produtos com diferentes tempos de armazenamento.

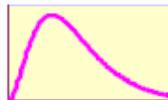
O valor calculado é menor que o valor Tabelado Anexo 6.

H1:  $\sigma_A \neq \sigma_B$  - As amostras são diferentes. Os provadores identificam diferenças entre o produto "A" e "B". O valor calculado é maior que o valor Tabelado.

**Anexo 6**

**Tabela 29** Valores críticos (unilaterais à esquerda) da distribuição Qui-Quadrado P(X² com n graus de liberdade ≥ valor Tabelado) = α

	0,995	0,99	0,975	0,95	0,9	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,000	0,000	0,001	0,004	0,016	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	1,610	9,236	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	2,833	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,647	2,180	2,733	3,490	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	4,168	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	4,865	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	5,578	17,275	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	6,304	18,549	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	7,041	19,812	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	7,790	21,064	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	8,547	22,307	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	9,312	23,542	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	10,085	24,769	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	10,865	25,989	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	11,651	27,204	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	12,443	28,412	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	13,240	29,615	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	14,041	30,813	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	14,848	32,007	35,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	15,659	33,196	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	16,473	34,382	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	17,292	35,563	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,878	14,573	16,151	18,114	36,741	40,113	43,195	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	18,939	37,916	41,337	44,461	48,278	50,994
29	13,121	14,256	16,047	17,708	19,768	39,087	42,557	45,722	49,588	52,335
30	13,787	14,953	16,791	18,493	20,599	40,256	43,773	46,979	50,892	53,672
31	14,458	15,655	17,539	19,281	21,434	41,422	44,985	48,232	52,191	55,002
32	15,134	16,362	18,291	20,072	22,271	42,585	46,194	49,480	53,486	56,328
33	15,815	17,073	19,047	20,867	23,110	43,745	47,400	50,725	54,775	57,648
34	16,501	17,789	19,806	21,664	23,952	44,903	48,602	51,966	56,061	58,964
35	17,192	18,509	20,569	22,465	24,797	46,059	49,802	53,203	57,342	60,275
36	17,887	19,233	21,336	23,269	25,643	47,212	50,998	54,437	58,619	61,581
37	18,586	19,960	22,106	24,075	26,492	48,363	52,192	55,668	59,893	62,883
38	19,289	20,691	22,878	24,884	27,343	49,513	53,384	56,895	61,162	64,181
39	19,996	21,426	23,654	25,695	28,196	50,660	54,572	58,120	62,428	65,475
40	20,707	22,164	24,433	26,509	29,051	51,805	55,758	59,342	63,691	66,766
41	21,421	22,906	25,215	27,326	29,907	52,949	56,942	60,561	64,950	68,053
42	22,138	23,650	25,999	28,144	30,765	54,090	58,124	61,777	66,206	69,336
43	22,860	24,398	26,785	28,965	31,625	55,230	59,304	62,990	67,459	70,616
44	23,584	25,148	27,575	29,787	32,487	56,369	60,481	64,201	68,710	71,892
45	24,311	25,901	28,366	30,612	33,350	57,505	61,656	65,410	69,957	73,166
46	25,041	26,657	29,160	31,439	34,215	58,641	62,830	66,616	71,201	74,437
47	25,775	27,416	29,956	32,268	35,081	59,774	64,001	67,821	72,443	75,704
48	26,511	28,177	30,754	33,098	35,949	60,907	65,171	69,023	73,683	76,969
49	27,249	28,941	31,555	33,930	36,818	62,038	66,339	70,222	74,919	78,231
50	27,991	29,707	32,357	34,764	37,689	63,167	67,505	71,420	76,154	79,490



OBS.: (1) G.L. = Graus de Liberdade

(2) Para graus de liberdade que não estão na tabela, isto é acima de 50,

use a aproximação:  $\chi_p^2 = \frac{1}{2} (z_p + \sqrt{2k - 1})^2$ , onde  $z_p$  é o valor correspondente na normal padrão.

## Anexo 7

Tabela 30 Informação Nutricional

Parâmetros	Produtos										
	<i>Wild Blueberry Cup cake</i>	<i>Bolo de Arroz</i>	<i>Black Mini Muffin</i>	<i>SB Blueberry Muffin</i>	<i>SB Filled Deluxe Muffin</i>	<i>Muffin Pepitas de Chocolate</i>	<i>SB Lemon Loaf Cake</i>	<i>Queque</i>	<i>Mini Choco Muffin</i>	<i>Triple Choco Cake</i>	<i>Strawberry Cheese Cake Muffin</i>
<b>Valor energético</b> (kcal/100g / kJ/100g)	410 / 1709	427 / 1786	445 / 1857	410 / 1709	383 / 1601.5	445 / 1857	438 / 1829	nd	456 / 1907	445 / 1857	410 / 1709
<b>Proteínas</b> (g/100g)	4.7	6.4	6.3	4.7	5.5	6.3	5.0	6.4	5	6.3	4.7
<b>Hidratos de Carbono digeríveis</b> (g/100g)	40.3	46.4	45.9	40.3	nd	45.9	48.2	nd	46.4	45.9	40.3
<b>Hidratos de Carbono</b> (g/100g)	42.4	47.7	48.4	42.4	39.8	48.4	49.3	46.9	49.4	48.4	42.4
<b>Açúcares</b> (g/100g)	21.1	30.7	34.9	21.1	25.7	34.9	26.4	nd	nd	34.9	21.1
<b>Lípidos</b> (g/100g)	25.5	24.0	26.2	25.5	21.8	26.2	25.0	28.8	26.2	26.2	25.5
<b>Ácidos gordos saturados</b> (g/100g)	2.4	4.7	5.9	2.4	5.4	5.9	10.9	nd	nd	5.9	2.4
<b>Ácidos gordos polinsaturados</b> (g/100g)	7.3	10.4	6.6	7.3	nd	6.6	3.8	nd	nd	6.6	7.3
<b>Ácidos gordos monoinsaturados</b> (g/100g)	15.8	8.9	13.7	15.8	nd	13.7	10.3	nd	nd	13.7	15.8
<b>Ácidos gordos Trans</b> (g/100g)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	nd	<0.1	<0.1	nd	nd	<0.1	<0.1
<b>Fibra alimentar / dietética</b> (g/100g)	2.1	1.3	2.5	2.1	3.2	2.5	1.1	nd	1.3	2.5	2.1
<b>Cloreto (de Sódio, NaCl)</b> (g/100g)	0.27	1.13	0.35	0.27	0.72	0.35	0.27	nd	nd	0.35	0.27
<b>Potássio</b> (g/100g)	0.09	nd	0.28	0.09	nd	0.28	0.06	nd	nd	0.28	0.09
<b>Cinza Total</b> (g/100g)	1.29	1.77	1.82	1.29	1.75	1.82	1.24	1.30	1.77	1.82	1.29
<b>Humidade</b> (g/100g)	26.1	20.1	17.3	26.1	28.0	17.3	19.5	16.6	20.1	17.3	26.1
<b>Sódio</b> (g/100g)	0.33	nd	0.30	0.33	0.29	0.30	0.28	nd	nd	0.30	0.33

