escola superior de turismo e tecnologia do mar
instituto politécnico de leiria

Valorização tecnológica de subprodutos de maçã minimamente processada: preparação e avaliação da funcionalidade de farinha de maçã na substituição de farinha de trigo em bolos tipo "queque"

Véronique Sophie Neves Santos

Trabalho de Projeto para obtenção do Grau de Mestre em Gestão da Qualidade e Segurança Alimentar

Trabalho de Projeto de Mestrado realizado sob a orientação da Doutora Susana Silva e coorientação da Doutora Alexandra Cruz

2017

Título: Valorização tecnológica de subprodutos de maçã minimamente processada: preparação e avaliação da funcionalidade de farinha de maçã na substituição de farinha de trigo em bolos tipo “queque”

Copyright © Véronique Sophie Neves Santos

Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar- Peniche

Instituto Politécnico de Leiria

2017

A Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar e o Instituto Politécnico de Leiria têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar este trabalho de projeto através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Agradeço:

À Professora Doutora Susana Silva, a minha orientadora, que sempre me apoiou neste projeto, agradeço a paciência e disponibilidade demonstrada sempre que eu tentava retomar este trabalho. Obrigada pelos conhecimentos transmitidos e dúvidas esclarecidas sempre que solicitadas.

À Professora Doutora Alexandra Cruz, a minha coorientadora, pelo apoio na realização dos testes químicos.

À Ana Augusto pela ajuda prestada na realização dos testes químicos (sei que já passou algum tempo, mas não me esqueço…).

À *Campotec S.A.*, empresa de processamento de hortofrutícolas, que gentilmente forneceu os subprodutos de maçã para a realização do projeto.

Aos meus pais e à minha “maninha” que nunca me deixaram desistir. Obrigada pelas palavras de incentivo e por cuidarem tão bem de mim.

Ao Wilson, o meu melhor amigo, companheiro, namorado e pai da minha filha, obrigada por tudo!

Às minhas “Amigas”, pelo apoio demonstrado e palavras de incentivo.

À minha filha, Luísa, a minha razão de viver.

Resumo

As indústrias de processamento de maçã geram enormes quantidades de resíduos sólidos e líquidos. Os resíduos sólidos consistem numa mistura de casca, polpa e sementes que representam um grave problema ambiental quando eliminados.

Pesquisas têm demonstrado que estes subprodutos podem ter um alto valor nutricional. Posto isto, a identificação de formas de incorporar os subprodutos do processamento da maçã, como um ingrediente alimentar saudável na dieta humana, pode proporcionar muitos benefícios para a saúde. Além disso, a utilização do subproduto poderá também trazer benefícios para a indústria da maçã, podendo ser uma solução para os problemas ambientais associados à sua eliminação.

O foco principal deste estudo foi sobre as propriedades nutricionais e funcionais dos subprodutos do processamento de maçã e as suas potenciais aplicações como novo ingrediente nutricional em alimentos. Este novo ingrediente alimentar (farinha de maçã) apresenta benefícios nutricionais, como fibra dietética, vitaminas, minerais e compostos fenólicos. O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto sobre as propriedades físicas e químicas dos queques com incorporação de diferentes quantidades de farinha de maçã.

Os queques foram preparados a partir de misturas de farinha de trigo contendo 0-35% de farinha de maçã. O nível mais elevado de substituição de farinha de maçã (35%) apresentou um efeito adverso significativo sobre as características de cozimento.

A farinha de maçã obtida no presente estudo continha 7,46% de humidade, 1,90% de cinzas, 5,80% de proteína bruta e 2,90% de fibra bruta. A quantidade total de polifenóis na farinha de maçã foi de 5,518 mg de equivalente de ácido gálico / g extrato.

A luminosidade (L*) do queque diminuiu à medida que se aumentou os níveis de farinha de maçã. Queques com 25% de farinha de maçã apresentaram maior firmeza do que o controlo e do que queques com menor quantidade de farinha de maçã. Esta característica também foi verificada na altura do queque. Com teores de farinha de maçã mais elevados (25%), os queques não expandiram como o esperado (controlo – 0% de farinha de maçã).

Os resultados deste estudo demonstraram que a farinha de maçã pode ser utilizada na preparação de ingredientes alimentares para incorporação, por exemplo em queques, conferindo-lhes características relevantes, como um maior conteúdo de minerais, fibras e compostos fenólicos, em comparação com queques não enriquecidos.

Portanto, a exploração industrial da farinha de maçã como ingrediente alimentar saudável, parece ser promissor para a indústria de panificação.

Palavras-chave: Subprodutos de maçã, Produtos de valor acrescentado, Farinha, Queques, Fibra dietética, Conteúdo fenólico total.

Abstract

Apple processing industries generate huge quantities of solid and liquid sludge wastes. The solid residues consist of a mixture of skin, pulp and seeds. The disposal of these wastes represents a serious environmental problem.

Research has shown that these by-products can have a high nutritional value. Identification of ways to incorporate the by-products of apple processing, as a health food ingredient in human diet could provide many health benefits. Furthermore, better use of the by-product will also provide benefits to the apple industry as well as solutions for environment concerns associated with disposal.

The focus of this study is on the nutritional and functional properties of the by-products of apple processing and their potential applications as nutritional new ingredient in foods. This new food ingredient (apple flour) contains a nutritional benefit, such as dietary fiber, vitamins, minerals and phenolic compounds. The objective of this research was to evaluate the impact of incorporation of different amounts of apple flour in muffin-baking mixture on physical and chemical properties of muffins.

Cakes were prepared from blends of wheat flour containing 0-35% apple flour. The highest level of replacement (35%) had a significant adverse effect on the baking characteristics.

The apple flour obtained in this study contained 7,46% moisture, 1,90% ash, 5,80% crude protein and 2,90% of crude fiber. The total phenol content in apple flour was 5,518 mg equivalent of gallic acid/g extract.

The lightness (L*) of the muffin decreased with increasing levels of apple flour. Muffins containing 25% of apple flour were significantly firmer than that of control (0% of apple flour) and muffins with lesser amount of apple flour. This property was also reflected by muffin height, as at high flour apple content (25%), the muffins did not rise well.

The results of the present study indicate that apple flour could be used in preparation of food ingredients to be incorporated e.g. into muffins, giving it characteristics which are highlighted by a higher content of minerals, fiber and phenolic compounds compared to non-enriched muffins.

Therefore, the potential for the industrial exploitation of apple flour as a health food ingredient for the bakery industry is promising.

Key words: Apple by-products, Value-added products, Flour, Muffins, Dietary fiber, Total phenol content.

ÍNDICE DE MATÉRIAS

AGRADECIMENTOS……...……iii

RESUMO……v

ABSTRACT……..……vii

ÍNDICE DE MATÉRIAS……...……ix

ÍNDICE DE FIGURAS……..……..xiii

ÍNDICE DE TABELAS……xv

1. **INTRODUÇÃO** 1

2. **REVISÃO DA LITERATURA** 3

2.1. Produção Mundial de Maçã 3

2.2. Composição e Valor Nutricional da Maçã 3

2.2.1. Fibra dietética 4

2.2.2. Compostos fenólicos 5

2.2.3. Minerais 6

2.3. Consumo de Maçã e o seu Efeito Benéfico para a Saúde 7

2.4. Subprodutos do processamento mínimo de hortofrutícolas e o seu impacto ambiental8

2.5. Alimentos funcionais e dietéticos e sua crescente procura por parte do consumidor .10

3. **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL** 11

3.1. Farinha de maçã 11

3.1.1. Preparação da farinha de maçã 11

3.1.1.1. Receção da matéria-prima (subprodutos de maçã Fuji) 11

3.1.1.2. Secagem dos subprodutos da maçã 12

3.1.1.3. Trituração dos subprodutos da maçã secos 12

3.1.1.4. Armazenamento da farinha de maçã 12

3.1.2. Caracterização química e nutricional da farinha de maçã 12

3.1.2.1. Quantificação de minerais (cinzas) totais 12

3.1.2.2. Determinação do teor de azoto (proteína bruta) 13
3.1.2.3. Determinação de fibra bruta 14
3.1.2.4. Preparação do extrato metanólico da farinha de maçã 15
3.1.2.5. Quantificação total de polifenóis (QTP).....15
3.2. Queques com farinha de maçã 16
3.2.1. Elaboração dos queques com farinha de maçã.....16
3.2.1.1. Formulação dos queques 16
3.2.1.2. Elaboração dos queques 17
3.2.2. Avaliação física dos queques com farinha de maçã incorporada 19
3.2.2.1. Avaliação da cor dos queques.....19
3.2.2.2. Avaliação da expansão dos queques 19
3.2.2.3. Avaliação da textura dos queques (firmeza e elasticidade).....19
3.2.2.4. Avaliação da evolução dos atributos texturais dos queques durante o armazenamento 20
3.2.3. Análise estatística 20
4. **RESULTADOS E DISCUSSÃO** 21
4.1. Farinha de maçã.....21
4.1.1. Preparação da farinha de maçã.....21
4.1.1.1. Secagem da matéria-prima (subprodutos de maçã Fuji).....21
4.1.1.2. Rendimento da produção de farinha de maçã 22
4.1.2. Caracterização química e nutricional da farinha de maçã 23
4.1.2.1. Quantificação de minerais (cinzas) totais.....23
4.1.2.2. Determinação do teor de azoto (proteína bruta) 24
4.1.2.3. Determinação de fibra bruta 25
4.1.2.4. Quantificação total de polifenóis (QTP).....27
4.1.3. Comparação da composição química e nutricional entre a farinha de maçã e a farinha de trigo 28
4.2. Queques com Farinha de Maçã Incorporada.....29

4.2.1. Avaliação da cor dos queques 29
4.2.2. Avaliação da expansão dos queques 32
4.2.3. Avaliação instrumental de atributos texturais dos queques (firmeza e elasticidade) 34
4.2.3.1. Firmeza 34
4.2.3.2. Elasticidade 35
4.2.3.3. Avaliação da evolução textural dos queques 35
4.2.3.3.1. Avaliação da firmeza ao longo do tempo (0% e 20% de FMI) 36
4.2.3.3.2. Avaliação da elasticidade ao longo do tempo (0% e 20% de FMI) 37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Estrutura química do ácido 5-cadeoilquímico…….…….…….6

Figura 3.1 – Fluxograma do processo de produção de farinha de maçã…….…….11

Figura 3.2 – Fluxograma de elaboração dos queques……..18

Figura 4.1 – Curva de secagem. Teor de humidade em base seca ao longo do tempo……21

Figura 4.2 – Ingredientes para a elaboração dos queques com 0% de farinha de maçã…..30

Figura 4.3 – Ingredientes para a elaboração dos queques com farinha de maçã incorporada……...30

Figura 4.4 – Massa com 0% de farinha de maçã incorporada……30

Figura 4.5 – Massa com farinha de maçã incorporada……..…30

Figura 4.6 – Queque com 0% de farinha de maçã incorporada…….30

Figura 4.7 – Queque com farinha de maçã incorporada…….……30

Figura 4.8 – Variação da luminosidade (L*) dos queques consoante a formulação……...31

Figura 4.9 – Variação de cor dos queques entre amarelo e azul (b*)……...32

Figura 4.10 – Expansão (%) dos queques consoante o teor de farinha de maçã incorporada……...…33

Figura 4.11 – Firmeza (kg) dos queques consoante o teor de farinha de maçã incorporada……..……34

Figura 4.12 - Médias de firmezas (kg) ao longo do tempo - queques com 0% de FMI….…...36

Figura 4.13 – Médias de firmezas (kg) ao longo do tempo - queques com 20% de FMI…...37

Figura 7.1- Composição nutricional da maçã com casca por 100 g de parte edível……..47

Figura 7.2 - Composição nutricional da maçã seca por 100 g de parte edível……..…47

Figura 7.3 - Composição nutricional da farinha de trigo tipo 55 por 100 g de parte edível…48

***Figura 7.4** – Curva de calibração para a quantificação total de polifenóis (QTP).....……49*

Figura 7.5 – Farinha de maçã……..……..50

Figura 7.6 – Colorímetro Konica Minolta CR-400, Japão)……...50

Figura 7.7 *– Texturómetro (TA. XT. Plus Texture Analyser, Stable Micro Systems)…….…..50*

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Formulações dos queques…….17

Tabela 4.1 – Teor de humidade (subprodutos da maçã frescos e farinha de maçã)……..22

Tabela 4.2 – Resultados obtidos na quantificação de minerais (cinzas) totais……...23

Tabela 1.3 – Resultados obtidos na determinação do teor de azoto (proteína bruta)……....24

Tabela 4.4 *– Resultados obtidos na determinação de fibra bruta…….……..26*

Tabela 4.5 *– Resultado obtido na quantificação total de polifenóis (QTP)……27*

Tabela 4.6 – Comparação química e nutricional entre a farinha de maçã e a farinha de trigo.....28

Tabela 7.1 *– Dados recolhidos durante o processo de secagem…….....……....46*

Tabela 7.2 – Valores de absorvância obtidos a 755 nm……..……48

Tabela 7.3 – Avaliação da cor (L*, a* e b*) - Teste ANOVA simples…….……51

Tabela 7.4 – Teste de comparações múltiplas de Tukey – firmeza dos queques nas diferentes formulações……..51

Tabela 7.5 – Teste de comparações múltiplas de Tukey – elasticidade dos queques nas diferentes formulações……...……53

Tabela 7.6 – Firmezas dos queques no dia 3 - Teste de comparações múltiplas de Tukey.55

Tabela 7.7 – Firmezas dos queques no dia 5 - Teste de comparações múltiplas de Tukey.56

Tabela 7.8 – Firmezas dos queques no dia 8 - Teste de comparações múltiplas de Tukey.57

Tabela 7.9 *– Elasticidade dos queques no dia 3 - Teste de comparações múltiplas de* Tukey…….58

Tabela 7.10 - Elasticidade dos queques no dia 5 - Teste de comparações múltiplas de Tukey…….……59

Tabela 7.11 *– Elasticidade dos queques no dia 8 - Teste de comparações múltiplas de* Tukey…….60

Tabela 7.12 – Teste ANOVA simples para a elasticidade ao longo do tempo em queques com 0% de FMI……...….61

Tabela 7.13 – Teste ANOVA simples para a elasticidade ao longo do tempo em queques com 20% de FMI……..……61

1. INTRODUÇÃO

Estudos epidemiológicos têm vindo a comprovar que o consumo de frutas e vegetais transmite benefícios para a saúde. Reduz o risco de doenças cardíacas bem como alguns tipos de cancro. Para além da fibra dietética, estes benefícios são atribuídos pelos micronutrientes orgânicos, nomeadamente carotenoides, polifenóis, tocoferóis, vitamina C, entre outros.

Embora os consumidores estejam cada vez mais conscientes dos problemas de saúde relacionados com a dieta alimentar, grande parte da população não ingere a dose recomendada pela OMS de 5 porções diárias de frutas e vegetais (FAO, 2004). Assim, suplementos dietéticos e alimentos fortificados podem ser uma alternativa para a ingestão dos componentes benéficos para a saúde, que se encontram normalmente presentes nos frutos e vegetais.

Estima-se que aproximadamente 45% da massa de vegetais e fruta colhidos são desperdiçados ao longo da cadeia alimentar na forma de resíduos e subprodutos do processamento. Se por um lado, os subprodutos do processamento de alimentos vegetais representam um grande problema para a indústria em questão, são também fontes promissoras de compostos com potencial de valorização tecnológica e/ou nutricional (Schieber et al., 2001).

As indústrias agroalimentares, onde se incluem as indústrias de processamento de maçã, têm aumentado o seu crescimento em todo o mundo. Este aumento tem gerado milhões de toneladas de resíduos agroindustriais.

As indústrias de processamento de maçã geram quantidades significativas de resíduos sólidos e líquidos. Os resíduos sólidos são constituídos por casca, polpa e sementes e a sua eliminação representa um grave problema ambiental. Em muitos casos, apenas 20% são recuperados para alimentação animal e os restantes 80% são depositados em aterros sanitários, incinerados ou enviados para locais de compostagem.

A eliminação direta de subprodutos agroindustriais como resíduos no meio ambiente representa uma das principais causas de poluição ambiental e também uma perda importante de biomassa que pode ser utilizada para a produção de diferentes produtos de valor acrescentado (Dhillon et al., 2013).

Os subprodutos de frutas e vegetais resultantes do processamento industrial são uma boa fonte de compostos funcionais e a sua aplicação na alimentação parece ser um campo promissor que requer pesquisa interdisciplinar nas áreas de tecnologia alimentar, química alimentar, nutrição e toxicologia (Schieber et al.,2001).

Este estudo tem como principais objetivos:

- Destacar o potencial dos subprodutos resultantes de uma linha de produção de maçã fatiada embalada como fonte de compostos funcionais;
- Obter um novo ingrediente alimentar de valor acrescentado (farinha de maçã);
- Enriquecimento/fortificação nutricional de um alimento (queque) através da adição do novo ingrediente alimentar;
- Avaliação do potencial da farinha de maçã como ingrediente de substituição das farinhas de cereais para redução do valor calórico de produtos de pastelaria e desenvolvimento de produtos adaptada a dietas com restrições no consumo de cereais.

Objetivos específicos:

- Obtenção de uma farinha de maçã a partir dos subprodutos da maçã desidratados;
- Avaliação química e nutricional da farinha de maçã;
- Incorporação da farinha de maçã em queques;
- Avaliação de parâmetros físicos (cor, textura e expansão) dos queques com incorporação de farinha de maçã.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Produção Mundial de Maçã

A maçã (*Malus domestica Borkh*) é provavelmente o fruto mais antigo conhecido pelo homem e preferida por milhões de pessoas no mundo (Mahawar et al.,2012).

A maçã é originária da Ásia Ocidental, tendo-se espalhado por todas as regiões que reúnem condições de solo e clima propícias à sua produção. Pensa-se que existam mais de 7500 variedades de maçã. A macieira floresce na Primavera e os seus frutos são colhidos no final do Verão e início do Outono no Hemisfério Norte (Feliciano). As maçãs são o quarto fruto mais produzido no mundo depois da banana, laranja e uva (Mahawar et al.,2012). A nível mundial, estima-se que a produção de maçã seja de 67 milhões de toneladas (cerca de 56% é produzida na Ásia, 26% na Europa, 15% na América, 2% na África e 1% na Oceânia). Em Portugal, a produção média estimada é de 265.000 toneladas/ano, isto é, 0,4% da produção mundial.

A farinha de maçã em estudo foi produzida a partir de subprodutos da variedade Fuji. Esta variedade é de origem japonesa e possui uma forma achatada. A epiderme vai do vermelho vivo até a uma mistura de manchas vermelhas com verde amarelado. A polpa é branca, muito sumarenta, doce e consistente (Feliciano).

2.2. Composição e Valor Nutricional da Maçã

A maçã é considerada uma boa fonte nutritiva. São grandes fornecedores de água (82,9%), vitaminas, (particularmente vitamina C), sais minerais, (sobretudo potássio), fibras (2,1%), açúcares fermentáveis, pectina e ainda uma grande quantidade de fitoquímicos.

Alguns componentes na maçã como a celulose, a hemicelulose e a pectina não são digeridos pelas enzimas presentes no corpo humano e são classificados como fibras dietéticas (Mahawar et al.,2012 e Feliciano).

2.2.1. Fibra dietética

Cada vez mais estudos científicos concluem que o efeito da fibra na alimentação é fundamental para uma perda de peso saudável, para facilitar a motilidade intestinal e para a prevenção de determinadas patologias. Aumentam o volume das fezes, evitando a prisão de ventre e a retenção de toxinas pelo organismo. Regulam a absorção de açúcares e gorduras provenientes da alimentação e retêm parte destas substâncias para serem excretadas (Fernandes, 2007).

Estudos epidemiológicos têm demonstrado uma relação entre a diminuição do consumo de fibra alimentar e o aumento de doença gastrointestinal e o cancro do cólon (Rupasinghe et al.,2008).

A designação genérica de fibras, (ou fibras alimentares), engloba um conjunto complexo de substâncias: celulose, hemicelulose, pectinas, gomas, mucilagens e lenhina. À exceção da lenhina, que é um polímero do fenilpropano, quimicamente são polissacáridos não amiláceos, indigeríveis pelas enzimas humanas. A celulose e a lenhina formam a parte estrutural das plantas. Porque não se dissolvem em água nem são metabolizadas pelas bactérias intestinais são também denominadas fibras insolúveis ou fermentescíveis. As pectinas, gomas e mucilagens existem no interior e à volta das células das plantas. São solúveis em água e fermentáveis pelas bactérias do cólon, por isso denominam-se fibras solúveis ou fermentescíveis.

Os dois tipos de fibras têm efeitos diferentes, mas benéficos na prevenção e tratamento da diabetes, obesidade e hipercolesterolemia.

As fibras podem ser úteis na prevenção e tratamento da diabetes e dislipidemias pois atrasam e diminuem a absorção de glicose e de lípidos, respetivamente (Vaz de Almeida, 2001).

Gorinstein e colaboradores (2001) investigaram os níveis de fibra dietética na maçã inteira, polpa e casca e verificaram que a maior parte da fibra total encontra-se localizada na casca (O'Shea et al.,2012).

2.2.2. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos presentes em frutos têm demonstrado possuir propriedades anti-inflamatórias, anticancerígenas e capacidade de prevenir uma variedade de doenças crónicas (Rupasinghe et al., 2009).

Este diversificado grupo de compostos encontra-se dividido em várias classes, consoante o esqueleto carbónico dos fitoquímicos, entre os quais se destacam os ácidos fenólicos e os flavonoides. A capacidade antioxidante dos polifenóis deve-se às suas propriedades redutoras, cuja intensidade da ação antioxidante depende, fundamentalmente, do número e posição de hidroxilas presentes na molécula (Melo et al., 2008).

A composição dos compostos fenólicos nos frutos depende entre outros fatores, da variedade, embora a sua quantidade também possa depender do seu grau de maturação. As principais fontes de compostos fenólicos são frutos cítricos (limão e laranja), maçã, pera, mamão, uva, cereja, entre outros. Uma maçã (100 g) apresenta uma atividade antioxidante semelhante a 1,5 g de vitamina C (Elvas, 2016).

A maçã apresenta elevado teor de compostos fenólicos, tais como flavonoides, polifenóis e ácidos fenólicos, encontrados na polpa e principalmente na casca. (Soares, 2008).

Diversos autores constataram ainda que o potencial antioxidante e, em particular, o conteúdo em compostos fenólicos existente nas cascas e sementes dos frutos, é superior comparativamente com a parte edível (Baeta, 2014). A casca da maçã, para além de conter 3 a 6 vezes mais flavonoides do que a polpa, possui também flavonoides únicos, como glicosídeos de quercetina, que não se encontram na polpa (Rupasinghe et al., 2009).

O ácido 5-cafeoilquínico é um dos ácidos clorogénicos e é o principal ácido fenólico presente na maçã, representando entre 79 a 87% desta classe na epiderme, centro e semente.

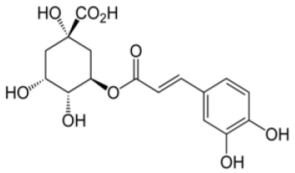


Figura 2.1 – *Estrutura química do ácido 5-cadeoilquímico. Fonte: Elvas, 2016*

Os compostos fenólicos funcionam como sequestradores de radicais livres e agentes quelantes de iões metálicos que são capazes de catalisar a oxidação de lípidos. A capacidade dos compostos fenólicos para atuar como antioxidantes depende da sua estrutura, estando entre os antioxidantes mais potentes os flavonoides.

O teor de compostos fenólicos no epicarpo, mesocarpo, endocarpo e sementes de maçãs está entre 1 g e 6 g/kg de fruto fresco, mas em alguns cultivares pode chegar a 10 g/kg de fruto fresco (Elvas, 2016).

2.2.3. Minerais

Os frutos e legumes são os grandes fornecedores de potássio da nossa alimentação. O potássio e o sódio são dois minerais importantes para o equilíbrio hidro-eletrolítico do corpo humano e devem ser ingeridos na mesma proporção. Se por um lado, o consumo de alimentos ricos em sódio é bastante elevado no nosso país, o mesmo não acontece em relação ao potássio, e por isso, é importante incentivar-se a ingestão de frutas e legumes (Feliciano).

Os minerais são nutrientes essenciais, inorgânicos e não calóricos. Essenciais, pois o organismo é incapaz de os sintetizar, inorgânicos porque não contêm carbono e não calóricos porque não são fornecedores de energia (Vaz de Almeida, 2001).

Desempenham funções plásticas (estrutura das células, órgãos e sistemas) e reguladoras, intervindo indiretamente também no metabolismo da energia (Ferreira, 1994).

Os minerais participam no funcionamento enzimático, constituição de hormonas, transmissão de impulsos nervosos, contração muscular, manutenção do equilíbrio hidro-eletrolitico e manutenção de tecidos (Vaz de Almeida, 2001).

Gorinstein e colaboradores (2001) encontraram na casca de maçã níveis significativos de cálcio e magnésio. Os autores constataram ainda que comparativamente com a polpa, a casca de maçã possuía níveis superiores de zinco, ferro e cobre.

Estudos comprovam que minerais como ferro, cobre e manganês trabalham em sinergia como catalisadores na prevenção de algumas doenças tais como a aterosclerose (O'Shea et al., 2012).

2.3. Consumo de Maçã e o seu Efeito Benéfico para a Saúde

Evidências científicas sugerem que o consumo de frutas e vegetais pode reduzir o risco de várias doenças crónicas (Rupasinghe et al., 2009).

É amplamente aceite que o aumento do consumo de frutas e legumes pode reduzir o risco de cancro, doença cardíaca e acidente vascular encefálico.Resultados de estudos epidemiológicos têm correlacionado o consumo de maçã com efeitos benéficos para a saúde, reduzindo riscos de cancro do pulmão, doença cardiovascular e doença obstrutiva pulmonar crónica (Rupasinghe et al., 2008).

O efeito protetor exercido pela maçã tem sido atribuído à presença de compostos com ação antioxidante também chamados fitoquímicos, como por exemplo ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos. As suas concentrações são dependentes de fatores intrínsecos (espécie, grau de maturação, etc.) e extrínsecos (condições climáticas, variação de solo, armazenamento e processamento da fruta).

O ácido ascórbico ou vitamina C reforça o sistema imunológico, ajuda a cicatrização, combate o envelhecimento, entre outros benefícios. Já os compostos fenólicos são encontrados em sementes e cascas, com estudos focados nas propriedades anticancerígenas (Scheeren, 2011).

As maçãs frescas aparentam ter uma atividade antioxidante equivalente a 1500 mg de vitamina C e mostram inibir o crescimento de células cancerígenas do cólon e fígado (Sudha et al., 2007).

2.4. Subprodutos do processamento mínimo de hortofrutícolas e o seu impacto ambiental

Atualmente, a oferta de produtos hortofrutícolas processados, constitui uma alternativa ao consumo destes produtos em fresco, sendo uma componente importante na dieta humana.

Os hortofrutícolas minimamente processados, também conhecidos por produtos frescos cortados ou produtos de IV gama, são produtos desinfetados, preparados, refrigerados e embalados, com qualidade sensorial e nutricional próxima das matérias-primas em fresco. Estes produtos são apresentados numa forma pronta a consumir, oferecendo assim requisitos de conveniência.

Em Portugal, o segmento de Preparação e Conservação de Frutos e Produtos Hortícolas por Processos, onde se inserem as indústrias de hortofrutícolas minimamente processados, constitui atualmente um dos segmentos do setor alimentar com maior crescimento.

Tipicamente, uma parte substancial dos subprodutos produzidos no setor dos frutos e hortícolas, consiste da matéria-prima original incluindo a casca, as sementes dos frutos, os talos, etc. Usualmente, e apesar do seu valor significativo, estes subprodutos são frequentemente desperdiçados (Baeta, 2014).

A FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) estima que a produção mundial de resíduos agroalimentares atinja 1,3 biliões de toneladas por ano, o que significa que 1/3 dos alimentos para consumo humano é desperdiçado mundialmente, ou como resíduo de processamento ou como perda na cadeia.

Embora a principal recomendação passe por implementar medidas para reduzir cada vez mais perdas ao longo da cadeia de produção, é evidente que a maior parte destes resíduos são uma fonte importante de nutrientes que são perdidos, com elevado impacto ambiental e económico (Pintado, 2004).

De acordo com o Regulamento Europeu (442/1975/EEC; 689/1991/EEC), *Resíduo alimentar* corresponde a resíduos de carga orgânica elevada, os quais são geralmente obtidos durante a transformação de matérias-primas em produtos alimentares resultando em forma liquida ou sólida, enquanto *Subprodutos* corresponde a uma designação que permite transmitir que os "*resíduos alimentares*" constituem substratos para a recaptura de compostos

funcionais com viabilidade no desenvolvimento de novos produtos com valor de mercado (Pintado, M. et al., 2015).

Schieber e colaboradores (2001), realizaram um estudo sobre subprodutos tendo como foco principal os compostos funcionais, como carotenoides, polifenóis, tocoferóis, entre outros. Esta revisão destacou o excesso de disponibilidade de fontes naturais inexploradas de micronutrientes e o seu potencial como ingrediente saudável (O'Shea et al., 2012).

É do conhecimento científico que as cascas e as sementes são locais onde se concentram os teores mais elevados de compostos bioativos de interesse face às partes edíveis. Em consequência, constituem substratos promissores e baratos para a extração de fitoquímicos de utilização diversificada quer na própria industria alimentar quer noutro tipo de indústrias, como a farmacêutica e a cosmética.

Num estudo realizado por Ayala-Zaval (2010) foram caracterizados os volumes de subprodutos gerados na produção de diferentes hortofrutícolas minimamente processados, tendo-se concluído que em alguns casos, a quantidade de subprodutos gerada excede a quantidade de produto final obtida. No caso do processamento de maçã fatiada são gerados cerca de 11% de subprodutos provenientes da polpa e do centro, o que correspondeu a um rendimento de produto final de 89% (Baeta, 2014).

A valorização de resíduos e subprodutos agroalimentares apresenta-se, hoje em dia, não só como uma necessidade, mas como uma oportunidade para obtenção de novos produtos de valor acrescentado e com grande impacto na economia das indústrias (Pintado, 2004).

A mais-valia para as indústrias alimentares advém tanto da redução de custos de eliminação ou tratamento do resíduo, como do ganho de transformação dos subprodutos em produtos de valor, entre os quais se podem incluir novos aditivos ou ingredientes alimentares, que podem vir a incorporar nos seus produtos, diversificando e aumentando a sua oferta.

Neste contexto, os diversos tipos de valorização destes subprodutos podem contribuir para acrescentar valor económico na linha de produção das empresas do setor, podendo mesmo constituir uma excelente oportunidade de negócio (Baeta, 2014).

Hoje em dia, a reutilização mais comum dos subprodutos gerados pela indústria agroalimentar é como alimento para animais ou como fertilizante. Outras formas encontradas

tem sido a incorporação destes subprodutos em alimentos, com a finalidade de desenvolver novos produtos com qualidade atrativa ao consumidor e deste modo auxiliar também no impacto ambiental (Elvas, 2016).

2.5. Alimentos funcionais e dietéticos e sua crescente procura por parte do consumidor

Recentemente, a procura dos consumidores por alimentos de “valor acrescentado” com ingredientes funcionais, como os antioxidantes naturais e fibras dietéticas tem vindo a aumentar continuamente (Rupasinghe et al., 2009).

Este tipo de produto possui valor alimentar reforçado, por aumento da concentração normal de um ou mais dos seus constituintes normais, ou modificado na sua composição, e destina-se a complementar ou substituir com vantagem nutricional alimentos habituais (Ferreira, 1994).

Estes alimentos não visam somente satisfazer a fome ou fornecer os nutrientes necessários, mas também prevenir doenças e aumentar o bem-estar físico e mental dos consumidores.

Os alimentos funcionais representam uma união da farmacologia com a tecnologia dos alimentos com o objetivo de melhorar a qualidade de vida, baseada na alimentação. Este facto tem vindo a ser reconhecido pelo consumidor moderno, que cada vez mais tem procurado este tipo de produto nas prateleiras dos supermercados. No entanto, é de realçar que estes alimentos não podem ser encarados como uma solução única, mas sim como um auxílio que os avanços tecnológicos e científicos vão colocando à disposição (Coelho et al., 2010).

O interesse em alimentos ricos em fibra alimentar e antioxidantes, aumentou nas últimas décadas e a importância destes componentes nos alimentos levou ao desenvolvimento de um grande mercado de ingredientes e produtos ricos em antioxidantes e fibras (Elvas, 2016).

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1. Farinha de maçã

3.1.1. Preparação da farinha de maçã

O fluxograma do processo de produção de farinha de maçã encontra-se esquematizado na Figura 3.1.

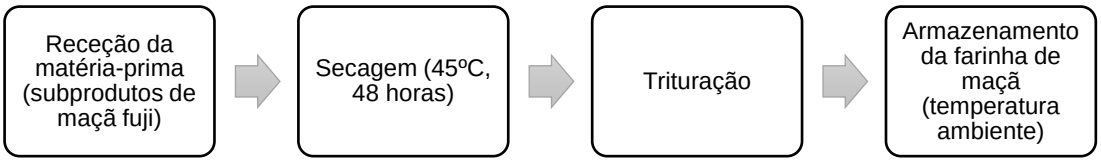


Figura 3.1 – *Fluxograma do processo de produção de farinha de maçã*

3.1.1.1. Receção da matéria-prima (subprodutos de maçã Fuji)

Os subprodutos utilizados resultam de uma linha de produção de maçã fatiada embalada (produto minimamente processado) que foram fornecidos pela empresa "Campotec, SA". De acordo com o "*International Fresh-Cut Produce Association*" (IFPA), produtos minimamente processados são frutas ou vegetais modificados fisicamente (alterando a sua forma original), mas que permanecem no seu estado fresco. Independentemente da alteração física sofrida, seja ela corte, descasque ou lavagem, enquanto mantém a frescura, o produto deve oferecer aos consumidores alto valor nutritivo, conveniência e valor.

Os subprodutos utilizados neste estudo, resultantes da produção de maçã Fuji minimamente processada foram o cepo central das maçãs, bem como fatias (polpa e casca) que não cumpriam os parâmetros de qualidade definidos pela empresa a nível de tamanho/espessura ou formato do corte. A matéria-prima foi recolhida e transportada/armazenada em refrigeração até à etapa subsequente de desidratação (24 horas).

Depois de rececionada, a matéria-prima (subprodutos da maçã) foi submetida à secagem com ar quente.

O teor de humidade dos subprodutos da maçã frescos foi registado com equipamento de leitura direta *Mettler Toledo HB43 Hologen*.

3.1.1.2. Secagem dos subprodutos da maçã

A secagem consiste na remoção de grande parte da água (ou outro solvente) inicialmente contida num produto.

Os subprodutos da maçã foram desidratados num túnel de secagem (*Tray Drier, Armfield*), composto por câmara com 4 bandejas. O processo de secagem foi efetuado com circulação forçada de ar a uma velocidade de 0,9 m/s (valor registado com o auxilio de medidor *LCA30 VT, Airflow Anemometer*). As temperaturas do ar de secagem, temperatura de bolbo húmido/bolbo seco, foram registadas com medidor de temperaturas (*ebm papst 8556N*) apresentando valores médios de 25ºC/ 45ºC, respetivamente.

Para acompanhar a perda de humidade, durante o procedimento de secagem, foram realizadas pesagens do produto. A secagem dos subprodutos foi efetuada durante 48 horas.

3.1.1.3. Trituração dos subprodutos da maçã secos

Após a secagem, os subprodutos da maçã (cepo central, polpa e casca) secos foram triturados numa picadora *Moulinex® A320R1* até obter um pó fino (farinha). Depois da trituração, o teor de humidade da farinha de maçã obtida, foi registada com equipamento de leitura direta *Mettler Toledo HB43 Hologen*.

3.1.1.4. Armazenamento da farinha de maçã

A farinha de maçã foi acondicionada em frascos de vidro com tampa hermética, e conservada em local fresco e seco à temperatura ambiente durante 8 dias, até à produção dos bolos.

3.1.2. Caracterização química e nutricional da farinha de maçã

3.1.2.1. Quantificação de minerais (cinzas) totais

As cinzas totais presentes na farinha de maçã foram determinadas segundo a Norma Portuguesa NP EN 518:1986: Determinação do teor de cinzas. Processo por incineração a 550ºC.

Num cadinho calcinado, pesou-se a amostra (farinha de maçã), arrefeceu-se num exsicador e assim que se atingiu a temperatura ambiente registou-se o peso (M_1). Posteriormente, iniciou-se a incineração, colocando o "conjunto" amostra + cadinho numa mufla a 550º C (mufla *Nabertherm*) até peso constante da amostra. Por fim, arrefeceu-se no exsicador e pesou-se o resíduo obtido assim que se atingiu a temperatura ambiente. A amostra foi analisada em triplicado.

O teor de cinzas do produto, expresso em percentagem, é determinado aplicando a seguinte equação:

$$\% \text{ cinzas} = m_2 \times \frac{100}{m1} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Onde,
m_1 – massa da amostra (g)
m_2 – massa da cinza (g)

3.1.2.2. Determinação do teor de azoto (proteína bruta)

O teor de proteína bruta na farinha de maçã foi determinado pelo método de *Kjeldahl*, baseado na Norma Portuguesa 2030:1996.

Num tubo de mineralização (*Kjeldahl*) introduziu-se a amostra de farinha de maçã, ácido sulfúrico a 96% (*Sigma- Aldrich, Alemanha*) e um catalisador (pastilhas de selénio *Merck, Alemanha).* Foram também preparados 2 tubos para o ensaio em branco (catalisador + ácido sulfúrico). Depois de homogeneizados, os tubos foram colocados no digestor (*Foss, Digestor 2006*) pré-aquecido a 420ºC e seguiu-se a digestão (mineralização) durante 2 horas.

Após a digestão da amostra, adicionou-se NaOH (*AnalaR Normapur, Alemanha)* e realizou-se a destilação num destilador automático de *Kjeldahl* (*Foss, Kjeltec™ 2100*).

Por fim, foi efetuada uma titulação com HCl 0,1N (*Sigma-Aldrich, Steinheim, Alemanha*) como titulante. A análise foi realizada em duplicado:

O teor de proteína, expresso em percentagem é calculado pela equação:

% proteína = $\frac{(V1-V0)\ X\ Cácido\ X\ 0{,}014\ X\ 6{,}25}{m}$ x 100 (Eq. 2)

Onde,

V_0 – Volume de titulante (HCl) gasto para o branco (ml)

V_1 – Volume de titulante (HCl) gasto para a amostra (ml)

$C_{ácido}$ – Concentração da solução titulante (HCl)

0,014 – Quantidade de azoto equivalente à utilização de 1 ml de uma solução de ácido sulfúrico de normalidade 1 N

6,25 – Fator de conversão de azoto em proteína

m – Massa da amostra (g)

3.1.2.3. Determinação de fibra bruta

A fibra bruta foi determinada pelo método *Weende*, baseado na ISO 6865: 2000. A técnica consiste na determinação do resíduo que persiste depois de hidrólises sucessivas, uma ácida e outra alcalina (Ureña, F.).

Na extração ácida são removidos amido, açúcares e parte da pectina e hemicelulose. Na extração alcalina, retiram-se proteínas, pectinas e hemiceluloses remanescentes e parte da lenhina. Tipicamente, a fibra bruta consiste principalmente de celulose com pequenas quantidades de lenhina e hemicelulose (Neumann, 2002). O objetivo da aplicação desta técnica é simular o “ataque” gástrico e intestinal produzido *in vivo* (Ureña, F.).

Numa primeira fase, realizou-se a digestão ácida da amostra (W_0 = +/- 2 g) com 100 ml de H_2SO_4 (0,255 N, 1,25%). O ácido foi mantido sob agitação, durante 30 min a 100ºC. Decorridos os 30 min, a amostra com ácido foi filtrada e o resíduo de filtração lavado com água quente até atingir pH neutro.

Seguiu-se a hidrólise alcalina, adicionando ao resíduo de filtração 100 ml de NaOH (1,25%) (*AnalaR Normapur, Alemanha*). A solução foi mantida sob agitação, durante 30 minutos a 100º C. Passados os 30 minutos, foi feita uma 2ª filtração e o resíduo obtido foi lavado com água quente até atingir pH neutro.

O resíduo final foi transferido para um cadinho e seco em estufa (*Binder*) durante 2 horas a 130º C. Arrefeceu-se no exsicador e pesou-se (W_1).

Por fim, colocou-se o cadinho na mufla (*Nabertherm*) a 600º C durante 30 minutos. Arrefeceu-se novamente e anotou-se o peso final (W_2). A amostra foi analisada em triplicado.

O teor de fibra bruta é calculado segundo a fórmula:

% fibra bruta = $\frac{W1-W2}{W0}$ x 100 (Eq. 3)

Onde,

W_0 – Peso da amostra (g)

W_1 – Peso do resíduo de filtração antes da incineração (g)

W_2 – Peso do resíduo de filtração depois da incineração (g)

3.1.2.4. Preparação do extrato metanólico da farinha de maçã

Para a preparação do extrato de farinha de maçã, adaptou-se a metodologia de *Jardini e Macini Filho (2007)*.

Num gobelé, pesou-se 20 g de farinha de maçã e adicionou-se 80 ml de água e 20 ml de metanol *(> 99% Fisher Scientific, Reino Unido*) (proporção 5:1). A solução obtida foi colocada sob agitação durante 1 hora.

Posteriormente, realizou-se uma centrifugação a 10.000 rpm, durante 15 minutos (*Centrifuge 5810R, Eppendorf, Hamburgo, Alemanha*).

Por fim, o extrato obtido foi concentrado através da utilização de um rotavapor (*Laborota 4000 Heidolph*) a 50º C.

Os extratos obtidos foram posteriormente utilizados na quantificação de polifenóis totais.

3.1.2.5. Quantificação total de polifenóis (QTP)

A quantificação total de polifenóis (QTP) presentes na farinha de maçã foi efetuada através do método de *Folin-Ciocalteau* adaptado a partir do trabalho realizado por *Yu e colaboradores (2002)*.

Este método consiste em reações de oxidação-redução entre os compostos fenólicos e iões metálicos (Silva, 2010).

Num microtubo, adicionou-se água destilada (158 µl), extrato metanólico de farinha de maçã (2 µl), e reagente de *Folin-Ciocalteau* (*Pancreac, Barcelona, Espanha*) (10 µl). Após 2 minutos de repouso adicionou-se carbonato de sódio (Na_2CO_3) (*Merck, Darmstadt, Alemanha*) a 20% (p/v) (30 µl).

Em simultâneo, foi realizado um ensaio em branco, substituindo-se o volume de amostra (extrato de farinha de maçã) por etanol (*Aga, Lisboa, Portugal*) (2 µl).

Procedeu-se a uma incubação de 60 minutos, no escuro à temperatura ambiente.

Ao reagir com os compostos fenólicos da amostra, o reagente de *Folin-Ciocalteau* sofre uma redução, formando um complexo azul (Silveira, 2013).

Decorrido o tempo de incubação, mediu-se a absorvância a 755 nm (*Hελios α, Thermo Electron Corporation*). Para a quantificação dos compostos fenólicos presentes na amostra, foi elaborada uma curva de calibração, utilizando como padrão, solução de ácido gálico (*Sigma-Aldrich, Steinheim, Alemanha*). A amostra foi analisada em triplicado.

A QTP foi expressa em miligramas de equivalentes de ácido gálico.mg^{-1} de extrato.

3.2. Queques com farinha de maçã

3.2.1. Elaboração dos queques com farinha de maçã

3.2.1.1. Formulação dos queques

Antes do presente estudo, foram realizados testes de cozimento piloto para determinar o nível máximo de farinha de maçã que pode ser incorporado nos queques.

Posto isto, na formulação dos queques, a incorporação de farinha de maçã foi feita em 8 níveis (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35%), substituindo a quantidade equivalente de farinha de trigo da mistura do queque (tabela 1). Verificou-se que os queques não solidificavam durante a cozedura quando o teor de farinha de maçã incorporada era superior a 35%, pelo que foi esta a percentagem máxima de substituição analisada.

Tabela 3.1 *– Formulações dos queques*

Ingredientes	0% FM	5% FM	10% FM	15% FM	20% FM	25% FM	30% FM	35% FM
Ovo	104,00 g	105,00 g	115,00 g	100,00 g	104,00 g	100,00 g	104,00 g	92,00 g
Açúcar	68,00 g	68,00 g	75,00 g	65,00 g	68,00 g	65,00 g	68,00 g	60,00 g
Farinha de trigo	68,00 g	65,00 g	67,00 g	55,00 g	54,00 g	49,00 g	48,00 g	39,00 g
Margarina	68,00 g	68,00 g	75,00 g	65,00 g	68,00 g	65,00 g	68,00 g	60,00 g
Fermento	0,75 g	0,75 g	0,83 g	0,72 g	0,75 g	0,72 g	0,75 g	0,66 g
Farinha de maçã	___	3,00 g	8,00 g	10,00 g	14,00 g	16,00 g	20,00 g	21,00 g

A quantidade de farinha de maçã adicionada foi calculada sobre a massa total de farinhas de cada formulação.

3.2.1.2. Elaboração dos queques

O procedimento para a elaboração dos queques com farinha de maçã (FM) encontra-se esquematizado no fluxograma da figura 3.2.

Para cada formulação foram realizadas 3 repetições.

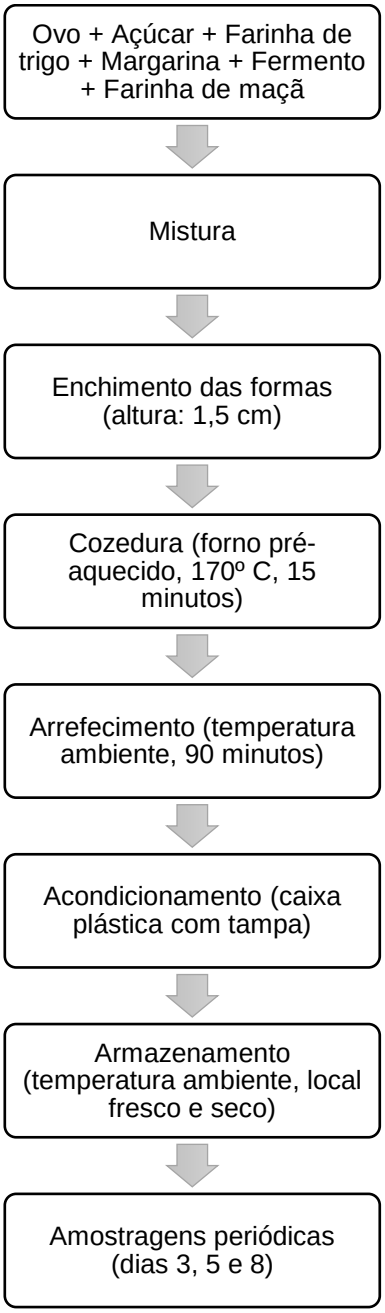


Figura 3.2 *– Fluxograma de elaboração dos queques*

Numa primeira fase, consoante a formulação (ver tabela 3.1), procedeu-se à mistura dos ingredientes. Depois de bem homogeneizada, a massa obtida foi colocada em formas com diâmetro de 5,4 cm. O enchimento das formas foi feito a uma altura de 1,5 cm.

Posteriormente, levaram-se as formas com a massa ao forno (convencional), pré-aquecido a 170º C, durante 15 minutos.

Decorrido o tempo de cozedura, retiraram-se os queques do forno e deixou-se arrefecer à temperatura ambiente durante 90 minutos. Após o arrefecimento, os queques foram acondicionados em caixa de plástico com tampa e armazenados à temperatura ambiente num local fresco e seco. Foram realizadas amostragens periódicas de 3 em 3 dias.

3.2.2. Avaliação física dos queques com farinha de maçã incorporada

3.2.2.1. Avaliação da cor dos queques

A cor da crosta dos queques foi determinada com o auxílio de um colorímetro (*Konica Minolta CR-400, Japão*), no sistema CIELab. O equipamento foi calibrado utilizando uma placa cerâmica branca como padrão. A avaliação da cor das amostras foi feita na superfície do topo dos queques por leitura direta das coordenadas L*, a* e b*.

3.2.2.2. Avaliação da expansão dos queques

Para a avaliação da expansão dos queques, mediu-se a altura inicial da massa colocada na forma antes do cozimento e a altura final do queque depois de cozido.

A expansão, expressa em percentagem, é calculada pela fórmula seguinte:

$$\text{Expansão (\%)} = \frac{Altura\ final - Altura\ inicial}{Altura\ inicial} \times 100 \qquad \text{(Eq. 4)}$$

Sendo que,

Altura final – Altura do queque depois de cozido (mm)

Altura inicial – Altura da massa antes do cozimento (mm)

3.2.2.3. Avaliação da textura dos queques (firmeza e elasticidade)

A textura dos queques foi avaliada utilizando um texturómetro *TA. XT. Plus Texture Analyser, Stable Micro Systems*, a partir do programa *TEE32*. Para esta avaliação, registou-se a força máxima necessária para penetrar a amostra com uma sonda de aço inoxidável (P/5S) a uma profundidade de 10 mm, com uma taxa de compressão de 55 mm/min. Para esta avaliação registou-se também a força exercida aos 60 segundos de permanência da sonda no ponto de máxima compressão.

Para a avaliação da textura, foram determinados dois parâmetros: a firmeza e a elasticidade. A firmeza corresponde à força máxima que é exercida para penetrar a amostra.

A elasticidade é calculada pela fórmula seguinte:

$$\text{Elasticidade} = \frac{F60s}{Fmáx} \times 100 \qquad \text{(Eq. 5)}$$

Onde,

F_{60s} – Força exercida aos 60 segundos (kg)

$F_{máx.}$ – Força máxima exercida para penetrar a amostra (kg)

3.2.2.4. Avaliação da evolução dos atributos texturais dos queques durante o armazenamento

Os atributos texturais dos queques (procedimento descrito no ponto 3.2.2.3.) foi medida durante 1 semana para avaliar a sua evolução ao longo do tempo. Os registos foram efetuados nos dias 1, 3, 5 e 8.

3.2.3. Análise estatística

A análise estatística foi efetuada através do programa IBM SPSS® Statistics versão 23. Os resultados obtidos foram analisados através da aplicação do teste ANOVA simples (análise de um fator), seguido pelo teste de *Tukey* para comparações múltiplas. Para a avaliação de diferenças significativas nos resultados, o nível de significância (α) de todas as análises foi de 0,05, considerando um intervalo de confiança de 95%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Farinha de maçã

4.1.1. Preparação da farinha de maçã

4.1.1.1. Secagem da matéria-prima (subprodutos de maçã Fuji)

Os subprodutos da maçã foram desidratados num túnel de secagem a 45ºC durante 48 horas, conforme a metodologia descrita no ponto 3.1.1.2. A figura 4.1 representa a curva de secagem obtida.

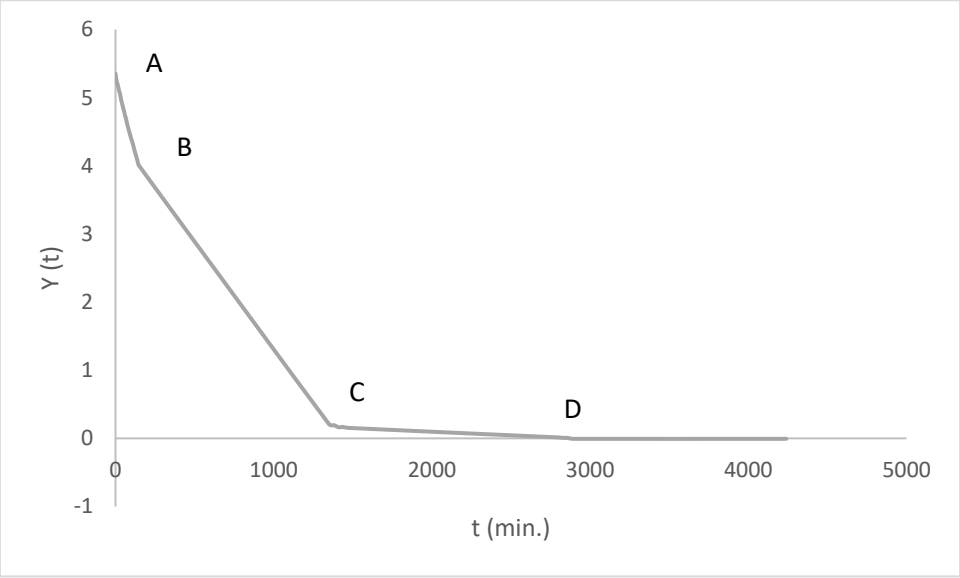


***Figura 4.1** – Curva de secagem. Teor de humidade em base seca ao longo do tempo (minutos).*

Pela análise da figura 4.1, que representa a evolução da secagem dos subprodutos da maçã ao longo do tempo, distinguem-se 3 fases.

A primeira fase ocorre entre os 0 e os 150 minutos (representado pelo segmento A-B da figura 4.1) e corresponde ao período de velocidade constante de evaporação. Nesta fase inicial, ocorre o aquecimento da superfície da maçã até à temperatura de bolbo húmido. A água move-se do interior do alimento à mesma velocidade com que evapora da superfície.

Posteriormente, segue-se o 1º período de velocidade decrescente, que ocorre entre os 150 e os 1410 minutos (representado pelo segmento B-C da figura 4.1). Nesta fase, parte da água

é evaporada da superfície e parte movimenta-se no interior da maçã até à superfície, e daí para o ar de secagem.

O 3º período de secagem, designa-se por 2º período de velocidade decrescente e ocorre entre os 1410 e os 2830 minutos (representado pelo segmento C-D da figura 4.1). Nesta fase, a eliminação de água ocorre por difusão do interior da maçã até à superfície já seca, e dela para o ar de secagem (Ordóñez, 2005).

Por volta dos 2830 minutos foi atingida a humidade de equilíbrio do produto (7,46%).

4.1.1.2. Rendimento da produção de farinha de maçã

Após secagem e posterior trituração de aproximadamente 3524 g de subprodutos da maçã (cepo central, polpa e casca), obteve-se 512 g de farinha de maçã, apresentando assim um rendimento médio de 15%.

O processo de secagem teve como objetivo a remoção da água dos subprodutos da maçã, para que estes posteriormente pudessem ser triturados para a obtenção da farinha. Com isto, para avaliar a eficácia do processo de secagem, procedeu-se à medição do teor de humidade dos subprodutos frescos e da farinha de maçã, com equipamento de leitura direta *Mettler Toledo HB43 Hologen*. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na tabela 4.1:

Tabela 4.1 *– Teor de humidade (subprodutos da maçã frescos e farinha de maçã)*

	Subprodutos da maçã (cepo central, polpa e casca frescos)	**Farinha de maçã**
Teor de Humidade (%)	84,26%	7,46%

Depois da secagem, conseguiu-se uma grande redução no teor de humidade. Como se pode verificar na tabela 4.1 o produto que inicialmente tinha um teor de humidade de 84,26% passou a ter um teor de 7,46% e portanto, grande parte da água foi removida dos subprodutos. Posto isto, através do processo de secagem removeu-se 76,80% da água que estava contida no subproduto.

Segundo a tabela da composição de alimentos do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, a farinha de trigo tipo 55 (farinha utilizada nos queques sem farinha de maçã) possui um teor de humidade de 13,40%. Portanto, a farinha de maçã obtida neste estudo possui um teor de humidade inferior ao da farinha de trigo (tipo 55). Pode-se dizer que o processo de secagem foi eficiente, conseguindo um valor de teor de humidade inferior ao da farinha de trigo (tipo 55) o que é um parâmetro essencial também na conservação do produto.

4.1.2. Caracterização química e nutricional da farinha de maçã

Sendo o objetivo principal deste estudo a valorização tecnológica dos subprodutos da maçã através do desenvolvimento de um novo produto, neste caso em particular, a farinha de maçã, é de extrema importância fazer-se a avaliação química e nutricional. Tal como a maçã, espera-se que a aplicação deste novo produto traga também benefícios nutricionais ao consumidor.

4.1.2.1. Quantificação de minerais (cinzas) totais

Para a quantificação do teor de cinzas (minerais) totais presentes na farinha de maçã, aplicou-se a metodologia descrita no ponto 3.1.2.1. (baseada na Norma Portuguesa 518:1986), obtendo-se os resultados apresentados na tabela 4.2.

Tabela 4.2 *– Resultados obtidos na quantificação de minerais (cinzas) totais, aplicando a metodologia descrita no ponto 3.1.2.1.*

	Farinha de maçã
Massa da amostra (g)	5,3
Massa da cinza (g)	0,1
Teor de cinzas (%) (Eq. 1)	1,9

No presente estudo, obteve-se um teor de cinzas de 1,9%, ou seja, em 100 g de produto (farinha de maçã) tem-se 1,9 g de cinzas (minerais). Segundo a tabela da composição de alimentos do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 100 g de maçã seca contêm aproximadamente 1,4 g de cinzas, e portanto, o resultado obtido está relativamente próximo (e até superior) ao que vem mencionado na literatura.

O teor de cinzas obtido neste estudo está próximo dos resultados alcançados por *Coelho e Wosiacki (2010)* e *Marcon e colaboradores (2005)* que obtiveram respetivamente, 1,46% e 1,60% de teor de cinzas em bagaço de maçã seco.

Segundo a tabela da composição de alimentos do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, a farinha de trigo (tipo 55) contem um teor de cinzas de 0,50 g por 100 g de produto. Desta análise pode-se concluir que a farinha de maçã tem um teor de minerais superior ao da farinha de trigo.

4.1.2.2. Determinação do teor de azoto (proteína bruta)

Determinou-se o teor de proteína bruta segundo o método de *Kjeldhal* baseado na NP 2030:1996. Seguindo o procedimento descrito no ponto 3.1.2.2., obtiveram-se os resultados apresentados na tabela 4.3:

Tabela 2.3 *– Resultados obtidos na determinação do teor de azoto (proteína bruta), aplicando a metodologia descrita no ponto 3.1.2.2.*

	Farinha de maçã
Volume de titulante (HCl) gasto para o branco (ml) (V_0)	0,875
Volume de titulante (HCl) gasto para a amostra (ml) (V_1)	4,300
Concentração da solução titulante (HCl)	0,100
Massa da amostra (g)	0,513
Teor de proteína bruta (%) (Eq. 2)	**5,800**

O teor de proteína bruta obtido no presente estudo foi de 5,80%.

Na literatura, encontram-se vários valores de proteína para a maçã.

Na tabela da composição de alimentos do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, para a maçã seca com teor de humidade de 29,60% tem-se 0,80% de proteína.

Marcon, e colaboradores (2005), obtiveram em bagaço de maçã (com 10% de humidade), 3% de proteína.

Coelho e Wosiacki (2010), conseguiram na farinha de bagaço de maçã (com humidade de 7,10%), um teor de proteína bruta de 3,35%.

Sudha e colaboradores (2007) apresentaram no seu estudo, 2,06% de proteína em bagaço de maçã com 10,80% de humidade.

Rupasinghe e colaboradores (2007) obtiveram na casca de maçã em pó, na variedade "*Idared*" 3,16% de proteína bruta e 3,23% na variedade "*Northern Spy*".

Nos estudos referidos anteriormente, o teor de proteína varia entre os 2 e 3% consoante a humidade do produto.

Por outro lado, *Dhillon e colaboradores (2013)*, apresentam para o bagaço de maçã seco um teor de proteína compreendido entre 2,90 e 5,70%.

Analisando os resultados obtidos e comparando-os com outros estudos realizados, constatou-se que a humidade poderá influenciar o teor de proteína no produto. Os resultados comprovam que quanto menor o teor de humidade da maçã, maior o seu conteúdo em proteínas, isto porque ao remover a água o produto encontra-se mais concentrado. A variedade da maçã, também poderá ter alguma influência na concentração proteica conforme estudo realizado por *Rupasinghe e colaboradores (2007)*.

Segundo a tabela da composição de alimentos do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, a farinha de trigo (tipo 55) apresenta um teor de proteínas de 7,80%. Portanto, comparativamente à farinha de trigo (tipo 55), a farinha de maçã em estudo (com 7,46% de humidade) contém menor teor proteico (5,80%).

4.1.2.3. Determinação de fibra bruta

A determinação de fibra bruta foi efetuada pelo método de *Weende*, seguindo o procedimento descrito no ponto 3.1.2.3. Os resultados obtidos apresentam-se na tabela 4.4.

Tabela 4.4 *– Resultados obtidos na determinação de fibra bruta, aplicando a metodologia de* Weende *descrita no ponto 3.1.2.3.*

	Farinha de maçã
Peso da amostra (g) (W_0)	1,9472
Peso do resíduo de filtração no cadinho antes da incineração (g) (W_1)	66,3802
Peso do resíduo de filtração no cadinho depois da incineração (g) (W_2)	66,3237
Fibra Bruta (%) (Eq. 3)	2,90

O teor de fibra bruta obtido pelo método de *Weende* na farinha de maçã foi de 2,90%. A tabela da composição de alimentos do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge não apresenta o valor de fibra bruta, mas sim o da fibra alimentar. Segundo a tabela em questão, o teor de fibra alimentar na maçã seca é de 9,50%.

A diferença de valores está relacionada com o facto de se tratar de "tipos" diferentes de fibras. As fibras podem ser quantificadas por diferentes metodologias que consoante a análise aplicada, têm determinada designação (fibra alimentar total, fibra alimentar solúvel e insolúvel e fibra bruta). Pelo método de *Weende* (determinação de fibra bruta), na digestão ácida parte da hemicelulose é solubilizada e na digestão alcalina hemicelulose e lignina são solubilizadas. Portanto, por se "perder" fibras durante o processo, o valor nutricional do alimento não é adequadamente quantificado pela fibra bruta (Londero, 2008).

A fibra bruta consiste principalmente de celulose com pequenas quantidades de lignina e hemicelulose (Neumann, 2002).

Idealmente, para uma avaliação correta do teor de fibras na farinha de maçã, deveria ter sido determinada a fibra alimentar (em vez da fibra bruta), através do método enzimático-gravimétrico. Este método quantifica analiticamente os teores de fibra total e insolúvel, sendo que o teor de fibra solúvel é posteriormente determinado por diferença. Este procedimento é o mais indicado por utilizar enzimas durante a análise e, por isso, aproxima-se mais do processo da digestão humana (Londero, 2008).

Devido à falta de recursos, (indisponibilidade das enzimas necessárias para as análises), não foi possível aplicar o método enzimático-gravimétrico para determinar a fibra alimentar. Tal como referido, este método seria o mais adequado para este estudo.

No entanto, pela determinação do teor de fibra bruta, podemos concluir que a farinha de maçã em estudo possui na sua composição 2,90% de celulose (com pequenas quantidades de lignina e hemicelulose).

Em relação à fibra alimentar, estudos realizados em bagaço de maçã secos apresentaram valores na ordem dos 43,02% (*Coelho e Wosiacki, 2010*) e 51,10% (*Sudha et al., 2007*). *Dhillon e colaboradores (2013),* obtiveram para o bagaço de maçã um teor de fibra compreendido entre 4,70 e 51,10%.

Segundo a tabela da composição dos alimentos do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, o teor de fibra alimentar na farinha de trigo (tipo 55) é de 2,90 g por 100 g de produto, valor inferior ao encontrado na literatura para a maçã seca.

4.1.2.4. Quantificação total de polifenóis (QTP)

Para a quantificação total de polifenóis (QTP) presentes na farinha de maçã, aplicou-se o método de *Folin-Ciocalteau*, seguindo o procedimento descrito no ponto 3.1.2.5. O resultado obtido apresenta-se na tabela 4.5.

Tabela 4.5 *– Resultado obtido na quantificação total de polifenóis (QTP) aplicando o método de* Folin-Ciocalteau*, descrito no ponto 3.1.2.5.*

	Farinha de maçã
QTP (mg de equivalentes de ácido gálico/g de amostra)	5,518 ± 0,06

Na quantificação total de polifenóis (QTP) presentes na farinha de maçã obteve-se 5,518 ± 0,06 mg de equivalentes de ácido gálico/g de amostra. Estudos efetuados por *Rupasinghe e colaboradores (2008)*, em casca de maçã em pó apresentaram valores de compostos fenólicos totais de 4,628 mg de equivalentes de ácido gálico/g de amostra na variedade "*Idared*" e 5,588 mg de equivalentes de ácido gálico/g de amostra na variedade "*Northern Spy*". O resultado obtido neste estudo é referente à variedade "*Fuji*" e encontra-se próximo dos resultados descritos pelos autores anteriormente mencionados.

Num outro estudo, efetuado por *Sudha e colaboradores (2008)*, obtiveram no bagaço de maçã seco uma QTP de 10,16 mg de equivalentes de ácido gálico por g de amostra (Rupasinghe e colaboradores, 2008).

Segundo *Melo e colaboradores (2008)*, a quantidade e o perfil dos polifenóis em frutas, para além da variedade, pode ser influenciado pelo grau de maturação. O método utilizado na extração de polifenóis, nomeadamente a polaridade do solvente utilizado também tem influência na "quantidade" de polifenóis obtida. Tais factos podem explicar as variações nos resultados obtidos nos teores de compostos fenólicos nos diferentes estudos.

Os autores *Sudha e colaboradores (2007)* também quantificaram os polifenóis presentes na farinha de trigo e obtiveram 1,19 mg de equivalentes de ácido gálico/g de amostra. Com isto, comparativamente à farinha de trigo, pode-se concluir que a farinha de maçã possui uma quantidade superior de polifenóis.

4.1.3. Comparação da composição química e nutricional entre a farinha de maçã e a farinha de trigo

Na tabela 4.6 apresenta-se a comparação química e nutricional entre a farinha de maçã e a farinha de trigo.

Tabela 4.6 *– Comparação química e nutricional entre a farinha de maçã e a farinha de trigo*

	Farinha de maçã	*Farinha de trigo*
Minerais (cinzas) totais (%)	1,900	0,500*
Proteína bruta (%)	5,800	7,800*
*Fibra alimentar (%)***	51,100***	2,900*
Polifenóis (mg de equivalentes de ácido gálico/g de amostra)	5,518	1,190***

*Dado obtido na literatura - tabela da composição de alimentos do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge

**No presente estudo foi determinada a fibra bruta pelo método de *Weende*. No entanto, para uma comparação mais adequada utilizou-se o valor da fibra alimentar encontrado na literatura.

***Dado obtido na literatura – *Sudha, M.L., e colaboradores (2007).*

Comparativamente à farinha de trigo, pela análise da tabela 4.6, verifica-se que a farinha de maçã possui teores superiores de minerais (cinzas), fibra alimentar e polifenóis e conteúdo inferior em proteína bruta.

Posto isto, pela análise química e nutricional, conclui-se que ao substituir a farinha de trigo pela de maçã irá aumentar-se a quantidade de compostos bioativos do produto (fibra, minerais e polifenóis), elementos importantes para a dieta e para a prevenção de doenças. Portanto, o produto enriquecido com farinha de maçã irá acrescentar valor nutricional, apresentando consequentemente um potencial efeito positivo na saúde.

4.2. Queques com Farinha de Maçã Incorporada

4.2.1. Avaliação da cor dos queques

Tal como descrito no procedimento experimental 3.2.2.1., para a avaliação da cor da crosta dos queques mediram-se por leitura direta os parâmetros L*, a* e b*.

O parâmetro L* representa a luminosidade da amostra, traduzindo a variação da tonalidade entre o escuro (preto (0) e o claro (branco (100)). O a* traduz variações de cor entre vermelho (+60) e verde (-60)) e o b* representa variações que vão do amarelo (+60) ao azul (-60) (Baeta, 2014).

Pelo teste de ANOVA simples (Anexo 5, tabela 3), verificou-se que no parâmetro a*, o nível de significância é superior a 0,05 (sig. > 0,05). Portanto, para o parâmetro em questão, não existem diferenças significativas entre as diferentes formulações. Pode-se concluir que num intervalo de confiança de 95%, independentemente da percentagem de farinha de maçã incorporada, não houve variações de cor entre vermelho e verde.

Para os parâmetros L* e b*, o nível de significância é inferior a 0,05 (sig. <0,05), dando indicação de que existem diferenças significativas na luminosidade e na variação de cor entre amarelo e azul nas diferentes formulações de queques. Para a avaliação destes dois parâmetros, aplicou-se o teste de comparações múltiplas de *Tukey* para verificar quais as diferenças.

Analisando o parâmetro L*, que se refere à luminosidade, verificou-se que esta diminui à medida que se aumenta o teor de farinha de maçã (Figura 4.8). Comparativamente aos queques tradicionais (0% de farinha de maçã), os resultados obtidos pelo teste de comparações múltiplas de *Tukey*, indicam que a luminosidade da crosta dos queques é

diferente a partir de 25% de farinha de maçã incorporada (sig. <0,05). Tal como se pode verificar pela Figura 4.3, a farinha de maçã apresenta tonalidade mais escura do que a farinha de trigo. Por isso, era expectável os queques apresentarem um tom mais escuro à medida que se vai aumentando o teor de farinha de maçã na formulação dos queques.

Figura 4.2 *– Ingredientes para a elaboração dos queques com 0% de farinha de maçã*

Figura 4.3 *– Ingredientes para a elaboração dos queques com farinha de maçã incorporada*

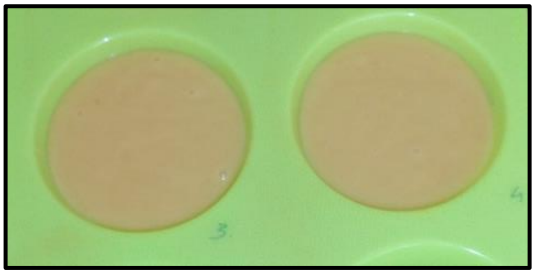


Figura 4.4 *– Massa com 0% de farinha de maçã incorporada*

Figura 4.5 *– Massa com farinha de maçã incorporada*

Figura 4.6 *– Queque com 0% de farinha de maçã incorporada*

Figura 4.7 *– Queque com farinha de maçã incorporada*

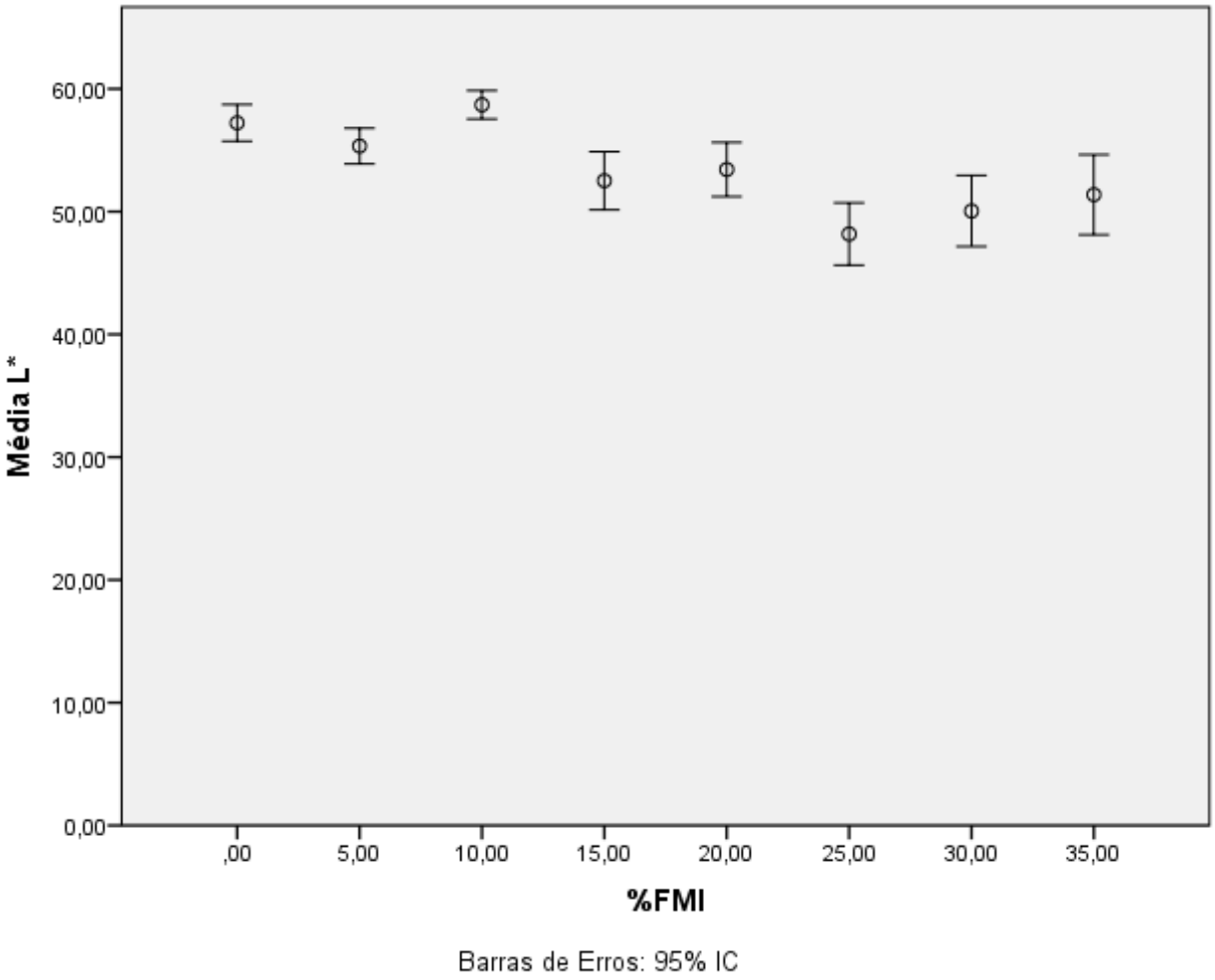


Figura 4.8 *– Variação da luminosidade (L*) dos queques consoante a formulação (% de FMI – farinha de maçã incorporada)*

Relativamente ao parâmetro b*, que representa variações de cor entre amarelo e azul, tal como na luminosidade, este diminui à medida que se aumenta a percentagem de farinha de maçã incorporada (Figura 4.9). Pelo teste de comparações múltiplas de *Tukey,* verificou-se que esta diminuição ocorre a partir de queques com 15% de farinha de maçã incorporada (sig<0,05 – resultado obtido no teste de comparações múltiplas). Este resultado está de acordo com o esperado pois tal como referido no caso da luminosidade, a farinha de maçã apresenta cor escura que consequentemente irá ter impacto na cor do queque, escurecendo-o.

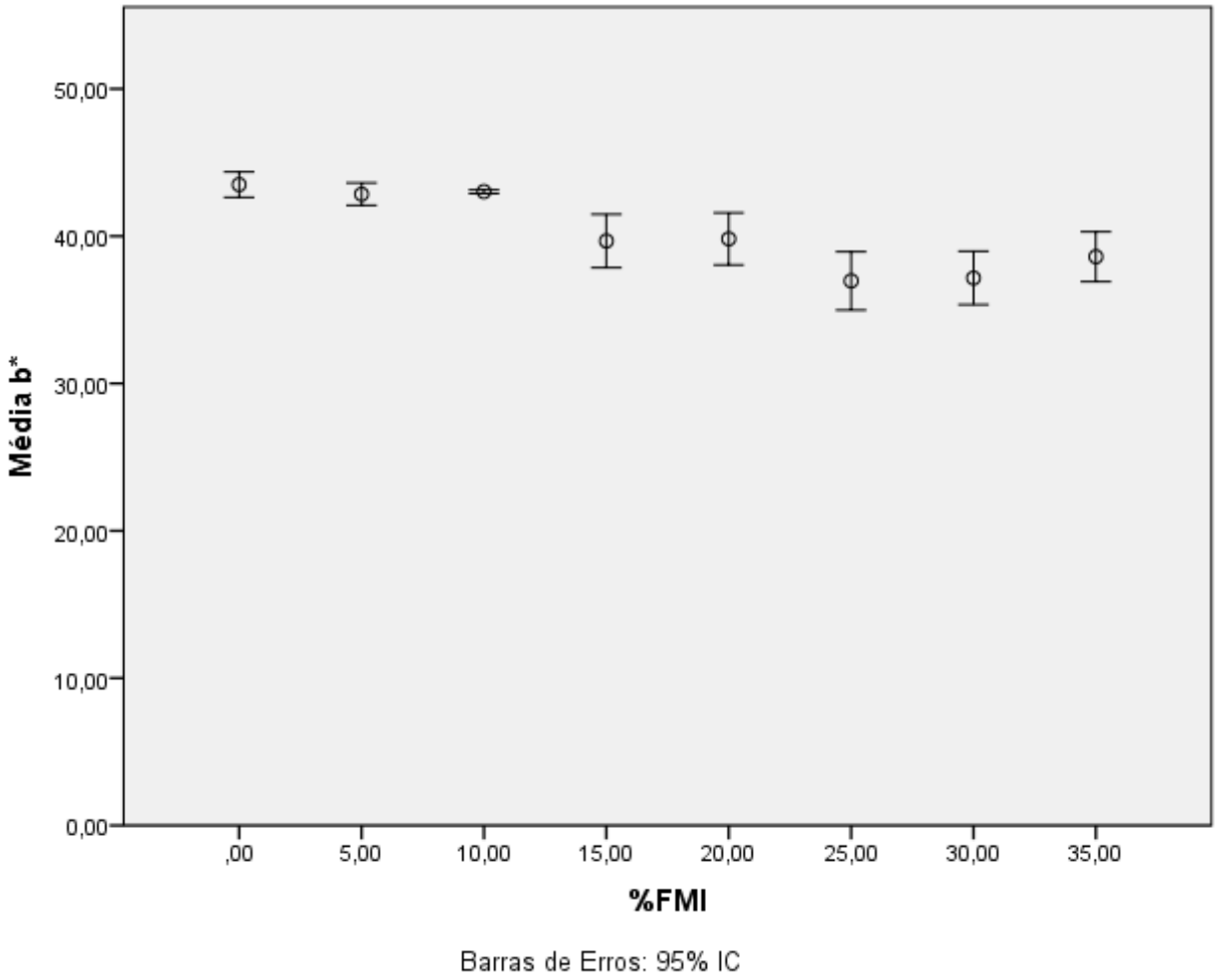


Figura 4.9 *– Variação de cor dos queques entre amarelo e azul (b*) consoante a sua formulação (% de FMI – farinha de maçã incorporada)*

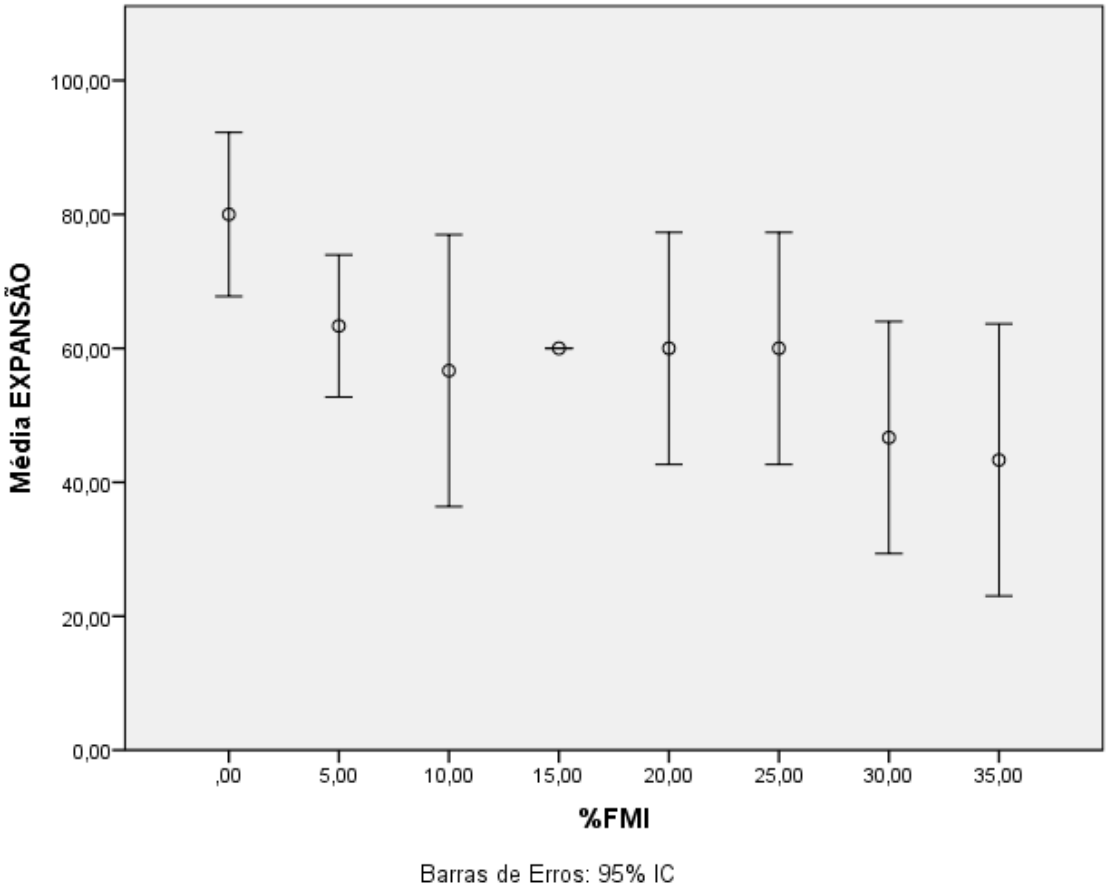
Posto isto, comparando com queques tradicionais (0% de farinha de maçã), conclui-se que não existem diferenças significativas na cor até incorporação de 10% de FMI (para um intervalo de confiança de 95%).

A partir dos 15% de FMI, e à medida que se vai aumentando a percentagem de farinha de maçã no queque, verifica-se um escurecimento do produto, consequência da própria farinha de maçã que apresenta um tom mais escuro.

4.2.2. Avaliação da expansão dos queques

A avaliação da expansão dos queques foi efetuada seguindo a metodologia descrita no ponto 3.2.2.2.

Relativamente à expansão, verificou-se que não existem diferenças significativas em formulações de queques até 25% de farinha de maçã incorporada (sig> 0,05). Portanto, pode-se concluir que até 25% de FMI não se verificam alterações estatisticamente significativas na expansão do queque (para um intervalo de confiança de 95%). A partir dos 30% de FMI, a



expansão diminui à medida que se aumenta o teor de farinha de maçã no queque (Figura 4.10).

Figura 4.10 *– Expansão (%) dos queques consoante o teor de farinha de maçã incorporada (FMI - %)*

Estes resultados podem estar relacionados com o facto de que à medida que se vai reduzindo a quantidade de farinha de trigo, o teor de glúten no queque também vai diminuindo.

O glúten contém frações de proteínas de glutenina e gliadina que conferem propriedades viscoelásticas e promovem a retenção de gás. Posto isto, a sua ausência (ou redução parcial) irá consequentemente ter impacto no crescimento/expansão da massa. Ou seja, quanto menor o teor de glúten, menor a expansão/crescimento do queque.

4.2.3. Avaliação instrumental de atributos texturais dos queques (firmeza e elasticidade)

A avaliação da firmeza e elasticidade foi efetuada seguindo a metodologia descrita no ponto 3.2.2.3.

4.2.3.1. Firmeza

Relativamente aos resultados obtidos na firmeza dos queques, verificou-se que não existem diferenças significativas em formulações de queques até 20% de farinha de maçã incorporada (sig> 0,05). Portanto, pode-se concluir que até 20% de FMI não se verificam alterações estatisticamente significativas na firmeza do queque (para um intervalo de confiança de 95%). A partir dos 25% de FMI, a firmeza vai diminuindo à medida que se aumenta o teor de farinha de maçã no queque (Figura 4.11).

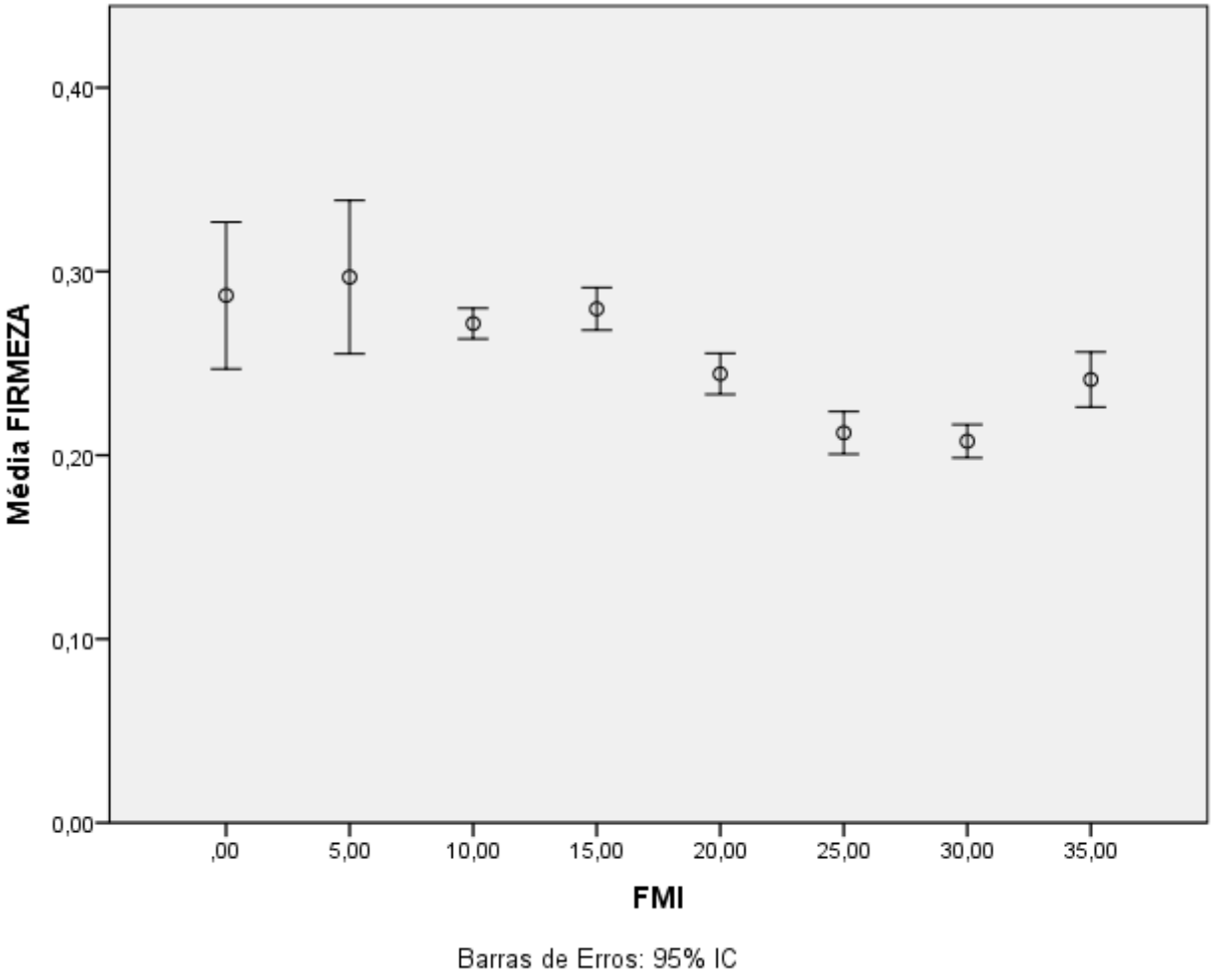


Figura 4.11 *– Firmeza (kg) dos queques consoante o teor de farinha de maçã incorporada (FMI - %)*

Estes resultados estão relacionados com o facto de que à medida que se vai reduzindo a quantidade de farinha de trigo, o teor de glúten no queque também vai diminuindo. O glúten contém frações de proteínas de glutenina e gliadina. A glutenina quando hidratada origina uma massa flexível. Por outro lado, a gliadina produz uma massa mais viscosa e fluida depois de hidratada. A ausência de glúten (ou redução parcial) resulta numa massa mais líquida originando queques com menos firmeza. Portanto, à medida que se reduz o teor de glúten (proteína presente na farinha de trigo), a firmeza do produto também vai diminuindo (*Gallagher et al, 2004*).

4.2.3.2. Elasticidade

Para um intervalo de confiança de 95%, segundo os resultados obtidos, a elasticidade dos queques com farinha de maçã (5 a 35%) não é diferente que a do queque sem farinha de maçã (sig> 0,05). Portanto, pode-se concluir que a incorporação de farinha de maçã não vai ter influência na elasticidade do queque.

4.2.3.3. Avaliação da evolução textural dos queques

Para além de acrescentar valor nutricional, pretende-se que o produto com incorporação de farinha de maçã possua características físicas semelhantes aos queques tradicionais (feitos apenas com farinha de trigo), aumentando-se assim a probabilidade de aceitação do produto por parte do consumidor.

Numa primeira fase, fez-se a avaliação das características físicas no dia da confeção (dia 1). Na avaliação dos atributos texturais (resultados descritos nos pontos 4.2.3.1 e 4.2.3.2) concluiu-se que existem alterações nas propriedades físicas do produto final (queque) com incorporação de farinha de maçã superior a 20%.

Assim, na primeira fase, “rejeita-se” a viabilidade do estudo para queques com teor de farinha de maçã superior a 20% (teor a partir do qual se nota perda de firmeza do queque).

Por outro lado, pode-se concluir que não existem diferenças significativas entre queques tradicionais (com farinha de trigo) e queques com 20% de FMI (nível máximo de incorporação de farinha de maçã sem que hajam alterações nas propriedades texturais).

Numa 2ª fase do estudo, comparou-se ao longo de uma semana, a evolução/comportamento da firmeza e elasticidade de queques tradicionais (0% de farinha de maçã) e de queques com 20% de farinha de maçã incorporada (nível máximo sem que hajam alterações significativas).

4.2.3.3.1. Avaliação da firmeza ao longo do tempo (0% e 20% de FMI)

Comparação da firmeza dia a dia

Para um intervalo de confiança de 95%, nos dias 3, 5 e 8 não existem diferenças significativas entre as médias de firmeza obtidas no queque tradicional e no queque com 20% de farinha de maçã (sig.> 0,05)

Estes resultados levam à conclusão que a nível de firmeza, os queques sem farinha de maçã e com 20% de farinha de maçã, comportam-se da mesma forma ao longo do tempo.

Evolução da firmeza ao longo do tempo

Segundo os resultados obtidos, verifica-se que tanto no queque tradicional (0% de farinha de maçã) como no queque com 20% de farinha de maçã incorporada, a firmeza vai aumentando ao longo do tempo.

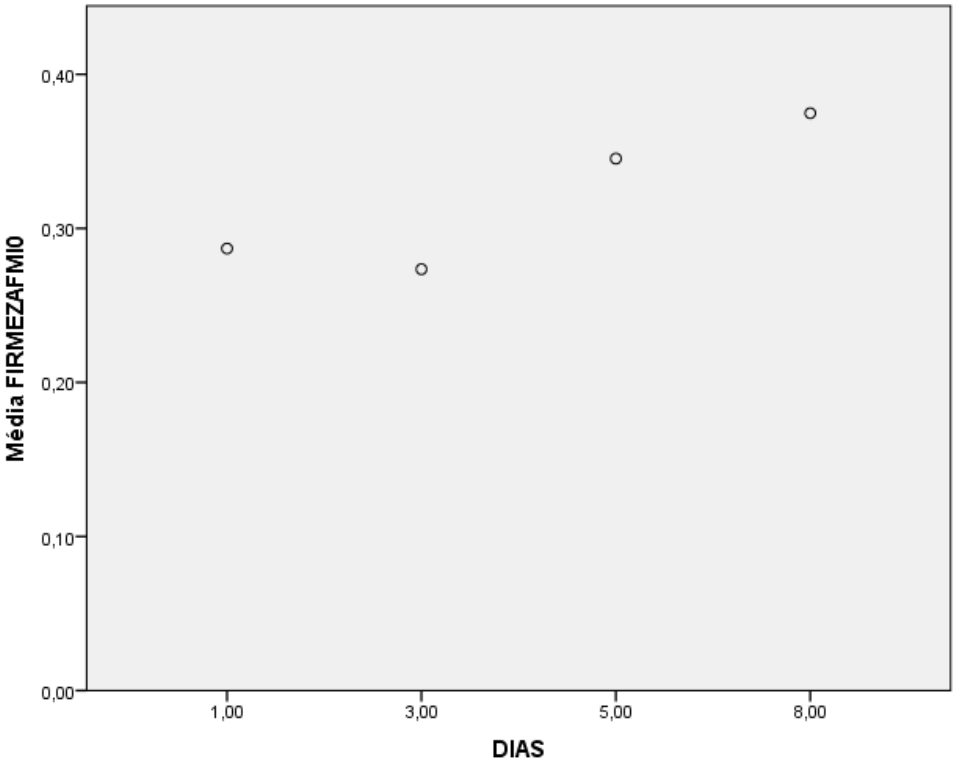


Figura 4.12 *- Médias de firmezas (kg) ao longo do tempo - queques com 0% de FMI*

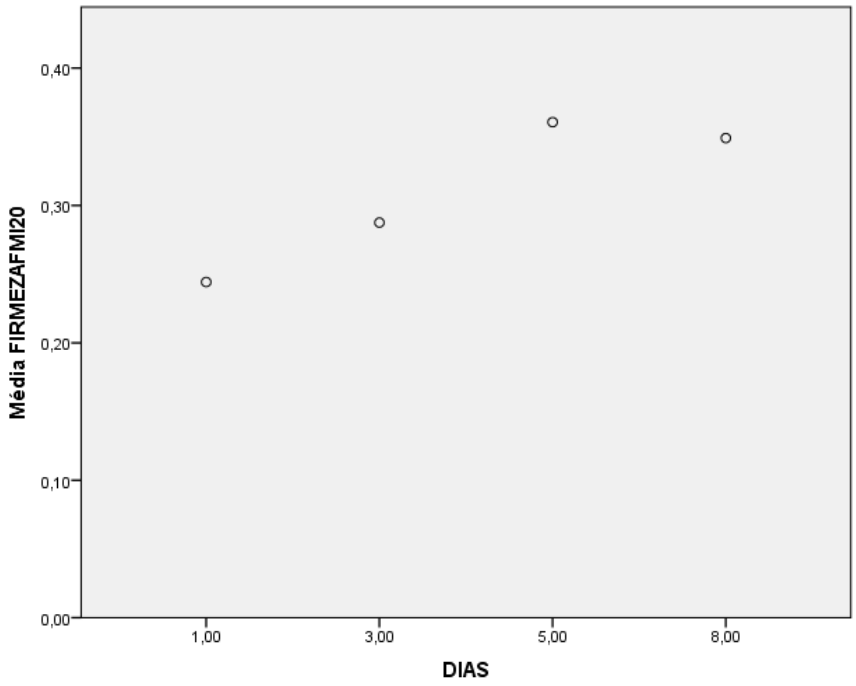


Figura 4.13 *– Médias de firmezas (kg) ao longo do tempo - queques com 20% de FMI*

Os resultados obtidos em relação ao aumento de firmeza dos queques ao longo do tempo era esperado, pois o produto vai perdendo água. Essa desidratação vai consequentemente influenciar a textura do bolo, fazendo com que este vá ficando mais "duro" a cada dia que passa.

4.2.3.3.2. Avaliação da elasticidade ao longo do tempo (0% e 20% de FMI)

Comparação da elasticidade dia a dia

Para um intervalo de confiança de 95%, nos dias 3, 5 e 8 não existem diferenças significativas entre as médias de elasticidade obtidas no queque tradicional (0% de farinha de maçã) e no queque com 20% de farinha de maçã (sig.> 0,05).

Evolução da elasticidade ao longo do tempo

Para um intervalo de confiança de 95%, pelo teste de ANOVA, conclui-se que ao longo dos 8 dias não houve alterações estatisticamente significativas na elasticidade dos queques com 0% e 20% de farinha de maçã incorporada (sig.> 0,05). Portanto pode-se concluir que a elasticidade se mantém ao longo do tempo (8 dias) independentemente do teor de FMI.

Assim,

Comparando com queques tradicionais (0% de farinha de maçã), pode-se concluir que até 20% de incorporação de farinha de maçã, não há alterações a nível de atributos texturais nos queques. O seu “comportamento” ao longo do tempo é igual para formulações de 20% e 0% de farinha de maçã.

Queques com farinha de maçã incorporada superior a 20% demonstraram alterações a nível de textura, nomeadamente, menor firmeza. Tal facto deve-se à diminuição de conteúdo em proteínas do glúten (presente em farinha de trigo) que na sua ausência origina uma massa fluida e consequentemente queques menos firmes.

CONCLUSÃO E PERSPETIVAS FUTURAS

Considerando o grande volume de subprodutos de maçã gerados pela indústria de produtos minimamente processados, e tendo em conta as suas características nutricionais, tais como elevados teores de compostos fenólicos, minerais e fibras, justifica-se a busca de alternativas para a utilização deste tipo de subproduto.

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que a partir dos subprodutos da maçã minimamente processada:

- É possível elaborar farinha de maçã com baixo teor de humidade (7,46%);
- Comparativamente com a farinha de trigo, a farinha de maçã obtida apresentou teores superiores de sais minerais, fibras e compostos fenólicos. Assim, os subprodutos que deram origem à farinha de maçã demonstraram ter um elevado potencial, revelando ser uma boa fonte de composto bioativos, elementos importantes para a dieta e para a prevenção de doenças;
- Até 20% de farinha de maçã incorporada, os testes físicos revelaram que não existem diferenças significativas a nível de cor, expansão e textura quando comparado com queques tradicionais (farinha de trigo). Conclui-se que é possível elaborar queques com adição de farinha de maçã (20%) com características físicas semelhantes aos tradicionais.

Assim, com este estudo, verificou-se que é possível reaproveitar os subprodutos da maçã resultantes de uma linha de produção de maçã fatiada embalada para o desenvolvimento de um potencial ingrediente alimentar de valor acrescentado (farinha de maçã), e posterior incorporação em produtos de pastelaria (queques).

Ao reaproveitar este tipo de subproduto, reduz-se também a quantidade de resíduos que é diretamente eliminada para o meio ambiente, contribuindo para a diminuição da poluição ambiental e desperdício alimentar.

Os subprodutos de maçã são uma boa fonte de compostos funcionais que podem ser reaproveitados para o enriquecimento nutricional de outros produtos. Uma vez que estes constituintes apresentam benefícios para a saúde, a exploração comercial de subprodutos de maçã para a recuperação destes compostos parece ser interessante.

A valorização de subprodutos deve ser vista como uma oportunidade de negócio. No entanto, a valorização económica de resíduos e subprodutos em compostos de valor acrescentado, apesar de atrativa, nem sempre é sustentável economicamente. Apesar de a matéria-prima apresentar baixo custo, geralmente as quantidades produzidas pelas indústrias não são suficientes para o seu reaproveitamento, implicando consequentemente um elevado custo a nível logístico, de armazenamento e transporte. A forma de contornar esta limitação poderia passar por formação de parcerias entre as indústrias com subprodutos de composição semelhante ou complementar.

Com este trabalho efetuou-se uma validação tecnológica da aplicabilidade da farinha de maça em produtos de pastelaria. Para uma melhor compreensão das caraterísticas e potenciais alegações nutricionais deste produto os seguintes passos consideram-se essenciais:

- otimização do processo de secagem e moagem;
- investigação sobre a capacidade antioxidante após incorporação em produtos de pastelaria de forma a avaliar de que forma o processo de cozedura altera esta funcionalidade;
- determinação do tempo de prateleira da farinha de maçã.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC International Method 10-91.01. (1999). Use of layer Cake Measuring Template.

Anjum et al (2007). Wheat Gluten:High Molecular Weight Glutenin Subunits – Structure, Genetics, and Relation to Dough Elasticity. *Journal of Food Science* – Vol. 72, nº 3.

Baeta, M. (2014). Subprodutos da indústria de hortofrutícolas minimamente processados: caracterização e valorização do potencial bioativo e energético. Dissertação para a obtenção de grau de mestre em Engenharia Alimentar – Processamento dos Alimentos. *Instituto Superior de Agronomia – Universidade de Lisboa.*

Celestino, S. (2010). Príncipios de secagem dos alimentos. *Planaltina, DF: Embrapa Cerrados*.

Clube Maçã de Alcobaça. http://www.maca.pt/

Coelho, L.M., Wosiacki G. (2010). Avaliação sensorial de produtos panificados com adição de farinha de bagaço de maçã. *Ciência e tecnologia de Alimentos, Campinas*, 30 (3): 582-588.

Córdova, K. (2006). Desidratação osmótica e secagem convectiva de maçã fuji comercial e industrial. Tese de mestrado em Tecnologia dos Alimentos. *Universidade Federal do Paraná*

Dhillon, G. S., et al (2013). Perspective of apple processing wastes as low-cost substrates for bioproduction of high value products: A review. *Renewable and sustainable energy reviews,* 27: 789-805.

Elvas, A. (2016). Utilização de bagaço de maçã como ingrediente alimentar em iogurte com potencial efeito benéfico para a saúde. Dissertação para a obtenção de grau de mestre em Qualidade e Tecnologia Alimentar. *Instituto Politécnico de Viseu – Escola Superior Agrária de Viseu.*

Feliciano, E. Caracteristicas nutricionais e benefícios para a saúde da maçã de Alcobaça. *Clube da Maçã de Alcobaça*. Retirado de: www.maca.pt/Sites/maca/Documentos/CaractNutricionaisBeneficios.pdf. Consultado a 03 de fevereiro de 2017.

Fernandes, A. (2007). Guia para uma educação alimentar. *Livros Horizonte.Lisboa*.

Ferreira, F. (1994). Nutrição Humana. *Fundação Calouste Gulbenkian: 2ª edição*. Lisboa.

Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). (2004). Retirado de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43143/1/9241592818_eng.pdf?ua=1&ua=1), consultado a 29 de setembro de 2017.

Gallagher, E., et al (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food & Technology*, 15: 143-152.

Gorinstein, S., et al (2001). Comparative contents of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples. *Journal of Agricultural and Food Chemestry*, 49 (2): 952-957.

International Fresh-Cut Produce Association (IFPA). Retirado de http://www.creativew.com/sites/ifpa/fcf.html. Consultado a 27 de janeiro de 2017.

Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge. (2006). Tabela da Composição de Alimentos. *Centro de Segurança Alimentar e Nutrição Instituo Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge*. Lisboa.

ISO 6865, 2000. Animal feeding stuffs – Determination of crude fiber content – Method with intermediate filtration. Geneva, Switzerland.

Jardini, F., Mancini Filho, J. (2007). Avaliação da atividade antioxidante em diferentes extratos da polpa e sementes da romã (*Punica granatum, L.*). *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas.* Vol. 43.

Leong, L.P., Shui, G. (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemestry,* 76: 69-75.

Londero, P., et al (2008). Teores de fibra e rendimento de grãos em populações de feijão. *Ciênc. Agrotec., Lavras*, v. 32, nº 1: 167-173.

Mahawar, M., et al (2012). Utility of apple pomace as a substrate for various products: A review. *Food and Bioproducts Processing,* 90: 597-605.

Marcon, M.V., et al (2005). Pectins from apple pomace. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 15, nº 2: 127-129.

Masoodi, F.A., et al (2002). Use of apple pomace as a source of dietary fiber in cakes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 57: 121-128.

Melo, E., et al (2008). Capacidade antioxidante de frutas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas,* Vol. 44, nº 2:193-201.

Neumann, M. (2002). Avaliação, composição, digestibilidade e aspetos metabólicos da fibra. Seminário apresentado na disciplina Bioquímica do tecido Animal (VET 00036) do programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias.

NP EN 518:1986. Determinação do teor de cinzas. Processo por incineração a 550ºC.

NP EN 2030:1996. Alimentos para animais. Determinação do teor de proteína bruta.

Ordóñez, J. e colaboradores (2005). Tecnologia de Alimentos Vol. 1. Componentes dos Alimentos e Processos. *Porto Alegre: Artmed*.

O'Shea, N, et al. (2012). Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16:1-10.

Pintado, M. (2014). Criação de valor com os resíduos e subprodutos alimentares*. Boletim de Biotecnologia*

Pintado, M., Teixeira, J. (2015). Valorização de subprodutos da indústria alimentar: obtenção de ingredientes de valor acrescentado. *Boletim de Biotecnologia*.

Rupasinghe, H.P., et al. (2008). Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food Chemistry*,107: 1217-1224.

Rupasinghe, H.P., et al (2009). Baking and sensory characteristics of muffins incorporated with apple skin powder. *Journal of Food Quality*, 32: 685-694.

Scheeren, P. (2011). Aproveitamento de maçãs não-conformes à comercialização na elaboração de pães. Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Química Industrial. *Centro Universitário Univates*.

Schieber, A., et al (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds – recent developments. *Trends in Food Science & Technology,* 12: 401-413.

Silva, M., et al. (2010). Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. *Semina: Ciências Agrárias,Londrina*, 31 (3): 669-682.

Silveira, A. (2013). Validação de métodos para a determinação de compostos fenólicos em melancia. Tese de mestrado em Inovação e Qualidade na Produção Alimentar. *Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco*.

Soares, M. et al (2008). Avaliação da atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos presentes no bagaço de maçã cv. Gala. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas,* 28 (3): 727-732.

Sudha, M.L., et al (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry,* 104: 686-692.

Ureña, F. Análisis químico de los alimentos. Toma de muestras. Sistema de *Weende*. Los carbohidratos ante el análisis químico-nutricional. Sistema *Van Soest.* Estudio crítico de ambos sistemas. El análisis de los lípidos y las proteínas de los alimentos. *Universidad de Cordoba*. Retirado de https://www.uco.es/zootecniaygestion/menu.php?tema=146. Consultado a 01 de fevereiro de 2017.

Vaz de Almeida, M., Afonso, C. (2001). Princípios Básicos de Alimentação e Nutrição. *Universidade Aberta*. Lisboa.

Yu, L., et al. (2002). Free Radical Scavenging Properties of Wheat Extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 50: 1619-1624.

ANEXOS

1. Dados recolhidos durante o processo de secagem.
2. Composição nutricional da maçã com casca, da maçã seca e da farinha de trigo tipo 55.
3. Curva de calibração para a quantificação total de polifenóis.
4. Imagens fotográficas da farinha de maçã obtida, do colorímetro e do texturómetro utilizados na avaliação da cor e da textura.
5. Avaliação da cor – Teste Anova simples.
6. Firmeza dos queques nas diferentes formulações - Teste de comparações múltiplas de *Tukey.*
7. Elasticidade dos queques nas diferentes formulações – Teste de comparações múltiplas de *Tukey.*
8. Firmeza dos queques nos dias 3, 5 e 8 – Teste de comparações múltiplas de *Tukey.*
9. Elasticidade dos queques nos dias 3, 5 e 8 – Testes de comparações múltiplas de *Tukey.*
10. Elasticidade ao longo do tempo para 0% e 20% de farinha de maçã incorporada – Teste Anova simples.

Anexo 1

***Tabela 7.1** – Dados recolhidos durante o processo de secagem*

					Entrada		Saída		
Tempo (min.)[1]	Massa (g)[2]	Massa de alimento seco (g)	Massa de água (g)	Y (t)	T_s (ºC)[3]	T_h (ºC)[3]	T_s (ºC)[3]	T_h (ºC)[3]	V_{ar} (m/s)[4]
0	1899	298,9026	1600,0974	5,353240152	41	26	42	24	0,9
5	1873	298,9026	1574,0974	5,266255295	45	25	41	24	0,9
10	1859	298,9026	1560,0974	5,219417295	44	25	41	25	0,9
15	1847	298,9026	1548,0974	5,179270438	44	25	40	24	0,9
20	1831	298,9026	1532,0974	5,125741295	48	26	45	25	0,9
25	1818	298,9026	1519,0974	5,082248866	47	25	42	25	0,9
30	1806	298,9026	1507,0974	5,042102009	47	25	43	25	0,9
35	1786	298,9026	1487,0974	4,97519058	47	25	45	25	0,9
40	1772	298,9026	1473,0974	4,92835258	46	25	41	25	0,9
45	1758	298,9026	1459,0974	4,88151458	44	25	42	25	0,9
50	1744	298,9026	1445,0974	4,83467658	47	25	44	25	0,9
55	1732	298,9026	1433,0974	4,794529723	42	25	41	25	0,9
60	1715	298,9026	1416,0974	4,737655009	42	25	41	25	0,9
65	1705	298,9026	1406,0974	4,704199294	40	25	38	25	0,9
70	1689	298,9026	1390,0974	4,650670151	42	25	40	25	0,9
75	1674	298,9026	1375,0974	4,60048658	45	25	43	25	0,9
80	1661	298,9026	1362,0974	4,556994151	43	25	41	25	0,9
85	1649	298,9026	1350,0974	4,516847294	42	25	40	25	0,9
90	1636	298,9026	1337,0974	4,473354865	41	25	42	25	0,9
100	1612	298,9026	1313,0974	4,393061151	44	25	36	25	0,9
110	1590	298,9026	1291,0974	4,319458579	40	25	38	25	0,9
120	1562	298,9026	1263,0974	4,225782579	44	25	41	25	0,9
130	1539	298,9026	1240,0974	4,148834436	41	24	33	25	0,9
140	1514	298,9026	1215,0974	4,065195151	48	25	43	25	0,9
150	1494	298,9026	1195,0974	3,998283722	48	25	41	24	0,9
1350	361	298,9026	62,0974	0,207751288	48	26	47	26	0,9
1380	357	298,9026	58,0974	0,194369002	44	26	42	25	0,9
1410	348	298,9026	49,0974	0,164258859	45	26	44	26	0,9
1440	349	298,9026	50,0974	0,16760443	49	26	44	26	0,9
1470	345	298,9026	46,0974	0,154222145	48	26	48	26	0,9
2770	304	298,9026	5,0974	0,017053716	46	26	44	26	0,9
2800	303	298,9026	4,0974	0,013708144	48	26	46	26	0,9
2830	301	298,9026	2,0974	0,007017002	48	26	49	26	0,9
2860	301	298,9026	2,0974	0,007017002	48	26	48	26	0,9

Sendo que:

Ts - Temperatura do bolbo seco

Th - Temperatura do bolbo húmido

Var – Velocidade do ar

Y (t) = $m_{água}/m_{alimento\ seco}$

[1]Tempo expresso em minutos

[2]Massa expressa em gramas

[3]Temperatura expressa em graus Celsius

[4]Velocidade expressa em metros por segundo

Anexo 2

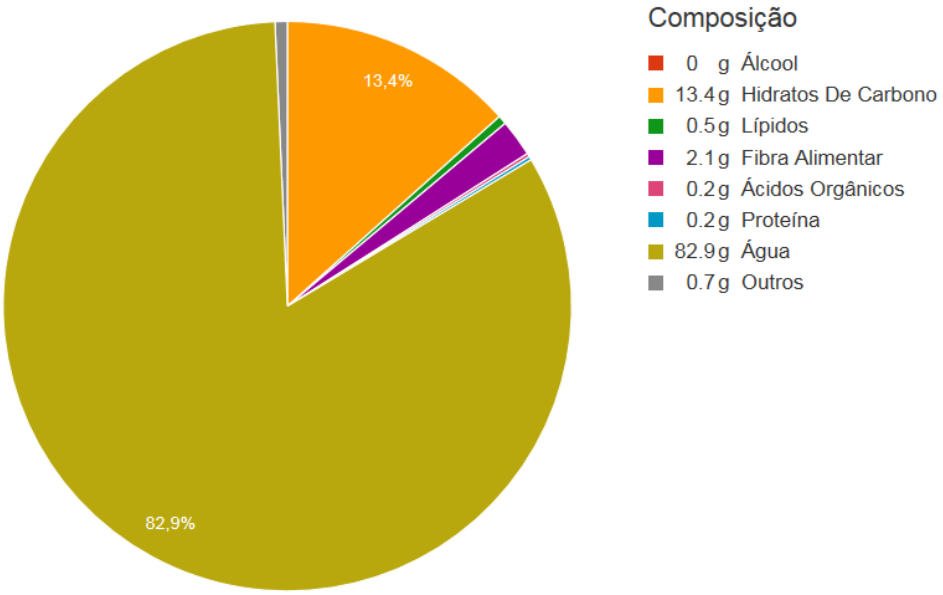


Figura 7.1*- Composição nutricional da maçã com casca por 100 g de parte edível (Fonte: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge: http://portfir.insa.pt/foodcomp/food?731)*

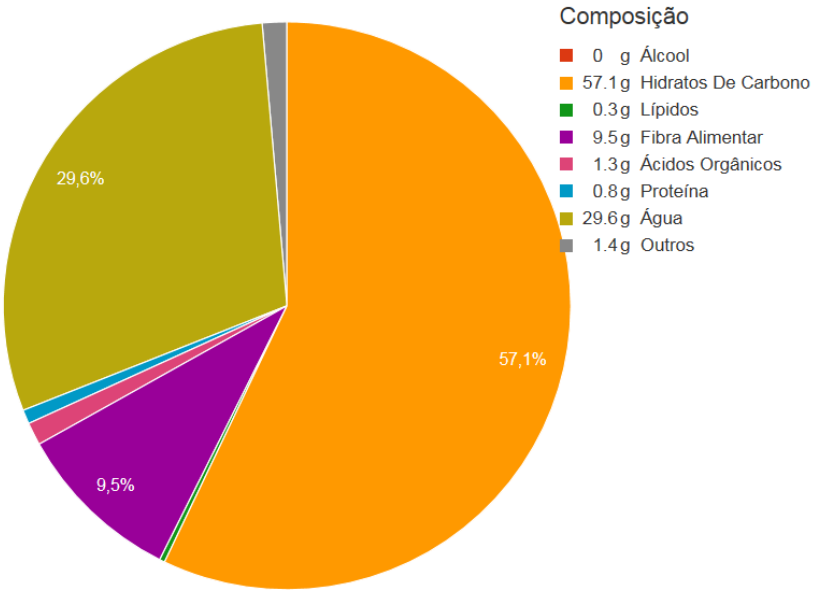


Figura 7.2 *- Composição nutricional da maçã seca por 100 g de parte edível (Fonte: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge: http://portfir.insa.pt/foodcomp/food?733)*

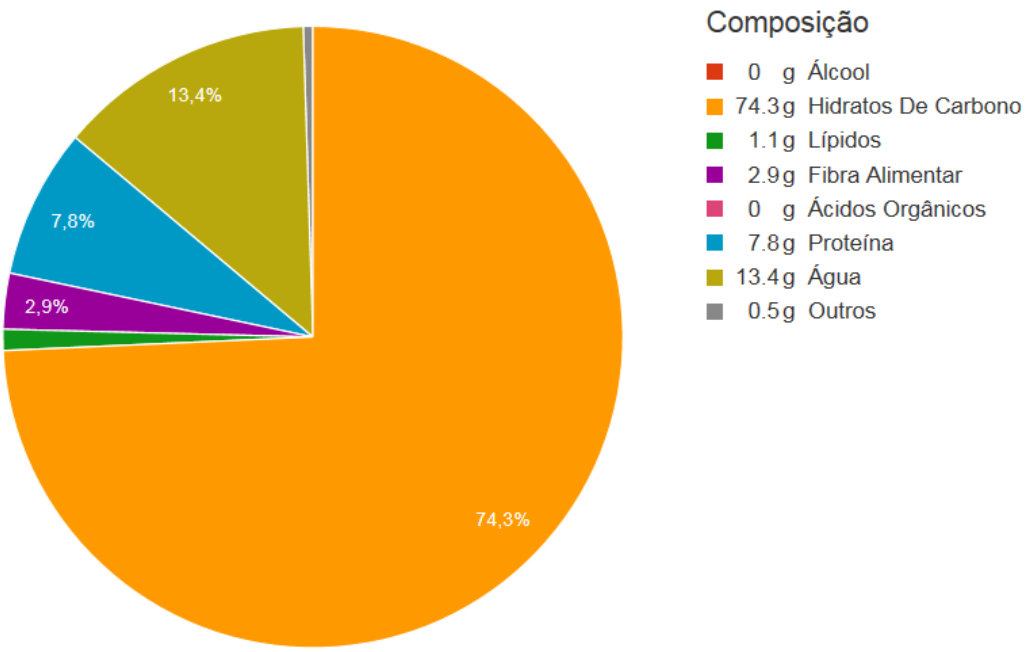


Figura 7.3 *- Composição nutricional da farinha de trigo tipo 55 por 100 g de parte edível (Fonte: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge: http://portfir.insa.pt/foodcomp/food?546)*

Anexo 3

Tabela 7.2 *– Valores de absorvância obtidos a 755 nm*

Repetição	1	0,3	0,1	0,03	0,01	Maçã
A	0,925333333	0,234333	0,091333	0,049333	0,018333	0,707
B	0,845333333	0,200333	0,115333	0,024333	0,044333	0,648
C	0,872333333	0,222333	0,131333	0,065333	0,032333	0,642
D	0,728333333	0,253333	0,161333	0,437333	0,034333	0,665
E	0,671333333	0,239333	0,119333	0,048333	0,020333	0,683
F	1,073333333	0,211333	0,142333	0,041333	0,023333	0,657
G	0,934333333	0,265333	0,129333	0,037333	0,021333	0,639
H	0,875333333	0,218333	0,101333	0,173333	0,025333	0,617
Média	0,866	0,231	0,124	0,100	0,027	
Desvio padrão	0,124543667	0,021776	0,022328	0,140392	0,008855	
Média Desvio padrão	0,063579					

Branco	0,059

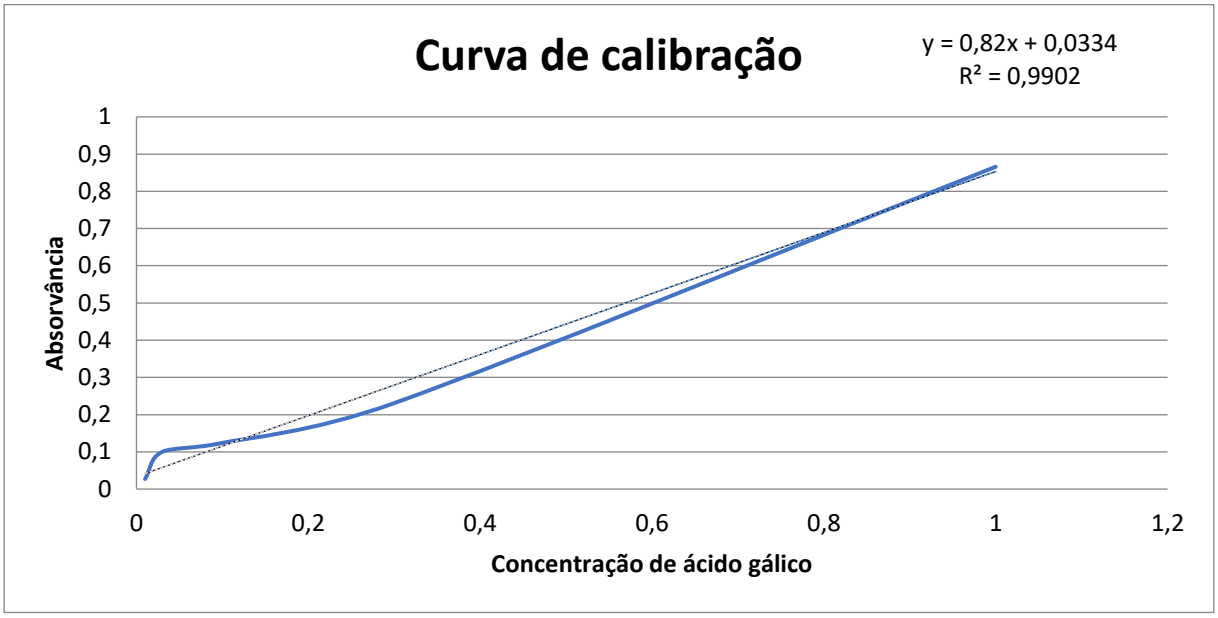


Figura 7.4 *– Curva de calibração para a quantificação total de polifenóis (QTP)*

Anexo 4

Figura 7.5 *– Farinha de maçã*

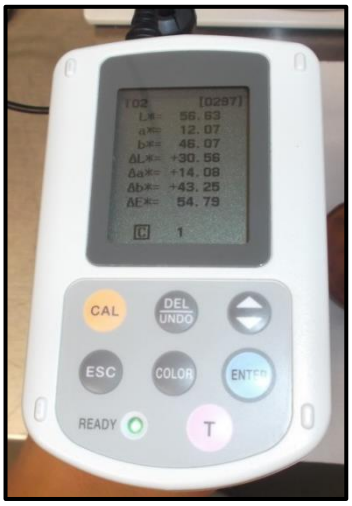


Figura 7.6 *– Colorímetro Konica Minolta CR-400, Japão)*

Figura 7.7 *– Texturómetro (TA. XT. Plus Texture Analyser, Stable Micro Systems)*

Anexo 5

***Tabela 7.3** – Avaliação da cor (L*, a* e b*) - Teste ANOVA simples*

ANOVA

	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	**Sig.**
Entre Grupos	1078,404	7	154,058	11,966	,000
Nos grupos	1132,974	88	12,875		
Total	2211,378	95			
Entre Grupos	68,571	7	9,796	1,859	,086
Nos grupos	463,720	88	5,270		
Total	532,291	95			
Entre Grupos	582,741	7	83,249	15,072	,000
Nos grupos	486,064	88	5,523		
Total	1068,805	95			

Anexo 6

***Tabela 7.4** – Teste de comparações múltiplas de Tukey – firmeza dos queques nas diferentes formulações*

Comparações múltiplas

				Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
5,00	-,00997	,01390	,996	-,0535	,0336
10,00	,01527	,01390	,955	-,0283	,0588
15,00	,00734	,01390	,999	-,0362	,0509
20,00	,04269	,01390	,059	-,0009	,0862
25,00	,07476*	,01390	,000	,0312	,1183
30,00	,07932*	,01390	,000	,0358	,1229
35,00	,04573*	,01390	,033	,0022	,0893
,00	,00997	,01390	,996	-,0336	,0535
10,00	,02523	,01390	,612	-,0183	,0688
15,00	,01731	,01390	,915	-,0262	,0609
20,00	,05266*	,01390	,008	,0091	,0962
25,00	,08472*	,01390	,000	,0412	,1283
30,00	,08929*	,01390	,000	,0457	,1328

35,00	,05570*	,01390	,004	,0122	,0992
,00	-,01527	,01390	,955	-,0588	,0283
5,00	-,02523	,01390	,612	-,0688	,0183
15,00	-,00792	,01390	,999	-,0515	,0356
20,00	,02742	,01390	,508	-,0161	,0710
25,00	,05949*	,01390	,002	,0159	,1030
30,00	,06406*	,01390	,001	,0205	,1076
35,00	,03047	,01390	,370	-,0131	,0740
,00	-,00734	,01390	,999	-,0509	,0362
5,00	-,01731	,01390	,915	-,0609	,0262
10,00	,00792	,01390	,999	-,0356	,0515
20,00	,03534	,01390	,197	-,0082	,0789
25,00	,06741*	,01390	,000	,0239	,1110
30,00	,07198*	,01390	,000	,0284	,1155
35,00	,03839	,01390	,123	-,0052	,0819
,00	-,04269	,01390	,059	-,0862	,0009
5,00	-,05266*	,01390	,008	-,0962	-,0091
10,00	-,02742	,01390	,508	-,0710	,0161
15,00	-,03534	,01390	,197	-,0789	,0082
25,00	,03207	,01390	,306	-,0115	,0756
30,00	,03663	,01390	,162	-,0069	,0802
35,00	,00304	,01390	1,000	-,0405	,0466
,00	-,07476*	,01390	,000	-,1183	-,0312
5,00	-,08472*	,01390	,000	-,1283	-,0412
10,00	-,05949*	,01390	,002	-,1030	-,0159
15,00	-,06741*	,01390	,000	-,1110	-,0239
20,00	-,03207	,01390	,306	-,0756	,0115
30,00	,00457	,01390	1,000	-,0390	,0481
35,00	-,02902	,01390	,433	-,0726	,0145
,00	-,07932*	,01390	,000	-,1229	-,0358
5,00	-,08929*	,01390	,000	-,1328	-,0457
10,00	-,06406*	,01390	,001	-,1076	-,0205
15,00	-,07198*	,01390	,000	-,1155	-,0284
20,00	-,03663	,01390	,162	-,0802	,0069
25,00	-,00457	,01390	1,000	-,0481	,0390
35,00	-,03359	,01390	,251	-,0771	,0100
,00	-,04573*	,01390	,033	-,0893	-,0022
5,00	-,05570*	,01390	,004	-,0992	-,0122
10,00	-,03047	,01390	,370	-,0740	,0131

15,00	-,03839	,01390	,123	-,0819	,0052
20,00	-,00304	,01390	1,000	-,0466	,0405
25,00	,02902	,01390	,433	-,0145	,0726
30,00	,03359	,01390	,251	-,0100	,0771

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Anexo 7

Tabela 7.5 *– Teste de comparações múltiplas de Tukey – elasticidade dos queques nas diferentes formulações*

Comparações múltiplas

				Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
5,00	-1,35011	,92227	,823	-4,2399	1,5397
10,00	-,94488	,92227	,969	-3,8347	1,9449
15,00	-2,49579	,92227	,140	-5,3856	,3940
20,00	-1,38409	,92227	,804	-4,2739	1,5057
25,00	-2,52425	,92227	,130	-5,4141	,3656
30,00	,31450	,92227	1,000	-2,5753	3,2043
35,00	-2,78924	,92227	,066	-5,6790	,1006
,00	1,35011	,92227	,823	-1,5397	4,2399
10,00	,40523	,92227	1,000	-2,4846	3,2950
15,00	-1,14568	,92227	,916	-4,0355	1,7441
20,00	-,03398	,92227	1,000	-2,9238	2,8558
25,00	-1,17414	,92227	,905	-4,0639	1,7157
30,00	1,66460	,92227	,619	-1,2252	4,5544
35,00	-1,43913	,92227	,771	-4,3289	1,4507
,00	,94488	,92227	,969	-1,9449	3,8347
5,00	-,40523	,92227	1,000	-3,2950	2,4846
15,00	-1,55091	,92227	,699	-4,4407	1,3389
20,00	-,43921	,92227	1,000	-3,3290	2,4506
25,00	-1,57937	,92227	,679	-4,4692	1,3104
30,00	1,25938	,92227	,869	-1,6304	4,1492
35,00	-1,84436	,92227	,490	-4,7342	1,0454
,00	2,49579	,92227	,140	-,3940	5,3856

5,00	1,14568	,92227	,916	-1,7441	4,0355
10,00	1,55091	,92227	,699	-1,3389	4,4407
20,00	1,11170	,92227	,927	-1,7781	4,0015
25,00	-,02846	,92227	1,000	-2,9183	2,8613
30,00	2,81029	,92227	,062	-,0795	5,7001
35,00	-,29345	,92227	1,000	-3,1833	2,5964
,00	1,38409	,92227	,804	-1,5057	4,2739
5,00	,03398	,92227	1,000	-2,8558	2,9238
10,00	,43921	,92227	1,000	-2,4506	3,3290
15,00	-1,11170	,92227	,927	-4,0015	1,7781
25,00	-1,14016	,92227	,918	-4,0300	1,7496
30,00	1,69858	,92227	,595	-1,1912	4,5884
35,00	-1,40515	,92227	,792	-4,2950	1,4847
,00	2,52425	,92227	,130	-,3656	5,4141
5,00	1,17414	,92227	,905	-1,7157	4,0639
10,00	1,57937	,92227	,679	-1,3104	4,4692
15,00	,02846	,92227	1,000	-2,8613	2,9183
20,00	1,14016	,92227	,918	-1,7496	4,0300
30,00	2,83874	,92227	,058	-,0511	5,7286
35,00	-,26499	,92227	1,000	-3,1548	2,6248
,00	-,31450	,92227	1,000	-3,2043	2,5753
5,00	-1,66460	,92227	,619	-4,5544	1,2252
10,00	-1,25938	,92227	,869	-4,1492	1,6304
15,00	-2,81029	,92227	,062	-5,7001	,0795
20,00	-1,69858	,92227	,595	-4,5884	1,1912
25,00	-2,83874	,92227	,058	-5,7286	,0511
35,00	-3,10374*	,92227	,027	-5,9935	-,2139
,00	2,78924	,92227	,066	-,1006	5,6790
5,00	1,43913	,92227	,771	-1,4507	4,3289
10,00	1,84436	,92227	,490	-1,0454	4,7342
15,00	,29345	,92227	1,000	-2,5964	3,1833
20,00	1,40515	,92227	,792	-1,4847	4,2950
25,00	,26499	,92227	1,000	-2,6248	3,1548
30,00	3,10374*	,92227	,027	,2139	5,9935

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Anexo 8

Tabela 7.6 *– Firmezas dos queques no dia 3 - Teste de comparações múltiplas de Tukey*

Comparações múltiplas

				Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
5,00	-,08544*	,02378	,007	-,1534	-,0175
10,00	-,04974	,02378	,244	-,1177	,0182
15,00	-,04861	,02378	,264	-,1165	,0193
20,00	-,01403	,02378	,976	-,0820	,0539
,00	,08544*	,02378	,007	,0175	,1534
10,00	,03570	,02378	,568	-,0322	,1036
15,00	,03683	,02378	,538	-,0311	,1048
20,00	,07141*	,02378	,035	,0035	,1393
,00	,04974	,02378	,244	-,0182	,1177
5,00	-,03570	,02378	,568	-,1036	,0322
15,00	,00113	,02378	1,000	-,0668	,0691
20,00	,03571	,02378	,567	-,0322	,1036
,00	,04861	,02378	,264	-,0193	,1165
5,00	-,03683	,02378	,538	-,1048	,0311
10,00	-,00113	,02378	1,000	-,0691	,0668
20,00	,03458	,02378	,597	-,0333	,1025
,00	,01403	,02378	,976	-,0539	,0820
5,00	-,07141*	,02378	,035	-,1393	-,0035
10,00	-,03571	,02378	,567	-,1036	,0322
15,00	-,03458	,02378	,597	-,1025	,0333

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

***Tabela 7.7** – Firmezas dos queques no dia 5 - Teste de comparações múltiplas de Tukey*

Comparações múltiplas

				Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
5,00	-,01506	,01194	,716	-,0492	,0191
10,00	-,03127	,01194	,086	-,0654	,0028
15,00	-,00497	,01194	,993	-,0391	,0291
20,00	-,01537	,01194	,701	-,0495	,0187
,00	,01506	,01194	,716	-,0191	,0492
10,00	-,01621	,01194	,658	-,0503	,0179
15,00	,01009	,01194	,915	-,0240	,0442
20,00	-,00031	,01194	1,000	-,0344	,0338
,00	,03127	,01194	,086	-,0028	,0654
5,00	,01621	,01194	,658	-,0179	,0503
15,00	,02630	,01194	,200	-,0078	,0604
20,00	,01590	,01194	,674	-,0182	,0500
,00	,00497	,01194	,993	-,0291	,0391
5,00	-,01009	,01194	,915	-,0442	,0240
10,00	-,02630	,01194	,200	-,0604	,0078
20,00	-,01040	,01194	,906	-,0445	,0237
,00	,01537	,01194	,701	-,0187	,0495
5,00	,00031	,01194	1,000	-,0338	,0344
10,00	-,01590	,01194	,674	-,0500	,0182
15,00	,01040	,01194	,906	-,0237	,0445

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

***Tabela 7.8** – Firmezas dos queques no dia 8 - Teste de comparações múltiplas de Tukey*

Comparações múltiplas

				Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
5,00	-,05882*	,01829	,021	-,1111	-,0066
10,00	-,06671*	,01829	,006	-,1190	-,0145
15,00	-,01109	,01829	,973	-,0633	,0412
20,00	,02570	,01829	,628	-,0265	,0779
,00	,05882*	,01829	,021	,0066	,1111
10,00	-,00789	,01829	,993	-,0601	,0444
15,00	,04773	,01829	,088	-,0045	,1000
20,00	,08452*	,01829	,000	,0323	,1368
,00	,06671*	,01829	,006	,0145	,1190
5,00	,00789	,01829	,993	-,0444	,0601
15,00	,05562*	,01829	,032	,0034	,1079
20,00	,09241*	,01829	,000	,0402	,1447
,00	,01109	,01829	,973	-,0412	,0633
5,00	-,04773	,01829	,088	-,1000	,0045
10,00	-,05562*	,01829	,032	-,1079	-,0034
20,00	,03679	,01829	,279	-,0155	,0890
,00	-,02570	,01829	,628	-,0779	,0265
5,00	-,08452*	,01829	,000	-,1368	-,0323
10,00	-,09241*	,01829	,000	-,1447	-,0402
15,00	-,03679	,01829	,279	-,0890	,0155

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Anexo 9

***Tabela 7.9** – Elasticidade dos queques no dia 3 - Teste de comparações múltiplas de* Tukey

Comparações múltiplas

				Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
5,00	-2,42890	,97735	,114	-5,2203	,3625
10,00	-1,23896	,97735	,712	-4,0304	1,5524
15,00	-1,83484	,97735	,346	-4,6262	,9566
20,00	-,96123	,97735	,861	-3,7526	1,8302
,00	2,42890	,97735	,114	-,3625	5,2203
10,00	1,18993	,97735	,741	-1,6015	3,9813
15,00	,59406	,97735	,973	-2,1973	3,3855
20,00	1,46767	,97735	,567	-1,3237	4,2591
,00	1,23896	,97735	,712	-1,5524	4,0304
5,00	-1,18993	,97735	,741	-3,9813	1,6015
15,00	-,59588	,97735	,973	-3,3873	2,1955
20,00	,27773	,97735	,999	-2,5137	3,0691
,00	1,83484	,97735	,346	-,9566	4,6262
5,00	-,59406	,97735	,973	-3,3855	2,1973
10,00	,59588	,97735	,973	-2,1955	3,3873
20,00	,87361	,97735	,897	-1,9178	3,6650
,00	,96123	,97735	,861	-1,8302	3,7526
5,00	-1,46767	,97735	,567	-4,2591	1,3237
10,00	-,27773	,97735	,999	-3,0691	2,5137
15,00	-,87361	,97735	,897	-3,6650	1,9178

Tabela 7.10 *- Elasticidade dos queques no dia 5 - Teste de comparações múltiplas de* Tukey

Comparações múltiplas

				Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
5,00	-,47172	,58709	,928	-2,1485	1,2051
10,00	,48517	,58709	,921	-1,1916	2,1620
15,00	-,08247	,58709	1,000	-1,7593	1,5943
20,00	-,96539	,58709	,479	-2,6422	,7114
,00	,47172	,58709	,928	-1,2051	2,1485
10,00	,95689	,58709	,488	-,7199	2,6337
15,00	,38925	,58709	,963	-1,2875	2,0660
20,00	-,49366	,58709	,916	-2,1705	1,1831
,00	-,48517	,58709	,921	-2,1620	1,1916
5,00	-,95689	,58709	,488	-2,6337	,7199
15,00	-,56764	,58709	,868	-2,2444	1,1092
20,00	-1,45056	,58709	,118	-3,1274	,2262
,00	,08247	,58709	1,000	-1,5943	1,7593
5,00	-,38925	,58709	,963	-2,0660	1,2875
10,00	,56764	,58709	,868	-1,1092	2,2444
20,00	-,88291	,58709	,566	-2,5597	,7939
,00	,96539	,58709	,479	-,7114	2,6422
5,00	,49366	,58709	,916	-1,1831	2,1705
10,00	1,45056	,58709	,118	-,2262	3,1274
15,00	,88291	,58709	,566	-,7939	2,5597

Tabela 7.11 *– Elasticidade dos queques no dia 8 - Teste de comparações múltiplas de* Tukey

Comparações múltiplas

				Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
5,00	-,48995	,47029	,834	-1,8331	,8532
10,00	-,76089	,47029	,495	-2,1041	,5823
15,00	,15326	,47029	,997	-1,1899	1,4964
20,00	-,68553	,47029	,595	-2,0287	,6576
,00	,48995	,47029	,834	-,8532	1,8331
10,00	-,27094	,47029	,978	-1,6141	1,0722
15,00	,64321	,47029	,651	-,7000	1,9864
20,00	-,19558	,47029	,993	-1,5388	1,1476
,00	,76089	,47029	,495	-,5823	2,1041
5,00	,27094	,47029	,978	-1,0722	1,6141
15,00	,91415	,47029	,312	-,4290	2,2573
20,00	,07535	,47029	1,000	-1,2678	1,4185
,00	-,15326	,47029	,997	-1,4964	1,1899
5,00	-,64321	,47029	,651	-1,9864	,7000
10,00	-,91415	,47029	,312	-2,2573	,4290
20,00	-,83880	,47029	,397	-2,1820	,5044
,00	,68553	,47029	,595	-,6576	2,0287
5,00	,19558	,47029	,993	-1,1476	1,5388
10,00	-,07535	,47029	1,000	-1,4185	1,2678
15,00	,83880	,47029	,397	-,5044	2,1820

Anexo 10

Tabela 7.12 *– Teste ANOVA simples para a elasticidade ao longo do tempo em queques com 0% de FMI*

ANOVA

	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	**Sig.**
Entre Grupos	,826	3	,275	,035	**,991**
Nos grupos	254,441	32	7,951		
Total	255,267	35			

Tabela 7.13 *– Teste ANOVA simples para a elasticidade ao longo do tempo em queques com 20% de FMI*

ANOVA

	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	**Sig.**
Entre Grupos	5,031	3	1,677	2,458	**,081**
Nos grupos	21,832	32	,682		
Total	26,863	35			