



Universidade de Aveiro
2021

**Diana Nogueira
Pimenta**

**Valorização de subprodutos da framboesa
integrados no desenvolvimento de *muffins***



Universidade de Aveiro
2021

**Diana Nogueira
Pimenta**

**Valorização de subprodutos da framboesa
integrados no desenvolvimento de *muffins***

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Bioquímica-Especialização Alimentar, realizada sob a orientação científica da Doutora Cláudia Passos, Equiparada a Investigadora Auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro, e coorientação da Doutora Sílvia Petronilho, Investigadora de Pós-doutoramento do Departamento Química da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro em colaboração, como Estagiária de Pós-Doutoramento, com o Departamento de Química da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais e namorado pelo apoio desmedido.

o júri

presidente

Prof.^a Dr.^a Rita Maria Pinho Ferreira
Professora Auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

orientadora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Pereira Passos
Equiparada a Investigadora Auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

arguente

Prof. Dr. Fernando Hermínio Ferreira Milheiro Nunes
Professor Auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

agradecimentos

O meu sincero agradecimento às minhas orientadoras, Doutora Cláudia Passos e Doutora Sílvia Petronilho, por me terem aceiteado como aluna numa fase já bastante tardia e por todo o apoio, dedicação, paciência, amizade e carinho com que sempre me trataram, bem como agradecer por todos os ensinamentos e conselhos transmitidos ao longo da minha tese.

À D. Graça e à Ana da empresa Framboesas da Graça por nos terem amavelmente cedido as framboesas e pela simpatia com que nos receberam e explicaram todo o trabalho envolvido na comercialização da framboesa.

Um obrigada do tamanho do mundo aos meus pais por me terem apoiado incondicionalmente em todas as minhas decisões e por terem tornado possível a realização deste meu sonho académico. Um obrigada ainda maior por todo o carinho, paciência e amor com que me tratam e por me terem ensinado que o sonho comanda a vida e que sem trabalho e dedicação nada se consegue.

Aos meus avós que sempre me acompanharam ao longo de todo o meu percurso académico e me deram ânimo e força para nunca desistir, mostrando-me que a humildade é a chave do sucesso.

E porque o melhor fica para o fim, um obrigada com todo o meu coração a ti, Carlos, por seres o meu pilar todos os dias. Obrigada por aturares o meu mau feitio quando estou nervosa, por me chamares à razão, por estares sempre ao meu lado aconteça o que acontecer e por me ensinares que as melhores coisas da vida nunca vieram de zonas de conforto.

A todos vocês, o meu mais sincero obrigada!

palavras-chave

Subprodutos da framboesa, técnicas de secagem, antocianinas, *muffins*.

resumo

A framboesa é caracterizada pelos seus efeitos benéficos inerentes ao seu perfil em antocianinas. Dada a sua elevada perecibilidade, 1/3 da sua produção é desperdiçada, tornando-se essencial a sua valorização. Neste trabalho, recorreu-se à liofilização e secagem em estufa a 30 e 40 °C, com vista à sua estabilização e posterior incorporação em formulações de *muffins*. As duas variedades de framboesa vermelha em estudo, *Pacific Deluxe* e *Versailles*, na sua forma fresca, evidenciaram diferenças físico-químicas em termos de tamanho, peso, °Brix e firmeza, tendo a *Versailles* registado valores superiores. No entanto, ambas as variedades apresentaram uma cor (parâmetros CIELab) e um perfil e teor em compostos fenólicos semelhante. Aquando da avaliação do impacto das técnicas de desidratação na composição das duas variedades, a liofilização foi aquela que não apresentou diferenças significativas ao nível da estrutura, cor, composição em compostos fenólicos e atividade antioxidante, quando comparada com a forma fresca. As framboesas secadas a 30 e 40 °C revelaram diferenças significativas nestes parâmetros, sendo estas diferenças mais evidentes a 30 °C com o acastanhamento resultante de um elevado tempo de processamento (49 h), de ambas as variedades. Quando comparadas com a forma fresca, ambas as temperaturas de secagem utilizadas promoveram uma redução significativa do teor em compostos fenólicos, sendo esta similar para as framboesas secadas a 30 e a 40 °C (48 e 45% e 60 e 46% nas variedades *Pacific Deluxe* e *Versailles*, respetivamente).

A incorporação dos subprodutos de framboesa *Versailles* fresca, liofilizada e secada a 40 °C nas formulações de *muffins* resultou em produtos com tonalidades distintas: framboesas frescas evidenciaram uma coloração verde, sendo esta atenuada nos *muffins* confeccionados com framboesas secadas e inexistente nos *muffins* com framboesas liofilizadas. Esta tonalidade esverdeada resulta do impacto do pH alcalino da massa confeccionada com bicarbonato de sódio nas antocianinas das amostras de framboesa libertadas para a massa e dispersas pelo fenómeno de sinérese. O fermento químico permitiu a alteração do pH da massa para 7, alterando a conformação das antocianinas para a sua coloração roxa, resultando, conseqüentemente, na manutenção da cor amarela da massa dos *muffins*. A análise sensorial revelou uma boa aceitação de todas as formulações de *muffins*, no entanto, aqueles contendo a amostra liofilizada revelaram-se os mais apreciados em termos de aspeto da fruta e equilíbrio doce/ácido, mostrando-se esta abordagem promissora para o desenvolvimento de um novo produto promovendo a valorização e escoamento dos subprodutos da framboesa, num conceito de economia circular.

keywords

Raspberry by-products, drying techniques, anthocyanins, muffins.

abstract

Raspberry is characterized by its beneficial effects inherent to its anthocyanin profile. Due to its high perishability, 1/3 of its production is wasted, making its valuation essential. In this work, freeze-drying and convective drying at 30 and 40 °C were used, with a view to its stabilization and subsequent incorporation into muffin formulations. The two red raspberry varieties under study, *Pacific Deluxe* and *Versailles*, in their fresh form, showed physical and chemical differences in terms of size, weight, °Brix, and firmness, with *Versailles* having the higher values. Both varieties had a similar colour (CIELab parameters) and a similar profile and content in phenolic compounds. When evaluating the impact of dehydration techniques on the composition of the two varieties, freeze drying was the one that did not show significant differences in terms of structure, colour, composition of phenolic compounds and antioxidant activity, when compared to the fresh form. Raspberries dried at 30 and 40 °C showed significant differences in these parameters, being these differences more evident at 30 °C with browning resulting from the long processing time (49 h) of both varieties. When compared to the fresh form, both drying temperatures used promoted a significant reduction in the content of phenolic compounds, which was similar for raspberries dried at 30 and 40 °C (48 and 45% and 60 and 46% in *Pacific Deluxe* and *Versailles*, respectively).

The incorporation of *Versailles* raspberry by-products in fresh, freeze-dried, and dried at 40 °C forms into muffin formulations resulted in products with different colours: fresh raspberries showed a green colour, which was attenuated in muffins made with dried raspberries and non-existent in muffins with freeze-dried raspberries. This greenish colour results from the impact of the alkaline pH of the dough made with sodium bicarbonate in raspberry samples anthocyanins that were released into the dough and dispersed by the syneresis phenomenon. The chemical yeast allowed to change the pH of the dough to 7, changing the conformation of anthocyanins to its purple colour, resulting, consequently, in maintaining the yellow colour of the muffin dough. Sensory analysis revealed a good acceptance of all muffin formulations, however, those containing the freeze-dried sample proved to be the most appreciated in terms of fruit appearance and sweet/acid balance, revealing this promising approach for the development of a new product promoting the valorisation and sale of raspberry by-products, in a circular economy concept.

Índice

1. Introdução	1
1.1. Características Gerais da Framboesa	1
1.1.1. Composição físico-química e nutricional da framboesa	5
1.1.2. Compostos bioativos da framboesa	7
1.2. As Técnicas de Desidratação e suas Vantagens e Desvantagens no Processamento de Fruta Perecível	12
1.2.1. Secagem convectiva	12
1.2.2. Liofilização	13
1.3. Produtos de Panificação	15
1.3.1. Principais ingredientes utilizados no fabrico de produtos de panificação	15
2. Objetivos	18
3. Materiais e Métodos	19
3.1. Amostras	19
3.1.1. Preparação das Amostras de Framboesa Frescas e Desidratadas	19
3.2. Processos de Desidratação	22
3.2.1. Liofilização	22
3.2.2. Secagem Convectiva	22
3.3. Caracterização Físico-Química das Variedades de Framboesa	23
3.3.1. Medição do pH das Variedades de Framboesa Frescas	23
3.3.2. Determinação dos Sólidos Solúveis Totais (°Brix) das Variedades de Framboesa Frescas	23
3.3.3. Determinação da Acidez Titulável das Variedades de Framboesa Frescas	24
3.3.4. Medição Instrumental da Cor	24
3.3.5. Determinação do Perfil em Antocianinas	25
3.3.6. Determinação do Teor em Compostos Fenólicos Totais na Fração Extraída- Método de <i>Folin-Ciocalteu</i>	25
3.3.7. Determinação da Atividade Antioxidante da Fração Extraída- Método de ABTS	26
3.4. Desenvolvimento de <i>Muffins</i>	27
3.4.1. Preparação de diferentes formulações de <i>Muffins</i>	27
3.4.2. Caracterização Colorimétrica e Físico-Química dos <i>Muffins</i>	28
3.5. Análise Sensorial por recurso a um Painel Não-Treinado	29
4. Resultados e Discussão	31
4.1. Caracterização Físico-Química de Amostras Frescas das Variedades de Framboesa em Estudo	31
4.2. Aplicação dos Processos de Desidratação em Framboesas das Variedades <i>Pacific Deluxe</i> e <i>Versailles</i>	33
4.2.1. Liofilização	33
4.2.2. Secagem Convectiva	33
4.3. Avaliação do Impacto dos Processos de Desidratação nas Framboesas das Variedades <i>Pacific Deluxe</i> e <i>Versailles</i>	35
4.3.1. Determinação Instrumental da Cor	35
4.3.2. Perfil em Antocianinas das Variedades <i>Pacific Deluxe</i> e <i>Versailles</i> na forma fresca, liofilizada e secada a 30 e 40 °C	37

4.3.3. Teor de Compostos Fenólicos Totais.....	40
4.3.4. Atividade Antioxidante	42
4.4. Caracterização das diferentes formulações de <i>Muffins</i> desenvolvidas com framboesas da variedade <i>Versailles</i> na forma fresca, liofilizada e secada a 40 °C.....	43
4.4.1. Redução dos Teores de Sal e de Açúcar.....	43
4.4.2. Número de Drupéolas de Framboesa Adicionadas.....	48
4.4.3. Substituição do Agente Levedante.....	53
4.4.4. Medição do pH.....	55
4.5. Análise Sensorial de três formulações de <i>Muffins</i>.....	58
5. Conclusões	61
6. Trabalho Futuro	63
7. Referências	64
8. Anexos.....	1

Índice de Figuras

Figura 1- Morfologia da framboesa.	1
Figura 2- Classificação dos tipos de framboesa consoante os hábitos de frutificação (adaptado de [5])..	2
Figura 3- Via biossintética do etileno (adaptado de [9]).	3
Figura 4- Evolução da produção de etileno ao longo da maturação da framboesa (adaptado de [13]). ...	4
Figura 5- Produção mundial de framboesa entre 2014 e 2019 (adaptado de [18])......	5
Figura 6- Composição química média da porção comestível da framboesa fresca (adaptado de [26]). ...	6
Figura 7- Representação da estrutura química (A) genérica de uma antocianina, (B) da cianidina-3-O-glucosídeo e (C) das seis principais subformas de antocianinas (adaptado de [2, 40, 41]).	8
Figura 8- Esquema geral da absorção e excreção das antocianinas (ANs) (adaptado de [45]).	9
Figura 9 - Resumo dos diversos efeitos benéficos das antocianinas (adaptado de [40]).	10
Figura 10- Representação de um Secador Convectivo (adaptado de [70]).	13
Figura 11- Esquema geral de um Liofilizador [74].	13
Figura 12- Representação esquemática da matriz estrutural de produtos de panificação, como os muffins (adaptado de [84]).	16
Figura 13- Fenómeno de sinérese observado no pão confeccionado com beterraba [92].	17
Figura 14- Imagens reais das variedades de framboesa em estudo: (A) variedade Versailles antes da seleção por cores; (B) Variedade Pacific Deluxe antes da seleção por cores; (C) Variedade Versailles após separação consoante a cor; (D) Variedade Pacific Deluxe após separação consoante a cor	19
Figura 15- Procedimento seguido para determinação do teor de compostos fenólicos totais (Folin-Ciocalteu), atividade antioxidante (ABTS) e perfil de antocianinas (HPLC), das amostras de framboesa fresca.	20
Figura 16- Protocolo para determinação do teor de compostos fenólicos totais (Folin-Ciocalteu), atividade antioxidante (ABTS) e perfil de antocianinas (HPLC) das amostras de framboesa desidratadas (adaptado de [93]).	21
Figura 17- Montagem experimental para filtração em coluna C ₁₈	21
Figura 18- Amostra de framboesa durante o processo de liofilização.	22
Figura 19- Secagem das variedades de framboesa em estudo na estufa convectiva.	23
Figura 20- Procedimento para medição do teor de sólidos solúveis totais num refratómetro portátil: (A) colocação do sumo da amostra em estudo no prisma de deteção e (B) leitura do valor obtido (adaptado de [96]).	24
Figura 21- Determinação da acidez titulável com hidróxido de sódio 0,1M: (A) cor inicial da solução e (B) ponto de viragem da titulação (cor final).	24
Figura 22- Colorímetro portátil Konica Minolta utilizado na medição instrumental da cor.	25
Figura 23- Procedimento para confeção dos muffins.	28
Figura 24- Esquema utilizado para registo dos parâmetros físicos dos <i>muffins</i>	29
Figura 25- Procedimento para medição do pH nas amostras de muffins.	29
Figura 26- (A) Exemplo da ficha de prova fornecida aos 16 provadores não-treinados e (B) exemplo da forma de apresentação das amostras de muffins para análise sensorial. A amostras codificadas (ML, MF e CN) foram apresentadas de forma aleatória.	30
Figura 27- Imagens reais das framboesas em estudo: (A) variedade Versailles e (B) variedade Pacific Deluxe.	32
Figura 28- Imagens reais das framboesas das variedades em estudo após o processo de liofilização: (A) variedade Pacific Deluxe e (B) variedade Versailles.	33
Figura 29- Curva de secagem das variedades Versailles e Pacific Deluxe a 30 e 40 °C. Os dados apresentados são expressos como valor médio e desvio padrão da percentagem de humidade remanescente removida das 5 réplicas de cada variedade em função do tempo.	34
Figura 30- Imagens reais das framboesa em estudo antes e após o desidratação em estufa a 30 e 40 °C.	35
Figura 31- Parâmetros L*, a*e b*obtidos para as variedades em estudo para framboesas frescas, liofilizadas e secadas a 30 e 40 °C. Letras diferentes representam diferenças significativas (p<0,05), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade.	36
Figura 32- Cromatogramas de framboesas vermelhas detetados a 520 nm: (A) Cromatograma reportado em [93] com identificação dos compostos: Cy-3-g: Cianidina-3-Glucosídeo, Cy-3-x: Cianidina-3-Xilosídeo, Cy 3-(6"-d-g): Cianidina 3-(6"-dioxalil-glucosídeo), Cy 3-(6"-s-gl): Cianidina 3-(6 " -succinil-glucosídeo); (B) Cromatograma da variedade Pacific Deluxe fresca; (C) Cromatograma da variedade Versailles fresca).	38

Figura 33- Resultados obtidos para o estudo do impacto das diferentes técnicas de desidratação ao nível dos compostos fenólicos das amostras em estudo. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade.	39
Figura 34- Teor de compostos fenólicos totais obtido pelo método de <i>Folin-Ciocalteu</i> para cada variedade de framboesa em estudo, tanto no seu estado fresco como após cada processo de desidratação utilizado. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade.	41
Figura 35- Imagens reais dos muffins confeccionados para as diferentes reduções de sal e de açúcar, na presença de framboesas frescas e liofilizadas ou na sua ausência (controlo negativo).	44
Figura 36- Parâmetros físicos dos muffins obtidos para avaliar o efeito da redução do teor de sal: (A) Peso (g), (B) Parâmetro 1 - comprimento (cm), (C) Parâmetro 2 - largura (cm), (D) Parâmetro 3 - Altura da base (cm), (E) Parâmetro 4 - Altura da base + Borda (cm) e (F) Parâmetro 5 - Altura Total (cm). Diferentes letras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) e maiúsculas/minúsculas/símbolos diferenciam as amostras.	46
Figura 37- Parâmetros físicos dos muffins obtidos para redução do teor de açúcar: (A) Peso (g); (B) Parâmetro 1 (comprimento (cm)); (C) Parâmetro 2 (largura (cm)); (D) Parâmetro 3 (Altura da base (cm)); (E) Parâmetro 4 (Altura da base + Borda (cm)); (F) Parâmetro 5 (Altura Total (cm)). Diferentes letras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) e maiúsculas/minúsculas/símbolos diferenciam as amostras.	47
Figura 38- Imagens reais dos muffins confeccionados com diferentes quantidades de drupéolas de framboesas frescas, secadas e liofilizadas.	48
Figura 39- Parâmetros de cor avaliados no sistema CIELAB obtidos para as variedades em estudo para framboesas frescas, liofilizadas e secadas a 30 e 40 °C. (A) parâmetro L^* (representação da luminosidade); B) parâmetro a^* (variação entre verde (negativo) e vermelho (positivo)); C) parâmetro b^* (variação entre amarelo (negativo) e azul (positivo)). Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade.	50
Figura 40- Parâmetros físicos dos muffins confeccionados com diferentes quantidades de drupéolas de framboesa: (A) Peso (g), (B) Parâmetro 1 - comprimento (cm), (C) Parâmetro 2 - largura (cm), (D) Parâmetro 3 - Altura da base (cm), (E) Parâmetro 4 - Altura da base + Borda (cm) e (F) Parâmetro 5 - Altura Total (cm). Diferentes letras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) e maiúsculas/minúsculas/símbolos diferenciam as amostras.	52
Figura 41- Imagens reais dos muffins confeccionados com os diferentes agentes levedantes: à esquerda muffins confeccionados com bicarbonato de sódio e à direita muffins confeccionados com fermento químico.	53
Figura 42- Parâmetros físicos dos muffins confeccionados com diferentes agentes levedantes: (A) Peso (g); (B) Restantes Parâmetros: Parâmetro 1 (comprimento (cm)); (C) Parâmetro 2 (largura (cm)); (D) Parâmetro 3 (Altura da base (cm)); (E) Parâmetro 4 (Altura da base + Borda (cm)); (F) Parâmetro 5 (Altura Total (cm)). Diferentes letras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) e maiúsculas/minúsculas diferenciam as amostras confeccionadas com diferentes agentes levedantes.	54
Figura 43- Aparência visual de soluções aquosas de antocianinas nos diferentes valores de pH (2–10) (adaptado de [116]).	55
Figura 44- Imagens reais dos muffins confeccionados com 60, 90 e 120 drupéolas de framboesas liofilizadas.	56
Figura 45- Imagens reais de muffins confeccionados com 120 drupéolas de framboesas frescas e diferentes agentes levedantes. À frente muffin confeccionado com bicarbonato de sódio e atrás muffin confeccionado com fermento químico.	57
Figura 46- Medições de pH dos muffins confeccionados com diferentes agentes levedantes. Resultados apresentados como média e desvio padrão de 3 réplicas. Diferentes letras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) e maiúsculas/minúsculas diferenciam as amostras confeccionadas com os diferentes agentes levedantes.	57
Figura 47- Classificação dos provadores não-treinados ($n=16$) relativa às diferentes formulações de muffins sujeita a análise sensorial: (A) CN- Muffins sem framboesas; (B) MF- Muffins com framboesas frescas; (C) ML- Muffins com framboesas liofilizadas.	59
Figura 48- Resumo da resposta dos provadores não-treinados ($n=16$) relativa às diferentes formulações de muffins: (A) CN- Muffins sem framboesas; (B) MF- Muffins com framboesas frescas; (C) ML- Muffins com framboesas liofilizadas. (Legenda: 1- desgostei muito; 2- desgostei; 3- indiferente; 4- gostei; 5- gostei muito).	60
Figura A1- Curva de calibração da malvidina-3-glucose.	A2
Figura A2- Curva de calibração do ácido gálico.	A2
Figura A3- Teor de compostos fenólicos totais obtido pelo método de <i>Folin-Ciocalteu</i> para cada variedade de framboesa em estudo, tanto no seu estado fresco como após cada processo de desidratação utilizado.	

Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade..... A3

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Composição nutricional por 100 g de framboesa fresca (adaptado de [6]).	6
Tabela 2 - Resumo das vantagens e limitações associadas às técnicas de desidratação enunciadas...14	14
Tabela 3 - Ingredientes e respetiva quantidade utilizada nas diversas formulações confeccionadas: Original- Formulação Original, Sal ₀ e Sal ₅₀ - Formulação com 0% e 50% do teor de sal, respetivamente, Açúcar ₅₀ e Açúcar ₇₅ - Formulação com 50% e 75% de açúcar, respetivamente, Final e Final _F - Formulação Final e Formulação Final com substituição do bicarbonato de sódio por fermento, respetivamente.....	27
Tabela 4 - Ingredientes e respetiva quantidade utilizada ao nível da formulação final para determinar a quantidade de framboesa a incluir: F ₆₀ , F ₉₀ , e F ₁₂₀ - Formulação com 60, 90 e 120 drupéolas de framboesa fresca, secada ou liofilizada, respetivamente.....	27
Tabela 5 - Caracterização físico-química das variedades de framboesa em estudo: Pacific Deluxe e Versailles. Os dados apresentados são expressos em termos de média e desvio padrão de três réplicas independentes.....	31
Tabela 6 - Parâmetros obtidos antes e após liofilização de framboesas Pacific Deluxe e Versailles. Os dados apresentados são expressos como valor médio e desvio padrão de quatro réplicas independentes.	33
Tabela 7 - Variação de cor entre as amostras frescas, liofilizadas e secadas das amostras em estudo..37	37
Tabela 8 - Tempos de retenção obtidos para os compostos identificados em cada variedade. Os resultados apresentados são a média de duas réplicas.	39
Tabela 9 - IC ₅₀ e AAI determinados nas diferentes amostras de framboesa em estudo. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade.	42
Tabela 10 - Dados da cor dos muffins confeccionados para as diferentes reduções dos teores de sal e de açúcar com framboesas frescas e liofilizadas.....	44
Tabela 11 - Dados de cor (topo e base) relativos aos muffins confeccionados com diferentes quantidades de drupéolas.	51
Tabela 12 - Dados de cor relativos aos muffins (topo e base) confeccionados com diferentes agentes levedantes e framboesas frescas.	53
Tabela A1 - Parâmetros L*, a* e b* obtidos para as variedades em estudo antes e após os processos de secagem. (L* (branco/brilho), a* (avermelhado/esverdeado) e b* (amarelado/azulado)). Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 5 leituras em cada três réplicas independentes.....	A4
Tabela A2 - Equivalentes de ácido gálico ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de amostra seca) nas amostras em estudo. Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 3 réplicas.	A4
Tabela A3 - Parâmetros L*, a* e b* obtidos no topo e base dos muffins confeccionados com diferentes teores de sal/açúcar. (L* (branco/brilho), a* (avermelhado/esverdeado) e b* (amarelado/azulado)). Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 5 leituras em cada três réplicas independentes.....	A5
Tabela A4 - Parâmetros físicos dos muffins confeccionados com diferentes teores de sal/açúcar. Dados expressos como desvio padrão do valor médio de 3 réplicas: P1, P2, P3, P4 e P5 correspondem aos parâmetros 1,2,3,4 e 5, respetivamente.	A6
Tabela A5 - Parâmetros L*, a* e b* obtidos no topo e base dos muffins confeccionados com diferentes quantidades de drupéolas. (L* (branco/brilho), a* (avermelhado/esverdeado) e b* (amarelado/azulado)). Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 5 leituras em cada três réplicas independentes.....	A7
Tabela A6 - Parâmetros físicos dos muffins confeccionados com diferentes quantidades de drupéolas. Dados expressos como desvio padrão do valor médio de 3 réplicas: P1, P2, P3, P4 e P5 correspondem aos parâmetros 1,2,3,4 e 5, respetivamente.....	A8
Tabela A7 - Parâmetros L*, a* e b* obtidos no topo e base dos muffins confeccionados com diferentes agentes levedantes. (L* (branco/brilho), a* (avermelhado/esverdeado) e b* (amarelado/azulado)). Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 5 leituras em cada três réplicas independentes.....	A8
Tabela A8 - Parâmetros físicos dos muffins confeccionados com diferentes agentes levedantes. Dados expressos como desvio padrão do valor médio de 3 réplicas: P1, P2, P3, P4 e P5 correspondem aos parâmetros 1,2,3,4 e 5, respetivamente.	A8

1. Introdução

1.1. Características Gerais da Framboesa

Os frutos vermelhos fazem parte da dieta humana há vários séculos, estando as framboesas entre os mais populares em todo o mundo. A framboesa é o fruto proveniente da framboeseira, um arbusto de raízes e copas perenes e caules/colmos bienais. Este fruto é definido como uma pseudobaga agregada semiesférica composta por numerosas drupéolas individuais, cada uma com uma única semente. As drupéolas encontram-se estreitamente unidas por fios quase invisíveis à volta do recetáculo, sendo que, quando colhida, a framboesa é separada deste núcleo central, tornando-se oca (**Figura 1**) [1]. A framboesa, nativa da Europa e do Norte da Ásia, é geralmente cultivada em regiões temperadas caracterizadas por invernos amenos e verões longos e suaves, sendo colhida entre os meses de maio e outubro [2, 3]. Esta pseudobaga pertence à família *Rosaceae* e ao género *Rubus L.* que, por sua vez, se encontra dividido em 12 subgéneros. Existem duas espécies principais de framboesa, vulgarmente conhecidas por Framboesas Vermelhas (*Rubus idaeus*) e Framboesas Pretas (*Rubus occidentalis*), sendo que, dentro de cada uma destas espécies existem diversas variedades de framboesa [4].

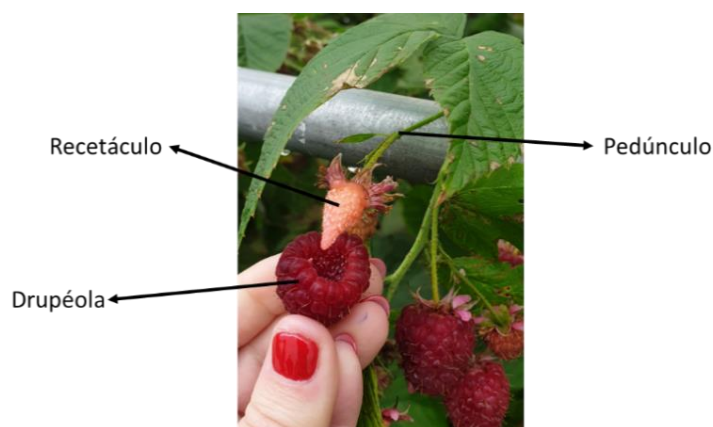


Figura 1- Morfologia da framboesa.

Para além da variedade da framboesa, é ainda possível distinguir dois tipos de framboesa consoante os hábitos de frutificação: a variedade não remontante ou de frutificação florricane e a variedade remontante ou de frutificação primocane. A variedade não remontante ou de frutificação florricane é aquela cuja frutificação ocorre após um ano de crescimento vegetativo e de um período de dormência durante o inverno. Esta variedade apresenta canas bianuais, ou seja, os rebentos do primeiro ano são vegetativos diferenciando-se no segundo ano em caules castanhos e amadeirados para a produção de frutos. Quanto à frutificação, esta variedade produz frutos desde o início até meados de verão, sendo que depois morre [5]. Relativamente à variedade remontante ou de frutificação primocane, a frutificação ocorre no próprio ano de plantação, possuindo caules verdes e carnudos que crescem a cada ano [6]. Durante o primeiro ano de crescimento, o novo primocane possui duas épocas de frutificação (início do verão e início do outono), passando por um período de dormência ou repouso no inverno (**Figura 2**) [5].

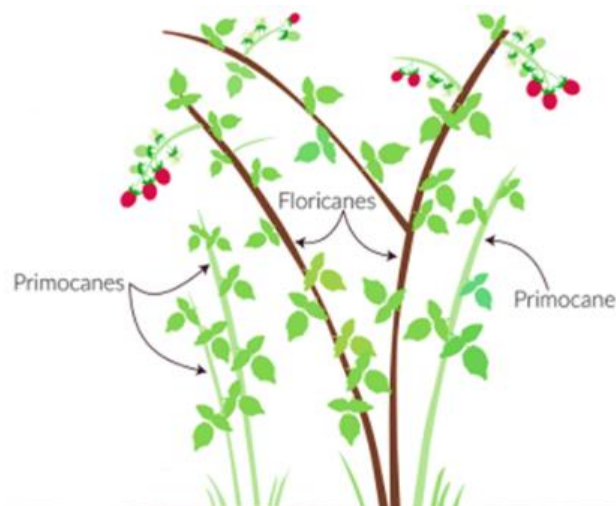


Figura 2- Classificação dos tipos de framboesa consoante os hábitos de frutificação (adaptado de [5]).

O amadurecimento do fruto é uma característica agronómica de elevada importância, pois corresponde à etapa final do desenvolvimento do fruto que envolve uma complexa interação entre processos celulares vegetais [7]. De um modo geral, o amadurecimento do fruto é caracterizado por alterações fisiológicas e bioquímicas muito importantes, que permitem a conversão de um fruto verde, menos apetitoso e apelativo, num fruto de elevado paladar, cor, aroma e rico nutricionalmente. No caso específico da framboesa, esta possui características sensoriais restritas que devem ser respeitadas no momento da sua colheita, não devendo ser colhida quando já totalmente madura. Isto deve-se ao facto de o amadurecimento, neste fruto em particular, provocar uma rápida perda de firmeza e textura, resultando, conseqüentemente, na elevada perecibilidade característica deste fruto.

Os frutos são caracterizados por possuírem um processo de desenvolvimento e amadurecimento controlado geneticamente, sendo essas mudanças altamente reguladas [8]. O etileno, hormona vegetal gasosa produzida durante o amadurecimento dos frutos, atua como iniciador e acelerador do amadurecimento dos mesmos [7]. A concentração de etileno é reduzida em frutos não maduros, no entanto, todos os tecidos vegetais produzem um nível basal deste composto. Sendo assim, o etileno pode-se acumular no interior do fruto e, posteriormente, ativar a sua própria produção (*feedback* positivo) [1]. O etileno é biossintetizado através de uma via comum que utiliza o aminoácido metionina como precursor (**Figura 3**), sendo que a primeira reação da via envolve a conversão de metionina, através da enzima metionina adenosil transferase, em S-adenosil metionina (SAM). Por sua vez, SAM é ainda convertida em ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) pela enzima ACC sintase. A porção de enxofre da metiltioribose gerada durante esta reação é reciclada de volta a metionina pela ação de uma série de enzimas. Através de uma reação mediada pela enzima ACC oxidase, ocorre a conversão direta de ACC em etileno, sendo que as enzimas ACC sintase e ACC oxidase são os principais pontos de controlo da biossíntese do etileno [1].

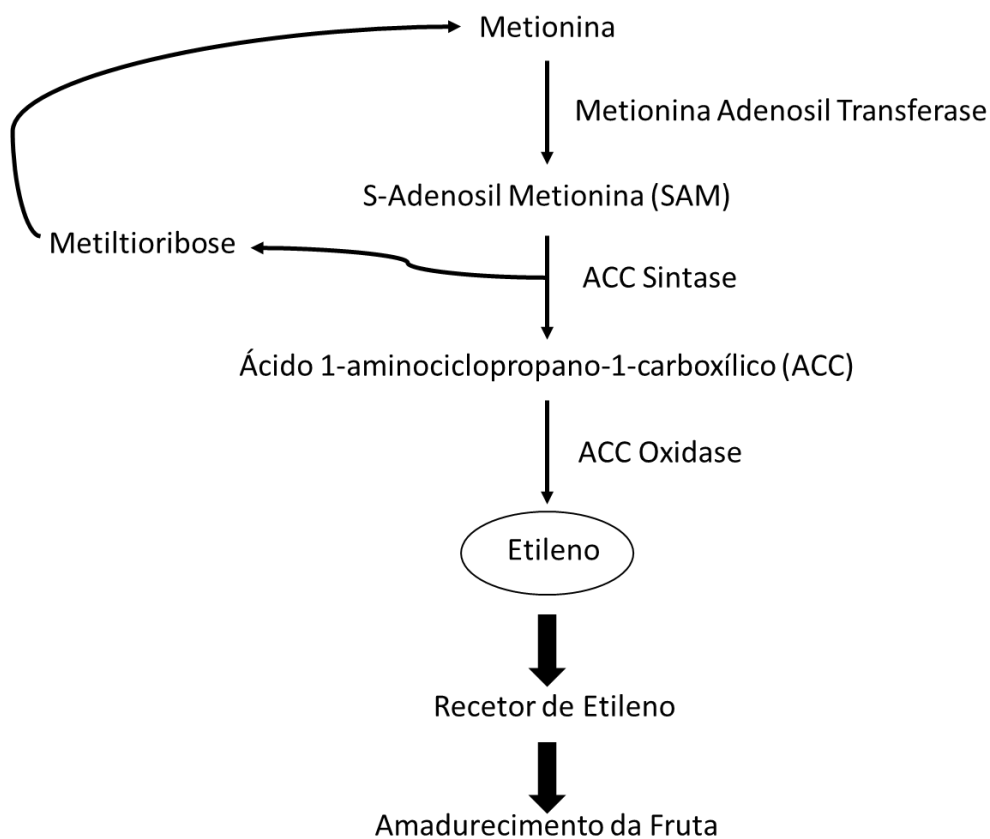


Figura 3- Via biossintética do etileno (adaptado de [9]).

Com base na evolução da produção de etileno e no padrão respiratório, os frutos carnudos podem ser classificados em frutos climatéricos e não climatéricos [10]. Os frutos climatéricos ou dependentes de etileno são aqueles que têm a capacidade de amadurecer após a colheita. Esta característica deve-se ao facto do etileno presente conseguir estimular a sua própria biossíntese (produção autocatalítica de etileno) e, também, ao seu perfil caracterizado por um aumento dramático na respiração e na produção de etileno durante o início do amadurecimento [11]. Por sua vez, frutos não climatéricos são aqueles que não conseguem amadurecer após a remoção da planta-mãe, e que por isso, apenas são colhidos quando aptos para consumo. Este tipo de frutos são definidos pela ausência de pico respiratório relacionado com o etileno e pela ausência do aumento climatérico na evolução de etileno [12]. No caso específico da framboesa, os relatos divergem sobre a sua classificação em climatérica ou não climatérica. No entanto, um estudo molecular sugere uma certa influência do etileno no amadurecimento e, conseqüentemente, na perda de firmeza deste fruto, existindo, ainda, evidências de que os níveis de transcrição da biossíntese de etileno aumentam com a progressão do amadurecimento e que esse etileno é proveniente do recetáculo do fruto (**Figura 4**) [1].

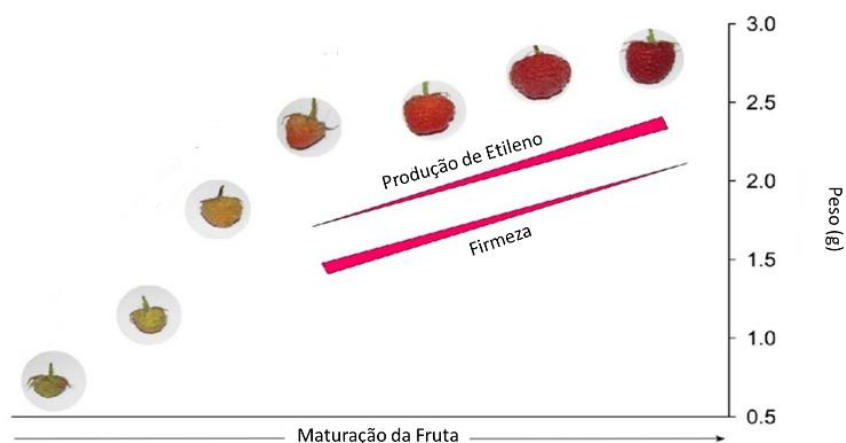


Figura 4- Evolução da produção de etileno ao longo da maturação da framboesa (adaptado de [13]).

Independentemente da classificação em climatérica ou não, as alterações de cor e textura são as principais modificações observadas durante o amadurecimento da framboesa. Também alterações ao nível do teor de ácidos orgânicos, açúcares e compostos voláteis [14] que contribuem para o sabor e aroma desta fruta são verificadas aquando do seu amadurecimento [15]. As principais alterações referidas baseiam-se em diversos mecanismos, nomeadamente na (i) alteração de cor, através da degradação da clorofila pela clorofilase, na presença de luz, diminuindo assim o teor de clorofila e, resultando, na acumulação de antocianinas e/ou carotenoides; (ii) aumento de diferentes metabolitos (ácidos, açúcares, compostos voláteis, entre outros) que afetam o sabor, aroma e a qualidade nutricional do fruto; (iii) aumento da suscetibilidade ao ataque de agentes patogénicos nos estados finais de amadurecimento, resultando na deterioração do fruto e (iv) mudanças ao nível da estrutura da parede celular e turgor celular que resultam na alteração da textura da fruta [8].

Muitas das mudanças que ocorrem na parede celular dos frutos são provocadas por atividades coordenadas e interdependentes de diversas enzimas modificadoras que são comuns à maioria dos processos de maturação das frutas [7]. Assim sendo, foi demonstrado que existe uma série de enzimas essenciais com impacto significativo no grau e na velocidade do processo de amolecimento dos frutos. Por exemplo, genes da β -galactosidase e da expansina atuam no início do processo de amadurecimento e restringem/controlam as atividades de outras hidrolases pécticas relacionadas com o amadurecimento (poligalacturonases, pectinmetilesterases, endo-1,4- β -glucanases, endotransglicosilases de xiloglucanas, e pectatoliasas) [16]. Estudos relativos ao amolecimento de frutas revelaram a ausência de alterações ao nível dos polímeros hemicelulósicos, contrastando com o aumento da solubilidade da parede celular de polissacarídeos ácidos acompanhados de despolimerização. Estas evidências sugerem que os compostos pécticos são os polímeros da parede celular mais afetados durante o amadurecimento do fruto [7].

A framboesa é uma das frutas silvestres mais populares e procuradas em todo mundo. Para além de possuir uma grande variedade de formas de consumo (fresca, compotas, sumos, geleias, entre outros), reduzido teor calórico e sabor único/peculiar, também a sua exploração em diversas áreas alimentares e de produtos para a saúde tem vindo a aumentar nos últimos anos [17]. Segundo a Organização Internacional da Framboesa (do inglês, *IRO*), a produção mundial de framboesa cresceu 80 % nos últimos anos, tendo passado de 373 mil toneladas produzidas para 684 mil toneladas entre 2014 e 2019 [18], tal como se pode ver na **Figura 5**. Evidências sugerem que cerca de 1/3 da produção de framboesa, se converte em framboesas demasiado maduras, partidas ou pisadas, cujas estufas produtoras não conseguem escoar para venda ou exportação, convertendo-se em subprodutos, na sua maioria sem aproveitamento comercial [19].

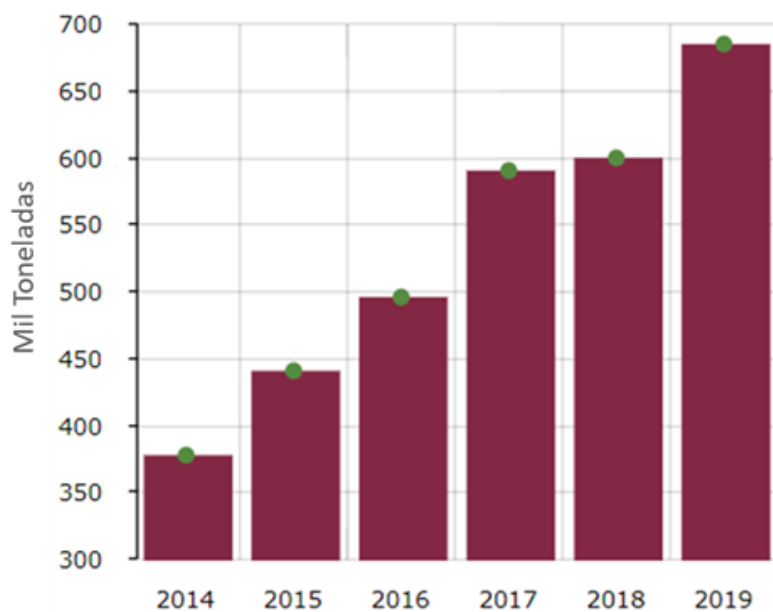


Figura 5- Produção mundial de framboesa entre 2014 e 2019 (adaptado de [18]).

1.1.1. Composição físico-química e nutricional da framboesa

A composição físico-química das framboesas em termos de teor de água, pH, sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix), açúcares totais e acidez titulável encontra-se representada na **Figura 6**. Tal como na maioria dos frutos, a água é o constituinte principal das framboesas. Este fruto apresenta, em média, cerca de 85,8 % de água [20] e, em média, cerca de 4,5 % de açúcares totais. Mais se sabe que a framboesa apresenta um valor médio de sólidos solúveis totais de 14,7 $^{\circ}$ Brix, estando esse valor relacionado com a biossíntese de açúcares solúveis [21]. Embora o desenvolvimento da doçura seja importante, a acidez também influencia em grande parte o sabor da fruta, contribuindo para a obtenção do tão desejado equilíbrio doce-ácido necessário para um sabor agradável. Por exemplo, uma grande quantidade de ácido resulta numa fruta azeda/amarga e desagradável, sendo que, inversamente, muito pouco ácido resulta numa fruta insípida [22]. No caso da framboesa, esta apresenta um pH médio de 3,4 [23] e valores de acidez titulável média de 2,1 % de ácido cítrico. Estabelecendo uma comparação com outras frutas, estas pseudobagas, em geral, apresentam maior acidez do que frutas como o morango, mirtilo, cereja (0,86, 0,58 e 0,55 % de ácido cítrico, respetivamente), tangerina (0,46 – 0,65 % de ácido cítrico) e valores de acidez inferiores ao limão (5,2 – 6,1 % de ácido cítrico) [24]. Para além do ácido cítrico, a acidez desta fruta deve-se à presença de outros ácidos orgânicos, tais como o ácido málico, oxálico e succínico [25].

Ao nível das características físico-químicas destas pseudobagas verifica-se a ocorrência de pequenas variações devido a diversos fatores, tais como clima, solo, condições de manutenção, exposição solar, cultivo, tempo de colheita, grau de maturação e manuseamento pós-colheita. Também, a origem geográfica da fruta possui influência significativa nas suas características físico-químicas [21].

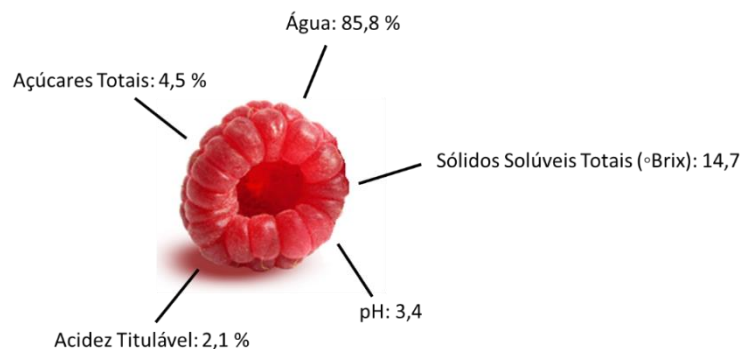


Figura 6- Composição química média da porção comestível da framboesa fresca (adaptado de [26]).

As framboesas são uma excelente fonte de diversos nutrientes, nomeadamente minerais essenciais (cálcio, fósforo, potássio, entre outros), vitaminas (vitamina C, colina, entre outros) e fibra dietética, sendo também uma excelente fonte de uma ampla variedade de polifenóis [6]. Para além deste fruto ser altamente valorizado devido ao seu elevado valor nutricional, também o seu reduzido teor calórico (52 kcal/100 g) atrai imensa popularidade (**Tabela 1**).

A polpa da framboesa, tal como dos outros frutos em geral, não é uma fonte rica em proteínas nem lípidos, possuindo apenas 1,2 g de proteína e 0,7 g de lípidos por cada 100 g de fruto fresco (**Tabela 1**). Os lípidos na framboesa encontram-se essencialmente na camada superficial do fruto, e por isso têm um papel importante na proteção contra a perda de água e ação dos agentes patogénicos [6, 21]. Os lípidos são ainda responsáveis pela aparência brilhante do fruto, uma característica de apreciação. Outro dos constituintes maioritários desta fruta são os hidratos de carbono (11,9 g/100 g). A framboesa caracteriza-se por ser um fruto rico em fibra dietética (6,5 g/100 g, **Tabela 1**) e por possuir a frutose como a principal forma de açúcar presente (2,4 g/100 g), seguida da glucose (1,9 g/100 g) e, por fim, sacarose (0,2 g/100 g) [21]. Tanto a fibra dietética como a frutose contribuem para a regulação dos níveis de açúcar no sangue ao abrandar a digestão e a absorção. No caso da frutose, esta possui um índice glicémico mais baixo quando comparado à glucose, pois contrariamente a esta, a frutose passa primeiro pelo fígado e, só depois, é convertida a glucose e libertada para a corrente sanguínea. Mais se sabe que a fibra dietética que constitui a framboesa, contribui, ainda, para um aumento do efeito de saciedade [6].

Tabela 1 - Composição nutricional por 100 g de framboesa fresca (adaptado de [6]).

Composição química		Minerais		Vitaminas	
Água (g)	85,75	Cálcio (mg)	25	Vitamina C (mg)	26
Energia (kcal)	52	Ferro (mg)	0,69	Colina (mg)	12
Proteínas (g)	1,20	Magnésio (mg)	22	Tiamina (µg)	32
Lípidos Totais (g)	0,65	Fósforo (mg)	29	Riboflavina (µg)	38
Hidratos de Carbono (g)	11,94	Potássio (mg)	151	Niacina (µg)	598
Fibra Dietética (g)	6,50	Sódio (mg)	1,00	Ácido Pantoténico (µg)	329
Açúcares (g)	4,41	Zinco (mg)	0,42	Vitamina B ₆ (µg)	55
Sacarose (g)	0,20	Cobre (mg)	0,09	Folato (µg)	21
Glucose (g)	1,86	Manganésio (mg)	0,67	Vitamina A, RAE (µg)	2
Frutose (g)	2,35	Selénio (µg)	0,20	Luteína-Zeaxantina (µg)	136
				Vitamina E, α-Tocoferol (µg)	870
				Vitamina K, Filoquinona (µg)	7

Apesar da grande variedade de vitaminas existentes na composição nutricional da framboesa (**Tabela 1**), estas são consideradas, essencialmente, boas fontes de colina (12 mg/100 g) e de vitamina C (26 mg/100 g), sendo que 100 g deste fruto fresco fornecem cerca de 50 % da dose diária recomendada de vitamina C [27]. Relativamente aos minerais, são diversos os que completam a composição deste fruto, sendo o cálcio (25 mg/100 g), o magnésio (22 mg/100 g), o fósforo (29 mg/100 g) e o potássio (151 mg/100 g) os minerais predominantes (**Tabela 1**) [27].

Para além do elevado teor de fibra dietética, vitaminas e minerais essenciais, as framboesas são, também, conhecidas pelo seu elevado teor em compostos bioativos. De entre os compostos bioativos, os compostos fenólicos são os predominantes nas framboesas, possuindo a capacidade de desencadear diversos efeitos benéficos na saúde humana [28].

1.1.2. Compostos bioativos da framboesa

Não só pelo seu sabor único e cor atraente, mas também pela sua abundância em compostos bioativos, a framboesa tem-se vindo a assumir como parte integrante da dieta dos consumidores, tendo já assumido o título de uma das “bagas” mais consumidas em todo o mundo [3]. Os compostos bioativos, nomeadamente compostos fenólicos, como ácido ascórbico, flavonóides (taninos, antocianinas, ácidos fenólicos e flavonóis) e ácidos elágicos, presentes nas framboesas desempenham diversos papéis importantes na saúde humana. As propriedades protetoras da framboesa são descritas ao nível da atividade antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana, anticancerígena, antidiabética, anti-obesidade e ao nível de doenças degenerativas, cardiovasculares ou oculares. Estas propriedades advêm dos seus compostos fenólicos, ainda que na sua maioria, a eficácia da atribuição esteja dependente da quantidade que efetivamente é absorvida pelo organismo. Por outro lado, o conteúdo de compostos fenólicos nestas “bagas” é determinado por diversos fatores, tais como genótipo, condições de cultivo, condições climáticas, grau de maturação, época e tempo de colheita e, ainda, das condições de armazenamento. Para além das funções biológicas benéficas que estes compostos desempenham, os compostos fenólicos estão, ainda, intimamente associados aos atributos sensoriais deste fruto [29, 30].

As framboesas possuem um perfil polifenólico único, caracterizado principalmente pelas suas antocianinas, sendo que o teor total nas framboesas varia muito consoante a variedade de framboesa, a localização geográfica, o clima, entre outros fatores. No entanto, estudos revelam que o teor total de antocianinas nas framboesas vermelhas pode variar entre 20 a 100 mg por 100 g de fruta fresca [31]. Estes compostos derivam das antocianidinas (não glicosiladas) através de uma reação de glicosilação [32]. Estes importantes compostos orgânicos naturais são caracterizados pela sua solubilidade em água e sensibilidade ao pH. As antocianinas são constituídas por um anel aromático ligado a um anel heterocíclico com oxigénio, que, por sua vez, também se encontra ligado por uma ligação carbono-carbono a um terceiro anel aromático (**Figura 7A**) [33]. Estes compostos são responsáveis por conferirem às “bagas” tonalidades de azul, roxo, vermelho e rosa, importantes para atrair polinizadores e dispersores de sementes [34].

A síntese das antocianinas é induzida por stresses bióticos e abióticos (oxigénio, temperatura, luz, enzimas e pH). A exposição à luz é um dos fatores abióticos que mais contribui para o aumento da biossíntese de antocianinas, sendo que, por sua vez, as elevadas temperaturas são um dos fatores abióticos que mais influenciam a supressão da sua biossíntese [35]. Por outro lado, os stresses bióticos e abióticos a que estes frutos são sujeitos levam, ainda, à criação de diferentes concentrações e perfis distintos de antocianinas no próprio fruto. Pelargonidina, delphinidina, cianidina, peonidina, petunidina e malvidina são as seis antocianinas mais comuns na natureza, sabendo-se que, no caso das framboesas, a cianidina-3-*O*-glucosídeo é a antocianina

predominante [34]. Estas antocianinas diferem entre si no grau de hidroxilação e metoxilação dos seus anéis, sendo que a saturação da cor aumenta com o aumento do número de grupos hidroxilo e diminui com a adição de grupos metoxilo [36]. Na **Figura 7** encontra-se uma representação da estrutura química das antocianinas, bem como das suas seis subformas e, ainda, da cianidina-3-*O*-glucosídeo (**Figura 7B**).

As antocianinas são conhecidas por serem um dos antioxidantes naturais mais poderosos [37]. Estes compostos orgânicos possuem uma importância vital na prevenção de diversas doenças desencadeadas pelo stress oxidativo, protegendo as células e o organismo humano da oxidação. A sua capacidade preventiva advém da supressão da produção de radicais livres, do aumento da capacidade antioxidante endógena das células e da eliminação de radicais livres [38]. A sua elevada atividade antioxidante é inerente à capacidade do anel fenólico estabilizar e aceitar eletrões desemparelhados das espécies reativas de oxigênio (do inglês, *ROS*) [2]. As ações preventivas e terapêuticas das antocianinas são diretamente proporcionais à sua absorção e metabolismo no corpo humano. Quanto à sua biodisponibilidade, esta está dependente da fração de compostos ingeridos que atingem o sistema circulatório e tecidos/órgãos específicos para exercer efeitos biológicos na saúde humana. No entanto, esta biodisponibilidade só é contabilizada após todo um processo que inclui a absorção, distribuição, metabolismo e excreção dos compostos ingeridos. Já a absorção das antocianinas é dependente de diversos fatores, nomeadamente a estrutura química, a natureza das matrizes alimentares e a interação com outros micro-, macro- e fitonutrientes. Também o tipo e extensão do processamento e da preparação dos alimentos, bem como os fatores nutricionais, fisiopatológicos e genéticos do indivíduo contribuem para a absorção das antocianinas [39].

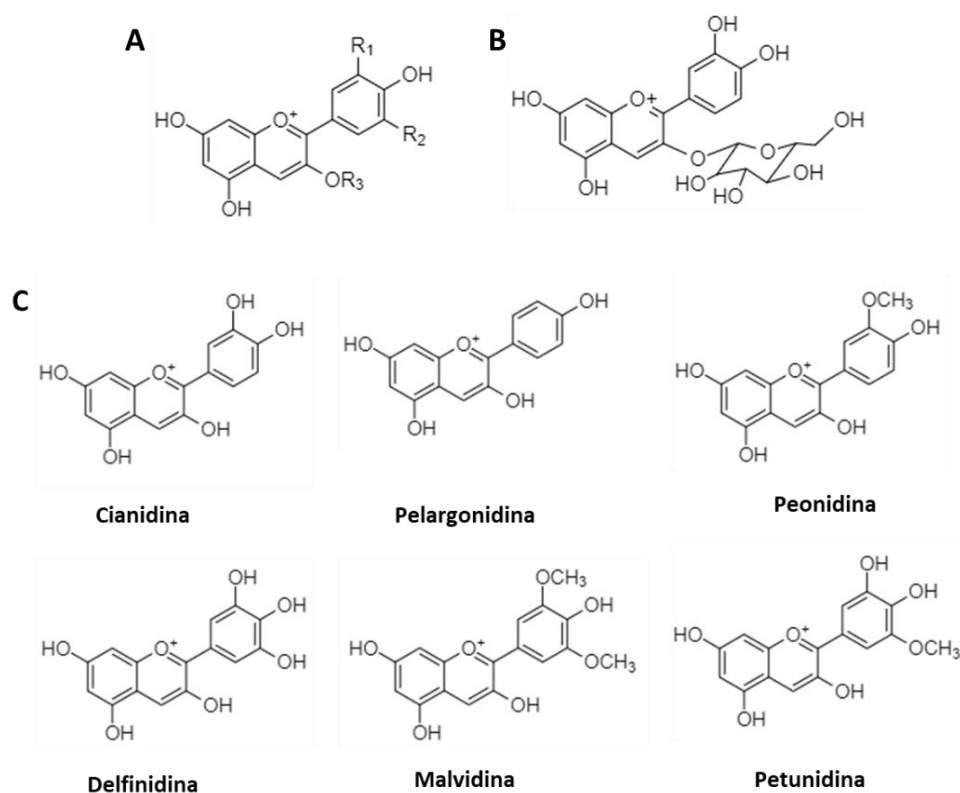


Figura 7- Representação da estrutura química (A) genérica de uma antocianina, (B) da cianidina-3-*O*-glucosídeo e (C) das seis principais subformas de antocianinas (adaptado de [2, 40, 41]).

Do ponto de vista nutricional, as antocianinas são metabolizadas no sistema digestivo, tal como um alimento [42], podendo ser absorvidas intactas na sua forma glicada [39]. A absorção das antocianinas tem início a nível gástrico onde, através de uma orientação eletrostática, atingem a superfície epitelial. A superfície epitelial é formada por uma única camada de células assente sobre uma submucosa altamente vascularizada, onde alguns tipos de células (células mucosas superficiais e células parietais secretoras de ácido) expressam bilitranslocase e um número limitado de outros transportadores de membrana. Bilitranslocase é definido como o transportador de membrana específico das antocianinas, uma vez que estas são moléculas hidrofílicas estruturalmente complexas e grandes [43]. Devido à sua complexidade e tamanho, as antocianinas não se conseguem difundir passivamente através das membranas biológicas. Sendo assim, um ou mais transportadores de membrana do epitélio digestivo controlam o seu fluxo desde o epitélio digestivo até ao sangue [44]. O processo de absorção continua depois no intestino delgado, sendo considerado o principal local de absorção destes compostos. Para que possa ocorrer a sua absorção, as antocianinas devem ser hidrolisadas a agliconas pelas enzimas α -ramnosidase, β -glucuronidase ou β -glucosidase. Tal deve-se ao facto de as agliconas no estado livre serem mais hidrofóbicas e menores do que os glucosídeos, podendo infiltrar-se facilmente na camada epitelial de forma passiva [45]. Outro mecanismo possível para ocorrer a absorção das antocianinas passa por recorrer a um mecanismo de transporte ativo para transportar glucosídeos através da parede intestinal. Um dos mecanismos utilizados é o transportador de glucose dependente de sódio (do inglês, *SGLT1*) que permite que os glucosídeos intactos sejam absorvidos pelo intestino delgado [45]. Posteriormente, a nível hepático e renal, as antocianinas são convertidas através de enzimas em glucuronídeos, metilatos e sulfatos. Essas formas conjugadas de antocianinas podem ser excretadas via bÍlis para o jejuno e recicladas pelo sistema de circulação entero-hepática no intestino/cólon [46]. A **Figura 8** representa o potencial mecanismo de absorção e excreção de antocianinas.

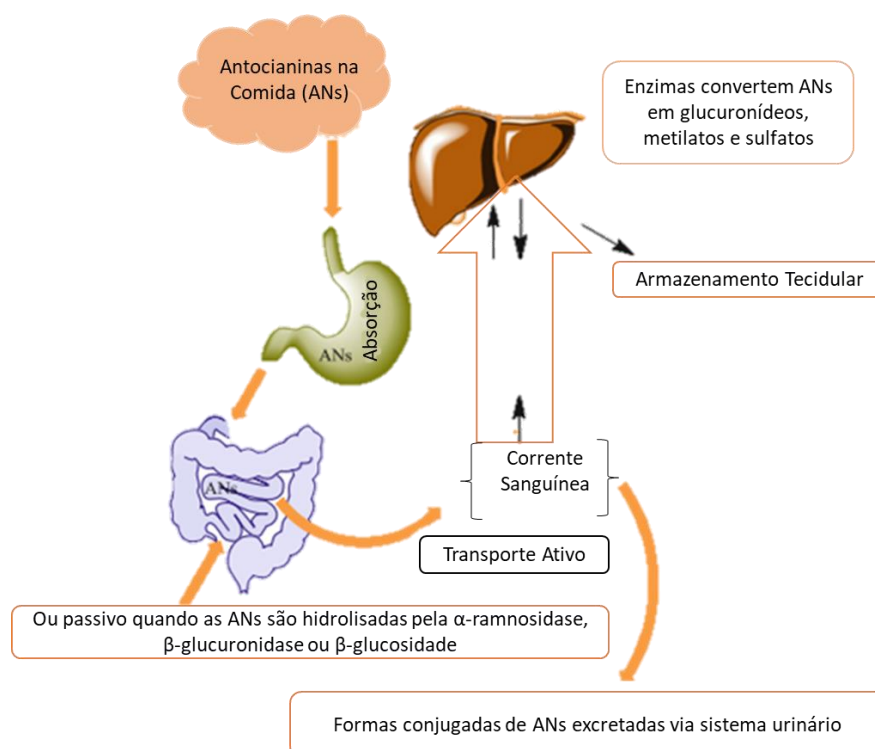


Figura 8- Esquema geral da absorção e excreção das antocianinas (ANs) (adaptado de [45]).

Estudos recentes evidenciaram que o consumo diário de 275 mL de sumo de framboesa resulta num aumento de cerca de 30 % do *status* antioxidante total do plasma em humanos [47]. Esse aumento possui efeitos terapêuticos contra doenças desencadeadas pelo stress oxidativo, uma vez que estas pseudobagas são ricas em poderosos antioxidantes, como as antocianinas [48]. Num organismo saudável, a geração de ROS é equilibrada pelas atividades das espécies antioxidantes [49], sendo que o aumento da geração de ROS ou a diminuição da defesa antioxidante são referidos como stress oxidativo. Encontra-se cientificamente comprovado que em situações em que haja um desequilíbrio entre a produção de radicais livres e a capacidade antioxidante do organismo, as biomoléculas como DNA, lípidos e proteínas são danificadas. Após o dano referido, o funcionamento celular fica comprometido, desencadeando a progressão de diversas doenças, tais como cancro, doenças cardiovasculares, doenças neurodegenerativas, entre outras (Figura 9) [49].

Diversos estudos elaborados com padrões de antocianinas enaltecem o papel eficaz das antocianinas na diminuição da produção de radicais livres como os ROS, tendo sido sugerido que um consumo diário de 766 mg de antocianinas (consumo equivalente a cerca de 800 g de framboesas frescas) surte o efeito supramencionado [50]. As antocianinas funcionam como inibidores de mutagénese e carcinogénese, tendo sido documentado que quando ingeridas numa quantidade igual a 958 mg, durante 10 dias consecutivos (consumo equivalente a cerca de 1 kg de framboesas frescas), possuem propriedades quimiopreventivas (Figura 9) [51, 52]. Também ao nível cardiovascular, as antocianinas possuem uma atividade bastante importante (Figura 9), sendo o endotélio vascular um dos principais alvos da ação das antocianinas. Ao nível do endotélio vascular, atuam como agentes vasodilatadores e redutores da permeabilidade e fragilidade dos capilares sanguíneos, reparando proteínas danificadas presentes nas paredes dos vasos sanguíneos [53, 54]. Foi sugerido que um consumo de 1 g de antocianinas durante 6 semanas (consumo equivalente a cerca de 1 kg de framboesas frescas) melhora a função endotelial, diminuindo a fragilidade dos capilares sanguíneos e neutralizando enzimas prejudiciais que possam vir a destruir os tecidos conjuntivos [55].

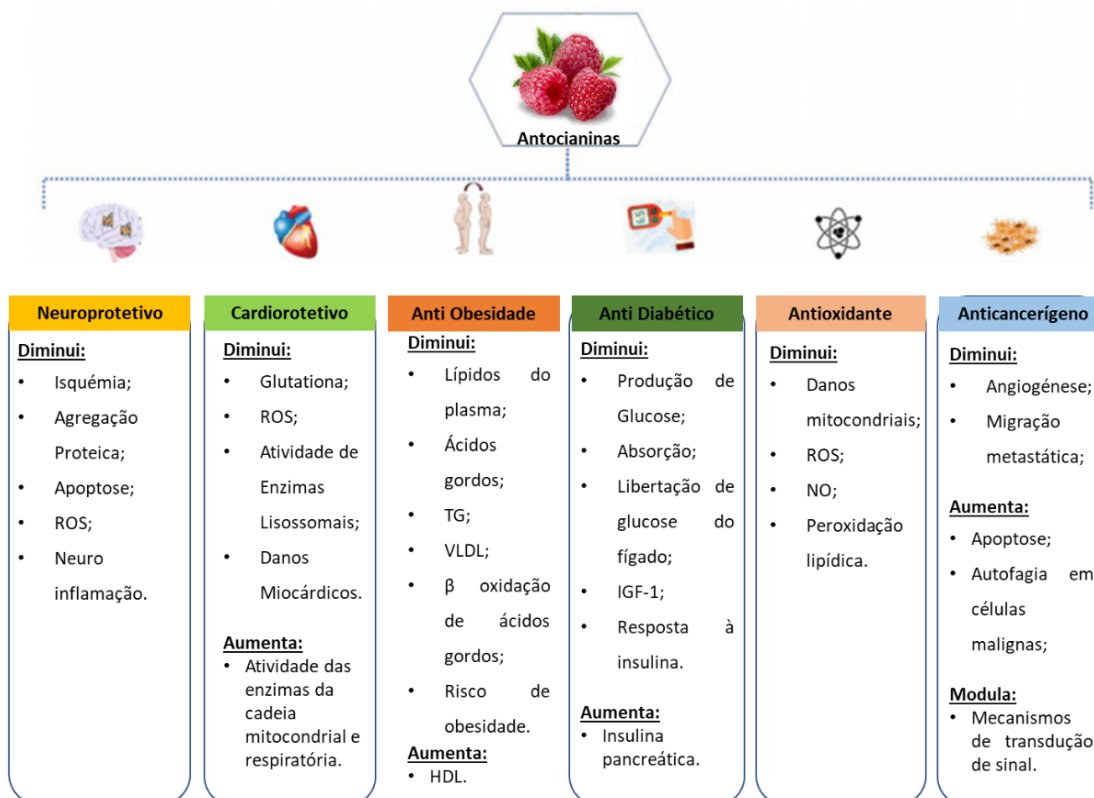


Figura 9 - Resumo dos diversos efeitos benéficos das antocianinas (adaptado de [40]).

Alimentos ricos em antocianinas, como é o caso da framboesa, estão ainda associados à diminuição do risco de ocorrência de aterosclerose, uma doença cardiovascular (**Figura 9**). Tal deve-se ao facto de se sugerir que uma ingestão de 1,1 g de antocianinas durante 8 semanas (consumo equivalente a cerca de 1,1 kg de framboesas frescas) diminui em 28 % o colesterol LDL oxidado no plasma [56]. Estudos sugerem também uma influência das antocianinas ao nível da inibição da expressão do fator de crescimento endotelial vascular, um importante fator pró-angiogénico e pró-aterosclerótico que, quando ativado, pode causar o desenvolvimento deste tipo de doenças [41]. No entanto, a demonstração mais impressionante da ação das antocianinas em tecidos e órgãos, está relacionada com a sua ação a nível neurológico (**Figura 9**). Estudos recentes comprovaram a presença de antocianinas no tecido cerebral e a sua capacidade para atenuar o stress oxidativo, modular a sinalização celular e impedir a neurodegeneração provocada pelas ROS através do aumento da proteção oxidativa aquando de uma ingestão de 239 mg de antocianinas durante 3 semanas consecutivas (consumo equivalente a cerca de 240 g de framboesas frescas) [57-59]. Essas ações são conseguidas através de vários mecanismos, nomeadamente ativação da via de sinalização para sobrevivência, supressão da ativação microglial e supressão dos processos neuroinflamatórios [60].

A prevenção da diabetes também está associada à ingestão de antocianinas e à sua significativa capacidade antioxidante (**Figura 9**), visto que estas protegerem as células pancreáticas, responsáveis por monitorizar o nível de absorção de glucose, contra os danos oxidativos. Assim, é possível controlar os níveis de glucose no sangue e contribuir para a prevenção da ocorrência de diabetes, sendo que a ingestão de 1 g de antocianinas, 2 vezes ao dia, durante 6 semanas aumenta em $1,7 \pm 0,5$ mg por kg a sensibilidade do organismo à insulina [56] [61].

A nível ocular também existem evidências dos efeitos positivos da ação das antocianinas, através da melhoria da regeneração da rodopsina e adaptações ao escuro, sendo que o cansaço visual também pode ser reduzido significativamente devido à ingestão destes compostos [62]. No entanto, ainda não existem estudos clínicos que comprovem este benefício. Por último, mas não menos importante, acredita-se que os alimentos ricos em antocianinas retardem o processo de envelhecimento. Tal deve-se ao facto do envelhecimento ser causado, principalmente, por danos oxidativos provocados por radicais livres ao nível da estrutura do DNA, proteínas, lípidos, entre outros componentes [41].

Não descurando as características organoléticas únicas da framboesa, são os seus diversos efeitos benéficos que despoletaram a tão elevada procura deste fruto por parte do consumidor. Contudo, a sua elevada perecibilidade tem-se traduzido, conseqüentemente, numa elevada taxa de geração de subprodutos, para os quais a principal via de escoamento é o mercado de congelados [63]. No entanto, a congelação é uma técnica bastante dispendiosa em termos energéticos e que provoca alterações ao nível dos atributos de qualidade da fruta, pelo que se torna essencial optar por métodos alternativos que permitam a valorização destes subprodutos da framboesa. Neste sentido, as técnicas de desidratação têm-se revelado bastante promissoras para esse fim, estando já a ser utilizadas pela indústria alimentar na desidratação de diversos frutos, como maçã, abacaxi e banana [64-66], permitindo a obtenção de frutos desidratados para serem consumidos como *snacks* ou incorporados noutra tipo de alimentos, como por exemplo, em cereais de pequeno-almoço ou em produtos de panificação como as bolachas e os *muffins*. No entanto, este tipo de abordagem, ainda, não foi, tanto quanto se sabe, aplicada às framboesas e muito menos aos seus subprodutos criando, assim, uma oportunidade à sua exploração, investigação e valorização.

1.2. As Técnicas de Desidratação e suas Vantagens e Desvantagens no Processamento de Fruta Perecível

A desidratação, processo pelo qual a água livre é reduzida significativamente dos alimentos como resultado da transferência simultânea de calor e de massa, tem sido considerada uma das técnicas mais eficazes para o processamento de frutas perecíveis [67, 68]. Esta técnica de processamento possui inúmeras vantagens para as indústrias de frutos perecíveis, nomeadamente (i) aumento da vida útil do fruto através da redução do conteúdo e da atividade da água, diminuindo assim a água disponível para reações de degradação de natureza química, enzimática ou microbiológica; (ii) redução dos custos associados aos sistemas de refrigeração para transporte e armazenamento do produto; (iii) redução dos requisitos de espaço para armazenamento e transporte, devido à diminuição de peso e volume do produto e (iv) diversificação da oferta de alimentos com diferentes sabores e texturas, oferecendo ao consumidor outras opções na hora de compra [69].

Relativamente aos métodos de desidratação, estes podem ser classificados em duas categorias: métodos naturais e métodos artificiais de desidratação. Os métodos naturais utilizam a energia solar para a remoção da água dos alimentos, com a desvantagem de depender das condições climáticas e de possuir um baixo desempenho operacional, para além de exigirem uma grande área de superfície para a operação [70]. Por sua vez, os métodos artificiais têm a capacidade de remover uma grande quantidade da água presente nos alimentos com recurso a um equipamento mecânico ou elétrico de forma mais rápida e eficiente. Neste tipo de método é ainda possível controlar os vários fatores envolvidos no processo de desidratação, nomeadamente a temperatura, o fluxo de ar e o tempo de desidratação [70]. A nível industrial predominam os métodos artificiais de desidratação, sendo os mais utilizados a secagem convectiva e, em alguns casos, a liofilização [3].

1.2.1. Secagem convectiva

A técnica de secagem convectiva é das técnicas de desidratação mais comumente utilizadas em meio industrial para proceder à desidratação de produtos alimentares. Esta técnica baseia-se na entrada de ar atmosférico, passando primeiramente por um filtro, para o interior do aparelho. Posto isto, dá-se o aquecimento do ar proveniente do exterior e ocorre a transferência do calor necessário para a superfície dos alimentos através de uma corrente convectiva de ar quente (**Figura 10**). De seguida, esse calor é transferido para o interior do alimento por difusão ou convecção, dependendo da estrutura do produto [71]. Assim, este fluxo de calor provoca aumento da temperatura do produto e, conseqüentemente, evaporação da água. Por sua vez, a pressão criada entre a superfície e o interior do alimento devido à evaporação provoca a transferência da água interna para a superfície do alimento. Essa transferência pode ser feita por difusão, convecção ou capilaridade. Posteriormente, retira-se o teor de água presente no alimento sob a forma de vapor de água para o ar por convecção [72]. Apesar de permitir um controlo preciso da temperatura durante a desidratação, de transferir/distribuir uniformemente o calor no produto, independentemente do tamanho ou textura do alimento, de possuir uma baixa taxa de contaminação associada e de requerer um baixo custo associado à mão de obra, a secagem convectiva possui diversas desvantagens a ela associadas [71]. Além de ser um processo de longa duração e de elevado consumo energético, é também considerada uma técnica altamente destrutiva, pois ocorre a elevadas temperaturas durante longos períodos. Isto resulta na geração de tensões ao nível da estrutura celular do produto secado, levando a mudanças na sua forma e diminuição do seu volume, devido ao colapso das células e espaços intercelulares. Sabe-se, ainda,

que promove alterações ao nível do sabor, cor e composição nutricional no alimento desidratado [73].

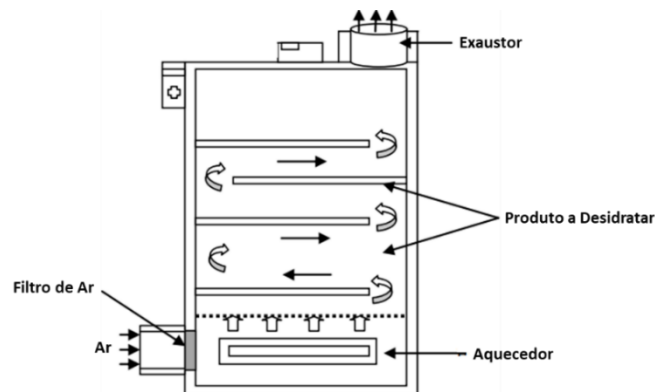


Figura 10- Representação de um Secador Convectivo (adaptado de [70]).

1.2.2. Liofilização

Na **Figura 11** encontra-se representado um esquema geral de um liofilizador. Basicamente este aparelho é constituído por quatro partes: uma câmara de secagem, um condensador, uma bomba de vácuo e um compressor. A câmara de secagem encontra-se destinada à receção do produto a desidratar, estando diretamente ligada ao condensador. Por sua vez, o condensador encontra-se ligado à bomba de vácuo [74].

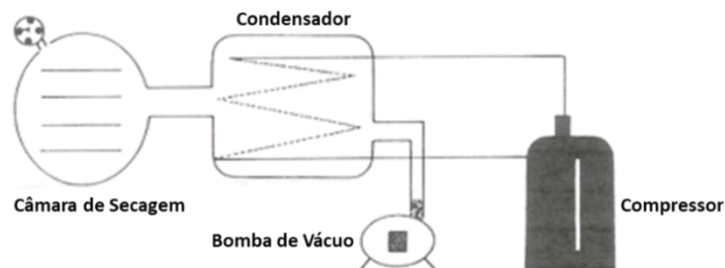


Figura 11- Esquema geral de um Liofilizador [74].

A liofilização é um processo cuja desidratação é conseguida através da sublimação direta de amostras congeladas. Essa sublimação é elaborada em condições especiais de elevado vácuo e baixas temperaturas (combinação de temperatura e pressão abaixo do ponto triplo no diagrama de fases da água). A indisponibilidade de água líquida e a baixa temperatura de operação resultam num produto final de elevada qualidade e onde a maioria das reações microbiológicas são completamente interrompidas. Esta técnica é ainda definida como a técnica preferencial para a desidratação de alimentos que possuem compostos termicamente sensíveis e sensíveis à oxidação, uma vez que opera sob condições de baixas temperaturas e elevado vácuo [70]. Contudo, inerente a todas estas vantagens vem associado um elevado custo de equipamento e elevado consumo energético [70].

O método de funcionamento desta técnica pode ser dividido em três fases: congelamento inicial, desidratação primária e desidratação secundária. No que toca à etapa de congelamento inicial, esta provoca a formação de pequenos cristais de gelo nas moléculas do alimento. A

formação desses cristais de gelo conduz à separação do soluto do solvente. O soluto é então confinado à região intersticial da matriz que contém os solutos da formulação original, mas também a água que não cristalizou [74]. Esta etapa inicial permite uma sublimação mais rápida na secagem primária e uma sublimação mais lenta na secagem secundária, devido ao tamanho e formação de gelo existente neste nível do procedimento [75]. Quando se atinge, respetivamente, a temperatura e pressão requeridas na câmara de secagem e no condensador, tem início a etapa de desidratação primária. Esta é definida como o período em que a temperatura da placa é aumentada de tal forma a que os cristais de gelo se separem da fase de soluto por sublimação [76]. Posto isto, a temperatura do produto é então diminuída para assegurar uma matriz completamente congelada ao longo de todo o processo. Nesta etapa, o vapor de água está continuamente a ser removido dos alimentos com recurso a uma bomba a vácuo, sendo, posteriormente, condensado em bobinas de refrigeração [76]. Essa remoção contínua do vapor de água deve-se ao facto da pressão existente no interior do liofilizador ser inferior à pressão de vapor existente na superfície do gelo e tem como objetivo evitar o aumento da pressão do sistema [75]. O final desta primeira etapa verifica-se, normalmente, através do aumento da temperatura do produto para um valor próximo da temperatura ambiente. Em termos visuais equivale ao desaparecimento da interface entre a camada seca e a camada congelada [75]. É, ainda, importante referir que cerca de 90% da água presente nos frutos é removida nesta primeira fase de liofilização [70].

Após a desidratação primária, tem início a etapa de desidratação secundária. Esta etapa pode ser definida como um processo dinâmico associado a elevadas taxas de fluxo de vapor. Mais se sabe que esta etapa é muito menos eficiente que a anterior, pois possui uma duração de cerca de 30–40% do tempo total do processo de desidratação, mas apenas remove cerca de 5–10% da água remanescente na amostra [76]. O teor de humidade final pode ser reduzido através de um aumento da temperatura da placa ou de uma redução da pressão parcial do vapor de água existente na superfície do produto. O principal benefício desta etapa é permitir diminuir o teor de humidade residual do produto, impedindo que ocorra crescimento microbológico ou reações físico-químicas. A conclusão desta etapa é atingida quando a temperatura do produto se aproximar da temperatura da placa por um determinado período de tempo [75].

A **Tabela 2**, sintetiza as principais vantagens e limitações associadas às técnicas de desidratação previamente enunciadas.

Tabela 2 - Resumo das vantagens e limitações associadas às técnicas de desidratação enunciadas.

Técnica	Vantagens	Limitações
Secagem Convectiva	<ul style="list-style-type: none"> -Controlo da temperatura durante a desidratação; -Distribuição uniforme do calor no produto; -Baixa taxa de contaminação; -Baixo custo associado a mão de obra. 	<ul style="list-style-type: none"> -Baixa taxa de transferência de calor; -Baixa eficiência energética; -Depende da condutividade térmica; -Processo moroso (várias horas); -Destruutivo em termos organoléticos e nutricionais.
Liofilização	<ul style="list-style-type: none"> -Elevada taxa de remoção de água; -Substâncias oxidáveis são protegidas; -Reduzida taxa de contaminação; -Perda mínima de compostos voláteis e nutrientes sensíveis ao calor; -Constituintes da matéria seca permanecem homogeneamente dispersos; -Reduzido impacto na cor e sabor. 	<ul style="list-style-type: none"> -Elevado custo de equipamento; -Elevado consumo energético; -Baixo rendimento de produção.

1.3. Produtos de Panificação

Os produtos de panificação, tais como, as bolachas e os *muffins*, são dos produtos mais populares e consumidos em todo o mundo por pessoas das mais diversas faixas etárias. Tal deve-se ao seu sabor, versatilidade, variedade, praticidade, elevado prazo de validade, textura e aparência [77]. Por exemplo, no caso particular das bolachas, estima-se que entre 2019-2027, o seu mercado Europeu aumente cerca de 4,4 %, traduzindo-se num aumento de cerca de 90 mil toneladas produzidas no período supracitado [78]. Relativamente ao mercado de *muffins* é estimado que entre 2021 e 2025, este aumente cerca de 3% durante o período mencionado [79].

Por serem dos produtos alimentares mais consumidos em todo o mundo, pelas facilidades tecnológicas que propiciam ao possuírem uma grande variedade de formulações e pela sua grande flexibilidade quanto a matérias-primas e características do produto final, os produtos de panificação são dos produtos que mais têm vindo a sofrer alterações a nível nutricional, nomeadamente através da sua fortificação com ingredientes funcionais, tais como antioxidantes, vitaminas, minerais e fibra dietética [80]. Por outro lado, a identificação de ingredientes bioativos naturais que garantam o aprimoramento nutricional e maximizem a biodisponibilidade de nutrientes essenciais, tem-se tornado um dos principais focos de interesse do mercado alimentar.

O não comprometimento da boa qualidade sensorial do produto, a saudabilidade, a praticidade, a conveniência e a semelhança a um alimento convencional são os principais requisitos existentes no desenvolvimento e inovação deste tipo de produtos [80]. No entanto, aquando do desenvolvimento de produtos com alegações de saúde, é necessário que estas sejam comprovadas por entidades competentes. Por exemplo, nos Estados Unidos da América compete à *Food and Drug Administration (FDA)* essa aprovação e na Europa compete à *European Food Safety Authority (EFSA)*, sendo que essas alegações têm de ser suportadas por dados científicos e pela concordância generalizada dos investigadores das áreas de alimentação e nutrição [81]. Fontes vegetais, animais ou microbianas são as principais fontes de compostos bioativos com efeitos benéficos para a saúde. No entanto, os compostos bioativos derivados de frutas continuam a ser os pilares do mercado dos alimentos funcionais. Tal deve-se à sua ampla gama de componentes benéficos para a saúde, nomeadamente fibras alimentares, vitaminas, compostos antioxidantes e às perceções de naturalidade que transmitem ao consumidor [80].

1.3.1. Principais ingredientes utilizados no fabrico de produtos de panificação

Os produtos de panificação são constituídos maioritariamente, por três ingredientes principais (percentagem apresentadas relativas à massa total): farinha (podendo atingir cerca de 50 %), açúcar (25-55 %) e um emulsionante (20-60 % de gordura), que são misturados/amassados e, posteriormente, sujeitos a um processo de cozedura. Estes produtos inserem-se na *categoria 07.2.1 Cakes, cookies and pies (e.g. fruit-filled or custard types)*, segundo o *Codex Alimentarius* [82] e caracterizam-se pela sua grande variedade de tamanhos e sabores (doces, salgados, com ou sem recheio, etc). Este tipo de produto é também caracterizado pelo seu reduzido teor de humidade que assegura uma baixa contaminação microbiológica e, conseqüentemente, um maior tempo de prateleira [77]. Em termos moleculares, estes produtos são definidos como um polímero orgânico composto por agregados de proteína, lípidos e açúcares, que incorporam os grânulos de amido e retêm gases durante o processo de cozedura (**Figura 12**) [83].

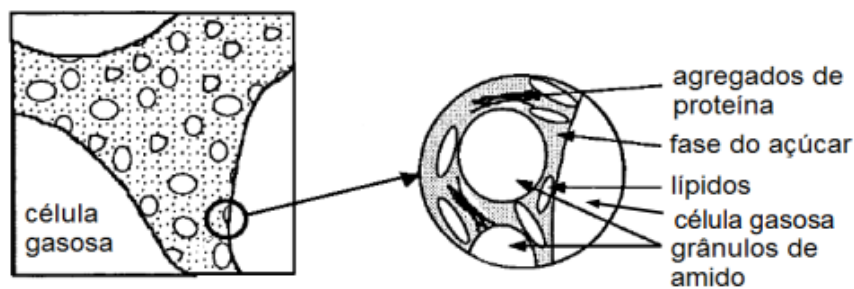


Figura 12- Representação esquemática da matriz estrutural de produtos de panificação, como os *muffins* (adaptado de [84]).

Os ingredientes utilizados na confecção deste tipo de produtos desempenham um papel direto nas suas características distintivas, tanto ao nível das suas características reológicas como da sua textura, proporcionando variações ao nível da sua cor, aroma, textura, sabor e tamanho. Mais se sabe que alguns produtos desta categoria são considerados macios, estaladiços, alguns mantêm a sua forma e outros expandem-se durante a cozedura [82]. Todas estas características enunciadas são o que tornam os produtos de panificação bastante consumidos em todo o mundo, pois conferem-lhes versatilidade e permitem agradar a um vasto número de consumidores com gostos tão distintos.

Farinha. A farinha é considerada o principal ingrediente das formulações de produtos de panificação, sendo a farinha mais utilizada a farinha de trigo. Esta funciona como uma matriz na qual os restantes ingredientes vão ser misturados para se obter uma massa e contribui, também, para a textura e formato do produto final [83]. A predominante utilização de farinha de trigo na confecção deste tipo de produtos deve-se ao facto desta possuir uma boa relação quantidade/qualidade de proteínas, nomeadamente gliadinas e gluteninas, com capacidade para formar uma rede viscoelástica capaz de reter o ar, denominada por glúten [85]. Durante a fase de amassadura, aquando da junção de água à massa, ocorre a quebra da estrutura quaternária das proteínas, que posteriormente, estabelecem ligações intermoleculares entre si através de pontes de enxofre com o objetivo de estabilizar a rede de glúten [85]. Relativamente ao tipo de trigo mais adequado para a confecção de produtos de panificação, sabe-se que o trigo mole é mais indicado quando comparado com o trigo duro. Tal deve-se ao facto de o trigo mole apresentar uma maior percentagem de grânulos de amido danificado, facilitando a sua hidratação e inchamento, conduzindo a uma menor temperatura de gelatinização, bem como a um aumento da viscosidade das suspensões [86]. Tudo isto vai-se refletir num produto final com um bom grau de expansão durante o cozimento, um bom diâmetro, espessura elevada e, ainda, textura macia [83].

Gordura. A adição de gordura à massa dos produtos de panificação é feita com diversos objetivos, nomeadamente (i) melhoria do sabor e da cor, (ii) obtenção do aroma desejado, (iii) aumento da plasticidade da massa, (iv) estabilização das bolhas de ar formadas durante a mistura e (v) melhoria das características sensoriais do produto [77]. No entanto, uma adição excessiva de gordura pode impedir a formação de glúten através da formação de um revestimento em torno das proteínas.

Agente levedante. O calor e/ou humidade bem como o pH da massa possuem uma influência direta no tipo de agente levedante utilizado, sendo o fermento químico (composto químico resultante da mistura de bicarbonato de sódio, um ou mais ácidos e amido de milho) e o bicarbonato de sódio dos mais utilizados [87]. Estes promovem a reação com os sais ácidos levando

à produção do dióxido de carbono responsável pelo aumento do volume e da porosidade das massas [88].

Açúcar. Como é do conhecimento geral, o açúcar contribui para o sabor e doçura dos produtos em que é utilizado, contudo, este também desempenha um papel bastante importante ao nível de textura e cor dos produtos de panificação. Sabe-se, ainda, que a quantidade, a granulometria e o tipo de açúcar utilizado possuem bastante influência na qualidade do produto final [88]. A sacarose, principal açúcar utilizado na formulação de produtos de panificação, encontra-se relacionada com a fragilização destes produtos. Tal deve-se ao facto de esta controlar a hidratação e provocar a dispersão das proteínas e do amido, impedindo a formação de uma massa contínua. Por outro lado, o aumento da concentração de açúcar na massa pode ter efeitos negativos a nível estrutural devido à competição entre o açúcar adicionado e a disponibilidade de água no sistema, tornando os produtos mais duros [85].

Fruta. Um dos principais desafios da indústria alimentar moderna consiste em conseguir ir ao encontro das preferências do consumidor, vendo-se “forçada” a produzir produtos que combinem praticidade com alimentação saudável e frescura [89]. Por estes motivos, a adição de fruta, nomeadamente framboesas, a formulações de produtos de panificação poderá constituir uma boa via para atingir esses objetivos, visto que esta adição vai conferir, de forma quase instantânea, um rótulo mais natural e menos processado ao produto, associando-se assim, inevitavelmente, a um alimento mais apelativo, saudável e fresco do ponto de vista do consumidor. Por sua vez, a adição de frutas com cores fortes e vibrantes, como é o caso da framboesa, poderá tornar o produto mais apelativo e atrativo para o consumidor, uma vez que a sua cor pode ser distribuída por todo o produto confeccionado, tal como acontece no pão confeccionado com beterraba, devido ao fenómeno de sinérese (**Figura 13**) [90]. Na culinária, a sinérese é definida como a libertação repentina da humidade contida numa determinada amostra durante a cozedura do produto de panificação em questão [91].



Figura 13- Fenómeno de sinérese observado no pão confeccionado com beterraba [92].

2. Objetivos

Considerando a crescente procura por produtos alimentares que, para além das necessidades fisiológicas, exerçam efeitos benéficos na saúde humana e contribuam para a diminuição dos desperdícios da indústria alimentar, o presente trabalho visa a valorização de subprodutos da framboesa integrados no desenvolvimento de *muffins*, utilizando conceitos de economia circular. Estes subprodutos da produção de framboesa incluem as framboesas partidas, demasiado maduras/moles e pisadas, ou seja, as framboesas que já não estão aptas para venda nem exportação. Neste trabalho foi avaliado o potencial de aproveitamento dos subprodutos da framboesa na sua forma desidratada por recurso a duas técnicas de desidratação (secagem por convecção em estufa e liofilização) e foi feita a sua caracterização físico-química detalhada em termos da composição fenólica, cor e atividade antioxidante. Neste trabalho, foram usados os subprodutos pertencentes às framboesas vermelhas das variedades *Pacific Deluxe* e *Versailles*, gentilmente cedidos pela empresa “Framboesas da Graça”. Por fim, os produtos desidratados foram incorporados em formulações de *muffins* e foi avaliado o impacto desta adição nas propriedades óticas (cor), físicas (peso, altura, largura, comprimento, entre outros) e sensoriais (textura, sabor, cor e aroma) das formulações desenvolvidas.

3. Materiais e Métodos

3.1. Amostras

Framboesas das variedades *Pacific Deluxe* e *Versailles* foram gentilmente cedidas pela empresa “Framboesas da Graça” (Ponte de Vagos, Portugal). As framboesas foram colhidas nas estufas da empresa, em dezembro de 2020, já em estado de dormência e agrupadas consoante a sua cor em 2 grupos diferentes dentro das 2 variedades cedidas. As duas variedades foram caracterizadas em termos das suas propriedades óticas e físico-químicas na sua forma fresca e após desidratação (liofilização e secagem convectiva).

3.1.1. Preparação das Amostras de Framboesa Frescas e Desidratadas

Para cada variedade em estudo, as framboesas, cerca de 1 Kg de cada variedade, foram divididas em dois grupos consoante a sua cor, tal como representado na **Figura 14**. As pseudobagas com uma cor vermelha mais forte foram consideradas mais maduras e as com uma tonalidade vermelha alaranjada foram consideradas menos maduras. Após a sua divisão visual por cor, procedeu-se à pesagem das mesmas em grupos de 10 framboesas consoante a variedade e o respetivo grupo de cor. De seguida, selecionaram-se cerca de 20 g de framboesas pertencentes a cada um dos 2 grupos e esmagaram-se manualmente com recurso a um almofariz, até à obtenção de um sumo, o qual foi coado com recurso a um coador e utilizado para medição de pH, determinação de sólidos solúveis totais (°Brix) e determinação da acidez titulável.

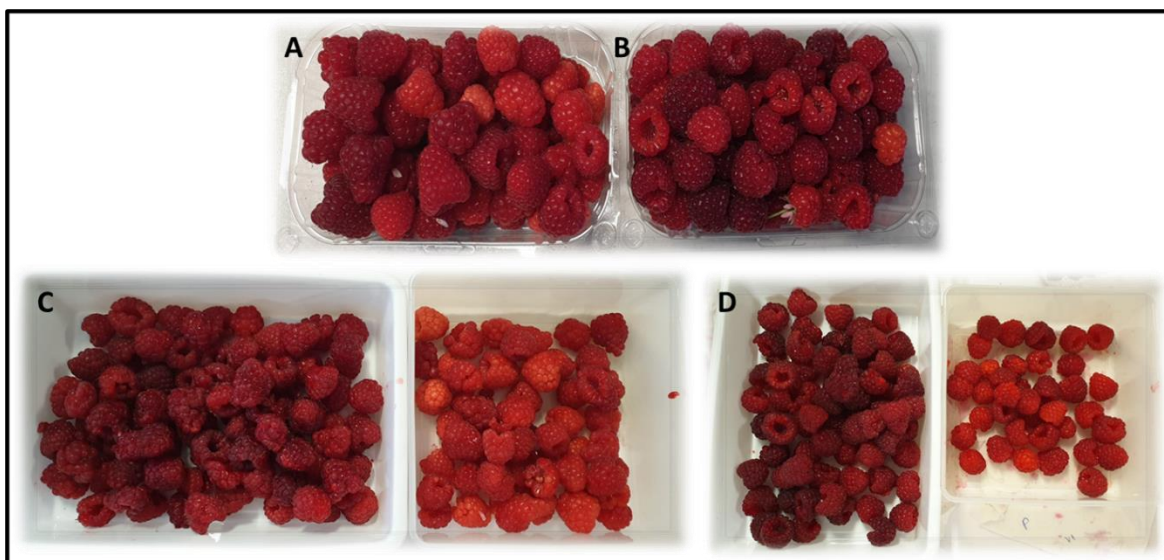


Figura 14- Imagens reais das variedades de framboesa em estudo: (A) variedade *Versailles* antes da seleção por cores; (B) Variedade *Pacific Deluxe* antes da seleção por cores; (C) Variedade *Versailles* após separação consoante a cor; (D) Variedade *Pacific Deluxe* após separação consoante a cor

A fim de se determinar o teor em compostos fenólicos totais, a atividade antioxidante e caracterizar o perfil em antocianinas das framboesas em estudo, no seu estado fresco, 5 framboesas de cada variedade (cerca de 20 g da variedade *Versailles* e cerca de 26 g da variedade *Pacific Deluxe*) foram esmagadas, com recurso a um almofariz, e o volume final obtido (sumo +

polpa) foi medido com uma proveta. Para a determinação do teor em compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante, 5 mL do sumo obtido de cada variedade foi centrifugado (5 min, 3 rpm) e filtrado com recurso a uma membrana de nylon 0,45 µm (Labbox). Para a determinação do perfil em antocianinas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (do inglês, HPLC), 1 mL do sumo obtido (5 min, 3 rpm) foi centrifugado e filtrada a fração aquosa (membrana de nylon 0,45 µm, Labbox). Para ambos os casos, após centrifugação e filtração registou-se novamente o volume final obtido. Um total de 3 réplicas independentes foi realizado. Na **Figura 15** encontra-se uma representação esquemática do processo aplicado.

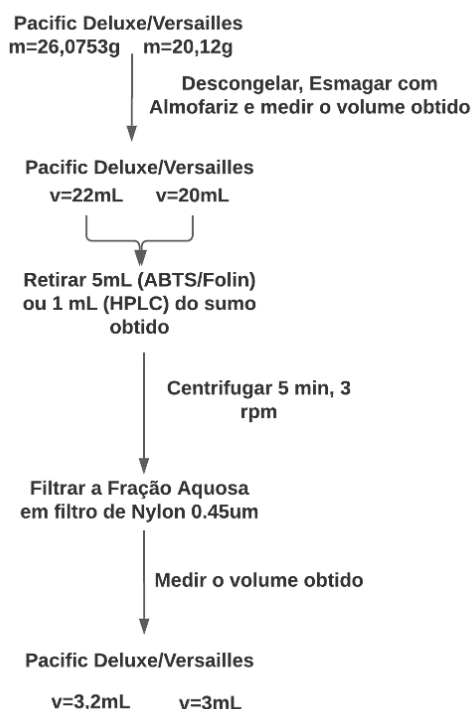


Figura 15- Procedimento seguido para determinação do teor de compostos fenólicos totais (*Folin-Ciocalteu*), atividade antioxidante (ABTS) e perfil de antocianinas (HPLC), das amostras de framboesa fresca.

Dada a diferente natureza das framboesas desidratadas, foi seguido o procedimento representado na **Figura 16**, adaptado de Bustos et al. [93], para a preparação das amostras para as análises referentes à determinação dos compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e perfil em antocianinas. De modo a seguir o protocolo representado, todas as amostras secas em estufa foram liofilizadas num liofilizador (-49 °C, 0,094 mbar, Labogene) durante 24 h. Após o período mencionado, todas as amostras foram reduzidas a pó com recurso a um almofariz. Posto isto, pesaram-se 50 mg da amostra, adicionou-se 1,5 mL de água destilada e centrifugou-se durante 15 min. a 4000 g. No final da centrifugação reservou-se o extrato aquoso e adicionou-se 1 mL de metanol com 0,5% de ácido clorídrico (HCl) ao material precipitado para redissolução da amostra, tendo sido novamente centrifugado a 4000 g durante 15 min. Após o período mencionado, o extrato metanólico foi evaporado numa *speedvac* durante 90 min, tendo-lhe sido depois adicionado 1,5 mL de água destilada. De seguida, tanto o extrato metanólico como o extrato aquoso foram filtrados numa coluna C₁₈ de 6 mL (Supelco, Discovery), previamente ativada com 20 mL de metanol seguidos de 20 mL de água, e eluídos com 1,5 mL de metanol 0,1% HCl (**Figura 17**). Entre cada filtração na coluna C₁₈ procedeu-se à lavagem da mesma seguindo os procedimentos da sua ativação (20 mL metanol + 20 mL de água destilada). Após filtração e eluição, ambos os extratos

foram evaporados durante 4 h na *speedvac* e quando completamente secos foram-lhe adicionados 90 μ L de água destilada. Os extratos foram depois filtrados numa membrana de Nylon 0,45 μ m e analisados por HPLC. Um total de 3 réplicas foi realizado, cada uma correspondendo a uma alíquota diferente de cada amostra. Todos os reagentes utilizados eram de elevado grau de pureza.

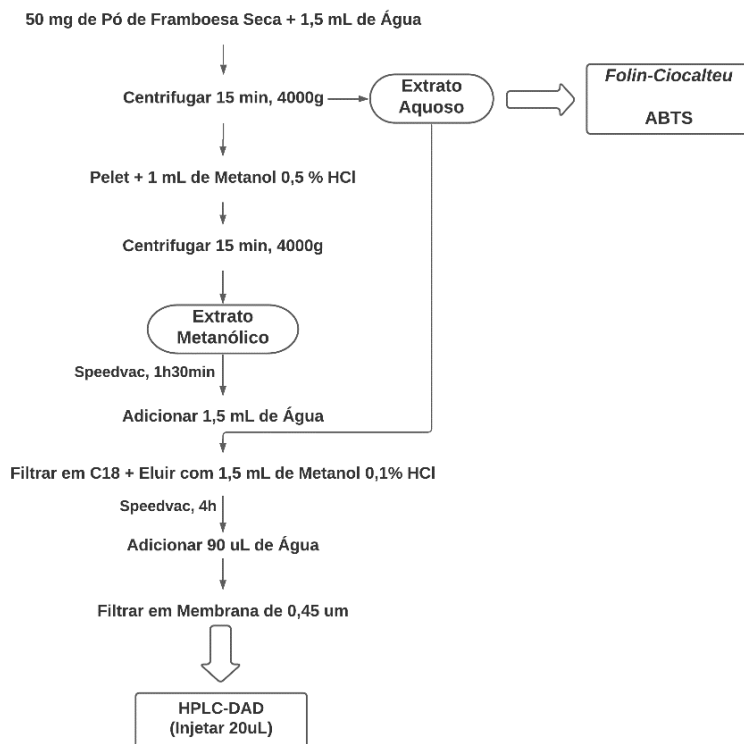


Figura 16- Protocolo para determinação do teor de compostos fenólicos totais (*Folin-Ciocalteu*), atividade antioxidante (ABTS) e perfil de antocianinas (HPLC) das amostras de framboesa desidratadas (adaptado de [93]).



Figura 17- Montagem experimental para filtração em coluna C₁₈.

3.2. Processos de Desidratação

3.2.1. Liofilização

A liofilização das amostras de framboesa em estudo ocorreu durante 48 h ($p = 0,094$ mbar e $T = -49$ °C) num liofilizador (Labogene, Scanvac CoolSafe) (**Figura 18**). Previamente à sua liofilização, as amostras foram congeladas a -80 °C. O ensaio foi realizado em quadruplicado para cada variedade em estudo e o peso de cada amostra, antes e após o processo de liofilização, foi registado com recurso a uma balança precisa de laboratório (Kern ADB).

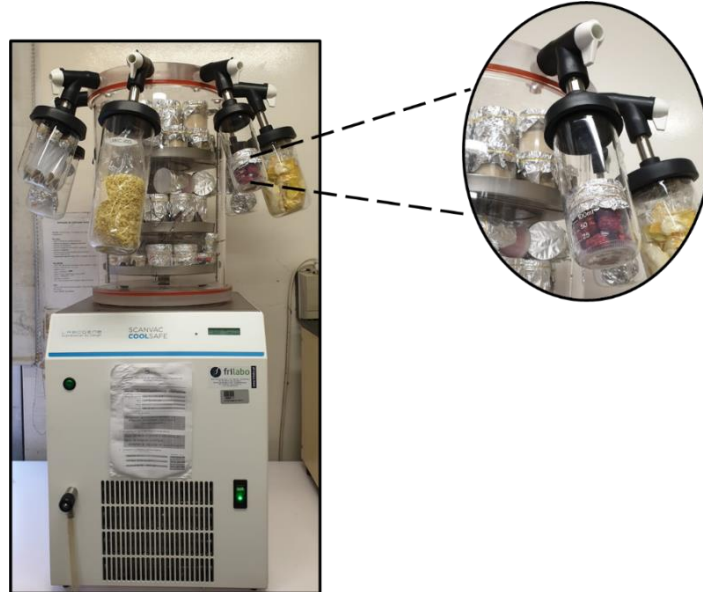


Figura 18- Amostra de framboesa durante o processo de liofilização.

3.2.2. Secagem Convectiva

As framboesas de cada variedade em estudo foram secas numa estufa convectiva (WTB Binder) a duas temperaturas distintas, 30 e 40 °C. A escolha das temperaturas utilizadas para o processo de secagem em estufa foi feita com base na literatura, onde se encontra reportado para outros frutos similares, nomeadamente morangos, que uma temperatura de secagem não superior a 40 °C surte menor impacto no teor total de compostos fenólicos e atividade antioxidante [94].

Cada processo de secagem a diferentes temperaturas foi realizado em quintuplicado para as duas variedades em estudo. As amostras foram previamente pesadas antes de serem colocadas num tabuleiro na estufa (**Figura 19**) e a variação do seu peso foi monitorizada periodicamente ao longo do processo de secagem, para as duas temperaturas: a cada 15 min na primeira hora, a cada 30 min nas duas horas seguintes e a cada 2 h nas horas diurnas subsequentes. No 2º dia de secagens deu-se continuidade à monitorização periódica da perda de peso através de medições alternadas a cada 2 ou 4 h nas horas diurnas subsequentes. O esquema de periodicidade das medições da perda de peso foi mantido até que as pseudobagas atingissem um intervalo igual ou inferior a 15% de humidade, percentagem de humidade considerada segura para evitar contaminações microbiológicas em amostras de fruta desidrata em estufa [95].

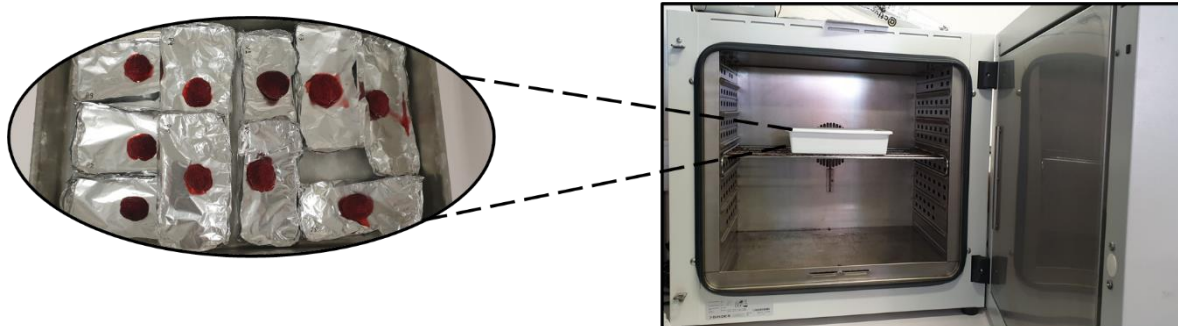


Figura 19- Secagem das variedades de framboesa em estudo na estufa convectiva.

3.3. Caracterização Físico-Química das Variedades de Framboesa

3.3.1. Medição do pH das Variedades de Framboesa Frescas

De modo a aferir o pH das amostras em estudo no seu estado fresco procedeu-se à leitura do pH do sumo obtido para cada variedade, após este ter sido devidamente calibrado com tampões de pH 4,0 e 7,0. Após a sua calibração, colocaram-se cerca de 3 mL dos sumos obtidos em porta-amostras de 5 mL e procedeu-se à sua leitura com recurso a um medidor de pH digital (micropH 2000, Crison). Para garantir uma leitura correta do pH das amostras, o eletrodo foi completamente submerso no sumo da amostra, sem tocar no fundo do porta-amostras, e a leitura ocorreu com uma ligeira agitação da amostra. As medições foram realizadas em triplicado e entre cada réplica o eletrodo do medidor de pH foi devidamente lavado com água destilada e totalmente seco com papel absorvente.

3.3.2. Determinação dos Sólidos Solúveis Totais (°Brix) das Variedades de Framboesa Frescas

De modo a aferir o teor de sólidos solúveis totais das amostras frescas em estudo recorreu-se a um refratómetro portátil (*Portable Refractometer, Zuzi, FG103/113*), com uma escala de leitura de 0–40 °Brix (contagem mínima de 0,1 °Brix). Esta análise permitiu estimar de uma forma rápida o teor de açúcares presentes no sumo das duas variedades de framboesa, expresso em percentagem mássica de sacarose (g de sacarose por 100g de produto).

Com uma pipeta de *Pasteur* foi colocada uma gota do sumo obtido de cada variedade sobre o prisma de deteção (local do refratómetro destinado à amostra), tal como representado na **Figura 20A**. Neste passo é importante garantir que toda a superfície está revestida com sumo e que não existem bolhas de ar de modo a evitar interferências durante a leitura. De seguida, apontou-se o refratómetro para a luz, olhou-se pela cavidade destinada ao olho e mediu-se o valor indicado (**Figura 20B**). O ensaio foi realizado à temperatura ambiente (~20 °C) e entre cada medição o prisma de deteção foi limpo com álcool etílico e seco com papel absorvente. O ensaio foi realizado em triplicado.

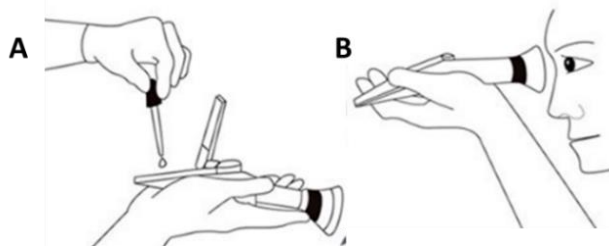


Figura 20- Procedimento para medição do teor de sólidos solúveis totais num refratômetro portátil: (A) colocação do sumo da amostra em estudo no prisma de detecção e (B) leitura do valor obtido (adaptado de [96]).

3.3.3. Determinação da Acidez Titulável das Variedades de Framboesa Frescas

A determinação da acidez titulável das amostras frescas foi realizada de acordo com o método oficial AOAC 942.15 [97] com algumas adaptações. Para tal, colocaram-se 5 mL do sumo obtido de cada variedade em 200 mL de água destilada e adicionaram-se 4 gotas de fenolftaleína. A titulação foi feita com 0,1 M de hidróxido de sódio (Absolve, 98,6%) sob constante agitação até ocorrer a mudança de cor da amostra de vermelho-claro (**Figura 21A**) para roxo-claro (**Figura 21B**). As medições foram realizadas em triplicado.

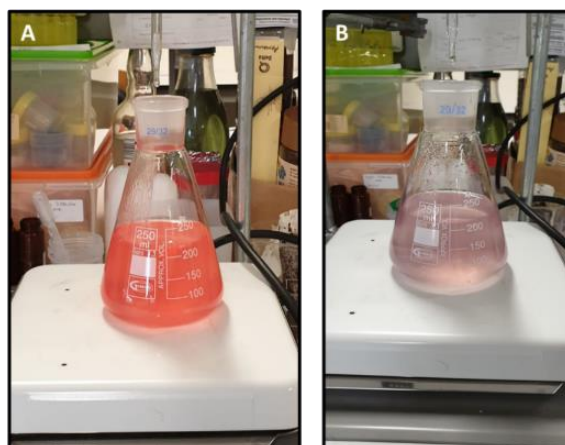


Figura 21- Determinação da acidez titulável com hidróxido de sódio 0,1M: (A) cor inicial da solução e (B) ponto de viragem da titulação (cor final).

3.3.4. Medição Instrumental da Cor

A medição da cor das duas variedades de framboesa em estudo, no seu estado fresco e desidratado, foi realizada do mesmo modo, com a exceção de que a medição da cor das amostras frescas ocorreu de forma direta e, no caso das framboesas desidratadas, estas foram colocadas em porta-amostras revestidos com folha de alumínio, a fim de as proteger da luz, tendo sido depois guardadas dentro de um exsiccador até à medição da cor no dia seguinte.

A medição instrumental da cor foi realizada diretamente sobre a superfície das amostras, utilizando o colorímetro portátil Konica Minolta CM-2600d/2500d (**Figura 22**) com uma fonte de iluminação padrão D8 e um ângulo visual de 8, calibrado através de um padrão branco ($L^* = 94.61$; $a^* = -0.53$; $b^* = 3.62$) [98]. Os resultados foram expressos de acordo com o sistema CIE Lab e as medições foram realizadas à temperatura ambiente e sob luz artificial constante. Neste sistema, a cor é localizada no espaço através de três coordenadas: L^* que mede a variação da luminosidade e a^* (verde-vermelho) e b^* (azul-amarelo) que medem a cromaticidade [99]. O ensaio foi realizado

em triplicado, tendo sido feitas 5 medições por réplica. A diferença de cor total (ΔE) foi calculada através da **equação 1**, onde L_0 , a_0 e b_0 são os valores da cor das framboesas de cada variedade fresca e L^* , a^* e b^* os valores da cor após o processo de desidratação [99].

$$(1) \quad \Delta E = ((L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2)^{1/2}$$



Figura 22- Colorímetro portátil Konica Minolta utilizado na medição instrumental da cor.

3.3.5. Determinação do Perfil em Antocianinas

A determinação do perfil em antocianinas nas amostras de framboesa frescas e secadas foi realizada por HPLC, com base numa adaptação das condições de separação cromatográfica de [100]. Para tal, foram injetados 20 μL de amostra (preparada como descrito em **3.1.1**), correspondente a cada variedade em estudo, no aparelho de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detector Díodo (do inglês, *HPLC-DAD*) (Ultimate 3000, Thermo Scientific), tendo as análises sido realizadas numa coluna LiChrospher® 100 RP-18 *endcapped* (5 μm) LiChroCART® 250-4. O programa tinha como eluentes: (A) 10% ácido fórmico (Chem-Lab, 99%) e (B) uma mistura de 10:45:45 de ácido fórmico (Chem-Lab, 99%), acetonitrilo (Carlo Erba Reagents, 99,9%) e água (ultrapura) a uma taxa de fluxo de 1 mL/min. Relativamente ao gradiente utilizado, começou-se com uma eluição de gradiente de 15% a 35% B em 20 min, eluição de gradiente até 100% B em 7 min e eluição isocrática durante 4 min, obtendo-se um tempo total de corrida de 32 min. As leituras foram realizadas em duplicado, a uma absorvância de 520 nm, com amostras preparadas independentemente. Todos os reagentes e padrões utilizados eram de elevado grau de pureza. A quantificação dos compostos foi estimada em equivalentes de Malvidina-3-glucose, tendo a curva de calibração deste padrão sido preparada numa gama de concentrações de 0,06 a 6 mg/mL. A fim de avaliar o impacto dos diferentes métodos de secagem na composição das amostras em estudo, todos os resultados obtidos encontram-se expressos em função da massa seca.

3.3.6. Determinação do Teor em Compostos Fenólicos Totais na Fração Extraída- Método de *Folin-Ciocalteu*

A determinação do teor em compostos fenólicos totais na fração extraída das amostras de framboesa frescas e secadas foi realizada através de uma adaptação do método de *Folin-Ciocalteu* para microplaca de 96 poços [101], onde em cada poço da microplaca foram colocados 60 μL de água destilada, seguidos de 15 μL de reagente de *Folin* (Merck) e 15 μL de sumo de cada variedade (preparada como descrito na secção **3.1.1**), diretamente sem diluição e previamente diluída

(fatores de diluição 5 e 10). Nos poços destinados à curva de calibração do padrão, colocaram-se 15 µl de ácido gálico (Panreac, 99%) na concentração de 0,25 mg/mL e foram feitas diluições entre 0,25 e 0,02 mg/mL. A microplaca foi tapada com uma folha de alumínio durante 5 min. Após este período foram adicionados 150 µl de carbonato de sódio (7% p/v) (Panreac, 99,5%) a todos os poços da microplaca e esta foi colocada no leitor de microplacas durante 60 min a 30 °C para agitação e incubação antes da leitura. A leitura da microplaca foi realizada a 750 nm e o ensaio foi realizado em triplicado. Tanto o padrão interno utilizado como os reagentes eram de elevado grau de pureza.

3.3.7. Determinação da Atividade Antioxidante da Fração Extraída- Método de ABTS

A determinação da atividade antioxidante da fração extraída das amostras de framboesa frescas e secadas foi realizada através de uma adaptação do método ABTS para microplaca [102]. O método ABTS é um método radicalar que consiste na oxidação do composto químico ABTS, conferindo à solução uma coloração verde-escura que sofre descoloração na presença de antioxidantes doadores de hidrogénio, como flavonóides, hidroxicinamatos, carotenóides, causando, conseqüentemente, a redução do ABTS^{•+}. O procedimento foi realizado numa microplaca de 96 poços usando uma solução de ácido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS). Para tal, preparou-se uma solução de ABTS 7 mM em persulfato de potássio (K₂S₂O₈), sendo que, para isso, foram pesadas 38 mg do reagente ABTS (Sigma-Aldrich, ≥ 98,0%) dissolvidas em 10 mL de água destilada. De seguida, dissolveram-se 6,6 mg de persulfato de potássio (Fluka Analytical, ≥ 99,0%) na solução do reagente ABTS, produzindo o radical ABTS^{•+}. A solução resultante foi armazenada num local escuro à temperatura ambiente, durante um período de 12 a 16 h. Antes da análise, a concentração dessa solução foi ajustada a valores de absorbância entre 0,7-0,8. Nos poços destinados à curva de calibração do padrão, colocaram-se, em vez de amostra, 250 µl de solução ABTS^{•+} e 50 µl de ácido ascórbico diluído entre 0,02 e 0,002 mg/mL. Nos poços destinados às amostras foram colocados 50 µl de sumo de cada variedade em estudo (preparado como descrito em 3.1.1), previamente diluída (fatores de diluição 20, 30, 50, 60 e 70) e 250 µl de solução ABTS^{•+}. Os poços relativos ao controlo da solução ABTS^{•+} foram efetuados com 50 µl de água destilada e 250 µl de solução ABTS^{•+}. Após a adição da solução ABTS^{•+} tapou-se a microplaca com uma folha de alumínio durante 20 min e, após esse período, procedeu-se à sua leitura a 734nm. O ensaio foi realizado em triplicado.

A atividade inibitória das amostras em estudo (*I*%) foi calculada através da **equação 2**, onde Abs₀ é a absorbância inicial do ABTS e Abs_{Amostra} é a absorbância da amostra, em diferentes concentrações [103]. De modo a determinar a concentração de amostra necessária para inibir 50% de ABTS (IC₅₀) foi construído um gráfico da concentração das amostras *versus* o correspondente efeito inibitório (*I*%), onde o valor de “*y*” da equação da reta foi substituído por 50.

$$(2) \quad I\% = \left(\frac{Abs_0 - Abs_{Amostra}}{Abs_0} \right) \times 100$$

O índice de atividade antioxidante (do inglês, AAI) foi calculado com recurso à **equação 3**, tendo os valores de AAI obtidos sido ainda classificados como fraco quando AAI <0,5; moderado quando AAI entre 0,5 e 1,0; forte quando AAI entre 1,0 e 2,0 e muito forte quando AAI > 2,0 [103].

$$(3) \quad AAI = \frac{\text{Concentração Final ABTS (mgAmostra Seca/mL)}}{IC_{50} \text{ (mgAmostra Seca/mL)}}$$

3.4. Desenvolvimento de *Muffins*

3.4.1. Preparação de diferentes formulações de *Muffins*

Os *muffins* foram preparados de acordo com uma formulação disponível online [104], à qual foram feitas algumas alterações nos ingredientes base. Na **Tabela 3** encontram-se representadas as formulações utilizadas para os *muffins* originais (O), bem como as alterações realizadas à receita original em termos de redução dos teores de sal e de açúcar. As reduções efetuadas basearam-se na redução do teor de sal para 50% (Sal₅₀) e para 0% (Sal₀) e, ainda, na confeção de formulações com redução para 75% (Açúcar₇₅) e 50% (Açúcar₅₀) de açúcar em relação à formulação original. Com o objetivo de avaliar o efeito do agente levedante nas propriedades óticas e sensoriais das formulações de *muffins*, foram, ainda, realizados ensaios em que se procedeu à substituição do bicarbonato de sódio por fermento (Final_F) (**Tabela 3**).

Tabela 3- Ingredientes e respetiva quantidade utilizada nas diversas formulações confeccionadas: Original- Formulação Original, Sal₀ e Sal₅₀- Formulação com 0% e 50% do teor de sal, respetivamente, Açúcar₅₀ e Açúcar₇₅- Formulação com 50% e 75% de açúcar, respetivamente, Final e Final_F- Formulação Final e Formulação Final com substituição do bicarbonato de sódio por fermento, respetivamente.

Ingredientes	Formulações						
	Original	Sal ₅₀	Sal ₀	Açúcar ₇₅	Açúcar ₅₀	Final	Final _F
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
Farinha de Trigo	360	360	360	360	360	360	360
Açúcar	270	270	270	202	135	270	270
Manteiga sem Sal	200	200	200	200	200	200	200
Ovos	2	2	2	2	2	2	2
Bicarbonato de Sódio	9	9	9	9	9	9	-
Fermento	-	-	-	-	-	-	9
Sal	10	10	10	10	10	-	-
Framboesa	30 drupéolas						

De modo a determinar qual a melhor quantidade de framboesa a colocar nos *muffins*, realizaram-se ensaios onde se incluíram 60, 90 e 120 drupéolas de framboesas frescas, secadas e liofilizadas na formulação final (F₆₀, F₉₀ e F₁₂₀, respetivamente) (**Tabela 4**).

Tabela 4- Ingredientes e respetiva quantidade utilizada ao nível da formulação final para determinar a quantidade de framboesa a incluir: F₆₀, F₉₀, e F₁₂₀ - Formulação com 60, 90 e 120 drupéolas de framboesa fresca, secada ou liofilizada, respetivamente.

Ingredientes	Formulações		
	F ₆₀	F ₉₀	F ₁₂₀
	(g)	(g)	(g)
Farinha de Trigo	360	360	360
Açúcar	270	270	270
Manteiga sem Sal	200	200	200
Ovos	2	2	2
Bicarbonato de Sódio	9	9	9
Framboesa (nº de drupéolas)	60	90	120

Para a preparação dos *muffins* começou-se por colocar a manteiga sem sal juntamente com o açúcar na batedeira (Hoffen Food Expert LH6802) e misturou-se durante 1 min na velocidade 2 com o utensílio próprio para massas duras. De seguida adicionaram-se os ovos e aumentou-se gradualmente a velocidade da batedeira até à velocidade máxima 6, misturando durante 5 min. Por fim, adicionou-se a farinha, o bicarbonato de sódio e o sal (exceto na formulação Sal₀) pouco a pouco, com recurso a uma colher de sopa, e misturou-se na velocidade máxima 6 durante 5 min. Posteriormente uniformizou-se a massa e, com recurso a uma colher de gelado (5,8 cm x 4 cm x 2,5 cm), colocou-se a respetiva quantidade de massa numa forma de silicone com capacidade para confeção simultânea de 8 *muffins* (diâmetro 6,5 cm x altura 1,8 cm), de modo a obter um produto o mais uniforme possível. Após a colocação da massa na forma adicionou-se a quantidade estipulada de framboesa e uniformizou-se novamente a massa. Esta receita permitiu obter um rendimento de 22 *muffins* por confeção. Por fim, colocaram-se os *muffins* num forno doméstico (Zanussi Built In) previamente aquecido (180 °C, 5 min) durante 15 min a 180 °C. A **Figura 23** mostra um esquema de todo o processo de confeção dos *muffins*. O ensaio foi realizado em triplicado e para cada formulação confeccionou-se o respetivo controlo negativo (sem framboesa). Após serem retirados do forno, os *muffins* foram arrefecidos até à temperatura ambiente, revestidos com papel de alumínio e armazenados para posteriores análises.



Figura 23- Procedimento para confeção dos *muffins*.

3.4.2. Caracterização Colorimétrica e Físico-Química dos *Muffins*

A fim de se perceber qual o impacto das alterações realizadas à formulação original e da adição de framboesas frescas, secadas ou liofilizadas, procedeu-se à realização de ensaios de medição de cor, das dimensões e do pH dos *muffins*, sempre no dia seguinte à sua confeção. A medição instrumental da cor foi realizada tal como descrito em 3.3.4. para as amostras de framboesa fresca e desidratada, com a única nuance de se terem realizado 5 leituras por réplica no topo e na base no caso dos *muffins*. Os parâmetros físicos dos *muffins* foram registados com auxílio de uma craveira de acordo com a **Figura 24**. O peso foi obtido com recurso a uma balança de cozinha (SilverCrest) com capacidade mínima de 1 g e capacidade máxima de 5 Kg.



Figura 24- Esquema utilizado para registo dos parâmetros físicos dos *muffins*.

Na **Figura 25** encontra-se representado o procedimento seguido para a medição do pH nas amostras de *muffins*, sendo esta metodologia uma adaptação da metodologia reportada por [105]. As amostras para a determinação do pH foram retiradas do centro dos *muffins* (0,4 g) e misturadas com 20 mL de água destilada. A mistura foi homogeneizada no vórtex durante 3 min e mantida em repouso à temperatura ambiente durante 1 h a fim de separar as fases sólida da líquida. Após o período mencionado, decantou-se a mistura e centrifugou-se (5 min, 4 rpm) 5 mL da mesma. Após centrifugação, o pH dos sobrenadantes foi medido com recurso a um medidor de pH digital devidamente calibrado a pH 4 e pH 7 (micropH 2000, Crison).

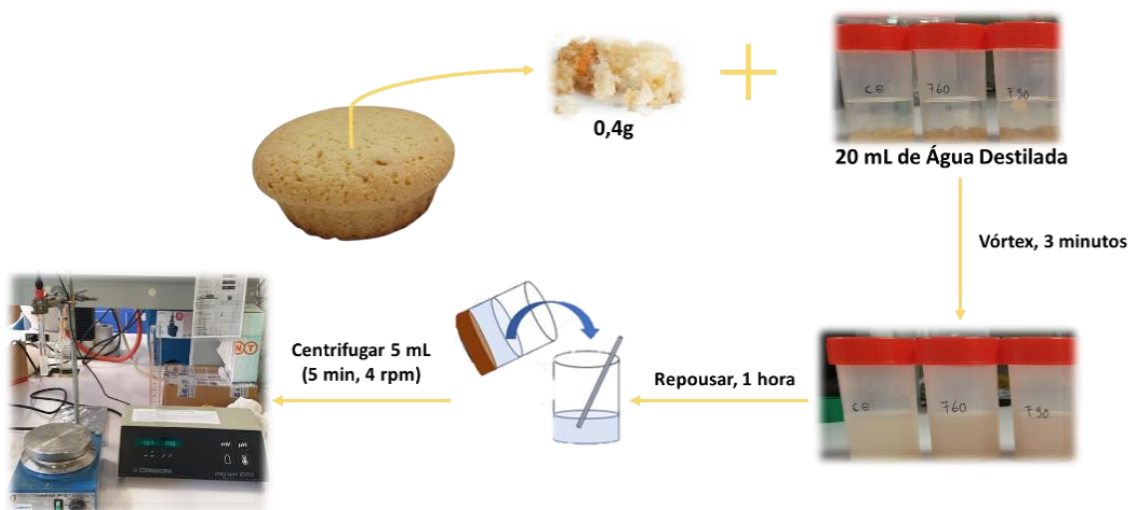


Figura 25- Procedimento para medição do pH nas amostras de *muffins*.

3.5. Análise Sensorial por recurso a um Painel Não-Treinado

A análise sensorial foi realizada apenas nos *muffins* confeccionados segundo a formulação final com fermento, tendo sido objeto de prova o controlo negativo (*muffins* sem framboesa) e *muffins* com incorporação de 120 drupéolas de framboesas liofilizadas e 120 drupéolas de framboesas frescas da variedade *Versailles*. Recorreu-se a um painel de 16 provadores não treinados, 5 do sexo masculino e 11 do sexo feminino, com idades compreendidas entre os 20 e os 58 anos, aos quais foi fornecida uma ficha de prova (**Figura 26A**) com uma escala hedónica de 5 categorias. As amostras foram codificadas da seguinte forma: *muffin* sem framboesa (controlo negativo) - CN, *muffin* com 120 drupéolas de framboesa fresca - MF e *muffin* com 120 drupéolas de framboesa liofilizada - ML (**Figura 26B**).

A Ficha de Prova de *Muffins*
 Idade: ____ Gênero: Feminino Masculino Data __/__/__

Durante o decorrer da prova ser-lhe-ão fornecidas amostras de *muffins*. Por favor, prove cada uma das amostras codificadas e anote o número correspondente à sua opinião relativo às características solicitadas, de acordo com a escala hedónica de 5 categorias fornecida (**Escala A**). Limpe o paladar com água entre as amostras de prova.

Escala A:

5. Gostei muito
4. Gostei
3. Indiferente
2. Desgostei
1. Desgostei muito

Características	Pontuação		
	Amostra CN	Amostra MF	Amostra ML
Aparência			
Cor			
Aroma			
Sabor			
Doçura			
Acidez			
Salgado			
Quantidade de Fruta (Quando Aplicável)			
Sabor Global			
Textura			
Fofura			
Dureza			
Textura global			
Apreciação Global			

Por favor, deixe os seus comentários a respeito do produto:

Por favor, indique, de um modo geral, qual/quais a(s) amostra(s) que preferiu.



Figura 26- (A) Exemplo da ficha de prova fornecida aos 16 provadores não-treinados e (B) exemplo da forma de apresentação das amostras de *muffins* para análise sensorial. As amostras codificadas (ML, MF e CN) foram apresentadas de forma aleatória.

4. Resultados e Discussão

Ao longo deste capítulo serão discutidos os resultados obtidos para a caracterização físico-química das diferentes variedades de framboesa no seu estado fresco, bem como o impacto em termos de cor, perfil em compostos fenólicos, teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante provocado pelas diferentes técnicas de desidratação em estudo. Será também possível visualizar as imagens reais dos *muffins* confeccionados de acordo com as diferentes formulações/diferentes formas de amostras de framboesa (frescas, secadas e liofilizadas), bem como determinar o impacto das alterações efetuadas e da adição das diferentes formas de amostras de framboesa em termos de cor e parâmetros físicos dos *muffins*.

4.1. Caracterização Físico-Química de Amostras Frescas das Variedades de Framboesa em Estudo

Os resultados obtidos para a composição físico-química das framboesas frescas pertencentes às variedades *Pacific Deluxe* e *Versailles* encontram-se representados na **Tabela 5**.

Tabela 5- Caracterização físico-química das variedades de framboesa em estudo: *Pacific Deluxe* e *Versailles*. Os dados apresentados são expressos em termos de média e desvio padrão de três réplicas independentes.

Variedade Framboesa*	Peso (g)	pH	°Brix	Acidez Total (%Ác.Cítrico/100mL)
Pacific⁺	5,73 ± 0,04 ^a	3,25 ± 0,14 ^a	5,10 ± 0,17 ^a	0,90 ± 0,02 ^a
Pacific	5,37 ± 0,06 ^b	3,04 ± 0,13 ^a	5,03 ± 0,06 ^a	1,22 ± 0,03 ^b
Versailles⁺	6,96 ± 0,26 ^A	2,86 ± 0,06 ^A	9,07 ± 0,12 ^A	1,25 ± 0,03 ^A
Versailles	6,54 ± 0,15 ^A	2,78 ± 0,05 ^A	8,80 ± 0,17 ^B	1,70 ± 0,03 ^B

*Pacific⁺ - Pacific Deluxe mais madura; Pacific - Pacific Deluxe menos madura; Versailles⁺ - Versailles mais madura; Versailles - Versailles menos madura. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade.

Relativamente aos valores obtidos para o peso intra-variedade de cada framboesa, comparando as variedades no seu estado mais e menos maduro, foi apenas possível encontrar diferenças estatisticamente significativas no caso da variedade *Pacific Deluxe*, com variações que rondam um incremento de 0,36 g para as framboesas mais maduras. Analisando os resultados obtidos e comparando as duas variedades, é ainda possível verificar que o peso das framboesas varia entre 5,4 g e 7,0 g, sendo o maior peso registado para a variedade *Versailles* mais madura e o menor para a variedade *Pacific Deluxe* menos madura (**Tabela 5**). A realização do ensaio de medição do peso permitiu confirmar a superioridade dimensional da variedade *Versailles* em relação à variedade *Pacific Deluxe* que era visível a olho nu, como se comprova pela **Figura 27**.

Em termos de pH sabe-se que a framboesa é uma fruta de carácter ácido, encontrando-se os valores de pH obtidos a variar entre 2,8 e 3,2, tendo sido obtido o valor de pH mais elevado para a variedade *Pacific Deluxe* mais madura e o menor para a variedade *Versailles* menos madura. As variações foram maiores quando comparando entre variedades do que quando comparando o pH dos dois grupos da mesma variedade (0,2 para a variedade *Pacific Deluxe* e 0,1 para a variedade *Versailles*), não evidenciando significância estatística em nenhum dos grupos em estudo (**Tabela 5**).

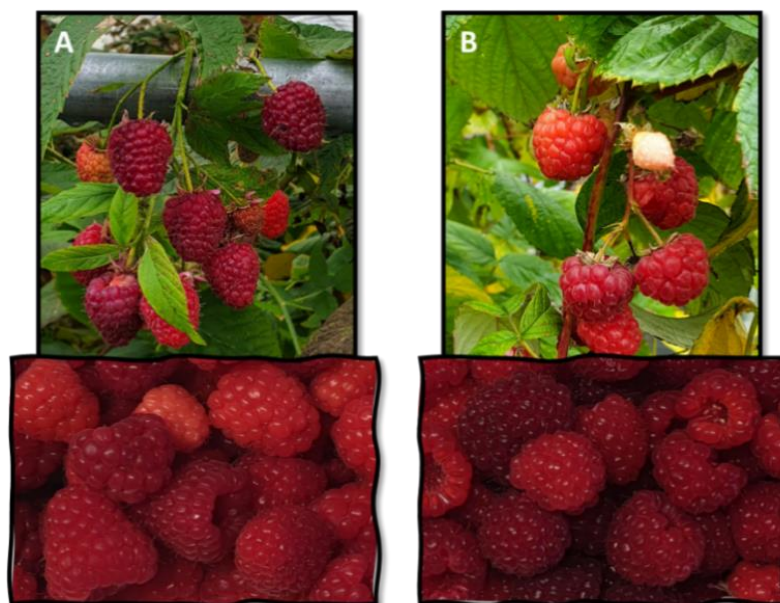


Figura 27- Imagens reais das framboesas em estudo: (A) variedade *Versailles* e (B) variedade *Pacific Deluxe*.

A determinação do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) permite ter uma noção da doçura das amostras de framboesas em estudo, sendo que, segundo os resultados obtidos, é possível verificar que o °Brix variou entre 5,0 e 9,1 °Brix, tendo sido obtido o valor mais elevado para a variedade *Versailles* mais madura e o valor mais baixo para a variedade *Pacific Deluxe* menos madura. Mais uma vez, a variação foi superior quando comparando os valores entre variedades do que em termos de variação intra-variedade, ou seja, a variação entre o grupo mais e menos maduro dentro da mesma variedade. Com base nestes resultados, é possível constatar que a variedade *Versailles* é mais doce que a variedade *Pacific Deluxe*, uma vez que esta possui cerca de 9g contra 5g de sacarose/100g de amostra de framboesa na variedade *Pacific Deluxe* (Tabela 5).

Relativamente à acidez total da amostra, com base nos valores obtidos, constata-se que as amostras em estudo continham entre 0,9% e 1,7% de equivalentes de ácido cítrico por 100 mL, tendo o valor mais elevado sido reportado para a variedade *Versailles* menos madura e o mais reduzido para a variedade *Pacific Deluxe* mais madura. Neste parâmetro também se verificou a tendência já evidenciada para o peso, pH e °Brix com as maiores variações a serem observadas entre as duas variedades, no entanto, contrariamente aos restantes parâmetros a variação intra-variedade relativa à acidez total também apresenta diferenças significativas (Tabela 5).

Comparando as duas variedades em estudo e os diferentes parâmetros apresentados, é possível constatar que as diferenças mais significativas verificadas para ambas as variedades foram observadas em termos do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e peso (g), com as framboesas da variedade *Versailles* a evidenciarem maiores valores para ambos os parâmetros. Em termos de comparação entre o grupo mais e menos maduro de cada variedade foi possível constatar que, apesar de existir uma diferença visual notória em termos de cor, os parâmetros físico-químicos apenas evidenciam diferenças significativas em termos de peso para a variedade *Pacific Deluxe*, de teor de sólidos solúveis totais (°Brix) para a variedade *Versailles* e em termos de acidez total para ambas as variedades, não se registando diferenças significativas nos restantes parâmetros. Deste modo, é possível concluir que os parâmetros físico-químicos das framboesas apresentam maiores diferenças quando comparados em termos de variedade do que quando comparados em diferentes estados de maturação. Por este motivo, optou-se por prosseguir com as técnicas de desidratação apenas para o grupo das framboesas mais maduras de cada variedade. De entre os motivos que propiciaram esta escolha encontram-se o facto de o grupo mais maduro apresentar uma cor vermelha forte, sendo por isso mais apelativa (Figura 14A) e, também, o facto das menos maduras,

de cor alaranjada (**Figura 14B**), ainda podem sofrer amadurecimento e, com isso ainda apresentarem valor comercial.

4.2. Aplicação dos Processos de Desidratação em Framboesas das Variedades *Pacific Deluxe* e *Versailles*

4.2.1. Liofilização

Os resultados obtidos e a aparência final das framboesas liofilizadas das variedades em estudo encontram-se representados, respetivamente, na **Tabela 6** e **Figura 28**.

Tabela 6- Parâmetros obtidos antes e após liofilização de framboesas *Pacific Deluxe* e *Versailles*. Os dados apresentados são expressos como valor médio e desvio padrão de quatro réplicas independentes.

	Pacific	Versailles
Framboesa Fresca (g)	5,69 ± 0,43	6,31 ± 0,70
Framboesa Liofilizada (g)	0,56 ± 0,09	0,83 ± 0,19
Sólidos Totais na Framboesa Fresca (%)	9,79 ± 1,13	13,02 ± 1,58
Humidade Inicial (%)	90,21 ± 1,13	86,98 ± 1,58

Os resultados obtidos para o peso das amostras, antes e após o processo de liofilização, permitem concluir que a variedade *Versailles* apresenta maior peso do que a variedade *Pacific Deluxe*, tanto antes (6,3 *versus* 5,7 g, respetivamente) como após liofilização (0,8 *versus* 0,6 g, respetivamente) (**Tabela 6**). Proporcionalmente, a variedade *Versailles* apresenta também uma maior percentagem de sólidos totais (13% *versus* 10% determinados na variedade *Pacific Deluxe*), mas um teor de humidade ligeiramente inferior com 87% para a variedade *Versailles* e 90% para a variedade *Pacific Deluxe* (**Tabela 6**).

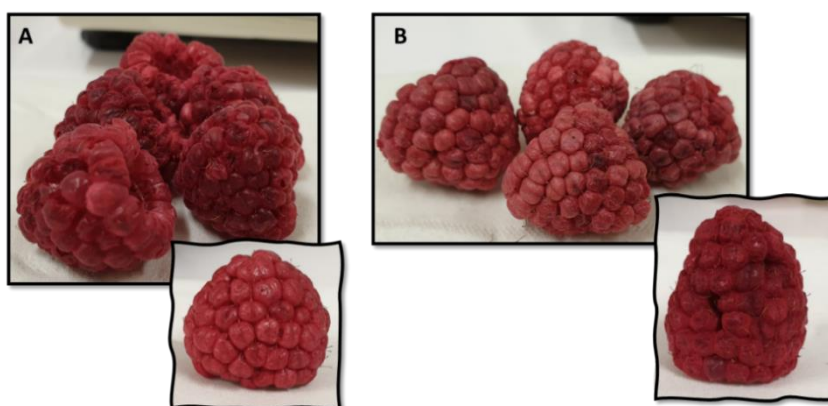


Figura 28- Imagens reais das framboesas das variedades em estudo após o processo de liofilização: (A) variedade *Pacific Deluxe* e (B) variedade *Versailles*.

4.2.2. Secagem Convectiva

As framboesas maduras pertencentes às duas variedades em estudo foram sujeitas a um processo de secagem convectiva a 30 e a 40 °C. Este processo foi acompanhado através da

construção das curvas de secagem relativas às alterações no teor de humidade em função da duração do processo de secagem (**Figura 29**). O processo de secagem foi interrompido ao atingir um teor de humidade $\leq 15\%$ [95]. Para atingir esse valor, a secagem demorou cerca de 49 h a 30 °C para ambas as variedades, tendo o tempo total sido reduzindo para 21 h e 44 h a 40 °C para as variedades *Pacific Deluxe* e *Versailles*, respetivamente. Com base na **Figura 29**, é possível constatar que um aumento na temperatura de secagem produziu uma maior taxa de remoção de água, tendo resultado numa diminuição da duração do processo de secagem para ambas as variedades, no entanto esse efeito é mais notório na variedade *Pacific Deluxe* já que o aumento da temperatura de secagem de 30 °C para 40 °C reduziu o tempo de secagem em 57 % para a variedade *Pacific Deluxe*, mas apenas em 11% para a variedade *Versailles*, uma variedade de maiores dimensões e com maior teor de água (**Tabela 6**). Findo o processo de secagem convectiva, os teores de humidade remanescente finais variaram entre 9,4 *versus* 9,9% e 14,7 *versus* 9,7%, respetivamente para a variedade *Pacific Deluxe versus* variedade *Versailles* secadas a 30 °C e 40 °C.

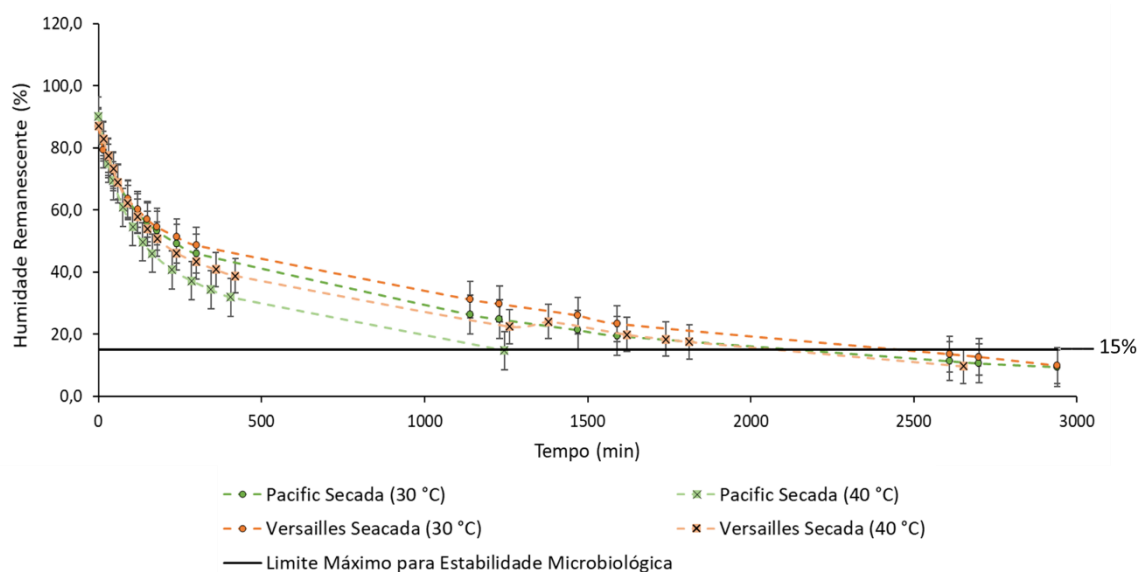


Figura 29- Curva de secagem das variedades *Versailles* e *Pacific Deluxe* a 30 e 40 °C. Os dados apresentados são expressos como valor médio e desvio padrão da percentagem de humidade remanescente removida das 5 réplicas de cada variedade em função do tempo.

Da análise da **Figura 29** é ainda possível constatar que o comportamento da variedade *Pacific Deluxe* secada a 30 °C se assemelha ao comportamento da variedade *Versailles* secada a 40 °C, resultado que combina a maior rapidez do processo de secagem a 40 °C com uma framboesa de maior tamanho na variedade *Versailles*, resultando num comportamento semelhante à secagem a 30 °C aplicada a uma framboesa de menores dimensões, como é o caso da variedade *Pacific Deluxe*. Por ser uma framboesa de maiores dimensões, mesmo em condições que permitam um processamento mais rápido, ou seja, secagem a 40 °C, é possível verificar que a variedade *Versailles* sofreu um processo de secagem mais demorado em cerca de 23h do que a variedade *Pacific Deluxe*. Para além das dimensões superiores da variedade *Versailles*, também a sua maior firmeza, parâmetro que lhe é conferido pelo seu maior teor de sólidos totais (**Tabela 6**), pode ter tido impacto numa maior resistência à remoção de água durante a secagem.

Na **Figura 30** encontram-se representadas imagens reais das variedades de framboesa em estudo antes e após os processos de secagem a 30 e a 40 °C. Partindo da análise da figura é possível verificar que ambas as variedades perdem a sua estrutura característica, sendo esta perda mais acentuada para a temperatura de 30 °C e mais notória para a variedade *Pacific Deluxe*. É, ainda, possível constatar que ocorre um acastanhamento da amostra em ambas as variedades, sendo esse

mesmo acastanhamento mais acentuado para 30 °C. Com base nas alterações verificadas para cada temperatura é possível concluir que quanto menor for a temperatura maior é a duração do processo de secagem, logo maiores são as alterações provocadas na amostra.

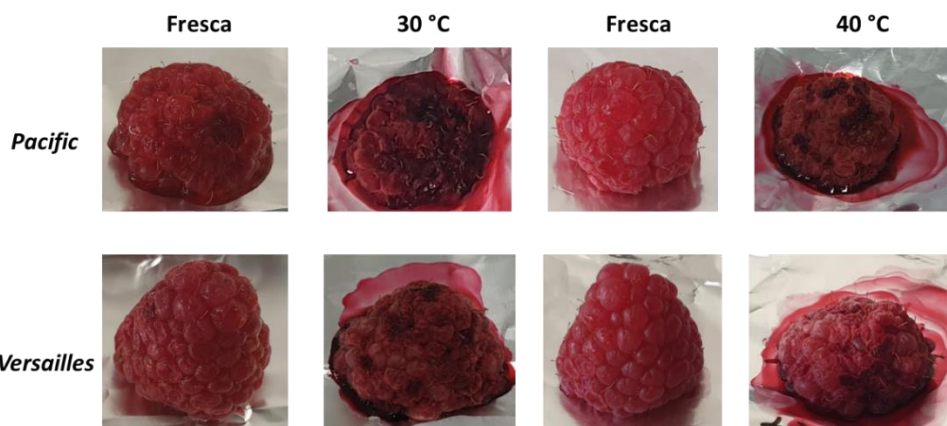


Figura 30- Imagens reais das framboesas em estudo antes e após o desidratação em estufa a 30 e 40 °C.

4.3. Avaliação do Impacto dos Processos de Desidratação nas Framboesas das Variedades *Pacific Deluxe* e *Versailles*

4.3.1. Determinação Instrumental da Cor

A cor é um fator importante para os consumidores na escolha dos alimentos. Geralmente, a aceitabilidade de frutas e vegetais processados aumenta quando as suas cores são próximas das cores originais dos alimentos não processados, pelo que, num estudo focado na valorização de subprodutos de framboesa torna-se imprescindível proceder à análise da cor dos produtos desidratados por forma a avaliar o impacto das diferentes técnicas de secagem utilizadas nos seus parâmetros cromáticos. Os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* obtidos para as duas variedades de framboesa em estudo no seu estado fresco e após as secagens nas diferentes condições encontram-se representados na **Tabela A1 (anexo)**.

As amostras, na sua forma fresca, de ambas as variedades em estudo apresentam valores de L^* , a^* e b^* estatisticamente similares entre si, no entanto, estas apresentam comportamentos distintos quando sujeitas aos tratamentos de secagem (**Figura 31**). Da análise conjunta aos parâmetros de cor L^* , a^* e b^* na **Figura 31** é possível constatar que, para ambas as variedades em estudo, as framboesas secadas a 30 °C foram as que registaram maiores alterações de cor, tendo afetado todos os parâmetros no caso da variedade *Pacific Deluxe* e afetado apenas a luminosidade (parâmetro L^*) no caso da variedade *Versailles*. Ambos os processos de desidratação (liofilização e secagem a 30 e 40 °C) provocam uma diminuição na luminosidade das framboesas de ambas as variedades apresentando estes resultados diferença significativa quando comparados com a mesma variedade da amostra fresca, com exceção das framboesas *Pacific Deluxe* liofilizadas cuja luminosidade é similar à amostra fresca. Este brilho mais forte das frutas liofilizadas em comparação com o produto obtido da secagem por convecção (**Figura 31A**) pode estar relacionado, entre outros fatores, com o menor teor de água na amostra liofilizada [106]. Relativamente aos resultados representados na **Figura 31B** é possível constatar que, para a variedade *Versailles*, o parâmetro a^* não varia de forma significativa com os tratamentos de secagem, no entanto, a variedade *Pacific Deluxe* apresenta um comportamento diferente, com significado estatístico: parâmetro a^* das amostras liofilizadas aumenta em relação às framboesas frescas, decresce de

forma acentuada com a secagem a 30 °C e mantém-se praticamente igual com a secagem a 40 °C (**Figura 31B, Tabela A1 (anexo)**). Resultados semelhantes foram reportados para bagas liofilizadas e secadas a 50 °C [93], tendo-se obtido valores mais elevados do parâmetro a^* , ou seja, valores mais elevados de vermelhidão nas bagas liofilizadas quando comparados com as amostras secadas por convecção. Para além da pigmentação, foi também reportada a possibilidade de existirem diferenças ao nível das estruturas internas do fruto [63]. Relativamente à liofilização, a diminuição em termos de luminosidade e o aumento da vermelhidão quando comparada com a versão fresca das framboesas poderão estar relacionadas com a água livre da framboesa liofilizada ser substituída por ar, ou seja, as mudanças na cor vermelha e na luminosidade podem ser uma consequência da difusão da luz que passa por um material, sendo este efeito mais pronunciado para frutas com matrizes definidas e vibrantes, como é o caso das framboesas [106]. Num estudo sobre a secagem de cubos de fruta utilizando estufa, foram reportados valores de b^* inferiores quando se usam valores de temperatura de secagem superiores (50 e 70 °C) [107]. Analisando a **Figura 31C** para o parâmetro b^* é possível verificar um maior impacto com a secagem a 30 °C do que o provocado pela liofilização e secagem a 40 °C para a variedade *Pacific Deluxe*. Já no caso da variedade *Versailles* a variação não é estatisticamente significativa para o parâmetro b^* quando é aplicada qualquer uma das técnicas de secagem em comparação com a fruta fresca. Este resultado demonstra a grande influência da variedade no resultado final, quando a framboesa fresca é sujeita a processos de secagem, principalmente em estufa. Deste modo, é possível concluir que existem diferenças significativas em termos dos parâmetros L^* , a^* , b^* das amostras desidratadas face às amostras frescas em estudo, sendo estas diferenças mais notórias na variedade *Pacific Deluxe*. Estes resultados mostram, assim uma maior resistência às condições de secagem da variedade *Versailles* quando comparada com a *Pacific Deluxe*.

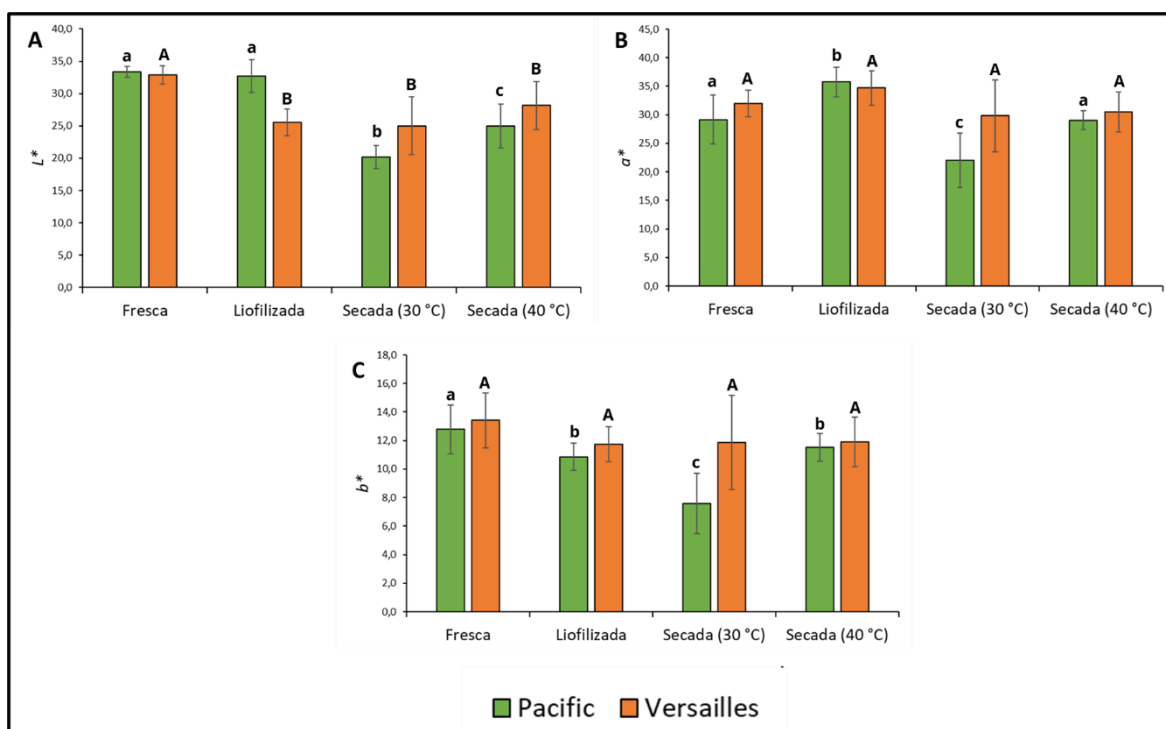


Figura 31- Parâmetros L^* , a^* e b^* obtidos para as variedades em estudo para framboesas frescas, liofilizadas e secadas a 30 e 40 °C. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade.

Na **Tabela 7**, encontram-se representados os resultados obtidos para a variação de cor das framboesas liofilizadas e secadas (30 e 40 °C) em relação às framboesas frescas de ambas as variedades, bem como o seu aspeto visual usando o programa de correspondência para os parâmetros CIELab (*convert-lab*, versão disponível online) [108].

Tabela 7- Variação de cor entre as amostras frescas, liofilizadas e secadas das amostras em estudo.

		<i>Pacific</i>		<i>Versailles</i>	
		ΔE	Aspeto Visual	ΔE	Aspeto Visual
Fresca		-		-	
Liofilizada		6,89		7,98	
Secada	30 °C	15,87		8,28	
	40 °C	8,44		5,16	

O parâmetro ΔE , que mede a diferença (usando a **equação 1**, secção **3.3.4**) de cor entre a amostra desidratada e a fresca, apresentou valores entre 5,2 e 15,9 para a variedade *Versailles* secada a 40 °C e para a variedade *Pacific Deluxe* secada a 30 °C, respetivamente (**Tabela 7**). Assumindo que apenas se consideram diferenças consideráveis quando o valor de ΔE é superior a 10 [106], de acordo com os resultados da **Tabela 7**, pode afirmar-se que apenas para as amostras *Pacific* secadas a 30 °C ($\Delta E=15,9$) houve uma influência considerável na cor causada pela condição de secagem. No entanto, de um modo geral, o impacto na cor das amostras pode, no caso da variedade *Pacific Deluxe*, ser organizado como secagem a 30 °C >> secagem a 40 °C > liofilização. Na variedade *Versailles* observou-se um comportamento similar (secagem a 30 °C > liofilização > secagem a 40 °C) (**Tabela 7**).

Nas amostras secadas verifica-se um ligeiro acastanhamento que pode ser justificado por uma possível decomposição de carotenoides e/ou acastanhamento não-enzimático [94], nomeadamente associado a Reações de *Maillard*, resultando na formação de pigmentos castanhos. Estes resultados seguem a mesma tendência descrita para maçãs, bananas, batatas e cenouras que também desenvolveram cores castanhas quando sujeitas a um processo de secagem convectiva a 70 °C durante cerca de 7h (batatas e cenouras) e 8h30min (maçãs e bananas), contrariamente ao processo de liofilização [109]. Tal como evidenciado em termos visuais para as amostras secas em estufa (**Figura 30**), a secagem a 30 °C provocou um maior acastanhamento nas amostras, sendo esse acastanhamento mais evidente para a variedade *Pacific Deluxe* (**Tabela 7**).

4.3.2. Perfil em Antocianinas das Variedades *Pacific Deluxe* e *Versailles* na forma fresca, liofilizada e secada a 30 e 40 °C

O perfil em compostos antocianinas das variedades em estudo, para as framboesas frescas, liofilizadas e secadas, foi determinado por HPLC-DAD. Este é um método de separação dos compostos químicos presentes em solução, utilizado para identificar e quantificar os constituintes de uma mistura. Neste trabalho, para além da quantificação dos compostos fenólicos existentes nas diferentes amostras, foi ainda possível avaliar o impacto provocado pelas técnicas de desidratação utilizadas ao nível dos compostos fenólicos das amostras em estudo. Na **Figura 32**, encontram-se representados os cromatogramas de ambas as variedades frescas em estudo (**Figura 32 B e C**), bem como o cromatograma reportado na literatura para framboesas vermelhas (**Figura 32 A**) [93].

Analisando o cromatograma presente na **Figura 32A** é possível constatar a presença de quatro picos característicos, sendo o pico maioritário possivelmente correspondente ao composto

cianidina-3-glucosídeo, conhecido como sendo um composto predominante na framboesa [93]. Comparando o cromatograma reportado na literatura com os cromatogramas obtidos para ambas as variedades (**Figuras 32B e 32C**) é possível verificar que as variedades em estudo também evidenciam a presença de quatro picos característicos e que, tal como reportado na literatura, possuem um pico maioritário que, por analogia, será o pico correspondente à cianidina-3-glucosídeo. Apesar da aproximação dos perfis, para a confirmação da identidade dos diferentes picos, seria necessária a realização de um ensaio de UPLC para confirmar a analogia estabelecida antes de proceder à confirmação da identidade dos compostos.

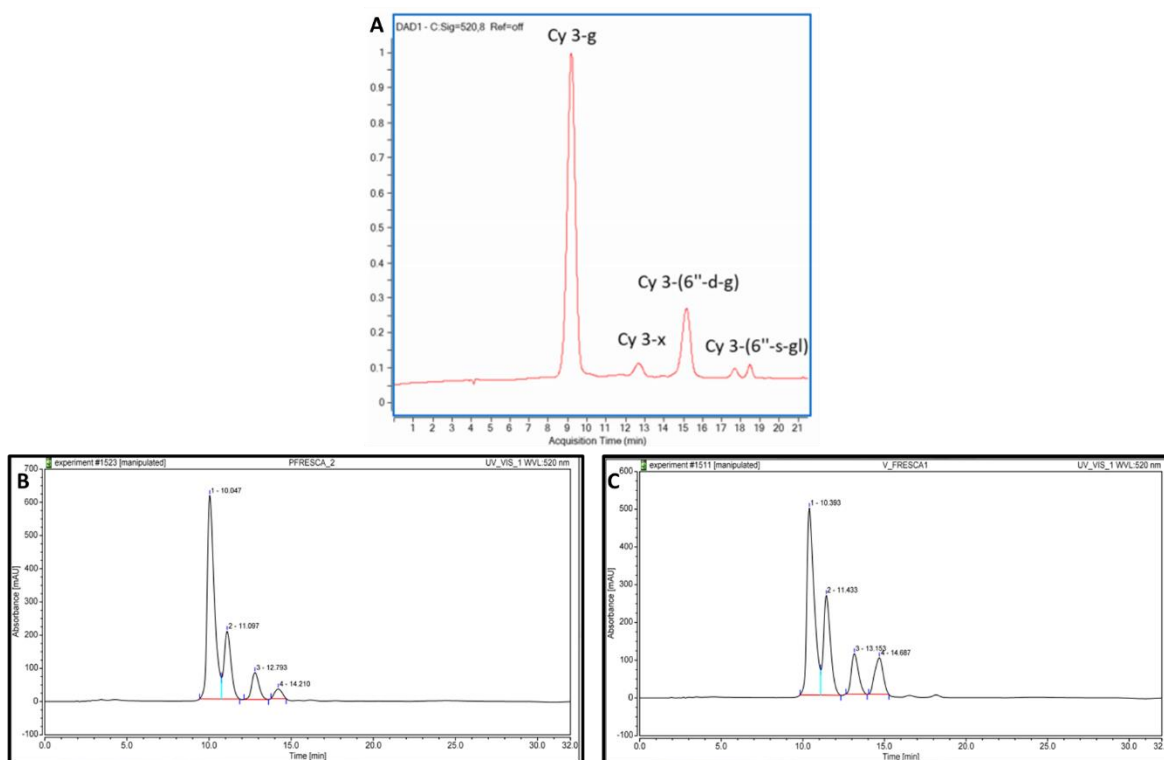


Figura 32- Cromatogramas de framboesas vermelhas detetados a 520 nm: (A) Cromatograma reportado em [93] com identificação dos compostos: Cy-3-g: Cianidina-3-Glucosídeo, Cy-3-x: Cianidina-3-Xilosídeo, Cy 3-(6''-d-g): Cianidina 3-(6''-dioxalil-glucosídeo), Cy 3-(6''-s-gl): Cianidina 3-(6''-succinil-glucosídeo); (B) Cromatograma da variedade *Pacific Deluxe* fresca; (C) Cromatograma da variedade *Versailles* fresca.

Partindo da análise das **Figuras 32B e 32C** é ainda possível constatar que ambas as variedades em estudo possuem um perfil em compostos fenólicos bastante semelhante, evidenciando ambas os quatro picos característicos com confirmação dos respetivos tempos de retenção (**Tabela 8**). Este resultado permite concluir que, contrariamente às características físico-químicas em que se verificou uma grande influência da variedade ao nível dos resultados obtidos, no caso do perfil de compostos fenólicos a variedade não altera este perfil característico (**Tabela 8**).

Tabela 8- Tempos de retenção obtidos para os compostos identificados em cada variedade. Os resultados apresentados são a média de duas réplicas.

	Tempo de retenção (min)								
	Pacific				Versailles				
	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	
Fresca	10,22	11,28	13,00	14,44	10,32	11,34	13,06	14,58	
Liofilizada	9,81	10,99	12,66	14,06	9,97	11,01	12,68	14,24	
Secada	30 °C	9,98	11,04	12,71	14,06	9,95	10,98	12,67	14,23
	40 °C	9,95	11,01	12,66	14,01	10,04	11,06	12,72	14,28

Com base na aproximação à curva de calibração estabelecida usando a malvina (**Figura A1** em **anexo**), foi possível estabelecer uma quantificação em μg de equivalentes de malvidina por mg de amostra seca para cada amostra (**Figura 33**). As denominações “Composto 1, Composto 2, Composto 3, Composto 4” correspondem aos picos do cromatograma consoante os tempos de retenção apresentados na **Tabela 8**. Com base nestes resultados é possível proceder à avaliação do impacto das técnicas de desidratação utilizadas ao nível do perfil em compostos fenólicos e quantificar as diferenças em μg de equivalentes de malvidina por mg de amostra seca.

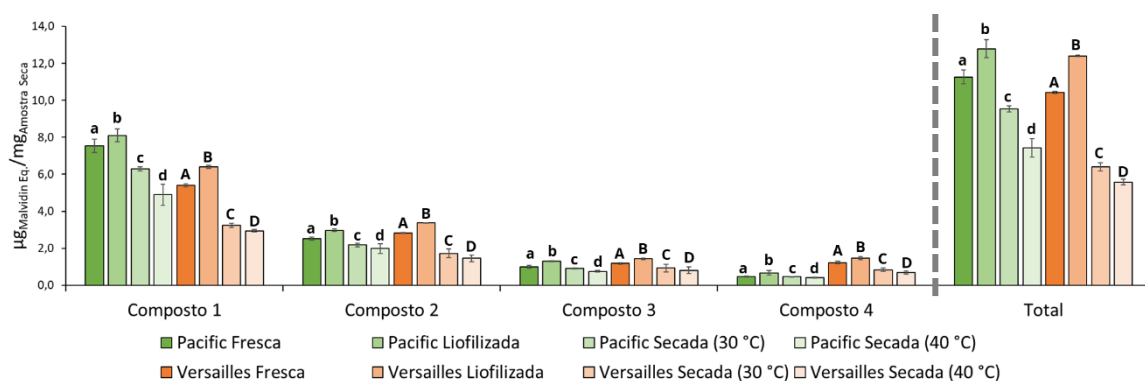


Figura 33- Resultados obtidos para o estudo do impacto das diferentes técnicas de desidratação ao nível dos compostos fenólicos das amostras em estudo. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade.

Partindo da análise da **Figura 33** é possível verificar que, de um modo geral as duas variedades em estudo possuem um perfil em compostos fenólicos bastante similar, tanto para cada composto identificado, como para a esquematização dos compostos fenólicos totais. Pela análise da **Figura 33** é possível verificar que, independentemente da variedade em estudo bem como do processo de desidratação, o composto maioritário é o composto 1, previamente sugerido por analogia com a literatura [93] como sendo a cianidina-3-glucosídeo. Em termos do teor do composto 1 presente em ambas as variedades no seu estado fresco, a variedade *Pacific Deluxe* possui um valor ligeiramente superior à variedade *Versailles* ($7,5$ e $5,4 \mu\text{g}_{\text{Eq. Malvidina}}/\text{mg}_{\text{Massa Seca}}$, respetivamente), sendo que relativamente aos compostos 2 e 3 ($2,5$ e $1,0 \mu\text{g}_{\text{Eq. Malvidina}}/\text{mg}_{\text{Massa Seca}}$ para a variedade *Pacific Deluxe* e $2,8$ e $1,2 \mu\text{g}_{\text{Eq. Malvidina}}/\text{mg}_{\text{Massa Seca}}$ para a variedade *Versailles*, respetivamente) as diferenças entre as duas variedades são mínimas. O composto 4 é o composto em que se verifica uma maior diferença em termos de teor nas duas variedades, com a variedade *Pacific Deluxe* a evidenciar um teor de apenas $0,46 \mu\text{g}_{\text{Eq. Malvidina}}/\text{mg}_{\text{Massa Seca}}$ e a variedade *Versailles* um teor de $1,22 \mu\text{g}_{\text{Eq. Malvidina}}/\text{mg}_{\text{Massa Seca}}$. Tal como já referido, em termos de compostos fenólicos totais, as duas variedades são bastante semelhantes ($11,27 \mu\text{g}_{\text{Eq. Malvidina}}/\text{mg}_{\text{Massa Seca}}$ para a variedade *Pacific Deluxe* e $10,42 \mu\text{g}_{\text{Eq. Malvidina}}/\text{mg}_{\text{Massa Seca}}$ para a variedade *Versailles*).

Analisando mais em detalhe os resultados obtidos para cada composto, é possível constatar que, para ambas as variedades, as técnicas de secagem utilizadas provocam um impacto significativo ao nível dos compostos fenólicos face à forma fresca correspondente. Por outro lado, ambas as variedades evidenciam uma melhor preservação dos compostos fenólicos com a técnica de liofilização (8,1 e 7,5 $\mu\text{g}_{\text{Eq.Malvidina}}/\text{mg}_{\text{Massa Seca}}$ para a variedade *Pacific Deluxe* liofilizada e fresca, respetivamente e 6,4 e 5,4 $\mu\text{g}_{\text{Eq.Malvidina}}/\text{mg}_{\text{Massa Seca}}$ para a variedade *Versailles* liofilizada e fresca, respetivamente), sendo que no caso particular da variedade *Pacific Deluxe*, a secagem a 40 °C é a técnica que provoca maior perda de compostos fenólicos quando comparada com a sua forma fresca, independentemente do composto em questão. Relativamente à variedade *Versailles* tanto as secagens a 30 como a 40 °C provocam um impacto semelhante ao nível dos compostos fenólicos, independentemente do composto em questão.

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que a liofilização foi a técnica com maior teor de antocianinas preservadas em ambas as amostras. Por outro lado, no caso da variedade *Pacific Deluxe*, a secagem a 40° C foi a técnica que evidenciou maior destruição de antocianinas, contrariamente à variedade *Versailles*, para a qual o impacto provado por ambas as temperaturas de secagem foi bastante semelhante. Estudos elaborados com morangos e mirtilos secados evidenciaram que quanto maior fosse a temperatura (24, 40 e 60 °C) a que os frutos fossem sujeitos durante os processos de secagem maior seria a diminuição nos teores de antocianinas nos morangos e mirtilos secados [110].

4.3.3. Teor de Compostos Fenólicos Totais

A determinação do teor de compostos fenólicos totais nas diversas amostras em estudo foi realizada através do método de *Folin-Ciocalteu*. Este método envolve a redução do reagente de *Folin* pelos compostos fenólicos presentes nas amostras, levando à formação de um complexo azul, cuja intensidade aumenta linearmente a 750 nm. Sendo assim, para a quantificação destes compostos, começou-se por construir a curva de calibração do ácido gálico (**Figura A2** em anexo), através das diferentes absorvâncias medidas a 750 nm em função das concentrações deste padrão. A curva de calibração representada na **Figura A2 (anexo)** foi utilizada para calcular o teor de compostos fenólicos totais presente nas diferentes amostras, expresso em equivalentes de ácido gálico, encontrando-se esses valores representados na **Figura 34** (figura construída a partir da **Tabela A2** em anexo).

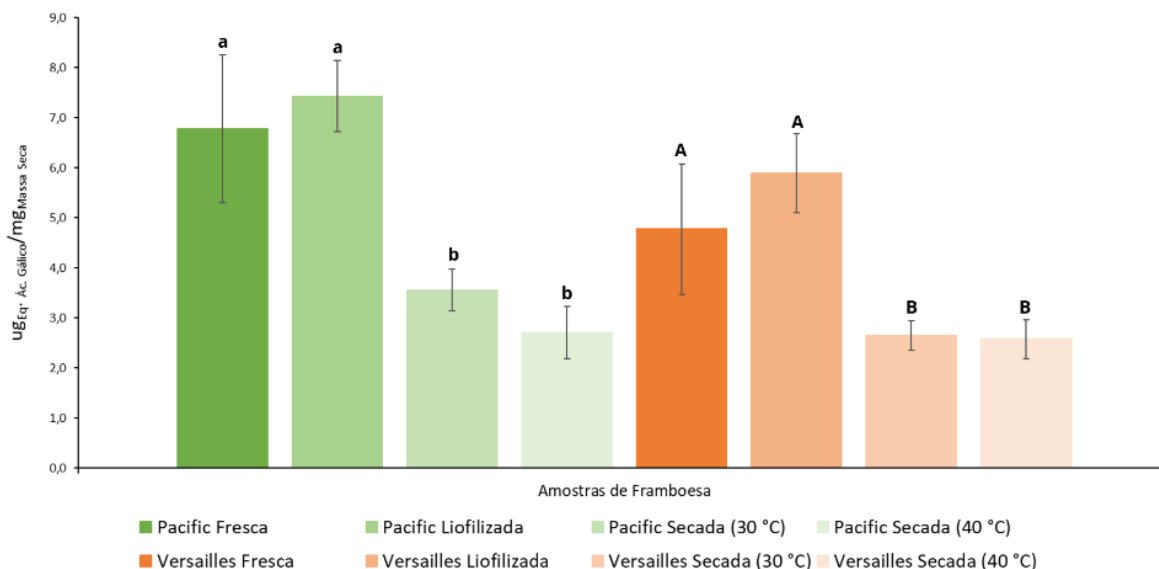


Figura 34- Teor de compostos fenólicos totais obtido pelo método de *Folin-Ciocalteu* para cada variedade de framboesa em estudo, tanto no seu estado fresco como após cada processo de desidratação utilizado. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade.

Da análise da figura é possível constatar que a variedade *Pacific Deluxe* fresca possui maior teor de compostos fenólicos totais do que a variedade *Versailles* fresca: 6,78 versus 4,77 $\mu\text{gEq. Ác. Galílico/mg Massa Seca}$ (**Figura 34**). Após a secagem a 40 °C, no caso da variedade *Pacific Deluxe*, verifica-se uma perda de 60 % de compostos fenólicos, um valor superior quando comparado com a secagem a 30 °C, onde se registaram perdas de 48 %. No caso da variedade *Versailles*, o impacto provocado pelas duas temperaturas de secagem foi semelhante, tendo-se registado uma perda de cerca de 45 e 46 % para as secagens a 30 °C e 40 °C, respetivamente. Os resultados obtidos seguem a tendência reportada para o mirtilo, onde temperaturas de secagem de 45, 65 e 85 °C conduziram à redução do seu teor em compostos fenólicos, sendo este decréscimo acentuado aquando da utilização de temperaturas mais altas, com reduções até 80 % no total de compostos fenólicos [111]. A mesma tendência foi também reportada para o morango, onde foi registada uma diminuição no teor em compostos fenólicos de 60 e 78 % durante o processo de secagem convectiva a 50 e 60 °C, respetivamente [100].

Analisando a **Figura 34** é evidente a manutenção do teor de compostos fenólicos totais nas amostras liofilizadas e uma diminuição significativa no seu teor nas amostras secadas quer a 30 quer a 40 °C, quando comparadas com as amostras frescas e liofilizadas de ambas as variedades. Assim, apesar das diferenças observadas enquanto amostra fresca, ambas as variedades se comportam de maneira bastante semelhante em termos do impacto causado pelas diferentes técnicas de desidratação (**Figura 34**), tal como já evidenciado no perfil de compostos fenólicos determinado por HPLC (**Figura 33**). Vários estudos evidenciaram que a temperatura, a duração e o método de secagem possuem uma grande influência no teor de compostos fenólicos totais de frutas e vegetais através de vários mecanismos [112] relacionados com a libertação de compostos fenólicos que se encontravam na forma ligada, nomeadamente na forma glicosilada, que com a degradação parcial da lignina foram libertados, acabando por ocorrer a sua degradação térmica [93].

Com base nos resultados obtidos é possível concluir que a liofilização é uma técnica que não provoca alterações significativas ao nível do teor em compostos fenólicos totais quando comparada com a forma fresca de cada variedade de framboesa vermelha. Por outro lado, a secagem convectiva, mesmo a temperaturas mais baixas (≤ 40 °C) continua a apresentar uma grande influência no teor de compostos fenólicos totais das framboesas vermelhas, levando a uma

diminuição significativa deste parâmetro quando comparada com as formas fresca e liofilizada. Esta tendência também já foi observada para frutas, como morangos e mirtilos e vegetais, como batata e cenoura [100]. No entanto, é de salientar que não se observaram diferenças significativas entre as duas temperaturas de secagem utilizadas para nenhuma variedade de framboesa em estudo (**Figura 34**). É de salientar, ainda, que tanto o método de HPLC utilizado como o método de *Folin-Ciocalteu* permitiram avaliar a composição em compostos fenólicos das diferentes amostras em estudo, pelo que se pode estabelecer uma comparação relativa entre os resultados obtidos pelos dois métodos. Deste modo, a mesma tendência no teor total em compostos fenólicos foi determinada pelos dois métodos (**Figuras 33 e 34**) podendo as pequenas diferenças registadas encontrarem-se relacionadas com a utilização de diferentes padrões para a construção das curvas de calibração (malvidina para o HPLC e ácido gálico para o método de *Folin-Ciocalteu*) e, também, pelo facto do método de *Folin-Ciocalteu* ser um método colorimétrico que avalia a capacidade redutora total duma amostra, logo menos preciso que o HPLC.

4.3.4. Atividade Antioxidante

Os valores determinados para o IC₅₀ e índice de atividade antioxidante (AAI), encontram-se registados na **Tabela 9**.

Tabela 9- IC₅₀ e AAI determinados nas diferentes amostras de framboesa em estudo. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade.

		<i>Pacific</i>		<i>Versailles</i>	
		IC ₅₀ (mg _{Matéria Seca} /mL)	AAI	IC ₅₀ (mg _{Matéria Seca} /mL)	AAI
Fresca		1,07 ^a	64,83	1,55 ^A	40,83
Liofilizada		2,58 ^a	9,39	3,72 ^B	4,57
Secada	30 °C	8,94 ^b	5,68	9,01 ^C	4,61
	40 °C	13,41 ^c	3,15	13,71 ^D	2,92

Os resultados da **Tabela 9** e **Figura A3** (gráfico construído em função dos valores de IC₅₀ calculados para os diferentes tipos de amostras em estudo (**anexo**)) demonstram que as duas variedades de framboesa em estudo, na sua forma fresca, possuem uma atividade antioxidante semelhante entre si (2,58 e 3,72 mg_{Matéria Seca}/mL para as variedades *Pacific Deluxe* e *Versailles*, respetivamente). Por outro lado, tanto a amostra fresca de cada variedade como as sujeitas aos processos de desidratação, evidenciam um efeito oxidante muito forte [103], com a variedade *Pacific Deluxe* fresca a registar o valor mais elevado (AAI = 64,83), seguida das suas formas liofilizada (AAI = 9,39), secada a 30 °C (AAI = 5,68) e, por fim, secada a 40 °C (AAI = 3,15). No caso da variedade *Versailles* verificou-se o mesmo comportamento: forma fresca (AAI = 40,83) > liofilizada (AAI = 4,57) > secada a 30 °C (AAI = 4,61) > secada a 40 °C (AAI = 2,92). Tendo por base os resultados do cálculo para o efeito antioxidante e os valores determinados para a atividade antioxidante das amostras em estudo na sua forma fresca é possível concluir que, apesar da atividade antioxidante de ambas as variedades ser semelhante, a variedade *Pacific Deluxe* fresca possui um efeito oxidante bastante superior (cerca de 2 vezes) quando comparada com a variedade *Versailles* fresca.

Os valores reportados na **Tabela 9** permitem evidenciar que quanto menor for o valor reportado maior será a respetiva atividade antioxidante, visto que será necessária uma menor quantidade de amostra para se conseguir reduzir em 50 % o teor de ABTS. Com exceção da amostra liofilizada da variedade *Pacific Deluxe*, todas as técnicas de desidratação provocaram perdas significativas de atividade antioxidante em relação à forma fresca das duas variedades de framboesa, sendo a liofilização a que provoca um menor impacto nesta atividade e a secagem a 40 °C aquela que evidencia um maior impacto (**Tabela 9**).

A atividade antioxidante de uma amostra está em grande parte relacionada com o seu teor em compostos fenólicos (secção 4.3.3.). Os resultados obtidos permitem concluir que, para ambas as variedades de framboesa em estudo, a secagem convectiva a 30 e a 40 °C originam uma redução significativa na atividade antioxidante, sendo esta redução mais evidente para as framboesas secadas a uma temperatura de 40 °C. No entanto, o teor em compostos fenólicos totais determinados para as framboesas secadas a estas temperaturas demonstrou ser bastante semelhante (**Tabela 9**). Estes resultados sugerem que, existem outro tipo de compostos, como por exemplo as vitaminas, com potencial antioxidante que perderam e/ou reduziram a sua atividade antioxidante aquando dos processos de secagem, sendo esta perda mais acentuada quando o processo é realizado a 40 °C. As framboesas são fontes de vitamina C [27], um composto altamente sensível ao calor, sendo por isso expectável que ocorra oxidação deste composto durante o tratamento térmico a 40 °C e que, conseqüentemente, ocorra uma redução da atividade antioxidante da amostra [113].

Tendo por base todos os resultados dos parâmetros físico-químicos das duas variedades de framboesas frescas, os resultados relativos às duas técnicas de desidratação e a influência das temperaturas de secagem na composição de ambas as variedades, para o desenvolvimento das formulações de *muffins* com incorporação dos produtos desidratados da framboesa, optou-se por utilizar apenas a variedade *Versailles* na forma liofilizada e secada a 40 °C. A sustentabilidade energética da secagem a 40 °C, menores gastos energéticos (tempos de secagem mais curtos quando comparados com a secagem a 30 °C), foi também tida em conta na escolha desta condição.

4.4. Caracterização das diferentes formulações de *Muffins* desenvolvidas com framboesas da variedade *Versailles* na forma fresca, liofilizada e secada a 40 °C

Com vista à valorização dos produtos desidratados da framboesa, estes foram incorporados em diferentes formulações de *muffins*, um produto de panificação bastante apreciado e consumido em todo o mundo. Para tal, partiu-se de uma receita de *muffins* já conhecida à qual foram feitas algumas alterações, nomeadamente no que diz respeito à diminuição dos teores de açúcar e sal, à quantidade de drupéolas de framboesa adicionadas e à seleção do agente levedante (bicarbonato de sódio ou fermento químico). A otimização da receita de *muffins* foi realizada apenas com as framboesas *Versailles* liofilizadas, enquanto o número de drupéolas adicionadas foi otimizado usando tanto as framboesas liofilizadas como as framboesas secadas a 40 °C. Por forma a controlar o efeito do *baking*, para cada alteração à receita inicial procedeu-se à realização do chamado controlo negativo, que corresponde à formulação realizada sem a adição de framboesas. Para comparação, além das framboesas desidratadas (liofilizadas e secadas a 40 °C) foram feitas as formulações correspondentes com as framboesas frescas.

4.4.1. Redução dos Teores de Sal e de Açúcar

Na **Figura 35** encontram-se representados os *muffins* obtidos aquando dos ensaios de redução dos teores de sal e açúcar. Partindo da análise da figura é possível verificar que os *muffins* confeccionados com framboesas frescas adquirem uma tonalidade esverdeada, não se verificando essa alteração de tonalidade para os *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas que mantêm a sua tonalidade semelhante ao controlo negativo. A alteração de tonalidade verificada para os *muffins* confeccionados com framboesas frescas está relacionada com o fenómeno de sinérese e, conseqüentemente, com o pH da massa dos *muffins*. Na culinária, a sinérese é definida como a libertação repentina da humidade contida nas moléculas, geralmente causada pelo

aquecimento [91]. Essa libertação de humidade, provoca também a libertação dos compostos fenólicos solúveis, nomeadamente antocianinas, que no pH da massa em questão vão conferir a tonalidade esverdeada ao *muffin* [90].

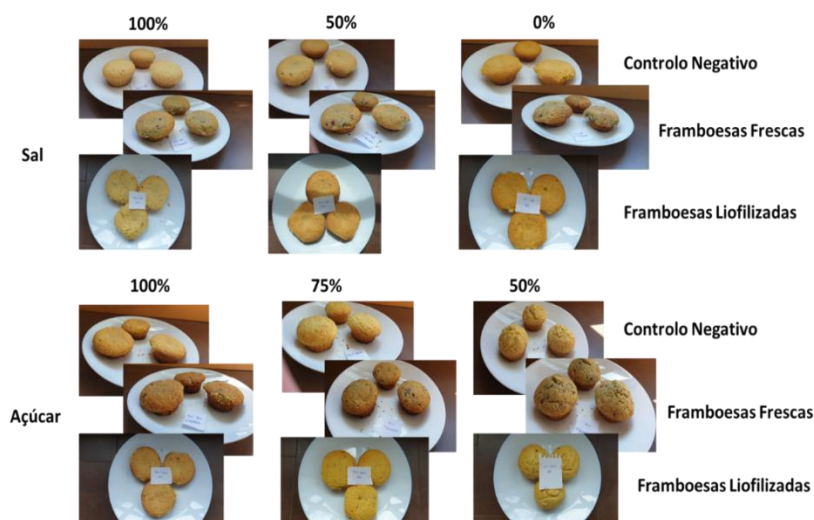


Figura 35- Imagens reais dos *muffins* confeccionados para as diferentes reduções de sal e de açúcar, na presença de framboesas frescas e liofilizadas ou na sua ausência (controlo negativo).

De modo a quantificar as diferenças observadas nas diferentes formulações apresentadas, nomeadamente para avaliar o efeito da redução de sal e de açúcar, os *muffins* resultantes de cada uma destas formulações foram caracterizados em termos da sua cor (**Tabela 10**, construída a partir da **Tabela A3** em anexo). Também aqui, tal como quando analisado o impacto no fruto (secção **4.3.1**), assume-se que existem diferenças consideráveis apenas quando $\Delta E > 10$ [106].

Tabela 10- Dados da cor dos *muffins* confeccionados para as diferentes reduções dos teores de sal e de açúcar com framboesas frescas e liofilizadas.

			Controlo Negativo (B1)	ΔE	Frescas (B1)	ΔE^*	Controlo Negativo (B2)	ΔE	Liofilizadas (B2)	ΔE^{**}
Topo	Sal	100%		-		26,00		-		1,67
		50%		9,16		16,17		4,83		0,80
		0%		8,60		19,11		3,33		2,00
	Açúcar	100%		-		20,19		-		3,03
		75%		4,66		17,36		5,22		0,69
		50%		6,73		20,96		5,80		2,97
Base	Sal	100%		-		8,93		-		6,67
		50%		4,53		4,68		2,36		4,03
		0%		9,75		4,12		4,42		5,97
	Açúcar	100%		-		7,30		-		4,08
		75%		1,16		2,14		6,04		9,52
		50%		16,46 ¹		7,02		3,08		3,87

ΔE - Variação encontrada na formulação preparada com redução de sal/açúcar em relação à formulação controlo (análise em coluna); ΔE^* - Variação encontrada na formulação por adição de framboesa fresca em relação à formulação controlo sem/com aplicação de redução de sal/açúcar ocorrida durante o primeiro *Baking* (B1) (análise em linha). ΔE^{**} - Variação encontrada na formulação por adição de framboesa liofilizada em relação à formulação controlo sem/com aplicação de redução de sal/açúcar ocorrida durante o segundo *Baking* (B2) (análise em linha). ¹ $\Delta E > 10$, estatisticamente significativo.

A análise de cor teve em conta as diferenças observadas na formulação preparada com redução de sal ou açúcar em relação à formulação controlo (ΔE) sem qualquer adição de framboesa quer para o topo quer para a base do *muffin*. Como os valores de ΔE para a base dos *muffins* foram inferiores a 10 (**Tabela 10**), então as diferenças não foram significativas e, por isso, toda a discussão seguinte será referente apenas ao comportamento da cor no topo dos *muffins*. Foi também analisada a variação da cor encontrada na formulação com adição de framboesa fresca em relação à respetiva formulação controlo exatamente com a mesma redução de sal ou açúcar (ΔE^*). Com valores de ΔE (**Tabela 10**) entre 4,7-5,2 (quando comparando *muffins* com redução para 75% de açúcar *versus* controlo) e 4,8-9,2 (quando comparando *muffins* com redução para 50% de sal *versus* controlo) é possível constatar que as reduções de sal e de açúcar não provocam alterações significativas ao nível da cor dos *muffins*. Já a adição de framboesas frescas aos *muffins*, tal como verificado na **Figura 35**, promove a alteração significativa da sua cor, com o valor máximo de 26 para o ΔE^* quando comparando *muffins* controlo com *muffins* com adição de fruta obtidos para o mesmo *baking* (B1). Esta variação resulta num aumento da tonalidade esverdeada dos *muffins* com framboesa. Nas restantes condições em que se testou a variação na percentagem de açúcar ou sal, as variações no ΔE^* não foram tão elevadas, mas ainda assim, significativas com valores entre 16,2 (comparando *muffins* com redução para 50% de sal e adição de framboesas *versus* controlo com redução para 50% de sal sem framboesas) e 21,0 (comparando *muffins* com redução para 50% de açúcar com adição de framboesas e *versus* controlo com redução para 50% de açúcar e sem framboesas) (**Tabela 10, Figura 35**). Estes resultados mostram um efeito independente da ocorrência ou não de redução do teor de sal ou de açúcar quando comparado com o efeito da adição de framboesa. Já a adição de framboesas liofilizadas não provocou alterações significativas na cor dos *muffins* quando comparadas com o controlo negativo correspondente ($\Delta E^{**} < 10$), ou seja, *muffins* sem adição de framboesas produzidas durante o segundo *Baking* (B2) (**Tabela 10, Figura 35**).

De modo a avaliar também o impacto causado pelas referidas reduções dos teores de sal e açúcar ao nível dos parâmetros físicos dos *muffins* realizaram-se medições das dimensões dos mesmos, encontrando-se os resultados obtidos representados na **Figura 36** (construído a partir da **Tabela A4** em anexo). Uma vez que se verifica um grande impacto associado ao próprio *baking* todas as condições estudadas foram sempre acompanhadas de um controlo durante o processo de *baking*, de modo a minimizar este efeito. Para os *muffins* usados como formulação de controlo (*Bakings* B1 e B2), obteve-se um peso de 43,7 e 42,3 g e uma altura total (parâmetro 5) de 2,9 e 2,4 cm por *muffin*. Já as restantes dimensões variaram entre 7,0/7,6 x 7,0/8,2 cm para o comprimento x largura (Parâmetros 1 e 2, respetivamente), 1,6 x 2,7/2,3 cm para a altura da base x altura da base + Borda (Parâmetros 3 e 4, respetivamente).

Partindo da análise da **Figura 36** é possível constatar que as principais alterações verificadas aquando da redução do teor de sal ocorrem ao nível do peso e da altura total (parâmetro 5) dos *muffins* (**Figuras 36A** e **36F**, respetivamente). Na **Figura 36A**, é possível verificar que apenas os *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas se tornam mais leves com uma redução significativa do peso quando comparados com o respetivo controlo, quer para 100% de sal quer para uma redução a 50% de sal. Já quando o sal é reduzido a 0% o peso dos *muffins* permanece praticamente inalterado quando comparado com o peso dos *muffins* controlo, correspondente. Em termos de altura total (parâmetro 5) (**Figura 36F**) é possível verificar que apenas nos *muffins* confeccionados com framboesas frescas se verifica um aumento significativo, embora ligeiro, da altura aquando da redução de 100% para 50% e para 0% de sal. Relativamente ao comprimento dos *muffins* (parâmetro 1) (**Figura 36B**), largura (parâmetro 2) (**Figura 36C**), altura da base (parâmetro 3) (**Figura 36D**) e altura da base + borda (parâmetro 4) (**Figura 36E**) não se verificaram alterações significativas ao longo das reduções do teor de sal para nenhum tipo de *muffin*, sendo as pequenas diferenças observadas correspondentes a diferenças entre *bakings* (resultados

inerentes ao controlo do forno e da cozedura, entre outros, não sendo este um dos parâmetro alvo de análise).

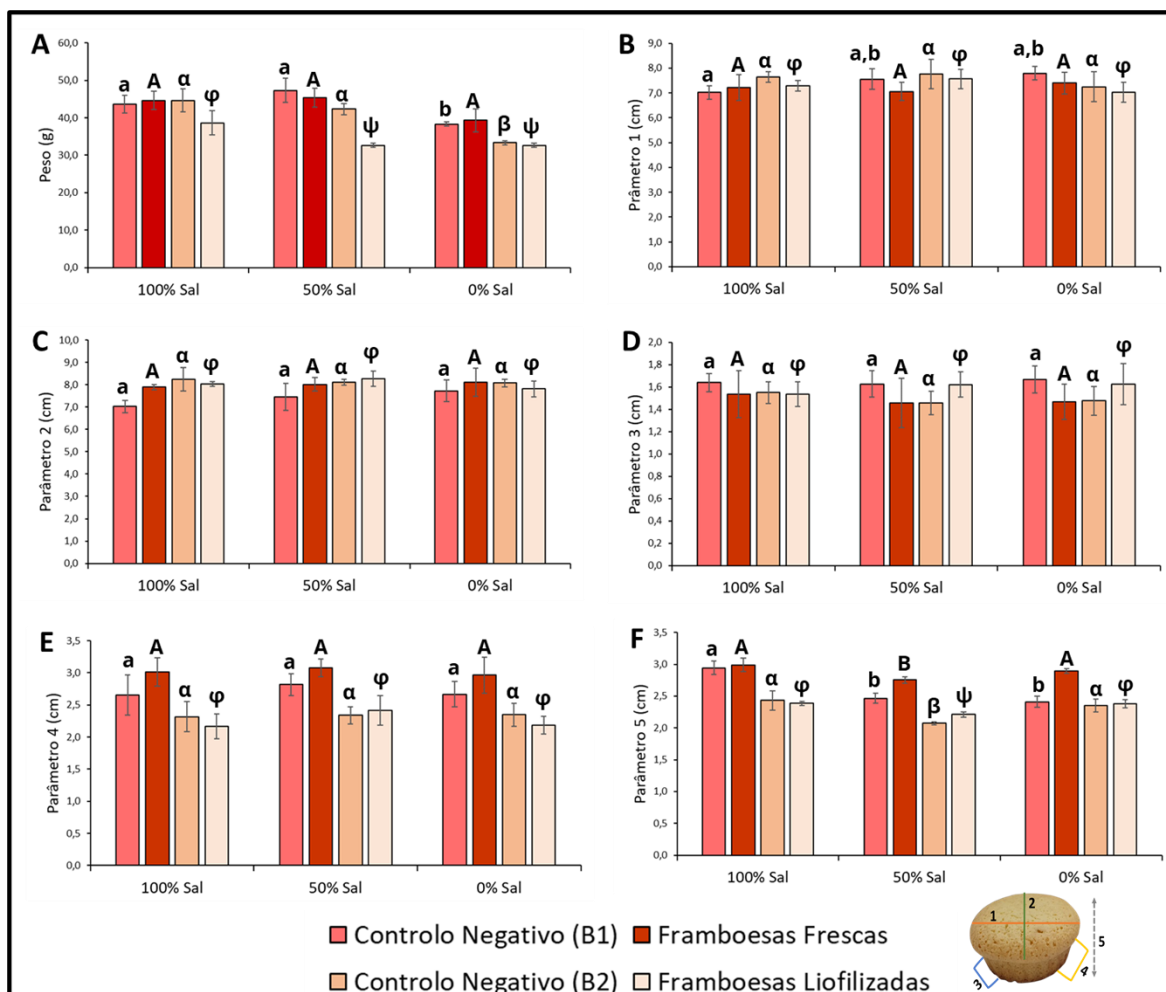


Figura 36- Parâmetros físicos dos *muffins* obtidos para avaliar o efeito da redução do teor de sal: (A) Peso (g), (B) Parâmetro 1 - comprimento (cm), (C) Parâmetro 2 - largura (cm), (D) Parâmetro 3 - Altura da base (cm), (E) Parâmetro 4 - Altura da base + Borda (cm) e (F) Parâmetro 5 - Altura Total (cm). Diferentes letras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) e maiúsculas/minúsculas/símbolos diferenciam as amostras.

Na **Figura 37** (construída a partir da **Tabela A4** em anexo) encontram-se representados os resultados obtidos para a avaliação do impacto da redução do teor de açúcar nos parâmetros físicos dos *muffins*. Para os *muffins* correspondentes à formulação controlo (*Bakings* B1 e B2), em média obteve-se um peso de 30,3 e 34,0 g e uma altura total (parâmetro 5) de 2,3 e 2,1 cm por *muffin* para a formulação com 100% de açúcar. Relativamente às restantes dimensões verificaram-se variações entre 7,5 x 8,1/8,2 cm para o comprimento x largura (Parâmetros 1 e 2, respetivamente), 1,5/1,3 x 3,1/2,1 cm para a altura da base x Altura da base + Borda (Parâmetro 3 e 4, respetivamente). Analisando todos os parâmetros que interferem no aspeto geral dos *muffins* é possível constatar que o maior impacto é verificado ao nível do peso (**Figura 37A**) e da altura total (parâmetro 5) dos mesmos (**Figura 37F**). Mais ainda se pode constatar que o impacto não é dependente da adição de framboesa, ou mesmo do tipo de secagem, mas é significativamente diferente para o controlo quando este é preparado com diferentes quantidades de açúcar. Analisando ainda a figura em questão é também possível constatar que, à medida que se reduz o teor de açúcar, o peso vai aumentando significativamente (**Figura 37A**). Relativamente à altura total

(parâmetro 5) (**Figura 37F**), todas as amostras aumentaram significativamente a sua altura com a diminuição do teor de açúcar, tendo a altura máxima para cada tipo de *muffin* sido registada com o menor teor de açúcar testado. Em termos de comprimento (parâmetro 1) (**Figura 37B**), largura (parâmetro 2) (**Figura 37C**), altura da base (parâmetro 3) (**Figura 37D**) e altura da base + borda (parâmetro 4) (**Figura 37E**) não foram verificadas alterações significativas em nenhum dos *muffins* confeccionados, sendo as pequenas diferenças verificadas devido a interferências causadas pelo *baking*.

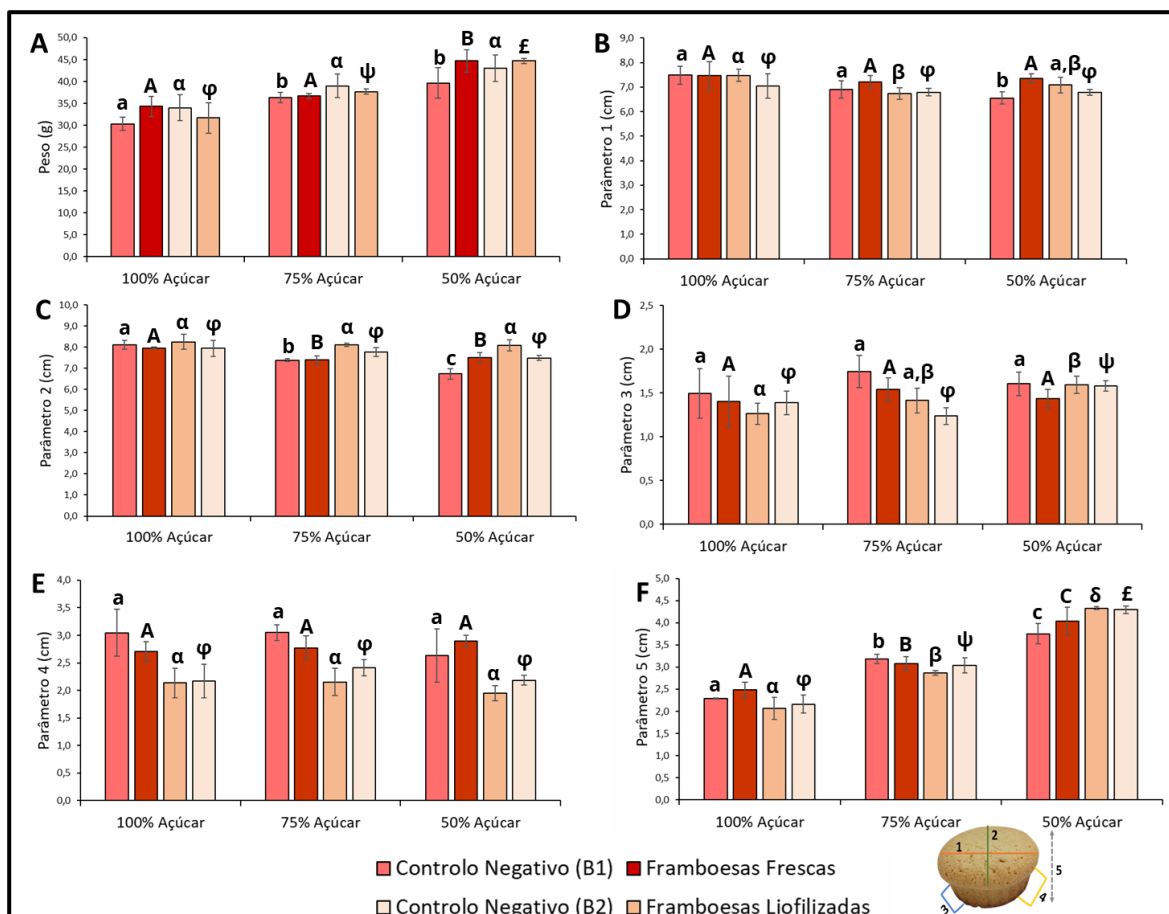


Figura 37- Parâmetros físicos dos *muffins* obtidos para redução do teor de açúcar: (A) Peso (g); (B) Parâmetro 1 (comprimento (cm)); (C) Parâmetro 2 (largura (cm)); (D) Parâmetro 3 (Altura da base (cm)); (E) Parâmetro 4 (Altura da base + Borda (cm)); (F) Parâmetro 5 (Altura Total (cm)). Diferentes letras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) e maiúsculas/minúsculas/símbolos diferenciam as amostras.

Sendo assim, avaliando em conjuntos os resultados obtidos para a redução dos teores de sal e de açúcar é possível concluir que, de um modo geral, a redução do teor de sal provocou alterações mínimas ou nulas nos parâmetros avaliados. Relativamente às principais alterações verificadas com a redução do teor de açúcar é possível concluir que os *muffins* se tornavam mais pesados e altos, convertendo-se num produto mais massudo e duro. Posto isto, optou-se por escolher manter a receita original em termos do teor de açúcar e excluir o teor de sal da formulação.

4.4.2. Número de Drupéolas de Framboesa Adicionadas

A fim de perceber qual a quantidade de drupéolas de framboesa mais adequada para adicionar à formulação dos *muffins* foram realizados ensaios com adição de 60, 90 e 120 drupéolas frescas, liofilizadas e secadas a 40 °C, visto que as 30 drupéolas utilizadas nos ensaios de redução de sal e de açúcar revelaram ser uma quantidade insuficiente, tendo em conta a dimensão dos *muffins*. Em termos visuais, com base na **Figura 38**, é possível verificar que com o aumento da adição do número de drupéolas se verifica um aumento da tonalidade esverdeada nos *muffins* confeccionados com framboesas frescas e secadas a 40 °C, não se observando, uma vez mais a alteração da cor dos *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas.

De modo a avaliar se o aumento da adição do número de drupéolas era impactante ao nível da cor realizou-se um ensaio de medição instrumental da cor, cujos resultados estão representados na **Figura 39** (construída a partir da **Tabela A5** em anexo) e cujas diferenças para o controlo são reportadas na **Tabela 11**.



Figura 38- Imagens reais dos *muffins* confeccionados com diferentes quantidades de drupéolas de framboesas frescas, secadas e liofilizadas.

Partindo da análise da **Figura 39** é possível verificar que o aumento da quantidade de drupéolas adicionadas possui um impacto significativo nos *muffins* confeccionados com incorporação de framboesa fresca para todos os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*). Por outro lado, apenas os *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas não evidenciaram diferenças significativas para nenhum dos parâmetros CIELab em estudo quando comparados com o seu controlo. As amostras secadas apresentaram alguns valores estatisticamente significativos aquando da adição de framboesas, nomeadamente com valores mais baixo para o parâmetro b^* .

Quando comparadas entre condições e em termos de luminosidade (**Figura 39A**) é possível constatar que os *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas foram os que apresentaram valores mais elevados no topo, tendo os *muffins* confeccionados com framboesas frescas e secadas evidenciado uma luminosidade muito idêntica. Já na cor da base dos *muffins*, os valores aproximaram-se entre todas as condições apresentadas. Relativamente ao parâmetro a^* (**Figura 39B**) é possível verificar que, tal como observado na **Figura 38**, os valores deste parâmetro aquando da adição das drupéolas diminuíram, aproximando-se de zero, e convertendo-se numa tonalidade

mais próxima da esverdeada. A diminuição mais acentuada do parâmetro a^* foi verificada nos *muffins* com framboesa fresca seguidos dos *muffins* com framboesas secadas, framboesas liofilizadas e *muffins* sem adição de framboesa. Quanto ao parâmetro b^* (**Figura 39C**) é possível verificar que os *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas mantiveram o valor do controlo mantendo a tonalidade amarela característica da massa dos *muffins*. Atendendo ao resultado relativo ao controlo das secadas, pode considerar-se que também os *muffins* confeccionados com framboesas secadas mantiveram o valor do controlo. Já os *muffins* confeccionados com framboesas frescas evidenciaram uma redução significativa do valor de b^* quando comparado com o controlo, mas que não se alterou com a adição de diferentes quantidades de framboesas. Em termos de cor da base, não se registaram diferenças significativas para qualquer quantidade de drupéolas adicionadas, nem em relação ao respetivo controlo negativo.

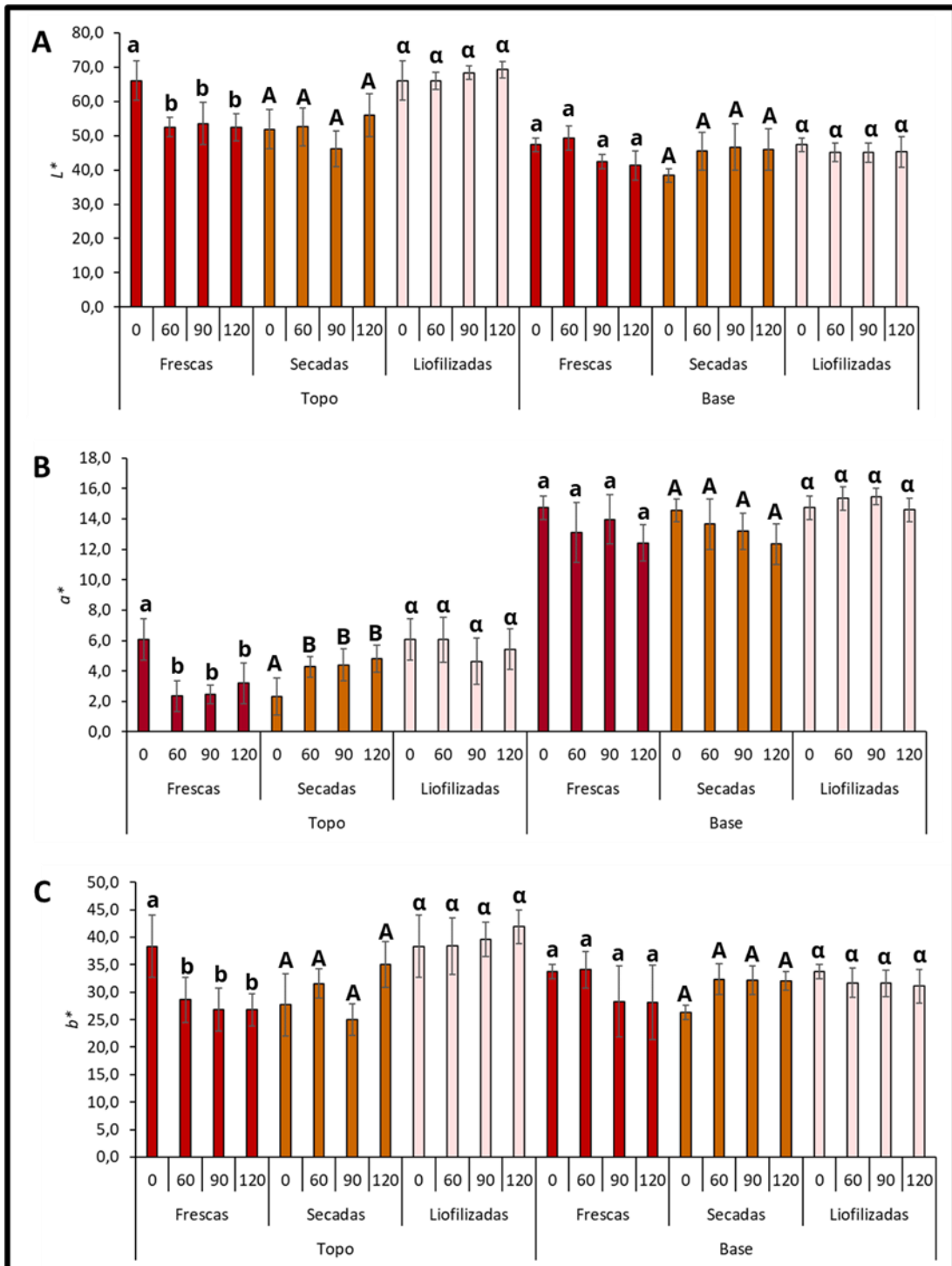


Figura 39- Parâmetros de cor avaliados no sistema CIELAB obtidos para as variedades em estudo para framboesas frescas, liofilizadas e secadas a 30 e 40 °C. (A) parâmetro L^* (representação da luminosidade); B) parâmetro a^* (variação entre verde (negativo) e vermelho (positivo)); C) parâmetro b^* (variação entre amarelo (negativo) e azul (positivo)). Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade.

Da análise das diferenças de cor representadas na **Tabela 11** é possível concluir que, de um modo geral, há medida que se aumenta ao número de drupéolas adicionado à formulação de *muffins* ocorre um maior impacto ao nível da cor. Este efeito é mais significativo com o aumento

do número de drupéolas de framboesas frescas, visto que os *muffins* se tornam mais esverdeados. Apesar de no caso dos *muffins* confeccionados com framboesas secadas também se verificar o aparecimento da tonalidade verde o efeito não é tão impactante, nem significativo como nas amostras frescas (valores de $\Delta E < 10$). Com base na análise da **Tabela 11** é ainda possível concluir que, no caso dos *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas, apesar de se verificar um ligeiro aumento do impacto provocado na cor pelo aumento da adição do número de drupéolas, o efeito provocado continua a ser insignificante, tal como se tinha descrito visualmente na **Figura 38**, e confirmado na avaliação dos parâmetros individualmente (**Figura 39**).

Tabela 11- Dados de cor (topo e base) relativos aos *muffins* confeccionados com diferentes quantidades de drupéolas.

	Nº de drupéolas	Controlo Negativo (B4)	Frescas	ΔE	Controlo Negativo (B3)	Secadas	ΔE	Controlo Negativo (B4)	Liofilizadas	ΔE
Topo	0		-	-		-	-		-	-
	60	-		17,08	-		4,36	-		0,09
	90	-		17,37	-		6,62	-		2,96
	120	-		18,06	-		8,71	-		4,84
Base	0		-	-		-	-		-	-
	60	-		2,50	-		7,77	-		3,06
	90	-		7,38	-		8,36	-		3,20
	120	-		8,54	-		9,25	-		3,41

ΔE - Variação encontrada na formulação preparada com diferentes quantidades de drupéolas em relação à formulação controlo correspondente.

Com base nestes resultados, é possível concluir que o aumento do número de drupéolas provoca impacto na cor, sendo este superior em *muffins* confeccionados com framboesas frescas < secadas < liofilizadas < sem adição de framboesa (controlo). Já o efeito de sinérese é tanto maior quanto maior for a humidade da amostra, e conseqüentemente, aumenta com o aumento do número de drupéolas.

A **Figura 40** surge com a finalidade de aferir se a adição de diferentes quantidades de drupéolas de framboesa provoca alterações significativas nos parâmetros físicos característicos das dimensões dos *muffins* (descritos em **3.4.2.**), criada com base nos dados apresentados na **Tabela A6 (anexo)**. Relativamente aos *muffins* correspondentes à formulação controlo (*Bakings* B3 e B4), em média, obteve-se um peso de 38,3 g para ambos e uma altura total (parâmetro 5) de 2,0 e 2,7 cm por *muffin*. Em termos das restantes dimensões avaliadas verificaram-se variações entre 7,7/6,8 x 8,6/8,3 cm para o comprimento x largura (Parâmetros 1 e 2, respetivamente), 1,5 x 2,8/2,6 cm para a altura da base x Altura da base + Borda (Parâmetro 3 e 4, respetivamente). Analisando a **Figura 40A** é possível verificar que há medida que aumenta o número de drupéolas adicionadas o peso da amostra também aumenta, sendo esse efeito mais pronunciado nos *muffins* elaborados com framboesas frescas e seguido dos *muffins* elaborados com secadas. No caso dos *muffins* elaborados com framboesas liofilizadas verificou-se uma ligeira redução significativa do peso aquando do aumento de 60 para 90 drupéolas adicionadas, sendo, possivelmente, a principal razão para a ocorrência desta diminuição de peso em relação ao seu controlo negativo um problema de *baking*.

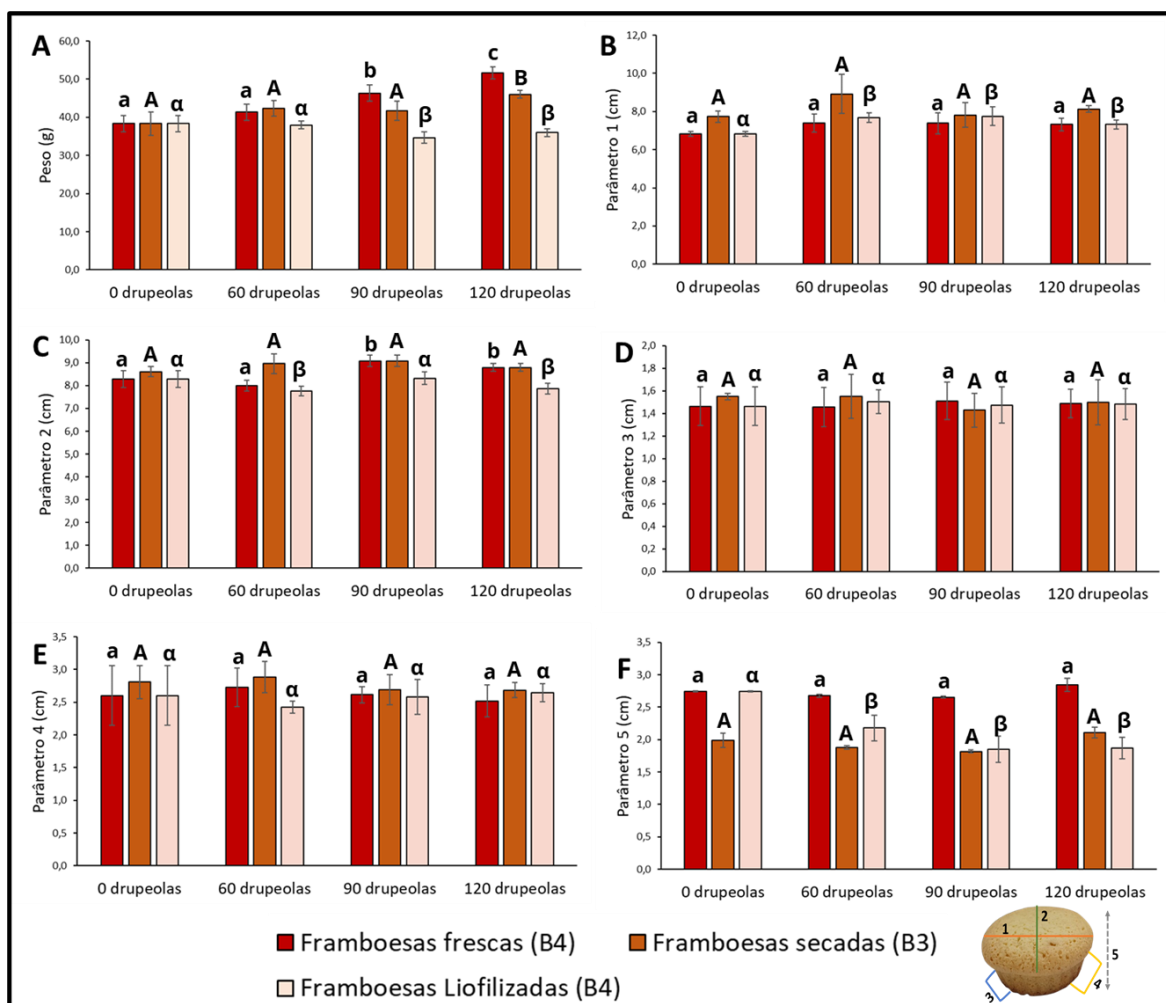


Figura 40- Parâmetros físicos dos *muffins* confeccionados com diferentes quantidades de drupéolas de framboesa: (A) Peso (g), (B) Parâmetro 1 - comprimento (cm), (C) Parâmetro 2 - largura (cm), (D) Parâmetro 3 - Altura da base (cm), (E) Parâmetro 4 - Altura da base + Borda (cm) e (F) Parâmetro 5 - Altura Total (cm). Diferentes letras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) e maiúsculas/minúsculas/símbolos diferenciam as amostras.

Em termos de altura total (parâmetro 5) (**Figura 40F**) é possível verificar que, os *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas foram os únicos que evidenciaram uma redução significativa da sua altura aquando do aumento do número de drupéolas adicionadas. Nos restantes parâmetros não houve diferenças consideráveis para além das que são incluídas pelo próprio *baking* e que não serão aqui alvo de estudo. Relativamente à largura (parâmetro 2) (**Figura 40C**) é possível constatar que apesar de os valores para os *muffins* confeccionados com framboesas frescas e liofilizadas aumentarem significativamente, não se verificam tendências em termos de aumento, podendo dever-se, uma vez mais, à heterogeneidade provocada pelo *baking*. Quanto ao comprimento (parâmetro 1) (**Figura 40B**), altura da base (parâmetro 3) (**Figura 40D**) e altura da base + borda (parâmetro 4) (**Figura 40E**) não foram verificadas alterações significativas em nenhum dos *muffins* confeccionados, sendo as ligeiras diferenças existentes causadas pela influência do *baking*. Com base nos resultados obtidos e na aparência dos *muffins* confeccionados com cada quantidade de drupéolas, decidiu-se optar por utilizar 120 drupéolas na confeção dos mesmos.

4.4.3. Substituição do Agente Levedante

A tonalidade verde presente nos *muffins* confeccionados com framboesas frescas e secadas não torna os produtos atraentes para os consumidores, pelo que se decidiu fazer uma alteração do agente levedante, substituindo o bicarbonato de sódio por fermento químico, a fim de perceber o impacto desta substituição no pH da massa e, conseqüentemente, na coloração resultante. Para a realização deste ensaio utilizaram-se apenas *muffins* confeccionados com framboesas frescas, uma vez é com a adição de framboesas frescas que se verifica o aparecimento da maior tonalidade esverdeada. Sendo assim, se a substituição do agente levedante solucionar a problemática da cor para estes *muffins*, solucionará para os restantes.

Na **Figura 41** encontra-se a imagem real dos *muffins* confeccionados com os diferentes agentes levedantes e framboesas frescas, sendo notória a diferença de tonalidade entre ambos. Em termos visuais é evidente o contraste entre a tonalidade esverdeada dos *muffins* confeccionados com o bicarbonato de sódio (**Figura 41- muffins** da esquerda) e a tonalidade amarela-clara dos *muffins* confeccionados com fermento químico (**Figura 41- muffins** da direita), ambos com a adição de drupéolas de framboesas frescas, sendo os *muffins* confeccionados com fermento químico muito mais apelativos em termos de cor. Uma outra diferença visual notória entre os *muffins* confeccionados com os diferentes agentes levedantes é a diferença na sua largura, sendo os *muffins* confeccionados com bicarbonato de sódio mais largos.



Figura 41- Imagens reais dos *muffins* confeccionados com os diferentes agentes levedantes: à esquerda *muffins* confeccionados com bicarbonato de sódio e à direita *muffins* confeccionados com fermento químico.

De modo a avaliar as diferenças identificadas visualmente entre a cor dos *muffins* confeccionados com os diferentes agentes levedantes realizou-se um ensaio de cor, encontrando-se os resultados obtidos representados na **Tabela 12** (construída a partir da **Tabela A7** em **anexo**).

Tabela 12- Dados de cor relativos aos *muffins* (topo e base) confeccionados com diferentes agentes levedantes e framboesas frescas.

		Controlo Negativo (B3)	Frescas	ΔE
Topo	Fermento			4,91
	Bicarbonato			11,37
Base	Fermento			2,61
	Bicarbonato			10,95

ΔE - Variação encontrada na formulação por adição de framboesa fresca em relação à formulação controlo preparada com diferentes agentes levedantes ocorrida durante o terceiro *Baking* (B3) (análise em linha).

Da análise da tabela é possível concluir que, de facto, com a substituição do bicarbonato de sódio por fermento químico o impacto na cor é reduzido drasticamente perdendo-se a tonalidade

verde característica dos *muffins* confeccionados com framboesas frescas (**Figura 41**). É ainda possível constatar que ao utilizar fermento químico como agente levedante o impacto provocado na cor é insignificante ($\Delta E < 10$), contrariamente ao verificado para o bicarbonato de sódio. Em termos de cor da base, não foram registadas diferenças significativas independentemente do agente levedante utilizado.

De modo a avaliar o impacto provocado por esta substituição ao nível dos parâmetros físicos que têm vindo, até aqui, a ser alvo de avaliação, realizaram-se as respetivas medições nos *muffins* confeccionados (**Figura 42**, gráfico construído a partir da **Tabela A8** em anexo). Uma vez mais realizou-se o respetivo controlo negativo para cada alteração efetuada, tendo-se obtido, em média, um peso de 38,3 g / 44,0 g e uma altura total (parâmetro 5) de 2,0 cm / 2,2 cm por *muffin* confeccionado com bicarbonato de sódio e fermento, respetivamente. Relativamente às restantes dimensões verificaram-se variações entre 7,7 x 8,6 cm para o comprimento x largura (Parâmetros 1 e 2, respetivamente), 1,5 x 2,8 cm para a altura da base x Altura da base + Borda (Parâmetros 3 e 4, respetivamente) para os *muffins* controlo confeccionados com bicarbonato de sódio e variações entre 7,2 x 8,1 cm para o comprimento x largura (Parâmetros 1 e 2, respetivamente), 1,5 x 2,4 cm para a altura da base x Altura da base + Borda (Parâmetro 3 e 4, respetivamente) para os *muffins* controlo confeccionados com fermento químico.

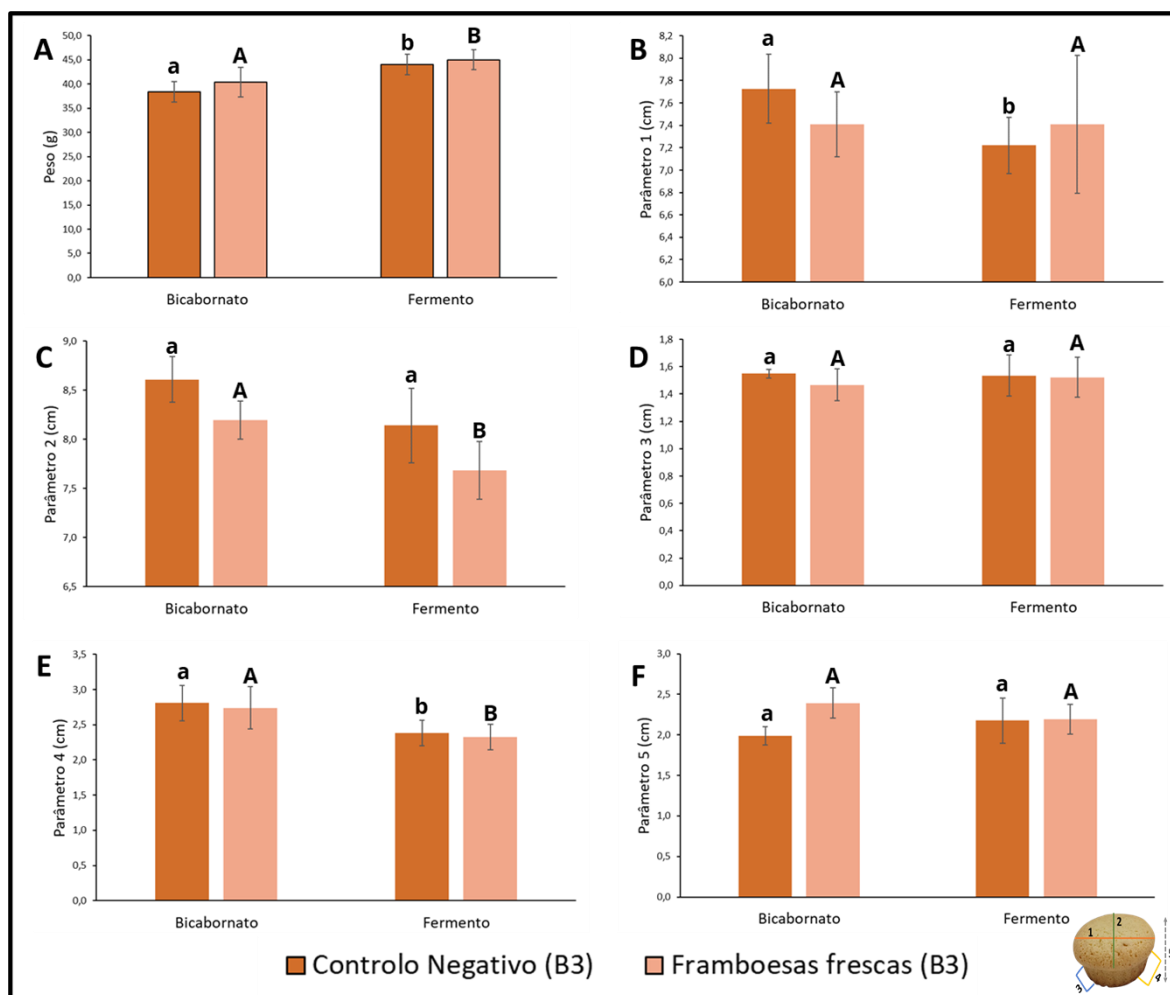


Figura 42- Parâmetros físicos dos *muffins* confeccionados com diferentes agentes levedantes: (A) Peso (g); (B) Restantes Parâmetros: Parâmetro 1 (comprimento (cm)); (C) Parâmetro 2 (largura (cm)); (D) Parâmetro 3 (Altura da base (cm)); (E) Parâmetro 4 (Altura da base + Borda (cm)); (F) Parâmetro 5 (Altura Total (cm)). Diferentes letras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) e maiúsculas/minúsculas diferenciam as amostras confeccionadas com diferentes agentes levedantes.

Da análise da figura é possível concluir que os *muffins* confeccionados com fermento químico são significativamente mais pesados que os confeccionados com bicarbonato de sódio, não se verificando aumento de peso, em nenhum dos tipos de *muffin*, com a adição de framboesas (**Figura 42A**). Em termos de largura (parâmetro 2) (**Figura 42C**), tal como verificado visualmente na **Figura 41**, os *muffins* confeccionados com framboesa fresca e bicarbonato de sódio como agente levedante são significativamente mais largos que os *muffins* confeccionados com fermento químico, não se verificando, apesar de uma redução notória da largura, diferenças significativas para o controlo negativo (sem adição de framboesa) confeccionado com os diferentes agentes levedantes. Relativamente à altura da base + borda (parâmetro 4) (**Figura 42E**), é possível constatar que os *muffins* confeccionados com bicarbonato de sódio reportaram valores mais elevados para este parâmetro e que os mesmos evidenciaram significância estatística, tanto para o controlo negativo (sem adição de framboesa) como para os *muffins* confeccionados com framboesa fresca. Os restantes parâmetros, não evidenciaram diferenças significativas para a utilização de um ou outro agente levedante. Uma vez que a substituição do bicarbonato de sódio por fermento químico soluciona o problema do aparecimento da tonalidade verde e não se verificam alterações notórias em nenhum dos restantes parâmetros avaliados, optou-se por realizar novamente alterações à formulação e substituir o teor de bicarbonato de sódio por fermento químico.

4.4.4. Medição do pH

O fenómeno de sinérese é consequência da libertação das antocianinas da framboesa que, juntamente com a água, são libertadas para a massa, uma vez que estes compostos são bastante solúveis [114]. Por sua vez, as antocianinas são compostos cujas cores mudam consoante os diferentes valores de pH. Essa mudança de cor está relacionada com as transformações estruturais reversíveis que as antocianinas sofrem numa determinada faixa de valores de pH [115]. A **Figura 43** é uma demonstração visual da cor adquirida por soluções aquosas de antocianinas em diferentes valores de pH (2–10).



Figura 43- Aparência visual de soluções aquosas de antocianinas nos diferentes valores de pH (2–10) (adaptado de [116]).

A elevada sensibilidade da cor das antocianinas ao pH do meio envolvente, deve-se às transformações estruturais moleculares que estes compostos sofrem aquando da mudança do pH das soluções. A pH 7 as antocianinas mudam a sua estrutura para uma anidrobases quinóide roxa, sendo que um aumento do pH para 10 dá origem ao aparecimento do carbinol amarelo da antocianina, através da abertura do anel central de pirano, com predominância de bases anidro, dando origem a uma coloração esverdeada [117, 118].

De modo a verificar se a coloração verde resultante do efeito de sinérese se encontrava relacionada com o pH da massa procedeu-se à realização de dois ensaios de pH que apenas diferiram no agente levedante utilizado: num ensaio foi utilizando o bicarbonato de sódio e noutro o fermento químico. Ambos os agentes levedantes foram adicionados a formulações de *muffins* confeccionadas com 60, 90 e 120 drupéolas de framboesas frescas e liofilizadas

Relativamente aos resultados obtidos para o pH dos *muffins* confeccionados com diferentes quantidades de drupéolas liofilizadas e frescas é possível constatar que o pH dos mesmos (aproximadamente 10) não é afetado pelo aumento da adição do número de drupéolas, nem

frescas, nem liofilizadas. No entanto, tal como expectável, a adição de drupéolas de framboesa, devido ao seu carácter ácido, possui impacto ao nível do pH dos *muffins* confeccionados quando comparados com o seu controlo negativo (sem framboesa), diminuindo cerca de 2,0/2,3%, 2,2/2,5% e 2,5/2,2% com a adição de 60, 90 e 120 drupéolas de framboesas frescas e liofilizadas, respetivamente. Por outro lado, apesar da adição de drupéolas provocar uma redução significativa do pH dos *muffins*, esta não possui impacto suficiente para alterar a cor. Sendo assim, de acordo com os resultados obtidos, é também possível concluir que a adição de drupéolas provenientes de amostras secadas, apesar de se ir revelar significativa ao nível da redução do pH dos *muffins* quando comparados com o seu controlo negativo, será, ainda assim, insuficiente para alterar a coloração dos mesmos.

Atendendo aos resultados é possível concluir que a adição de drupéolas de framboesa às formulações de *muffins* possui impacto ao nível da redução do pH da formulação, no entanto, a adição de diferentes quantidades de drupéolas evidencia o mesmo impacto ao nível do pH dos *muffins* resultantes. Sendo assim, optou-se por confeccionar apenas *muffins* com 120 drupéolas (**Figura 44**), considerando aquilo que seria mais atrativo visualmente (predomínio de cor vermelha pela adição de maior número de drupéolas) para a realização dos ensaios de análise sensorial.

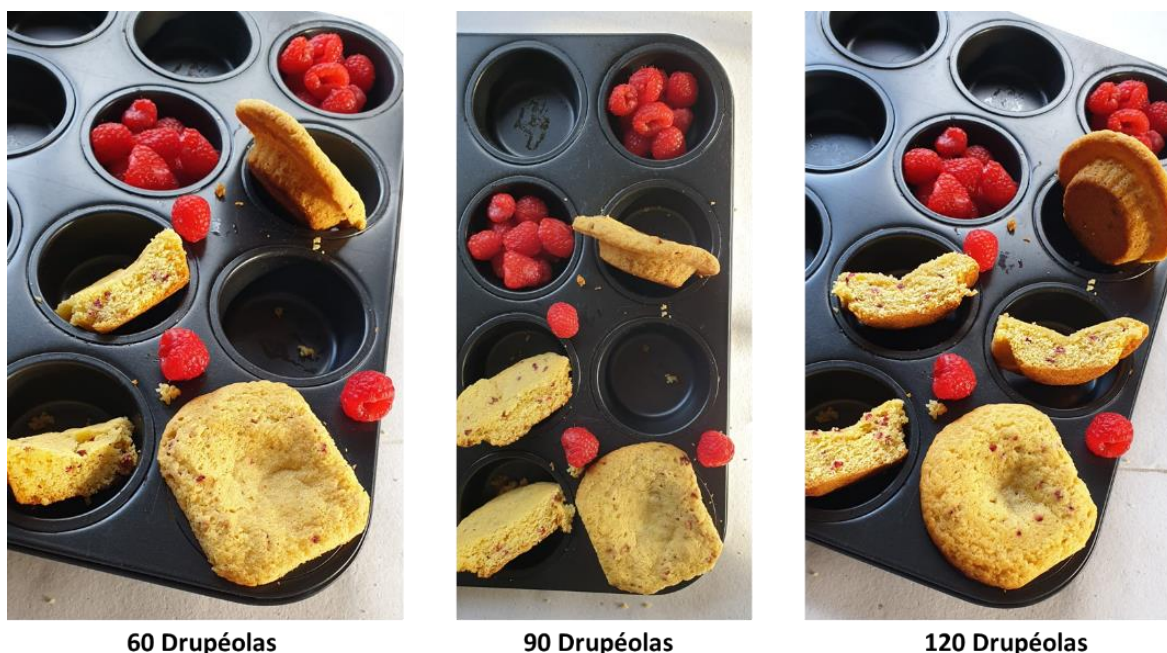


Figura 44- Imagens reais dos *muffins* confeccionados com 60, 90 e 120 drupéolas de framboesas liofilizadas.

O impacto causado pelos diferentes agentes levedantes em estudo ao nível do pH dos *muffins* confeccionados com 120 drupéolas de framboesas frescas foi também alvo de estudo, encontrando-se os *muffins* obtidos representados na **Figura 45**.



Figura 45- Imagens reais de *muffins* confeccionados com 120 drupéolas de framboesas frescas e diferentes agentes levedantes. À frente *muffin* confeccionado com bicarbonato de sódio e atrás *muffin* confeccionado com fermento químico.

Relativamente aos valores de pH obtidos para os *muffins* confeccionados com diferentes agentes levedantes, através da análise da **Figura 46**, é possível constatar que o pH dos *muffins* confeccionados com fermento está entre 7-8 e o dos *muffins* confeccionados com bicarbonato de sódio é aproximadamente 10. Esta discrepância significativa em termos de pH pode justificar a tonalidade esverdeada apresentada pelos *muffins* confeccionados com bicarbonato de sódio aquando da ocorrência do efeito de sinérese, uma vez que as antocianinas a pH 10 apresentam uma tonalidade esverdeada (**Figura 43**). Sendo assim, é possível concluir que o efeito esverdeado registado nos *muffins* confeccionados com framboesas frescas é consequência do efeito de sinérese que ocorre devido à alteração do pH da massa, podendo este efeito ser minimizado através da substituição do bicarbonato de sódio (massa com pH 10) por fermento (massa com pH 7).

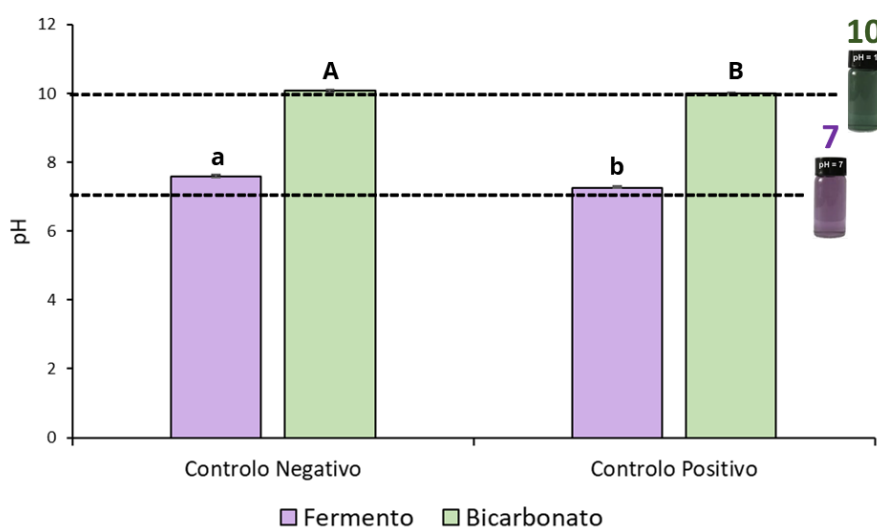


Figura 46- Medições de pH dos *muffins* confeccionados com diferentes agentes levedantes. Resultados apresentados como média e desvio padrão de 3 réplicas. Diferentes letras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) e maiúsculas/minúsculas diferenciam as amostras confeccionadas com os diferentes agentes levedantes.

Com base em todos os bakings confeccionados optou-se por realizar a análise sensorial apenas nas formulações de *muffins* confeccionadas sem framboesa e com framboesas frescas e liofilizadas para conseguir perceber qual a aceitação destes produtos por parte do consumidor.

4.5. Análise Sensorial de três formulações de *Muffins*

A análise sensorial de três formulações de *muffins* foi realizada de acordo com o descrito na secção 3.5. A prova foi realizada para os *muffins* confeccionados com e sem framboesas frescas e liofilizadas da variedade *Versailles*, tendo estes sido avaliados quanto à sua aparência, cor, aroma, doçura, acidez, teor de sal, quantidade de fruta (quando aplicável), sabor global, fofura, dureza, textura global e, ainda, apreciação global. A avaliação foi realizada através da utilização de uma escala hedónica de 5 parâmetros que variava entre o "gostei muito" e o "desgostei muito", de modo a obter um valor representativo de cada atributo.

Na **Figura 47** encontra-se uma representação das respostas fornecidas pelos 16 provadores quando submetidos à prova dos diferentes tipos de *muffins*. Os dados encontram-se representados em termos do número efetivo de provadores que escolheram a designação "desgostei muito", "desgostei", "indiferente", "gostei" e "gostei muito" para os diversos parâmetros avaliados. Na análise da **Figura 47A** é possível constatar que os *muffins* controlo, ou seja, os *muffins* confeccionados sem framboesa, foram bem aceites pelo painel de provadores, tendo obtido na maioria dos parâmetros a classificação "gostei", como classificação predominante. Apenas os parâmetros fofura, dureza e aparência evidenciaram classificações diferentes de "gostei" onde 56% dos provadores referiram que a fofura e a dureza eram parâmetros que consideravam indiferentes e, ainda, com 50% dos provadores a revelar ter "gostado muito" da aparência dos *muffins* em questão. Já em termos de apreciação global, 44% dos provadores revelaram ter "gostado muito" desta formulação.

Tendo por base a análise efetuada a partir da **Figura 47B** para os *muffins* com framboesas frescas, é possível constatar que os parâmetros aroma, doçura e dureza foram dos parâmetros mais apreciados pelos provadores, com 38% dos provadores a revelar ter gostado muito do aroma e dureza característicos desta formulação e, ainda, 50% a reportar a mesma classificação para o parâmetro da doçura. Em termos de cor e aparência, 31% dos provadores considerou tanto a aparência como a cor como indiferentes, sendo que nos restantes parâmetros a classificação "gostei" foi a predominante. A nível de apreciação global, os *muffins* confeccionados com framboesa fresca foram bastante apreciados pelo painel de provadores, com 44% dos provadores a revelar ter gostado muito da formulação em questão.

A aparência, cor e quantidade de fruta foram os parâmetros mais apreciados pelos provadores nos *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas (**Figura 47C**), com 50, 44 e 69% dos provadores a classificar, respetivamente, os parâmetros enunciados com a classificação "gostei muito". A fofura, dureza e textura global desta formulação revelaram-se indiferentes, respetivamente, para 56 e 38% dos provadores constituintes do painel, tendo os restantes parâmetros em avaliação, sido também bastante apreciados pelo painel de provadores adquirindo a classificação de "gostei". Em termos de apreciação global, 56% revelaram ter gostado dos *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas.

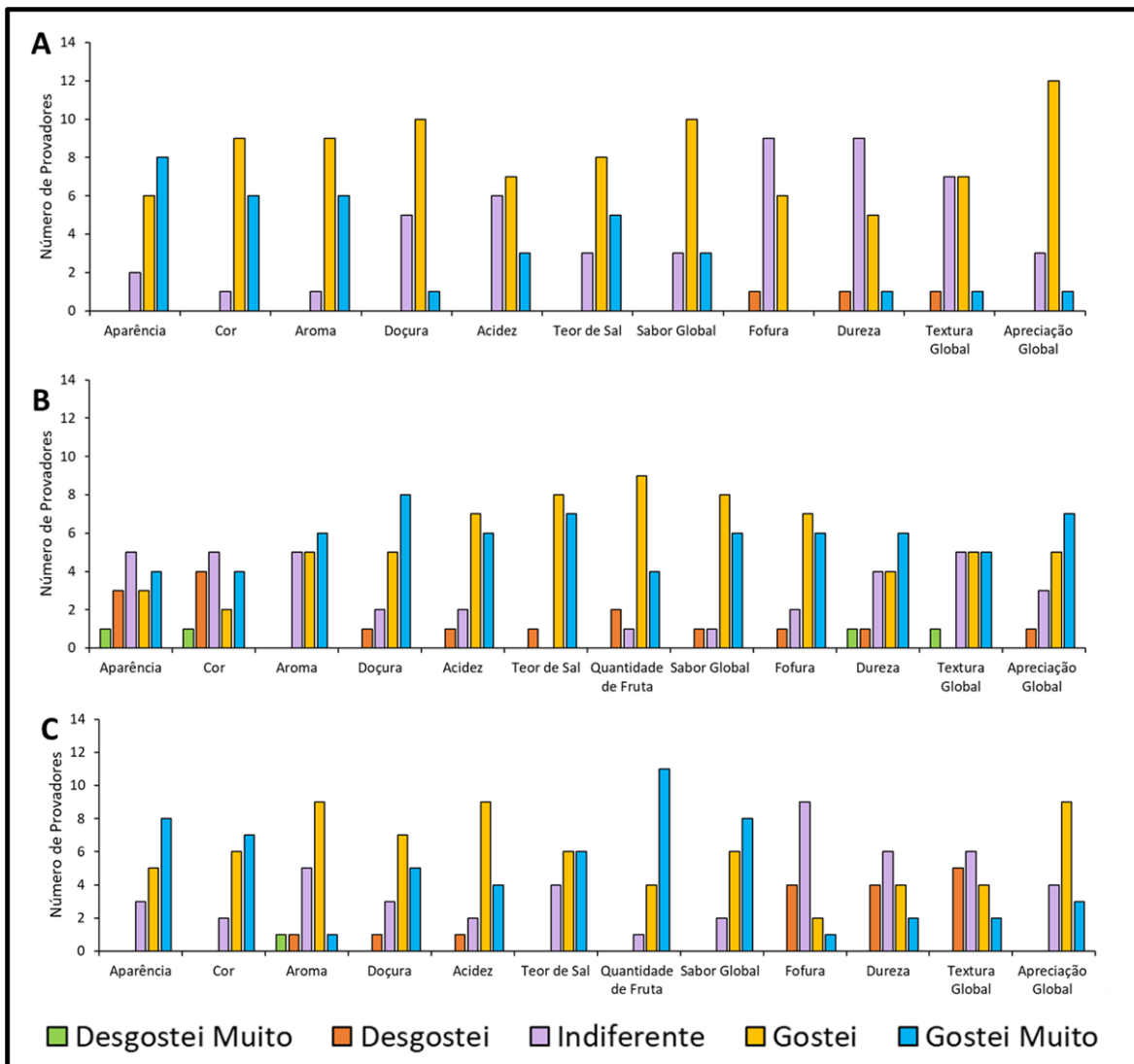


Figura 47- Classificação dos provadores não-treinados (n=16) relativa às diferentes formulações de *muffins* sujeita a análise sensorial: (A) CN- *Muffins* sem framboesas; (B) MF- *Muffins* com framboesas frescas; (C) ML- *Muffins* com framboesas liofilizadas.

Na **Figura 48** encontra-se representada, de forma resumida, a avaliação média para cada parâmetro dos diversos *muffins* analisados. Para "desgostei muito" atribuiu-se a pontuação 1, para "desgostei" a pontuação 2, para "indiferente" a pontuação 3, para "gostei" a pontuação 4 e para "gostei muito" a pontuação 5.



Figura 48- Resumo da resposta dos provadores não-treinados (n=16) relativa às diferentes formulações de *muffins*: (A) CN- *Muffins* sem framboesas; (B) MF- *Muffins* com framboesas frescas; (C) ML- *Muffins* com framboesas liofilizadas. (Legenda: 1- desgostei muito; 2- desgostei; 3- indiferente; 4- gostei; 5- gostei muito).

Os *muffins* considerados com melhor aparência/cor foram os *muffins* correspondentes ao controlo negativo e os confeccionados com framboesas liofilizadas, não tendo os *muffins* confeccionados com framboesas frescas sido muito apreciados nos parâmetros em questão. No entanto, em termos de aroma, os provadores dividiram as suas preferências entre os *muffins* com e sem incorporação de framboesas frescas. Relativamente à doçura, acidez e teor de sal todas as variedades de *muffins* obtiveram resultados semelhantes em termos de preferência. Quanto ao parâmetro da quantidade de fruta adicionada, os provadores manifestaram notoriamente a sua preferência face aos *muffins* confeccionados com framboesa liofilizada. Em termos do sabor global dos *muffins*, as preferências pelas diferentes variedades foram bastante semelhantes, no entanto verifica-se uma ligeira preferência dos *muffins* com framboesas liofilizadas. Quanto à fofura, a preferência dos provadores foi clara, com os *muffins* confeccionados com framboesa fresca a destacarem-se. Em termos de dureza e textura global a preferência mantém-se, destacando-se a preferência pelos *muffins* confeccionados com framboesa fresca, verificando-se que os *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas e o controlo negativo evidenciam apreciações bastante semelhantes. Em termos de apreciação global nenhum dos *muffins* se destacada consideravelmente e, apesar das diferenças entre as formulações de *muffins* alvo de prova, a apreciação global é positiva e semelhante para as diversas formulações. Através da análise da figura é ainda possível verificar que a média dos atributos analisados não atingiu a escala 5, correspondente a “gostei muito”, nem foi inferior à escala 3 (“indiferente”).

No campo dos comentários da ficha de prova fornecida, os *muffins* correspondentes ao controlo negativo foram considerados demasiado doces, pouco interessantes e um pouco secos/duros. Em relação aos *muffins* confeccionados com framboesas frescas, alguns dos provadores referiram que estes não possuíam uma cor tão apelativa e agradável como as restantes amostras, no entanto, em termos de textura, era a formulação que possuía a melhor textura, sendo bastante húmida e fofa. Relativamente aos *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas, os provadores referiram que esta era a formulação que evidenciava a cor mais apelativa e que possuía um excelente sabor e equilíbrio doce/ácido, perdurando o sabor na boca. O principal problema referido pelos provadores associado a esta formulação foi a sua textura que era um pouco seca.

5. Conclusões

O objetivo deste trabalho passou pela avaliação do impacto de dois processos de desidratação na composição e estabilização de subprodutos de framboesa (framboesas muito maduras, partidas e sem valor comercial), utilizando a liofilização e a secagem em estufa a 30 e 40 °C. Com vista à sua valorização e combate ao desperdício desta fruta tão perecível, os produtos desidratados foram incorporados em formulações de *muffins*. Neste trabalho foram estudadas duas variedades de framboesa vermelha, a *Pacific Deluxe* e a *Versailles*. Após avaliação das características físico-químicas destas variedades (peso, pH, acidez total, °Brix e cor), foi possível concluir que as variedades são significativamente diferentes em termos de peso e °Brix, registando-se valores superiores em todos os parâmetros referidos para a variedade *Versailles*. A variedade *Versailles* é aquela que apresenta uma maior firmeza, possuindo um teor de 13 % de sólidos totais, enquanto a variedade *Pacific Deluxe* apenas possui um teor de 10 %. No entanto, estas diferenças nos parâmetros físico-químicos não se refletem no perfil em compostos fenólicos de ambas as variedades, evidenciando a análise por HPLC os mesmos quatro compostos característicos.

Aquando da avaliação do impacto das técnicas de desidratação na composição das duas variedades de framboesa, a técnica de liofilização foi aquela que apresentou o menor impacto tanto ao nível da estrutura como na cor, na composição em compostos fenólicos e na atividade antioxidante, quando comparadas com a forma fresca. Por outro lado, as framboesas secadas a 30 e a 40 °C revelaram diferenças significativas na cor, teor em compostos fenólicos e atividade antioxidante, sendo estes efeitos mais evidentes a 30 °C com o acastanhamento acentuado das framboesas secadas. Ambas as temperaturas de secagem utilizadas promoveram uma redução significativa do teor em compostos fenólicos, sendo essa redução similar para as framboesas secadas a 30 °C (49 h de processamento para ambas as variedades) e a 40 °C (com uma redução do tempo de secagem em cerca de 57 % e 11 % para a variedade *Pacific Deluxe* e *Versailles*, respetivamente).

Sendo a composição química de ambas as variedades bastante similar, apenas a variedade *Versailles* na sua forma fresca, liofilizada e secada a 40 °C foi incorporada em diferentes formulações de *muffins*. Foi avaliado o impacto da redução do teor de sal e de açúcar relativamente à receita original nas características físicas e óticas dos *muffins* confeccionados, concluindo-se que não havia um efeito significativo pela redução de sal, pelo que se desenvolveram novas formulações retirando todo o sal. No entanto, o mesmo não se verificou para a redução do açúcar em 75% e 50%, uma vez que se obtiveram *muffins* mais duros e massudos quando comparada com a receita original, não sendo por isso alterada esta condição nas formulações seguintes. A adição dos subprodutos de framboesa desidratados à massa dos *muffins* resultou em produtos com tonalidades distintas, sendo que os *muffins* confeccionados com framboesa fresca apresentavam uma coloração esverdeada, tendo essa coloração sido atenuada nos *muffins* confeccionados com framboesas secadas e inexistente nos *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas. Essa tonalidade esverdeada foi promovida pelo fenómeno de sinérese ocorrido durante o processo de cozedura dos *muffins* promovido pela libertação da água contida nas framboesas frescas e, também, nas secadas a 40 °C. Este fenómeno ocorreu, porque o pH alcalino (pH 10) da massa

promovido pela utilização de bicarbonato de sódio levou à alteração da conformação das antocianinas existentes nas framboesas, cuja resposta cromática origina uma coloração esverdeada. Este efeito foi evidente quando se adicionaram as drupéolas provenientes da framboesa fresca, mas mostrou-se independente da quantidade adicionada. Quando se alterou o agente levedante para fermento químico verificou-se uma redução do pH da massa para 7, o que permitiu conferir às antocianinas a sua coloração roxa e, ao mesmo tempo, manter a coloração amarela da massa nos *muffins*. Deste modo conclui-se que o pH da massa dos *muffins* associado ao aumento do efeito de sinérese propiciado pela presença de água nas framboesas tem uma influência significativamente negativa no aspeto visual dos *muffins*, pelo que o fermento químico e as framboesas liofilizadas se revelaram alternativas promissoras no desenvolvimento destes produtos de panificação.

As provas sensoriais realizadas aos *muffins* elaborados com framboesas frescas, liofilizadas e secadas a 40 °C revelaram resultados bastante satisfatórios para o objetivo deste trabalho, tendo as diferentes formulações de *muffins* sido apreciadas pelo painel de provadores não-treinado. A aparência, sabor e equilíbrio doce/ácido foram das características mais realçadas nos *muffins* confeccionados com as framboesas liofilizadas, sugerindo, os provadores, que se trabalhasse apenas a textura dos mesmos por forma a ficar menos seca.

Os resultados obtidos com a utilização desta fruta, principalmente sob a forma liofilizada, demonstram a potencialidade dos subprodutos da produção de framboesa, como fonte natural de antioxidantes, para serem aplicados em novas formulações atraentes do ponto de vista dos consumidores, permitindo ao mesmo tempo, criar alternativas de escoamento destes subprodutos pelos produtores de framboesa, apostando assim num conceito de economia circular.

6. Trabalho Futuro

Perante o trabalho realizado e os resultados apresentados nesta dissertação, em termos de trabalho futuro seria importante melhorar a formulação dos *muffins* confeccionados com framboesas liofilizadas, de modo a obter um produto final mais fofo e húmido, indo ao encontro das preferências sensoriais do consumidor. Como as framboesas liofilizadas mantêm a sua estrutura e preservam os seus compostos bioativos após desidratação, e como se revelaram uma mais-valia no desenvolvimento das formulações dos *muffins*, como esta técnica é bastante dispendiosa energética e monetariamente, seria, ainda, importante melhorar a aparência final dos produtos secados em estufa, pois a baixas temperaturas, esta técnica também evidencia um reduzido impacto ao nível dos compostos bioativos da framboesa. Sendo assim, seria importante optar por alternativas, tais como o uso de carbonato de cálcio por exemplo, que permitissem ao máximo melhorar a consistência e firmeza da framboesa para que esta consiga suportar a secagem convectiva a baixas temperaturas, convertendo-se, tal como as framboesas liofilizadas, num produto com um aspeto final atrativo e apelativo.

7. Referências

1. Fuentes, L.M., Liliam; Morales-Quintana, Luis; Valdenegro, Mónica; Martínez, Juan-Pablo; Defilippi, Bruno G; González-Agüero, Mauricio; , *Differential expression of ethylene biosynthesis genes in drupelets and receptacle of raspberry (Rubus idaeus)*. 2015. **179**: p. 100.
2. Hidalgo, G.-I.A., María Pilar; , *Red fruits: extraction of antioxidants, phenolic content, and radical scavenging determination: a review*. 2017. **6**: p. 7.
3. Si, X.C., Qinqin; Bi, Jinfeng; Wu, Xinye; Yi, Jianyong; Zhou, Linyan; Li, Zhaolu; , *Comparison of different drying methods on the physical properties, bioactive compounds and antioxidant activity of raspberry powders*. 2016. **96**: p. 2055.
4. Kula, M.M., Magdalena; Glód, Daniel; Krauze-Baranowska; Mirosława; , *Phenolic composition of fruits from different cultivars of red and black raspberries grown in Poland*. 2016. **52**: p. 74.
5. Extension, U.o.M. *Growing Raspberries in the Home Garden*. 2020 [cited 2020 10/11/2020]; Available from: <https://extension.umn.edu/fruit/growing-raspberries-home-garden#what-are-primocanes-and-floricanes%3F-331660>.
6. Bobinaitė, R.V., Pranas; Venskutonis, Petras R; , *Chemical composition of raspberry (Rubus spp.) cultivars*, in *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*. 2016, Elsevier. p. 713.
7. Simpson, C.G.C., Danny W; Hackett, Christine A; Smith, Kay; Hallett, Paul D; McNicol, Jim; Woodhead, Mary; Graham, Julie; , *Mapping and expression of genes associated with raspberry fruit ripening and softening*. 2017. **130**: p. 557.
8. Fuentes, L.F., Carlos R; Valdenegro, Monika; , *Recent advances in hormonal regulation and cross-talk during non-climacteric fruit development and ripening*. 2019. **5**: p. 45.
9. Anklam, E., H.-D. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle: *Food Chemistry*, ed. Springer. Vol. 382. 2005. 10.
10. Li, C.J., Haifeng; Chai, Yemao; Shen, Yuanyue; , *Abscisic acid perception and signaling transduction in strawberry: a model for non-climacteric fruit ripening*. 2011. **6**: p. 1950.
11. Cherian, S.F., Carlos R; Nair, Helen; , *'Movers and shakers' in the regulation of fruit ripening: a cross-dissection of climacteric versus non-climacteric fruit*. 2014. **65**: p. 4705.
12. Kumar, R.K., Ashima; Sharma, Arun K; , *Role of plant hormones and their interplay in development and ripening of fleshy fruits*. 2013. **65**: p. 4561.
13. Bernales, M.M., Liliam; Ayala-Raso, Anibal; Valdenegro, Monika; Martínez, Juan-Pablo; Travisany, Dante; Defilippi, Bruno; González-Agüero, Mauricio; Cherian, Sam; Fuentes, Lida; , *Expression of two indole-3-acetic acid (IAA)-amido synthetase (GH3) genes during fruit development of raspberry (Rubus idaeus Heritage)*. 2019. **246**: p. 168.
14. McAtee, P.K., Siti; Schaffer, Robert James; David, Karine; , *A dynamic interplay between phytohormones is required for fruit development, maturation, and ripening*. 2013. **4**: p. 79.
15. Batista-Silva, W.N., Vitor L; Medeiros, David B; Nunes-Nesi, Adriano; Ribeiro, Dimas M; Zsögön, Agustín; Araújo, Wagner L; , *Modifications in organic acid profiles during fruit development and ripening: correlation or causation?* 2018. **9**: p. 1689.
16. Uluisik, S.C., Natalie H; Smith, Rebecca; Poole, Mervin; Adams, Gary; Gillis, Richard B; Besong, Tabot MD; Sheldon, Judith; Stiegelmeier, Suzy; Perez, Laura; , *Genetic improvement of tomato by targeted control of fruit softening*. 2016. **34**: p. 950.
17. Tumbas-Šaponjac, V.T.Ć., Gordana S; Stajčić, Slađana M; Vulić, Jelena J; Čanadanović-Brunet, Jasna M; Đilas, Sonja M; , *Optimization of the bioactive compounds content in raspberry during freeze-drying using response surface method*. 2015. **21**: p. 53.
18. Organization, F.o.t.I.R. *International Raspberry Organization 2020* [cited 2020 01/12/2020]; Available from: <https://www.internationalraspberry.net/>.

19. Baenas, N.N.-G., Vanesa; Navarro-González, Inmaculada; Sánchez-Martínez, Lorena; García-Alonso, Javier; Periago, Ma Jesús; González-Barrio, Rocío; , *Raspberry dietary fibre: Chemical properties, functional evaluation and prebiotic in vitro effect*. 2020. **134**: p. 110140.
20. Yang, J.W.C., Il Sook; , *Comparison of the phenolic composition and antioxidant activity of Korean black raspberry, Bokbunja,(Rubus coreanus Miquel) with those of six other berries*. 2017. **15**: p. 110.
21. Schulz, M.C., Josiane Freitas; , *Nutritional and bioactive value of Rubus berries*. 2019. **31**: p. 100438.
22. Mditshwa, A.M., Lembe Samukelo; Tesfay, Samson Zeray; Mbili, Nokwazi; , *Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: A review*. 2017. **216**: p. 148.
23. Van de Velde, F.G., Mary H; Esposito, Debora; Pirovani, María Élica; Lila, Mary Ann; , *Quantitative comparison of phytochemical profile, antioxidant, and anti-inflammatory properties of blackberry fruits adapted to Argentina*. 2016. **47**: p. 82.
24. Belo, A.P.M.M., Cristiane Maria Ascari; de Souza, Eli Regina Barboza; Ogata, Toshio; de Oliveira Pereira, Caio Cesar; Junior, Luís Carlos Cunha; , *Comparative and organic analysis and characterization of varieties of tangerines*. 2018. **240**: p. 102.
25. Stavang, J.A.F., Sabine; Foito, Alexandre; Verrall, Susan; Heide, Ola M; Stewart, Derek; Sønsteby, Anita; , *Raspberry fruit quality changes during ripening and storage as assessed by colour, sensory evaluation and chemical analyses*. 2015. **195**: p. 216.
26. Anklam, E.J.A. and B. Chemistry, H.-D. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle: *Food Chemistry*. 2005. **382**(1): p. 10-11.
27. Vázquez-González, M.F.-P., África; Oria, Alejandra Bermúdez; Rodríguez-Juan, Elisa María; Pérez-Rubio, Ana G; Fernández-Bolaños, Juan; Rodríguez-Gutiérrez, Guillermo; , *Utilization of strawberry and raspberry waste for the extraction of bioactive compounds by deep eutectic solvents*. 2020: p. 109645.
28. de Souza, V.R.P., Patrícia Aparecida Pimenta; da Silva, Thais Lomônaco Teodoro; de Oliveira Lima, Luiz Carlos; Pio, Rafael; Queiroz, Fabiana; , *Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits*. 2014. **156**: p. 362.
29. Kshatriya, D.L., Xinyi; Giunta, Gina M; Yuan, Bo; Zhao, Danyue; Simon, James E; Wu, Qingli; Bello, Nicholas T; , *Phenolic-enriched raspberry fruit extract (Rubus idaeus) resulted in lower weight gain, increased ambulatory activity, and elevated hepatic lipoprotein lipase and heme oxygenase-1 expression in male mice fed a high-fat diet*. 2019. **68**: p. 19.
30. Machado, A.P.D.F.P.-R., José Luis; Barbero, Gerardo Fernández; Martínez, Julian; , *Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry (Rubus fruticosus L.) residues: a comparison with conventional methods*. 2015. **77**: p. 675.
31. Rao, A.V.S., Dawn M; , *Raspberries and human health: a review*. 2010. **58**: p. 3871.
32. Khoo, H.E.A., Azrina; Tang, Sou Teng; Lim, See Meng; , *Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits*. 2017. **61**: p. 1361779.
33. Olas, B., *Berry phenolic antioxidants—implications for human health?* 2018. **9**: p. 78.
34. Chaves-Silva, S.d.S.A.L.C.-J., Antonio; Zhao, Jian; Peres, Lázaro EP; Benedito, Vagner Augusto; , *Understanding the genetic regulation of anthocyanin biosynthesis in plants—tools for breeding purple varieties of fruits and vegetables*. 2018. **153**: p. 11.
35. Di Vittori, L.M., Luca; Battino, Maurizio; Mezzetti, Bruno; , *Pre-harvest factors influencing the quality of berries*. 2018. **233**: p. 310.
36. Mazza, G., *Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains*, ed. C. REVIVALS. 2018: CRC press.

37. Lee, S.G.V., Terrence M; Nam, Tae-Gyu; Kim, Dae-Ok; Koo, Sung I; Chun, Ock K; , *Contribution of anthocyanin composition to total antioxidant capacity of berries*. 2015. **70**: p. 427.
38. Teng, H.F., Ting; Lin, Qiyang; Song, Hongbo; Liu, Bin; Chen, Lei; , *Red raspberry and its anthocyanins: Bioactivity beyond antioxidant capacity*. 2017. **66**: p. 153.
39. Burton-Freeman, B.M.S., Amandeep K; Edirisinghe, Indika; , *Red raspberries and their bioactive polyphenols: cardiometabolic and neuronal health links*. 2016. **7**: p. 44.
40. Salehi, B.S.-R., Javad; Cappellini, Francesca; Reiner, Željko; Zorzan, Debora; Imran, Muhammad; Sener, Bilge; Kilic, Mehtap; El-Shazly, Mohamed; Fahmy, Nouran M; , *The therapeutic potential of anthocyanins: Current approaches based on their molecular mechanism of action*. 2020. **11**: p. 1300.
41. Leong, H.Y.S., Pau Loke; Lim, Miang Hoong; Ooi, Chien Wei; Ling, Tau Chuan; , *Natural red pigments from plants and their health benefits: A review*. 2018. **34**: p. 463.
42. Bisson, J.M., James B; Friesen, J Brent; Chen, Shao-Nong; Graham, James; Pauli, Guido F; , *Can invalid bioactives undermine natural product-based drug discovery?* 2016. **59**: p. 1671.
43. Passamonti, S., *Role of the Stomach in Anthocyanin Absorption*, in *Anthocyanins from Natural Sources*. 2019. p. 216.
44. Bendokas, V.S., Kristina; Trumbeckaite, Sonata; Stanys, Vidmantas; Passamonti, Sabina; Borutaite, Vilmante; Liobikas, Julius; , *Anthocyanins: From plant pigments to health benefits at mitochondrial level*. 2020. **60**: p. 3352.
45. Riaz, M.Z.-U.-H., Muhammad; Saad, Bashar; , *Anthocyanins absorption and metabolism*, in *Anthocyanins and Human Health: Biomolecular and therapeutic aspects*, Springer, Editor. 2016, Springer. p. 57.
46. Hashimoto, N.H., Kyu-Ho; Fukushima, Michihiro; , *Intraduodenal infusion of cyanidin-3-glucoside transiently promotes triglyceride excretion into bile in rats*. 2017. **38**: p. 34.
47. Suh, J.-H.R., Cindy; González-Barrio, Rocío; Cristol, Jean-Paul; Teissèdre, Pierre-Louis; Crozier, Alan; Rouanet, Jean-Max; , *Raspberry juice consumption, oxidative stress and reduction of atherosclerosis risk factors in hypercholesterolemic golden Syrian hamsters*. 2011. **2**: p. 400.
48. Del Bo', C.P., Marisa; Campolo, Jonica; Parolini, Marina; Lanti, Claudia; Klimis-Zacas, Dorothy; Riso, Patrizia; , *A single blueberry (Vaccinium corymbosum) portion does not affect markers of antioxidant defence and oxidative stress in healthy volunteers following cigarette smoking*. 2016. **31**: p. 215.
49. Bartosz, G.S.-B., Izabela; , *Oxidative, nitrosative, and chlorinative stress: biomarkers*, in *Studies on Psychiatric Disorders*. 2015, Springer. p. 1.
50. Rodriguez-Mateos, A.R., Catarina; Bergillos-Meca, Triana; Tabatabaee, Setareh; George, Trevor W; Heiss, Christian; Spencer, Jeremy PE; , *Intake and time dependence of blueberry flavonoid-induced improvements in vascular function: a randomized, controlled, double-blind, crossover intervention study with mechanistic insights into biological activity*. 2013. **98**: p. 1179.
51. Li, H.D., Zeyuan; Zhu, Honghui; Hu, Chanli; Liu, Ronghua; Young, J Christopher; Tsao, Rong; , *Highly pigmented vegetables: Anthocyanin compositions and their role in antioxidant activities*. 2012. **46**: p. 250.
52. Wang, X.L., Cuiying; Liang, Dong; Zou, Yangjun; Li, Pengmin; Ma, Fengwang; , *Phenolic compounds and antioxidant activity in red-fleshed apples*. 2015. **18**: p. 1086.
53. Cutler, B.R., et al., *Mechanistic insights into the vascular effects of blueberries: Evidence from recent studies*. 2017. **61**: p. 1600271.
54. Fairlie-Jones, L.D., Kade; Fromentin, Emilie; Hill, Alison M; , *The effect of anthocyanin-rich foods or extracts on vascular function in adults: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials*. 2017. **9**: p. 908.

55. Petroni, K.T., M; Fornari, M; Calvenzani, V; Marinelli, A; Micheli, LA; Pilu, R; Matros, A; Mock, H-P; Tonelli, C; , *Dietary cyanidin 3-glucoside from purple corn ameliorates doxorubicin-induced cardiotoxicity in mice*. 2017. **27**: p. 462.
56. Cutler, B.R.P., Chrissa; Anandh Babu, Pon Velayutham; , *Mechanistic insights into the vascular effects of blueberries: Evidence from recent studies*. 2017. **61**: p. 1600271.
57. Pacheco, S.M.S., Mayara Sandrielly Pereira; Gutierrez, Jessie Martins; Gerzson, Mariana Freire Barbieri; Carvalho, Fabiano Barbosa; Azambuja, Juliana Hofstatter; Schetinger, Maria Rosa Chitolina; Stefanello, Francieli Moro; Spanevello, Roselia Maria; , *Anthocyanins as a potential pharmacological agent to manage memory deficit, oxidative stress and alterations in ion pump activity induced by experimental sporadic dementia of Alzheimer's type*. 2018. **56**: p. 193-204.
58. Ali, T.K., Taehyun; Rehman, Shafiq Ur; Khan, Muhammad Sohail; Amin, Faiz Ul; Khan, Mehtab; Ikram, Muhammad; Kim, Myeong; , *Natural dietary supplementation of anthocyanins via PI3K/Akt/Nrf2/HO-1 pathways mitigate oxidative stress, neurodegeneration, and memory impairment in a mouse model of Alzheimer's disease*. 2018. **55**: p. 6076.
59. Khan, M.S.A., Tahir; Kim, Min Woo; Jo, Myeung Hoon; Chung, Jong Il; Kim, Myeong Ok; , *Anthocyanins improve hippocampus-dependent memory function and prevent neurodegeneration via JNK/Akt/GSK3 β signaling in LPS-treated adult mice*. 2019. **56**: p. 671.
60. Zhang, J.W., Jingjing; Liu, Fengguo; Tong, Lijuan; Chen, Zhuo; Chen, Jinliang; He, Haiyan; Xu, Rong; Ma, Yaoying; Huang, Chao; , *Neuroprotective effects of anthocyanins and its major component cyanidin-3-O-glucoside (C3G) in the central nervous system: An outlined review*. 2019. **858**: p. 172500.
61. Norberto, S.S., Sara; Meireles, Manuela; Faria, Ana; Pintado, Manuela; Calhau, Conceição; , *Blueberry anthocyanins in health promotion: A metabolic overview*. 2013. **5**: p. 1518.
62. Fernandes, I.F., Ana; Calhau, Conceição; de Freitas, Victor; Mateus, Nuno; , *Bioavailability of anthocyanins and derivatives*. 2014. **7**: p. 54.
63. Sette, P.F., Lorena; Schebor, Carolina; Salvatori, Daniela; , *Fruit snacks from raspberries: influence of drying parameters on colour degradation and bioactive potential*. 2017. **52**: p. 313.
64. Izli, N.I., Gokcen; Taskin, Onur; , *Impact of different drying methods on the drying kinetics, color, total phenolic content and antioxidant capacity of pineapple*. 2018. **16**: p. 213.
65. Sarpong, F.Y., Xiaojie; Zhou, Cunshan; Oteng-Darko, Patricia; Amenorfe, Leticia Peace; Wu, Bengang; Bai, Junwen; Ma, Haile; , *Drying characteristic, enzyme inactivation and browning pigmentation kinetics of controlled humidity-convective drying of banana slices*. 2018. **54**: p. 3117.
66. Kowalski, S.M., D; Stasiak, M; , *Ultrasound-assisted convective drying of apples at different process conditions*. 2017. **35**: p. 939.
67. Sontakke, M.S.S., Sanjay P; , *Solar drying technologies: A review*. 2015. **4**: p. 29.
68. Guiné, R., *The Drying of Foods and its Effect on the Physical-chemical, sensorial and Nutritional Properties*. 2018. **2**: p. 93.
69. Caccavale, P.D.B., Maria Valeria; Ruocco, Gianpaolo; , *Conjugate heat and mass transfer in drying: A modeling review*. 2016. **176**: p. 28.
70. Maisnam, D.R., P; Dey, A; Kaur, S; Sarma, C; , *Recent advances in conventional drying of foods*. 2017. **1**: p. 25.
71. Castro, A.M., EY; Moreno, FL; , *Mathematical modelling of convective drying of fruits: A review*. 2018. **223**: p. 152.
72. Ertekin, C.F., M Ziya; , *A comprehensive review of thin-layer drying models used in agricultural products*. 2017. **57**: p. 701.

73. Franceschinis, L.S., Paula; Schebor, Carolina; Salvatori, Daniela;, *Color and bioactive compounds characteristics on dehydrated sweet cherry products*. 2015. **8**: p. 1716.
74. DO, T.D.P. and P. DE DESENVOLVIMENTO, *UMA EXPERIÊNCIA DE CAPACITAÇÃO*.
75. Oyinloye, T.M.Y., Won Byong; , *Effect of freeze-drying on quality and grinding process of food produce: A review*. 2020. **8**: p. 354.
76. Bhatta, S.S.J., Tatjana; Ratti, Cristina; , *Freeze-drying of plant-based foods*. 2020. **9**: p. 87.
77. Mieszkowska, A.M., Agata; , *Structure Analysis of Short-Dough Biscuits and Its Correlation with Sensory Discriminants*. 2015. **46**: p. 313.
78. Insights, B.M. *Europe Biscuits Market Forecast to 2027*. 2020 [cited 2020 15/11/2020]; Available from: <https://www.businessmarketinsights.com/reports/europe-biscuits-market>.
79. *Global Muffins Market 2021-2025*. 2020 [cited 2021 05/06/2021]; Available from: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5232310/global-muffins-market-2021-2025>.
80. Kaur, M.S., S; , *formulation and nutritional evaluation of cookies supplemented with pumpkin seed (Curcubita Moschata) flour*. 2017. **6**: p. 2236.
81. Kalusevic, A.S., A; Dordevic, Radovan; Veljovic, Mile; Nedovic, Viktor; , *Raspberry and blackberry pomaces as potential sources of bioactive compounds*. 2016: p. 485.
82. Mancebo, C.M.R., Patricia; Gómez, Manuel; , *Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies*. 2016. **67**: p. 127.
83. Canalis, M.S.B.L., Alberto E; Ribotta, Pablo D; , *Effect of inulin on dough and biscuit quality produced from different flours*. 2017. **6**.
84. Chevallier, S.C., Paul; Buleon, Alain; Della Valle, Guy; , *Physicochemical behaviors of sugars, lipids, and gluten in short dough and biscuit*. 2000. **48**: p. 1322.
85. Gül, H.K., Fidan Merve; Gül, M; Akpınar, MG; , *Bakery products consumption and consumers' awareness in urban areas of Isparta city, Turkey*. 2017. **17**: p. 137.
86. Barrera, G.N.B., Mariela C; Iturriaga, Laura; Flores, Silvia K; León, Alberto E; Ribotta, Pablo D; , *Effect of damaged starch on the rheological properties of wheat starch suspensions*. 2013. **116**: p. 233.
87. Nugroho, F.B.S., S; Thamrin, AG; Isnantyo, FD;. *Using Baking Powder as Additional Concrete Material*. in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. IOP Publishing.
88. de MORAES, K.S.d.R.Z., Elessandra; de MIRANDA, Martha Zavariz; de las Mercedes Salas-Mellado, Myriam; , *Avaliação tecnológica de biscoitos tipo cookie com variações nos teores de lipídio e de açúcar*. 2010. **30**: p. 233.
89. Andersen, M.L., R Kragh; Skibsted, LH;, *Optimising the use of phenolic compounds in foods*. 2003: Woodhead Publishing Ltd.: Cambridge.
90. Quintanilla, A.Z., Hongchao; Powers, Joseph; Sablani, Shyam S; , *Developing Baking-Stable Red Raspberries with Improved Mechanical Properties and Reduced Syneresis*. 2021. **14**: p. 804.
91. Mizrahi, S., *Syneresis in food gels and its implications for food quality*, in *Chemical deterioration and physical instability of food and beverages*. 2010, Elsevier. p. 324.
92. *Beetroot and Feta Soda Bread* 2016 [cited 2021 01/06/2021]; Available from: <https://www.deliciousmagazine.co.uk/recipes/beetroot-and-feta-soda-bread/>.
93. Bustos, M.C.R.-P., Diego; Sampedro, Ines; de Pascual-Teresa, Sonia; León, Alberto E; , *The influence of different air-drying conditions on bioactive compounds and antioxidant activity of berries*. 2018. **66**: p. 2714.
94. Krzykowski, A.D., Dariusz; Rudy, Stanisław; Gawlik-Dziki, Urszula; Janiszewska-Turak, Emilia; Biernacka, Beata; , *Wild Strawberry *Fragaria vesca* L.: Kinetics of Fruit Drying and Quality Characteristics of the Dried Fruits*. 2020. **8**: p. 1265.

95. *Dried Fruit*. [cited 2021 07/06/2021]; Available from: <http://www.fao.org/home/search/en/?q=dried%20fruit>.
96. *Refratómetro Ótico Portátil*. [cited 2021 01/06/2021]; Available from: <https://medicalimportsusa.com/produto/REFRATOMETRO-OPTICO-PORTATIL-RHC%252d300ATC.html>.
97. *Fruits and Fruit Products*, in *AOAC Official Methods of Analysis* 2000. p. 11.
98. *Portable Spectrophotometers CM-2600d / 2500d*. [cited 2021 10/06/2021]; Available from: https://www5.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/products/colour-measurement/spectrophotometers-portable/cm-2600d-cm-2500d/introduction.html?gclid=Cj0KCQjwIMaGBhD3ARIsAPvWd6g55bHMotCTwFI4DBzBJJWtH9epdNMpzQraA1xk6Qt340vDC811SbwaAi7eEALw_wcB.
99. Radojčin, M.B., Mirko; Babić, Ljiljana; Pavkov, Ivan; Stojanović, Čedomir; , *Color parameters change of quince during combined drying*. 2010. **14**: p. 81.
100. Martín-Gómez, J.V., M Ángeles; Mérida, Julieta; Serratos, María P; , *Influence of drying processes on anthocyanin profiles, total phenolic compounds and antioxidant activities of blueberry (Vaccinium corymbosum)*. 2020. **120**: p. 108931.
101. Singleton, V.L.R., Joseph; , *Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents*. 1965. **16**: p. 144.
102. Re, R.P., Nicoletta; Proteggente, Anna; Pannala, Ananth; Yang, Min; Rice-Evans, Catherine; , *Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay*. 1999. **26**: p. 1231.
103. Scherer, R.G., Helena Teixeira; , *Antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method*. 2009. **112**: p. 654.
104. *Raspberry Chocolate Chip Cookies*. 2019 [cited 2021 10/05/2021]; Available from: <https://www.dessertnowdinnerlater.com/RASPBERRY-CHOCOLATE-CHIP-COOKIES/>.
105. Žilić, S.K., Tolgahan; Vančetović, Jelena; Gökmen, Vural; , *Effects of baking conditions and dough formulations on phenolic compound stability, antioxidant capacity and color of cookies made from anthocyanin-rich corn flour*. 2016. **65**: p. 597.
106. Stamenković, Z.P., Ivan; Radojčin, Milivoj; Tepić Horecki, Aleksandra; Kešelj, Krstan; Bursać Kovačević, Danijela; Putnik, Predrag; , *Convective drying of fresh and frozen raspberries and change of their physical and nutritive properties*. 2019. **8**: p. 251.
107. Bondaruk, J.M., Marek; Błaszczak, Wioletta; , *Effect of drying conditions on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes*. 2007. **81**: p. 306.
108. *Convert L*a*b* values to the nearest standard colour* [cited 2021 07/05/2021]; Available from: <https://www.e-paint.co.uk/convert-lab.asp>.
109. Krokida, M.K.M., Zacharias B; Saravacos, George D; , *The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products*. 2001. **36**: p. 53.
110. Méndez-Lagunas, L.R.-R., Juan; Cruz-Gracida, Marlene; Sandoval-Torres, Sadoth; Barriada-Bernal, Gerardo; , *Convective drying kinetics of strawberry (Fragaria ananassa): Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content*. 2017. **230**: p. 174.
111. Blank, D.E.B., Mariana; Fraga, Sara; Lopes, Toni Jefferson; de Moura, Neusa Fernandes; , *Drying kinetics and bioactive compounds of Bunchosia glandulifera*. 2018. **41**: p. 12676.
112. Staniszevska, I.L., Zi-Liang; Zhou, Yuhao; Zielinska, Danuta; Xiao, Hong-Wei; Pan, Zhongli; Zielinska, Magdalena; , *Microwave-assisted hot air convective drying of whole cranberries subjected to various initial treatments*. 2020. **133**: p. 109906.
113. Santos, S.C.G., Raquel PF; Barros, Ana; , *Effect of drying temperatures on the phenolic composition and antioxidant activity of pears of Rocha variety (Pyrus communis L.)*. 2014. **8**: p. 105.
114. Rodriguez-Amaya, D.B., *Natural food pigments and colorants*. 2016. **7**: p. 20.

115. Zhao, S.P., Chang Ha; Yang, Jingli; Yeo, Hyeon Ji; Kim, Tae Jin; Kim, Jae Kwang; Park, Sang Un; , *Molecular characterization of anthocyanin and betulinic acid biosynthesis in red and white mulberry fruits using high-throughput sequencing*. 2019. **279**: p. 364.
116. Tang, B.H., Ying; Liu, Jun; Zhang, Jin; Li, Jingliang; Zhou, Ji; Ye, Yong; Wang, Jinfeng; Wang, Xungai; , *Kinetic investigation into pH-dependent color of anthocyanin and its sensing performance*. 2019. **170**: p. 107643.
117. Choi, I.L., Jun Young; Lacroix, Monique; Han, Jaejoon; , *Intelligent pH indicator film composed of agar/potato starch and anthocyanin extracts from purple sweet potato*. 2017. **218**: p. 122.
118. Yoshida, C.M.M., Vinicius Borges V; Mendonça, Mariana Eleonora D; Franco, Telma Teixeira; , *Chitosan biobased and intelligent films: Monitoring pH variations*. 2014. **55**: p. 83.

8. Anexos

Lista de Figuras:

Figura A1- Curva de calibração da malvidina-3-glucose.

Figura A2- Curva de calibração do ácido gálico.

Figura A3- Teor de compostos fenólicos totais obtido pelo método de *Folin-Ciocalteu* para cada variedade de framboesa em estudo, tanto no seu estado fresco como após cada processo de desidratação utilizado. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade.

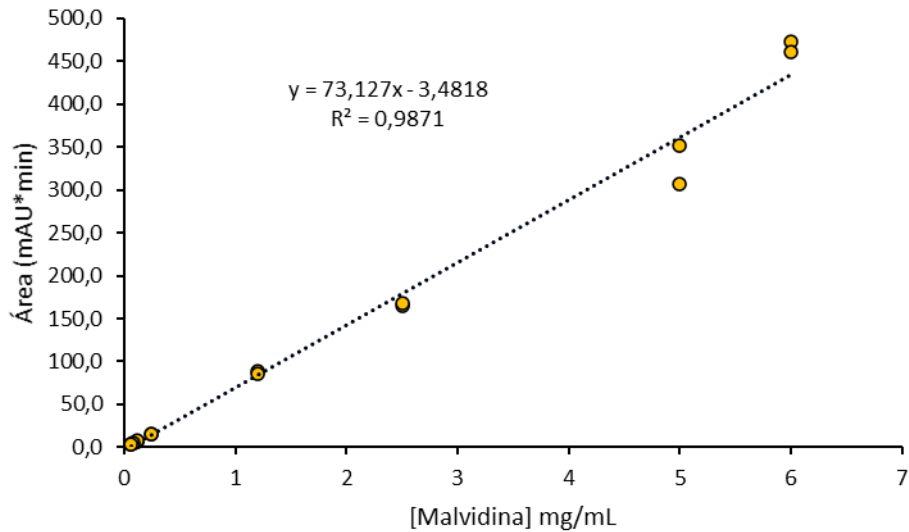


Figura A1- Curva de calibração da malvidina-3-glucose.

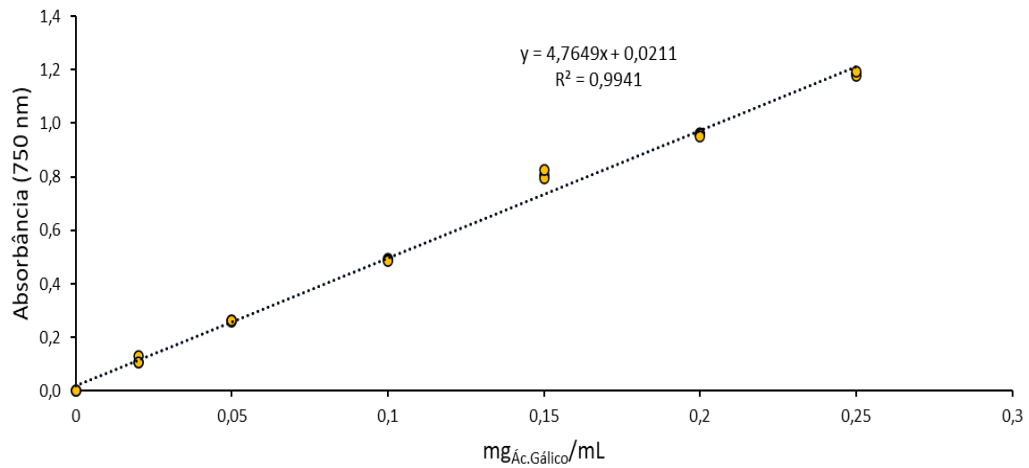


Figura A2- Curva de calibração do ácido gálico.

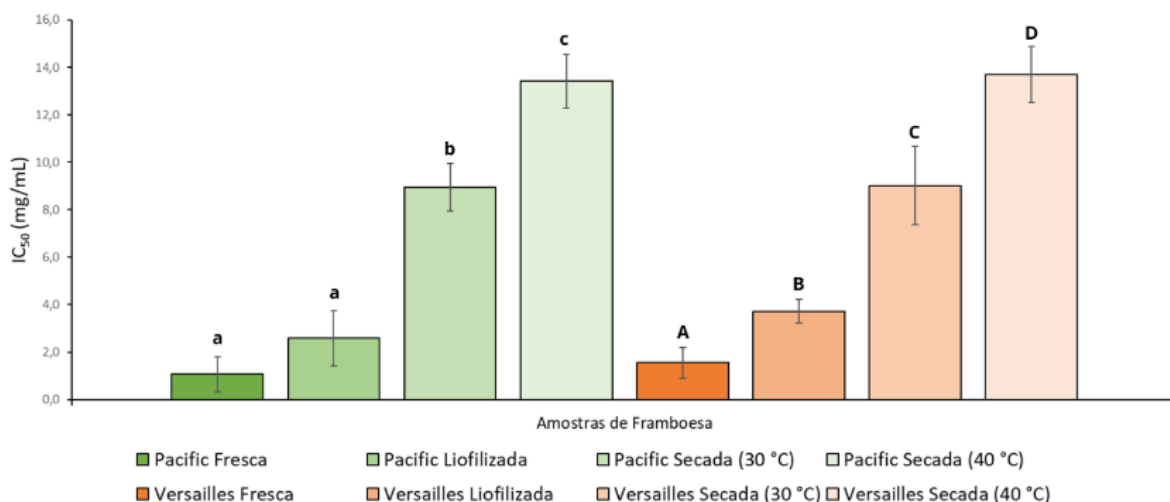


Figura A3- Teor de compostos fenólicos totais obtido pelo método de *Folin-Ciocalteu* para cada variedade de framboesa em estudo, tanto no seu estado fresco como após cada processo de desidratação utilizado. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo letras minúsculas/maiúsculas utilizadas para designar cada variedade.

Lista de Tabelas:

Tabela A1- Parâmetros L^* , a^* e b^* obtidos para as variedades em estudo antes e após os processos de secagem. (L^* (branco/brilho), a^* (avermelhado/esverdeado) e b^* (amarelado/azulado)). Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 5 leituras em cada três réplicas independentes.

Tabela A2- Equivalentes de ácido gálico ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de amostra seca) nas amostras em estudo. Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 3 réplicas.

Tabela B3- Parâmetros L^* , a^* e b^* obtidos no topo e base dos *muffins* confeccionados com diferentes teores de sal/açúcar. (L^* (branco/brilho), a^* (avermelhado/esverdeado) e b^* (amarelado/azulado)). Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 5 leituras em cada três réplicas independentes.

Tabela A4- Parâmetros físicos dos *muffins* confeccionados com diferentes teores de sal/açúcar. Dados expressos como desvio padrão do valor médio de 3 réplicas: P1, P2, P3, P4 e P5 correspondem aos parâmetros 1,2,3,4 e 5, respetivamente.

Tabela C5- Parâmetros L^* , a^* e b^* obtidos no topo e base dos *muffins* confeccionados com diferentes quantidades de drupéolas. (L^* (branco/brilho), a^* (avermelhado/esverdeado) e b^* (amarelado/azulado)). Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 5 leituras em cada três réplicas independentes.

Tabela A6- Parâmetros físicos dos *muffins* confeccionados com diferentes quantidades de drupéolas. Dados expressos como desvio padrão do valor médio de 3 réplicas: P1, P2, P3, P4 e P5 correspondem aos parâmetros 1,2,3,4 e 5, respetivamente.

Tabela D7- Parâmetros L^* , a^* e b^* obtidos no topo e base dos *muffins* confeccionados com diferentes agentes levedantes. (L^* (branco/brilho), a^* (avermelhado/esverdeado) e b^* (amarelado/azulado)). Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 5 leituras em cada três réplicas independentes.

Tabela A8- Parâmetros físicos dos *muffins* confeccionados com diferentes agentes levedantes. Dados expressos como desvio padrão do valor médio de 3 réplicas: P1, P2, P3, P4 e P5 correspondem aos parâmetros 1,2,3,4 e 5, respetivamente.

Tabela A1- Parâmetros L^* , a^* e b^* obtidos para as variedades em estudo antes e após os processos de secagem. (L^* (branco/brilho), a^* (avermelhado/esverdeado) e b^* (amarelado/azulado)). Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 5 leituras em cada três réplicas independentes.

		<i>Pacific</i>			<i>Versailles</i>		
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
Fresca		33,35 ± 0,83	29,16 ± 4,26	12,78 ± 1,71	32,86 ± 1,39	31,98 ± 2,32	13,42 ± 1,93
Liofilizada		32,68 ± 2,53	35,74 ± 2,64	10,85 ± 0,94	25,55 ± 2,08	34,68 ± 3,05	11,73 ± 1,21
Secada	30 °C	20,17 ± 1,81	22,02 ± 4,77	7,57 ± 2,12	25,03 ± 4,45	29,82 ± 6,33	11,85 ± 3,39
	40 °C	25,01 ± 3,38	29,05 ± 1,66	11,50 ± 0,97	28,15 ± 3,72	30,52 ± 3,50	11,90 ± 1,73

Tabela A2- Equivalentes de ácido gálico ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de amostra seca) nas amostras em estudo. Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 3 réplicas.

		$\mu\text{gEq. Ác. Gálico}/\text{mgMassa Seca}$	
		<i>Pacific</i>	<i>Versailles</i>
Fresca		6,78 ± 1,48	4,77 ± 1,30
Liofilizada		7,43 ± 0,72	5,89 ± 0,79
Secada	30 °C	3,56 ± 0,42	2,65 ± 0,29
	40 °C	2,71 ± 0,52	2,58 ± 0,38

Tabela A3- Parâmetros L^* , a^* e b^* obtidos no topo e base dos *muffins* confeccionados com diferentes teores de sal/açúcar. (L^* (branco/brilho), a^* (avermelhado/esverdeado) e b^* (amarelado/azulado)). Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 5 leituras em cada três réplicas independentes.

Componente:		L^*		a^*		b^*	
Sal/Açúcar		Topo	Base	Topo	Base	Topo	Base
Controlo Negativo (B1)	100% Sal	72,57±2,01	52,30±3,32	4,03±1,10	15,68±0,73	43,30±0,51	36,59±1,61
	50% Sal	64,19±4,25	48,33±2,57	3,79±1,02	15,27±1,09	39,61±2,58	34,45±1,81
	0% Sal	65,17±3,47	44,17±3,92	4,79±1,37	15,50±0,75	38,99±2,66	31,22±3,04
	100% Açúcar	70,15±2,96	35,69±3,64	7,59±0,65	15,19±0,79	36,90±0,76	22,49±4,00
	75% Açúcar	70,37±1,56	35,85±4,50	5,31±1,80	15,49±1,74	40,96±1,36	23,61±5,23
	50% Açúcar	70,18±2,77	47,60±4,21	6,20±2,27	15,17±0,80	43,49±1,58	33,86±2,18
Frescas (B1)	100% Sal	52,47±2,66	46,35±1,77	2,64±2,31	13,90±1,41	26,86±4,79	30,17±1,54
	50% Sal	53,18±3,25	46,61±2,49	2,15±1,69	14,02±1,16	27,88±4,22	30,28±3,10
	0% Sal	50,06±4,87	44,45±5,15	3,56±3,58	11,88±6,08	27,35±5,38	29,28±3,81
	100% Açúcar	50,87±2,08	31,01±2,77	3,55±1,99	13,00±0,85	32,43±1,64	17,33±3,25
	75% Açúcar	56,58±2,04	34,68±4,65	3,81±3,27	14,56±1,09	30,53±4,13	22,06±4,89
	50% Açúcar	55,85±4,66	42,88±2,27	2,16±2,20	13,95±0,38	28,74±3,32	28,82±1,48
Controlo Negativo (B2)	100% Sal	66,59±2,86	42,10±4,63	3,48±0,55	17,12±0,77	35,41±1,40	30,53±3,76
	50% Sal	59,69±3,52	41,31±5,14	8,28±1,04	15,64±1,07	35,85±1,89	28,87±3,36
	0% Sal	66,03±1,94	38,89±4,14	6,22±1,15	16,15±0,76	37,20±1,36	27,65±4,09
	100% Açúcar	66,00±2,99	43,02±6,00	6,48±1,03	16,35±1,00	38,16±2,09	33,18±3,94
	75% Açúcar	68,98±1,40	48,31±6,13	5,44±0,64	13,72±2,68	42,32±0,84	34,44±4,81
	50% Açúcar	71,01±5,00	44,96±2,25	3,58±0,92	14,28±0,56	38,43±1,75	31,98±1,38
Liofilizadas (B2)	100% Sal	65,24±3,55	47,49±3,72	3,71±0,69	16,43±1,06	34,46±1,58	34,40±2,57
	50% Sal	60,22±2,36	38,23±4,35	7,69±1,16	15,33±1,18	35,79±1,72	26,29±5,13
	0% Sal	65,01±2,29	34,45±2,96	7,57±0,94	15,45±1,06	38,27±1,36	23,73±3,00
	100% Açúcar	63,54±3,49	39,48±4,95	6,81±0,83	16,40±0,78	36,42±1,77	31,16±4,03
	75% Açúcar	69,65±1,57	40,25±3,72	5,49±1,22	15,78±0,56	42,44±1,45	29,81±3,45
	50% Açúcar	73,22±2,95	41,86±2,04	4,59±1,84	14,26±0,41	40,13±1,67	29,65±1,05

Tabela A4- Parâmetros físicos dos *muffins* confeccionados com diferentes teores de sal/açúcar. Dados expressos como desvio padrão do valor médio de 3 réplicas: P1, P2, P3, P4 e P5 correspondem aos parâmetros 1,2,3,4 e 5, respetivamente.

Componente: Sal/Açúcar		Peso (g)		P1 (cm)		P2 (cm)		P3 (cm)		P4 (cm)		P5 (cm)	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Controlo Negativo (B1)	100% Sal	43,7	2,3	7,02	0,28	7,0	0,3	1,64	0,08	2,65	0,32	2,94	0,11
	50% Sal	47,3	3,2	7,55	0,41	7,5	0,6	1,63	0,12	2,82	0,17	2,47	0,08
	0% Sal	38,3	0,6	7,79	0,27	7,7	0,5	1,67	0,12	2,67	0,20	2,41	0,09
	100% Açúcar	30,3	1,5	7,49	0,37	8,1	0,2	1,50	0,28	3,05	0,43	2,29	0,01
	75% Açúcar	36,3	1,2	6,90	0,36	7,4	0,1	1,75	0,19	3,05	0,14	3,18	0,10
	50% Açúcar	39,7	3,5	6,55	0,25	6,7	0,3	1,61	0,13	2,64	0,48	3,75	0,23
Frescas (B1)	100% Sal	44,7	2,5	7,22	0,53	7,9	0,1	1,54	0,21	3,01	0,22	2,99	0,11
	50% Sal	45,3	2,5	7,05	0,37	8,0	0,3	1,46	0,22	3,08	0,14	2,75	0,05
	0% Sal	39,3	3,1	7,40	0,44	8,1	0,6	1,47	0,16	2,96	0,28	2,90	0,04
	100% Açúcar	34,3	2,3	7,46	0,58	8,0	0,1	1,40	0,29	2,71	0,18	2,48	0,18
	75% Açúcar	36,7	0,6	7,21	0,27	7,4	0,2	1,54	0,14	2,77	0,22	3,08	0,16
	50% Açúcar	44,7	2,5	7,35	0,19	7,5	0,2	1,44	0,11	2,90	0,10	4,04	0,31
Controlo Negativo (B2)	100% Sal	42,3	3,1	7,64	0,21	8,2	0,5	1,55	0,10	2,32	0,24	2,43	0,15
	50% Sal	33,3	1,5	7,76	0,60	8,1	0,1	1,46	0,11	2,34	0,13	2,07	0,02
	0% Sal	35,3	0,6	7,25	0,60	8,1	0,2	1,48	0,13	2,35	0,18	2,35	0,10
	100% Açúcar	34,0	3,0	7,48	0,25	8,2	0,4	1,26	0,12	2,13	0,27	2,07	0,25
	75% Açúcar	39,0	2,6	6,74	0,23	7,7	0,1	1,41	0,14	2,15	0,24	2,86	0,06
	50% Açúcar	43,0	3,0	7,08	0,31	7,5	0,3	1,59	0,10	1,95	0,14	4,33	0,04
Liofilizadas (B2)	100% Sal	38,7	3,2	7,29	0,21	8,0	0,1	1,53	0,11	2,17	0,19	2,39	0,03
	50% Sal	32,7	0,6	7,56	0,39	8,3	0,4	1,62	0,11	2,42	0,23	2,21	0,04
	0% Sal	32,7	0,6	7,02	0,40	7,8	0,4	1,62	0,18	2,18	0,13	2,38	0,07
	100% Açúcar	31,7	3,5	7,05	0,50	8,0	0,4	1,39	0,13	2,24	0,31	2,16	0,20
	75% Açúcar	37,7	0,6	6,79	0,15	7,8	0,2	1,24	0,10	1,97	0,15	3,04	0,17
	50% Açúcar	44,7	0,6	6,79	0,12	7,5	0,1	1,58	0,06	1,92	0,09	4,30	0,09

Tabela A5- Parâmetros L^* , a^* e b^* obtidos no topo e base dos *muffins* confeccionados com diferentes quantidades de drupéolas. (L^* (branco/brilho), a^* (avermelhado/esverdeado) e b^* (amarelado/azulado)). Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 5 leituras em cada três réplicas independentes.

Componente: Adição de Framboesa		L^*		a^*		b^*	
		Topo	Base	Topo	Base	Topo	Base
Controlo Negativo (B4)	0 Drupéolas	66,06±5,79	47,34±1,97	6,07±1,35	14,74±0,76	38,34±5,68	33,78±1,34
Frescas (B4)	60 Drupéolas	52,53±2,74	49,23±3,53	2,35±1,02	13,12±1,97	28,61±4,13	34,10±3,37
	90 Drupéolas	53,57±6,19	42,43±2,13	2,46±0,61	13,97±1,61	26,81±3,89	28,32±6,44
	120 Drupéolas	52,46±4,01	41,37±4,28	3,19±1,35	12,43±1,20	26,81±2,94	28,12±6,81
Controlo Negativo (B3)	0 Drupéolas	51,88±5,79	38,38±1,97	2,34±1,22	14,58±0,76	27,74±5,68	26,32±1,34
Secadas (B3)	60 Drupéolas	52,59±5,51	45,45±5,45	4,27±0,68	13,67±1,67	31,59±2,64	32,38±2,80
	90 Drupéolas	46,18±5,25	46,69±6,69	4,39±1,07	13,20±1,20	25,02±2,85	32,16±2,58
	120 Drupéolas	55,98±6,25	45,97±5,97	4,78±0,89	12,35±1,35	35,03±4,20	32,05±1,73
Controlo Negativo (B4)	0 Drupéolas	66,06±5,79	47,34±1,97	6,07±1,35	14,74±0,76	38,34±5,68	33,78±1,34
Liofilizadas (B4)	60 Drupéolas	66,02±2,44	45,16±2,65	6,06±1,48	15,35±0,76	38,43±5,17	31,72±2,72
	90 Drupéolas	68,31±1,99	45,07±2,84	4,64±1,54	15,48±0,54	39,62±3,13	31,65±2,41
	120 Drupéolas	69,24±2,40	45,25±4,42	5,43±1,35	14,61±0,77	41,93±3,07	31,10±3,06

Tabela A6- Parâmetros físicos dos *muffins* confeccionados com diferentes quantidades de drupéolas. Dados expressos como desvio padrão do valor médio de 3 réplicas: P1, P2, P3, P4 e P5 correspondem aos parâmetros 1,2,3,4 e 5, respetivamente.

Componente: Adição de Framboesa		Peso (g)		P1 (cm)		P2 (cm)		P3 (cm)		P4 (cm)		P5 (cm)	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Controlo Negativo (B4)	0 Drupéolas	38,3	2,1	6,8	0,1	8,3	0,4	1,5	0,2	2,6	0,5	2,7	0,0
Frescas (B4)	60 Drupéolas	41,3	2,1	7,4	0,5	8,0	0,2	1,5	0,2	2,7	0,3	2,7	0,0
	90 Drupéolas	46,3	2,1	7,4	0,5	9,1	0,2	1,5	0,2	2,6	0,1	2,7	0,0
	120 Drupéolas	51,7	1,5	7,3	0,3	8,8	0,2	1,5	0,1	2,5	0,2	2,8	0,1
Controlo Negativo (B3)	0 Drupéolas	38,3	3,1	7,7	0,3	8,6	0,2	1,5	0,0	2,8	0,3	2,0	0,1
Secadas (B3)	60 Drupéolas	42,3	2,1	8,9	1,0	9,0	0,4	1,6	0,2	2,9	0,2	1,9	0,0
	90 Drupéolas	41,7	2,5	7,8	0,7	9,1	0,2	1,4	0,1	2,7	0,2	1,8	0,0
	120 Drupéolas	46,0	1,0	8,1	0,2	8,8	0,2	1,5	0,2	2,7	0,1	2,1	0,1
Controlo Negativo (B4)	0 Drupéolas	38,3	2,1	6,8	0,1	8,3	0,4	1,5	0,2	2,6	0,5	2,7	0,0
Liofilizadas (B4)	60 Drupéolas	38,0	1,0	7,7	0,2	7,8	0,2	1,5	0,1	2,4	0,1	2,2	0,2
	90 Drupéolas	34,7	1,5	7,8	0,5	8,3	0,3	1,5	0,2	2,6	0,3	1,9	0,2
	120 Drupéolas	36,0	1,0	7,3	0,2	7,9	0,2	1,5	0,1	2,6	0,1	1,9	0,2

Tabela A7- Parâmetros L^* , a^* e b^* obtidos no topo e base dos *muffins* confeccionados com diferentes agentes levedantes. (L^* (branco/brilho), a^* (avermelhado/esverdeado) e b^* (amarelado/azulado)). Os dados apresentados são expressos como desvio padrão do valor médio de 5 leituras em cada três réplicas independentes.

Componente: Agentes Levedantes		L^*		a^*		b^*	
		Topo	Base	Topo	Base	Topo	Base
Controlo Negativo (B3)	Fermento	68,56±4,23	47,77±3,40	7,92±0,33	19,40±1,10	36,70±1,95	37,45±2,20
	Bicarbonato	67,01±4,84	46,17±3,22	6,63±0,70	15,94±1,04	37,11±2,49	33,89±1,62
Frescas (B3)	Fermento	63,91±4,82	48,79±3,34	6,32±1,64	17,26±1,17	36,66±2,18	36,36±1,94
	Bicarbonato	55,98±2,49	38,38±2,04	4,78±0,96	14,58±0,38	35,03±2,67	26,32±1,95

Tabela A8- Parâmetros físicos dos *muffins* confeccionados com diferentes agentes levedantes. Dados expressos como desvio padrão do valor médio de 3 réplicas: P1, P2, P3, P4 e P5 correspondem aos parâmetros 1,2,3,4 e 5, respetivamente.

Componente: Agentes Levedantes		Peso (g)		P1 (cm)		P2 (cm)		P3 (cm)		P4 (cm)		P5 (cm)	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Controlo Negativo (B3)	Fermento	44,0	2,0	7,2	0,2	8,1	0,4	1,5	0,1	2,4	0,2	2,2	0,3
	Bicarbonato	38,3	3,1	7,7	0,3	8,6	0,2	1,5	0,0	2,8	0,3	2,0	0,1
Frescas (B3)	Fermento	45,0	1,0	7,4	0,6	7,7	0,3	1,5	0,1	2,3	0,2	2,2	0,2
	Bicarbonato	40,3	0,6	7,4	0,3	8,2	0,2	1,5	0,1	2,7	0,3	2,4	0,2