



CATÓLICA

ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

ESTUDO DA EMBALAGEM NO DESENVOLVIMENTO DE UM BOLO GELADO, COM INTUITO DE MANTER/PRESERVAR AS SUAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉTICAS

por
Anabela Tomás

Dezembro 2022



CATÓLICA

ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

ESTUDO DA EMBALAGEM NO DESENVOLVIMENTO DE UM BOLO GELADO, COM INTUITO DE MANTER/PRESERVAR AS SUAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉTICAS

Relatório de Estágio apresentado à Escola Superior de Biotecnologia da Universidade
Católica Portuguesa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Alimentar

por
Anabela Tomás

Orientadora (Universidade): Professora Doutora Fátima Poças
Supervisora (Empresa): Mestre Raquel Soares

Dezembro 2022

RESUMO

O presente relatório foi desenvolvido no âmbito do estágio curricular que decorreu na empresa Artiframi – Gelados Artesanais. Foram dois os objetivos principais: desenvolver um novo bolo gelado e estudar a melhor embalagem para o seu armazenamento.

No desenvolvimento do bolo gelado, atendendo às opções apresentadas pela empresa e às tendências do mercado, definiu-se que o bolo gelado seria de sabor a pistacho, *vegan*, sem glúten e iria ter uma redução no teor de açúcares. Contudo, a alegação “baixo teor de açúcares” apenas foi possível de utilizar para o gelado de pistacho e o bolo gelado apenas foi considerado *vegan*. Apesar de conter somente ingredientes naturalmente isentos de glúten, não foi possível utilizar a alegação “sem glúten”, devido a contaminação cruzada. O bolo gelado desenvolvido é composto por duas camadas: uma superior de gelado e uma base de frutos secos. Para evidenciar a cor verde característica dos gelados de pistacho, foram utilizadas folhas de espinafres.

A embalagem utilizada pela Artiframi era uma simples caixa em cartolina *kraft* (embalagem 1) que leva a alterações nas características organoléticas dos bolos gelados armazenados. Considerando as questões ambientais, para estudar a melhor embalagem, foram escolhidas mais duas embalagens para análise: uma embalagem composta por um material biodegradável – fibra de cana-de-açúcar (embalagem 2) e uma embalagem mista - constituída por cartolina *kraft* e uma tampa em plástico (embalagem 3). Previu-se o comportamento das três embalagens, a nível da taxa de transferência de vapor de água e da molhabilidade da superfície. A embalagem 3 demonstrou ser a melhor, e os resultados foram comprovados na análise do bolo gelado ao longo do armazenamento.

Os bolos gelados de pistacho confeccionados foram armazenados nas três diferentes embalagens, por um período de 90 dias. Mensalmente, foram analisados os seguintes parâmetros: crescimento microbiológico, humidade, pH, acidez total, cor e a análise sensorial para estudar mudanças de aspeto, odor, textura e sabor. Os bolos gelados armazenados na embalagem 3, em comparação com as restantes, obtiveram menor variação da acidez total, menor perda de humidade, menor alteração de cor e maior aceitabilidade perante o painel de avaliadores. Assim, concluiu-se que esta é a embalagem que melhor preserva as características organoléticas do bolo gelado de pistacho, por um período de 2 meses.

Palavras-Chave: gelado, sobremesa, *vegan*, embalagem, artesanal

ABSTRACT

This report was developed in the context of the curricular internship that took place at the company *Artiframi – Gelados Artesanais*. There were two main objectives: to develop a new ice cream cake and to study the best packaging for its storage

To achieve the goal of formulating an ice cream cake, considering the options presented by the company and market trends, it was defined as target that the ice cream cake would have a pistachio flavour, and would be vegan, gluten free and reduced sugar content. However, the “low sugar content” claim was achieved only for the pistachio ice cream and not for the ice cream cake. The ice cream cake could be considered vegan. Despite containing only naturally gluten-free ingredients, it was not possible to make a “gluten-free” claim. The ice cream cake consisted of two layers: a top layer of ice cream and a base of nuts. To highlight the characteristic green colour of pistachio ice cream, spinach leaves were used.

The packages used by Artiframi were simple kraft cardboard boxes (package 1) that led to changes in the organoleptic characteristics of the ice cream cake stored. Considering environmental issues, to study the best packaging, two additional packages were included: a packaging made of a biodegradable material - sugarcane fibre (package 2) and a package composed of kraft cardboard with a plastic cap (package 3). The behaviour of the three packages was predicted through the water vapor transfer rate and surface wettability. Package 3 proved to be the best, and the results were confirmed in the analysis of the iced cake during storage.

The pistachio ice cream cakes were stored in the three different packages for a period of 90 days. Monthly, the following parameters were monitored: microbiological growth, humidity, pH, total acidity, colour, and sensory analysis to study changes in appearance, odour, texture, and taste. The ice cream cakes stored in package 3, compared to the others, had less variation in total acidity, less moisture loss, less colour changes and better acceptability by the panel of evaluators. It was concluded that package 3 is the one that best preserves the organoleptic characteristics of the pistachio ice cream cake, for a period of 2 months.

Keywords: ice cream, desert, *vegan*, packaging, artisanal

AGREDECIMENTOS

Estiveram presentes, no meu percurso do mestrado que colmatou na finalização deste trabalho, pessoas que direta ou indiretamente me ajudaram a chegar até aqui, aos quais quero deixar o meu agradecimento.

Começo por agradecer á minha orientadora, a Professora Doutora Fátima Poças, pela disponibilidade, orientação e acompanhamento, tendo-se sempre mostrado disponível para esclarecer as minhas dúvidas e corrigir os meus erros. Agradeço também por me ter introduzido à sua equipa, às quais também devo os meus agradecimentos, Professoras Fátima Silva, Cristina Mena, Maria do Ceu Selbourne e Susana Teixeira e às técnicas dos laboratórios de microbiologia, físico-química e do KitchenLab, pela ajuda fundamental no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à CEO e Professora Raquel Soares, pela oportunidade de realizar o estágio na Artiframi. Agradeço também a toda a equipa da Artiframi e às minhas colegas de estágio que me acompanharam neste percurso, pelos conhecimentos partilhados, pelos almoços, pelo bom convívio e pela prova dos maravilhosos produtos da Artiframi.

A todos os meus professores e à Universidade Católica, agradeço pelos conhecimentos partilhados e pelo acolhimento ao longo do mestrado, apesar das dificuldades apresentadas pela pandemia.

Agradeço por ter partilhado este percurso com pessoas maravilhosas que conheci neste mestrado, que se tonaram amigos para a vida, sempre disponíveis a ajudar, a partilhar e a vibrar com as conquistas de cada.

Por último, mas mais importante, à minha família, o meu pilar! Sem eles não chegaria aqui, por isso agradeço por todo o amor, apoio e motivação, em especial aos meus pais, que me permitiram sonhar e construir o meu futuro e à minha afilhada, pela luz que é na minha vida.

ÍNDICE

RESUMO	III
ABSTRACT.....	V
AGREDECIMENTOS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABELAS.....	XIII
1. Enquadramento	15
1.1 Apresentação da Artiframi	15
1.2 Objetivos	15
2. Contextualização teórica	18
2.1 Formulação do Bolo Gelado	18
2.1.1 Definição, composição e microestrutura.....	18
2.1.2 Produção de Gelado	19
2.1.3 Ingredientes do gelado e funcionalidades	22
2.1.3.1 Ingredientes vegetais em substituição de ingredientes animais.....	24
2.1.3.2 Adoçantes nutritivos e não-nutritivos.....	24
2.1.4 Gelados Artesanais.....	26
2.2 Embalagens Alimentares	27
2.2.1 Materiais celulósicos em embalagens alimentares	28
2.2.2 Propriedades de barreira de embalagens alimentares	28
3. Materiais e Métodos	30
3.1 Formulação do bolo gelado	30
3.1.1 Produção do bolo gelado.....	30
3.1.2 Matérias-Primas utilizados na formulação.....	30
3.2 Caracterização das embalagens alimentares	31
3.2.1 Dimensões e peso das embalagens	31
3.2.2 Espessura total do material constituinte das embalagens	32
3.2.3 Taxa de transferência de vapor de água das embalagens.....	32
3.2.4 Repelência à água e ao óleo das embalagens.....	33

3.2.5	Ângulo de contacto e molhabilidade da superfície das embalagens.....	33
3.3	Análise do bolo gelado ao longo do armazenamento	33
3.3.1	Análises microbiológicas	34
3.3.2	Análises físico-químicas	36
3.3.3	Análise sensorial	38
4.	Resultados e Discussão	40
4.1	Formulação do bolo gelado	40
4.1.1	Etapas de processamento do bolo gelado de pistacho <i>vegan</i>	42
4.1.2	Rótulo e alegações	45
4.2	Caraterização das embalagens alimentares.....	46
4.2.1	Dimensões, Peso e Espessura	48
4.2.2	Taxa de transferência de vapor de água das embalagens.....	48
4.2.3	Repelência à água e ao óleo das embalagens.....	50
4.2.4	Ângulo de contacto e molhabilidade da superfície das embalagens.....	51
4.3	Análise do bolo gelado ao longo do armazenamento	53
4.3.1	Análises microbiológicas	53
4.3.2	Análises físico-químicas	54
4.3.3	Análises sensoriais	57
5.	Conclusões	61
	REFERÊNCIAS.....	63
	APÊNDICES.....	67
	Apêndice A – Fichas de análise sensorial	67
	Apêndice B – Fichas técnicas dos produtos desenvolvidos	69
	Apêndice C – Resultados da análise das embalagens alimentares.....	71
	Apêndice D – Resultados das análises ao bolo gelado durante o armazenamento.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. A) Imagem de microscopia eletrônica de um gelado, exibindo as bolhas de ar, os cristais de gelo e a matriz da solução, os glóbulos de gordura e proteínas não são visíveis nesta resolução (11); B) Representação esquemática da microestrutura do gelado (12) (adaptado).	19
Figura 2.2. Exemplo de um equipamento de produção de gelados, com destaque para o abatedor de temperatura de superfícies raspadas.	21
Figura 2.3. Diagrama esquematizado das etapas de produção de gelado e perfil de temperatura ao longo do processo (10) (adaptado).	21
Figura 3.1. Espectro de escala CIELab (CIE L*, a*, b* <i>uniform colour space</i>).	38
Figura 3.2. Disposição das amostras para prova sensorial: A – prova inicial para definir o perfil sensorial; B – prova sensorial ao longo do processo de armazenamento nas três diferentes embalagens.	39
Figura 4.1. A) Gelado de pistacho vegan após processo de congelação; B) Bolo gelado de pistacho vegan - produto final.	41
Figura 4.2. Fluxograma de produção do bolo gelado de pistacho <i>vegan</i> (*Torrefação apenas necessária quando os frutos secos são adquiridos ao natural) (MP – Matérias-Primas).	42
Figura 4.3. Rótulo do gelado de pistacho vegan, com baixo teor de açúcares; Rótulo do bolo de pistacho vegan com framboesas.	46
Figura 4.4. Representação das embalagens utilizadas para armazenamento e condicionamento do bolo gelado.	47
Figura 4.5. Resultados da taxa de transferência de vapor de água das embalagens analisadas.	49
Figura 4.6. Resultados fotográficos da análise observacional da repelência à água e ao óleo das embalagens utilizadas (in -interior; ex - exterior).	50
Figura 4.7. Resultados do ângulo de contacto e molhabilidade da superfície das embalagens, do lado interno e externo das embalagens.	52
Figura 4.8. Resultados obtidos do pH dos bolos gelados, durante o tempo de armazenamento nas três diferentes embalagens.	54
Figura 4.9. Resultados obtidos da acidez total dos bolos gelados, durante o tempo de armazenamento nas três diferentes embalagens.	55
Figura 4.10. Resultados obtidos do teor de humidade durante o tempo de armazenamento nas três diferentes embalagens.	56

Figura 4.11. Resultados obtidos diferença de cor dos bolos gelados, em relação a T_0 , durante o tempo de armazenamento nas três diferentes embalagens.....	57
Figura 4.12. Resultados da análise sensorial realizada aos bolos gelados, armazenados nas diferentes embalagens durante o armazenamento. (1-Mau; 2-Medíocre; 3-Aceitável; 4-Bom; e 5-Muito Bom)	58
Figura 4.13. Preferência das amostras de bolos gelados de pistacho armazenados nas diferentes embalagens durante o armazenamento.	60

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Fração média dos componentes estruturais do gelado (10)	18
Tabela 2.2. Poder adoçante, índice glicémico e Advised Daily Intake (ADI) de alguns adoçantes nutritivos e não-nutritivos (23,24,26).....	26
Tabela 3.1. Valores energéticos das matérias-primas utilizadas na formulação.....	31
Tabela 4.1. Percentagem de matéria-prima utilizada na formulação do gelado vegan de pistacho e respetivo bolo de gelado vegan (em % do produto total).	41
Tabela 4.2. Dimensões, peso e espessura e capacidade das embalagens alimentares utilizadas.	48
Tabela 4.3. Resultados microbiológicos das análises realizadas aos bolos gelado de pistacho.	54

1. Enquadramento

1.1 Apresentação da Artiframi

A Artiframi é uma empresa produtora de gelados artesanais em Vila Nova de Gaia, que inspirada nos famosos gelados italianos, em 2014, entrou no mercado de gelados artesanais portugueses. Apresenta uma ampla gama de produtos desde gelados, sorvetes, *bombons*, brigadeiros e bolos gelados, compatíveis com as diferentes escolhas e exigências alimentares do mercado. Assim apresenta vários produtos sem glúten, sem lactose, sem açúcar, *vegan*, hiperproteicos e 100% naturais.

Com o lema “Felicidade em forma de gelado” a empresa tem como visão inspirar momentos de felicidade, fornecer produtos diferenciados e fornecer produtos de excelência, tendo a missão de dar forma e sabor à imaginação dos clientes, com a criação de sabores personalizados. Concretiza assim a sua visão na implementação de parcerias que levam a uma distribuição dos gelados Artiframi por todo o país e apresentam serviços de gelados, com carrinho/equipamentos para *catering* de eventos.

Dentro da gama de bolos gelados, a Artiframi apresenta os seguintes sabores: gelado queijo da serra com pão de ló, caramelo salgado com bolacha *speculoos*, cheesecake de frutos silvestres, cheesecake de maracujá, cheesecake de abóbora com frutos secos, cheesecake de oreo e natas do céu.

1.2 Objetivos

Para aumentar as opções de bolos gelados já apresentadas pela Artiframi e de solucionar o problema de armazenamento destes bolos em embalagens de cartão simples, inicialmente foram definidos dois objetivos: 1) desenvolver um novo bolo gelado; 2) estudar a melhor opção de embalagem para armazenar os bolos gelados, que melhor preserve as suas características organoléticas.

As mudanças na preferência do consumidor para dietas de base vegetal, levaram a um crescimento no mercado global de produtos de origem vegetal, motivados não só pelas questões ambientais e animais, mas também por acreditarem que este tipo de dieta pode trazer mais benefícios à sua saúde (1). Além da escolha alimentar, há um crescente número de doenças associadas à alimentação: como a intolerância ao glúten, que tem sido uma das novas doenças da civilização (2); a intolerância à lactose, que atinge 40% da população em Portugal (3); e doenças associadas à ingestão excessiva de açúcares simples, especialmente excesso de peso/obesidade e diabetes (4). Com os consumidores cada vez mais preocupados com a saúde,

tem existido uma tendência para a procura de produtos sem glúten, sem lactose e com teor de açúcares reduzido.

Os bolos gelados apresentados pela empresa não atendiam a este tipo de consumidores, e como tal, foi definido que o bolo gelado a ser desenvolvido não iria apresentar ingredientes de origem animal (*vegan* e sem lactose), não iria apresentar ingredientes com glúten e iria ter uma redução no teor de açúcares simples.

Depois de uma análise dos gelados mais vendidos pela Artiframi, vimos interesse em formular um bolo gelado de pistacho.

As embalagens são fundamentais para garantir a qualidade e segurança dos alimentos, pois permitem aumentar o tempo de prateleira, minimizar o desperdício alimentar e nas condições certas, preservar as características organoléticas dos alimentos (5). As embalagens utilizadas pela Artiframi para armazenar os bolos gelados são simples caixas típicas de bolos, compostas por cartolina *kraft* (embalagem 1), que não apresentam uma barreira adequada para preservar as características organoléticas dos bolos gelados, ao longo de 6 meses de armazenamento (prazo de validade estipulado).

Existia uma resposta fácil para solucionar o problema da perda das características organoléticas do produto - uma embalagem de plástico hermética. Porém, a produção de plástico utiliza matérias-primas de origem fóssil, e não sendo biodegradável, o seu descarte, contribui para a acumulação de lixo no planeta (6). Portanto, um dos objetivos foi a utilização de uma embalagem o mais sustentável possível.

Para estudar a melhor embalagem, foram escolhidas mais duas embalagens para análise, para além da utilizada pela empresa. Dentro da disponibilidade dos fornecedores, escolhemos uma embalagem composta por um material biodegradável – fibra de cana-de-açúcar (matéria-prima renovável) (embalagem 2) e uma embalagem constituída por cartolina *kraft* e uma tampa em PET (Polietileno tereftalato) (embalagem 3).

Por falta de informação detalhada das embalagens adquiridas, analisou-se cada uma das três embalagens para se poder prever o seu comportamento. O peso, dimensão e a espessura foram determinados e para avaliar o comportamento dos materiais, analisou-se a repelência à água e ao óleo e a molhabilidade da superfície. Também se determinou a taxa de transferência de vapor de água para cada embalagem de modo a avaliar as capacidades de barreira.

Uma análise de tempo de vida útil foi realizada, em que os bolos gelados de pistacho confeccionados foram armazenados nas três diferentes embalagens, por um período de 90 dias. Para determinar a qualidade e verificar alterações sensoriais e físico-químicas foram analisados, mensalmente os seguintes parâmetros: crescimento microbiológico, humidade, pH,

acidez total e cor. Também foi realizada a análise sensorial para estudar mudanças de aspeto, odor, textura e sabor.

Durante o estágio na empresa, foram também realizadas atividades de produção de gelados já desenvolvidos pela Artiframi, desde a preparação de frutas, preparação da mistura do gelado, acondicionamento do gelado na embalagem, embalamento e armazenamento.

2. Contextualização teórica

2.1 Formulação do Bolo Gelado

2.1.1 Definição, composição e microestrutura

Um gelado alimentar, segundo a Norma Portuguesa (NP) 3293/2008 é um “género alimentício obtido através da congelação e mantido nesse estado até ao momento de ser ingerido pelo consumidor, cuja composição podem entrar todos os ingredientes alimentares, bem como os aditivos previstos pela legislação em vigor”. A norma subdivide os gelados alimentares em várias denominações de venda de acordo com a proporção dos ingredientes: gelado de nata, gelado de leite, gelado, gelado de água, gelado de fruta, sorvete, granizado, sobremesa gelada e gelado semifrio. O bolo gelado desenvolvido enquadra-se na categoria de sobremesa gelada – “sobremesa com gelado alimentar decorada com géneros alimentícios” (7).

A mistura que se transforma em gelado terá sabores, estrutura e textura caraterísticos, que são determinados pela qualidade dos ingredientes usados, pelo equilíbrio dos componentes da mistura e pelo tipo de processo de elaboração (8). A composição de um gelado é uma mistura de água, gordura (animal ou vegetal), sólidos não-gordos do leite (SNGL – restantes componentes para além da água e gordura: principalmente proteína), adoçantes, estabilizantes, emulsionantes e sabores (9).

Cada componente fornece as propriedades sensoriais necessárias: o gelo proporciona a sensação refrescante, a gordura proporciona cremosidade, o ar confere leveza e suavidade, os adoçantes proporcionam doçura e realçam os sabores. A composição do gelado também pode ser descrita por uma microestrutura combinada de quatro componentes estruturais importantes, indicados na Tabela 2.1 e representado na Figura 2.1 (9,10).

Tabela 2.1. Fração média dos componentes estruturais do gelado (10)

Componente	Fração de Volume (%)
Bolhas de Ar	50
Cristais de Gelo	30
Matriz	15
Gotículas de Gordura	5

- Bolhas de ar - cerca de metade do volume do gelado, com valores de *overrun* (volume de ar presente no gelado em relação à mistura de origem) a variar de 25 a 150% e diâmetro médio das bolhas de ar entre 20 e 25 μm , que proporcionam uma textura leve ao gelado;
- Cristais de gelo – proporcionar uma sensação suave de derretimento fácil na boca, com um tamanho médio entre 35 e 45 μm para gelados endurecidos;

- Matriz - constituída por adoçantes, proteínas, estabilizantes, entre outros solutos que se encontram dissolvidos na porção de água que não está congelada (pois nem toda a água do gelado é congelada);
- Gotículas de gordura – com um tamanho individual médio de 0,8 μm , ao se aglomeram após a congelação, levam à desestabilização da gordura que revestem e estabilizam as bolhas de ar.

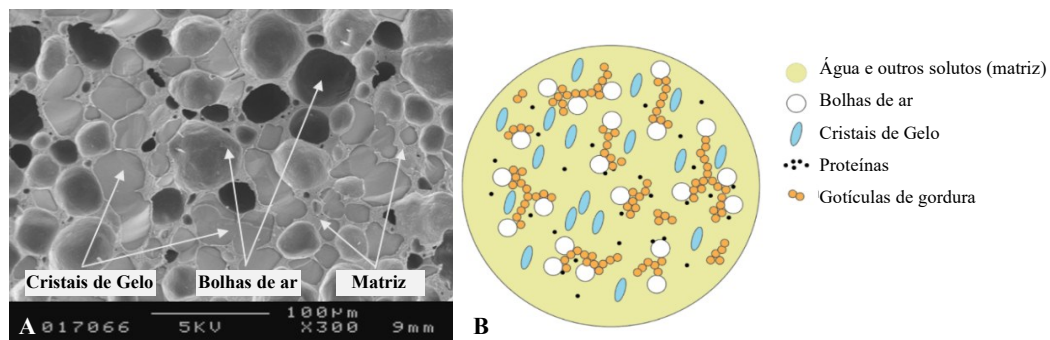


Figura 2.1. A) Imagem de microscopia eletrônica de um gelado, exibindo as bolhas de ar, os cristais de gelo e a matriz da solução, os glóbulos de gordura e proteínas não são visíveis nesta resolução (11); B) Representação esquemática da microestrutura do gelado (12) (adaptado).

Existem vários fatores que têm uma influência direta no balanceamento dos componentes do gelado: fator geográfico, pois a preferência de sabores altera de região para região; fatores sazonais, com regiões mais frias a ter uma maior preferência para gelados com maior conteúdo de gordura, para diminuir a sensação de frio e o inverso para regiões mais quentes; e fatores específicos que se relacionam com o destino final do consumo do gelado (8). Assim, a proporção de cada componente na composição do gelado varia, sendo que a melhor composição deverá ter em consideração a qualidade desejada, os requisitos legais, os equipamentos utilizados, os requisitos comerciais, a concorrência e os custos (9).

2.1.2 Produção de Gelado

Apenas misturar e congelar todos os ingredientes, não faz um gelado de boa qualidade, porque assim não se produz uma microestrutura de pequenos cristais de gelo, bolhas de ar e gotículas de gordura que se mantêm junto à matriz. O processo de produção de gelado varia de fabricante para fabricante, mas as etapas básicas são: preparação da mistura (pesagem, mistura de ingredientes, homogeneização e pasteurização), maturação, congelação com agitação e endurecimento (Figura 2.3) (10).

A primeira etapa – **preparação da mistura** é projetada para misturar, dispersar e dissolver os ingredientes. Os ingredientes devem ser doseados em quantidades precisas e adicionados numa ordem específica para obter uma qualidade de mistura ideal e consistente. No processo de mistura dos ingredientes pode ser necessário o aquecimento da mistura de modo a dissolver e hidratar ingrediente secos (10). Segue-se a **homogeneização** e a **pasteurização**. A pasteurização reduz o número de microrganismos (especialmente os patogénicos), para salvaguardar a saúde dos consumidores, além disso, inativa enzimas hidrolíticas que podem interferir no sabor e textura do produto. Durante o processo de pasteurização, a mistura é aquecida rapidamente até um valor de temperatura mínimo definido e mantida por um tempo mínimo, determinado através do estudo do binómio tempo-temperatura individual do produto. Depois a mistura é arrefecida rapidamente até menos de 5 °C, num intervalo inferior a 2 horas (8,10). A pasteurização e a homogeneização levam a alterações físicas nas suspensões da solução: a pasteurização emulsiona toda a gordura, enquanto a homogeneização reduz o diâmetro das bolhas de gordura (9).

Após a primeira etapa, a mistura ainda não está pronta para congelar, seguindo-se o processo de **maturação** a temperatura constante, durante um período variável. Ocorre a hidratação completa de proteínas e outros hidrocolóides, importante para que a água livre se una aos componentes da mistura, caso contrário, a água livre iria cristalizar levando a alterações na estrutura final do gelado. Além disso, a maturação permite que todos os ingredientes se espalhem igualmente, de modo a estabilizar e realçar os seus sabores (8,9).

A mistura maturada entra no equipamento de produção de gelado – etapa principal do processo de produção. Este equipamento é formado por um batedor cilíndrico com um agitador – lamina raspadas giratórias (Figura 2.2). As paredes do batedor ao arrefecer promovem a **congelação** da mistura e a agitação contínua permite uma congelação uniforme e incorporação de ar (8). Ao aerar, congelar e bater simultaneamente a mistura, ocorre uma concentração de solutos na água livre da matriz, aumentando a viscosidade. Consequentemente, ocorre a desestabilização da gordura devido à aglomeração de gotículas de gordura, resultando na coalescência parcial que contribui para a incorporação de ar. Assim geram-se uma estrutura que integra cristais de gelo e bolhas de ar, responsáveis pela cremosidade e corpo do gelado. As proteínas deslocam-se para a superfície das bolhas de ar permitindo a sua estabilização (9,10). O ar é incorporado na mistura entre os 4 e os -4 °C e, a temperaturas mais baixas, a espessura da mistura impede a incorporação de mais ar e a saída do ar já incorporado. O processo de congelação termina entre os -8 a -11 °C, dependendo do equipamento (8).



Figura 2.2. Exemplo de um equipamento de produção de gelados, com destaque para o abatedor de temperatura de superfícies raspadas.

O gelado acabado de produzir contém ainda 25% de água descongelada, que facilita a sua manipulação e embalagem. Contudo, é instável e pode interferir na conservação e qualidade do gelado. Por isso é necessário um arrefecimento rápido – **endurecimento**, que ocorre pela diminuição acentuada da temperatura até $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, num abatedor de temperatura (equipamento que produz frio ventilado). Quanto mais rápido for a fase de redução da temperatura, menor vão ser os cristais formados neste processo e maior será a retenção das bolhas de ar, contribuindo para a estabilização da microestrutura do gelado e por isso, uma textura do gelado mais suave (8,10). O tempo de endurecimento é determinado pelo tempo até que o centro do produto atinga os $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e é armazenado (9).

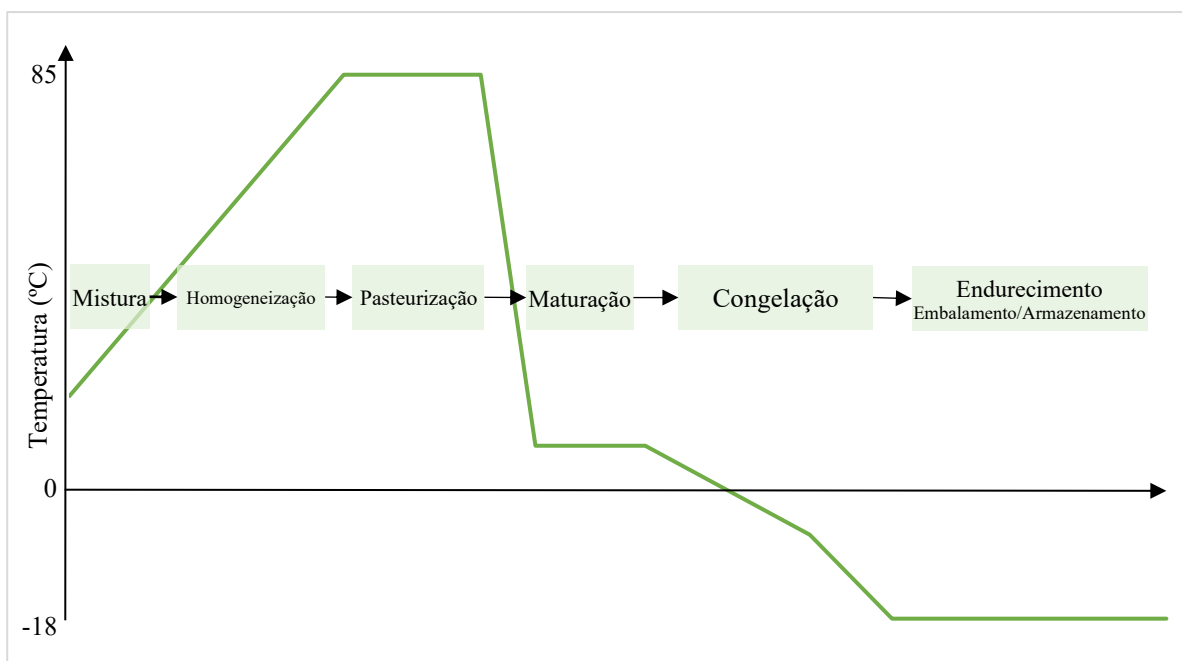


Figura 2.3. Diagrama esquematizado das etapas de produção de gelado e perfil de temperatura ao longo do processo (10) (adaptado).

2.1.3 Ingredientes do gelado e funcionalidades

Os ingredientes utilizados na produção de gelados podem ser classificados em três grupos: ingredientes principais (água, gordura, SNGL e adoçantes), ingredientes neutros (estabilizantes e emulsionantes) e ingredientes adicionais (chocolate, *wafers*, biscoitos, pedaços de fruta entre outros) (10).

Água

A água é o meio em que todos os ingredientes são dissolvidos e dispersos, por isso todas as misturas requerem uma fonte de água (10). Esta fonte poderá ser água ou fluidos como leite, leite desnatado entre outros que podem fornecer também gordura e SNGL. Se for utilizada água, esta deve ser de alta qualidade, potável e livre de contaminação. Na mistura, nem toda a água é congelada, que corresponde à água que hidrata as moléculas da matriz, já a água livre é congelada a 0 °C, originando os cristais de gelo do gelado (9).

Gordura

A fonte de gordura pode derivar de ingredientes lácteos (gordura do leite – natas ou manteiga) ou de gorduras não lácteas que são tipicamente sólidas a baixas temperaturas (como exemplo do óleo de coco ou palma) (9). A gordura contribui para várias características importantes do gelado: ajuda a estabilizar a espuma, retendo as bolhas de ar no gelado; é o grande responsável pela cremosidade; diminui a taxa de derretimento do gelado e incorpora moléculas de sabor lipossolúveis (10,13). O teor de gordura tem uma grande influência no derretimento do gelado na boca, assim como na perceção de aromas e sabores do gelado (14).

Sólidos-Não-Gordos do Leite (SNGL)

Os ingredientes sólidos não gordos do leite contribuem para o sabor e textura do gelado e incluem: lactose, caseína, proteínas do soro, minerais, vitaminas e outros componentes menores do leite (10). Podem derivar do leite integral e/ou do leite em pó desnatado. A quantidade de SNGL que provem apenas do leite é insuficiente para fornecer as funcionalidades necessárias das proteínas e contribuir para o teor adequado de sólidos totais. Desta forma, geralmente é adicionado uma fonte de SNGL adicional, como por exemplo, leite em pó, leite condensado, leite evaporado, leitelho, *whey* ou outras fontes de proteínas (9). Esta fonte adicional de SNGL deve ser controlada, pois pode contribuir para o excesso de lactose no produto ou alterar negativamente o sabor (10).

As proteínas da mistura são as que mais contribuem para desenvolvimento da estrutura do gelado. A sua ação de emulsificação, que ocorre pela adsorção das proteínas aos glóbulos de gordura contribui para a formação e estabilidade das bolhas de ar. A sua capacidade de

retenção de água, contribui para uma maior viscosidade da matriz. Assim as proteínas conferem resistência ao derretimento e contribuem para a redução dos cristais de gelo (9).

Adoçantes

Em gelados tradicionais são usados diferentes tipos de açúcares como adoçantes, desde glicose, frutose, sacarose entre outros. A principal função dos adoçantes é aumentar a aceitação do produto, tornando-o doce e intensificando alguns sabores. A doçura depende da concentração de adoçante na água da mistura (10). Além de proporcionar doçura, os adoçantes melhoram a textura e diminuem o ponto de congelação, que permite um controle na relação temperatura-dureza do gelado. Os adoçantes (incluindo a lactose) devem ser balanceados para atingir o teor de sólidos adequado, o nível de doçura apropriado e o grau certo de dureza (9).

Ingredientes neutros

Os ingredientes neutros têm um papel fundamental na estrutura e qualidade final dos gelados, sendo estes emulsionantes e estabilizantes (8). Normalmente, a sua concentração no gelado varia entre 0,2 - 0,5% de uma mistura de estabilizador/emulsionante (9).

Os estabilizantes são grupos de biopolímeros solúveis em água (geralmente polissacarídeos) que apresentam várias finalidades na estabilização dos gelados (10). Desempenham a sua função, principalmente através de interações com a água, aumentando a viscosidade da matriz e levando a um controle do crescimento de cristais de gelo, especialmente durante o armazenamento, onde podem ocorrer períodos de flutuações de temperatura. Previne o encolhimento do volume do produto e retarda a migração da humidade para fora. Diminuem a taxa de derretimento e facilitam a incorporação de ar e estabilização da espuma. Da sua utilização resultam gelados uniformes e suaves na sua textura. O uso em excesso pode resultar num gelado muito viscoso que leva a um defeito do gelado, conhecido como gomosidade (9,10).

A função e ação dos emulsionantes é diferente dos estabilizantes, pois está relacionada com as interfaces ar/matriz e gordura/matriz. Os emulsionantes unem-se às pequenas gotículas de gordura e mantem a emulsão espalhada por toda a matriz, produzindo uma suspensão estável entre água e gordura (8,9). Para além disso, os emulsionantes melhoram a incorporação de ar, apresentam mais resistência ao derretimento e ao encolhimento, proporcionando um gelado mais seco e moldável de textura suave (9,15). Em formulações de receitas antigas era usado como emulsionante a gema de ovo, mas as formulações modernas usam mono/diglicerídeos e ésteres de sorbitano, por serem mais eficientes (9).

2.1.3.1 Ingredientes vegetais em substituição de ingredientes animais

Os ingredientes de origem animal, especialmente os lácteos, são muito comuns nas formulações de gelados, pois são a fonte principal de água, fonte de gordura e de SNGL. Estes ingredientes são essenciais na obtenção de um sistema coloidal estável do gelado, com as propriedades organoléticas desejáveis (9,10). Todavia, apesar de apresentar limitações, é possível substituir estes ingredientes de origem animal, por bebidas vegetais, proteínas vegetais e óleos, produzindo gelados *vegan* de alta qualidade (16)

As gorduras vegetais mais usadas na substituição da gordura do leite são o óleo de coco, óleo de palma e óleo de sementes de palma, e o processo de fabricação é semelhante ao usado para gelados lácteos (9). O óleo de coco, apresenta algumas limitações nutricionais devido ao seu elevado teor de gordura saturada, mas em quantidades apropriadas, foi relatado que proporciona um sabor cremoso, suave e aromático ao gelado, apesar da taxa de derretimento da gordura de coco ser maior em comparação com a do leite (17).

Dentro das bebidas vegetais, a bebida de soja é considerada a melhor alternativa ao leite do ponto de vista nutricional e económico. É desprovida de lactose e colesterol e apresenta um teor proteico comparável ao leite de vaca. A soja apresenta na sua composição 40% de proteína, 20% de teor de gordura, 15% sacarídeos e 25% de outros (18,19). Mesmo que as proteínas do leite (caseínas e proteínas do soro) tenham uma grande influência na estabilidade da emulsão do gelado, estudos observaram que isolado de lecitina da soja atua como emulsionante e ajuda a aumentar a viscosidade, estabilidade e a estrutura do gelado, podendo desempenhar a função dos SNGL (20). Porém, a lecitina é responsável pelo aumento do tempo de fusão do gelado, resultando num gelado duro que necessita de cerca de 15 minutos à temperatura ambiente para amolecer, antes de servir (21). Na substituição dos ingredientes lácteos por ingredientes de soja, estabilizantes e emulsionantes necessitam de ser adicionados para ajudar na ligação da água, estruturação da gordura e aeração, pois as propriedades interfaciais das proteínas de soja não são tão boas quanto as da proteína do leite (9).

2.1.3.2 Adoçantes nutritivos e não-nutritivos

Os açúcares existem naturalmente nos alimentos, mas podem também ser adicionados aquando do processo de produção. Denotar que, segundo a definição da Organização Mundial da Saúde (OMS), entende-se que açúcares simples (*free sugar*) são mono e dissacarídeos adicionados aos alimentos e bebidas pela empresa produtora, durante a produção (4). Os açúcares simples adicionados ao gelado influenciam as suas propriedades finais, pois é

responsável pela doçura, intensidade do sabor, textura e controlo do ponto de congelação da mistura (9).

Entende-se por adoçantes, as substâncias que conferem sabor adocicado. Podem ter origem natural ou sintética e são classificados como nutritivos e não-nutritivos, dependendo de como são metabolizados. Os adoçantes nutritivos induzem resposta glicémica e contribuem para o aporte calórico, pois sofrem hidrólise enzimática durante a digestão no trato gastrointestinal (22). Os adoçantes nutritivos ainda são subcategorizados em açúcares - mono e dissacarídeos (como a glicose, frutose, sacarose); adoçantes derivados de fontes vegetais e animais como o mel e xaropes; e adoçantes com efeito de volume – açúcares alcoólicos/polióis (por exemplo o sorbitol, xilitol, maltitol) (22,23). Os açúcares polióis contribuem muito menos para o aporte calórico e apresentam um poder adoçante inferior ao da sacarose, podendo ser utilizados em quantidades superiores, o que os leva a ser considerados como edulcorantes e agentes de volume. No entanto, o consumo de polióis deve ser controlado devido aos seus efeitos laxantes (24).

Os adoçantes não-nutritivos praticamente não contribuem para o aporte calórico e índice glicémico e tem um poder adoçante muito superior aos adoçantes nutritivos. Alguns destes adoçantes de alta intensidade aprovados pela União Europeia de origem sintéticas, são o acesulfame K, aspartame, sucralose, e de origem natural, o extrato natural de *Stevia rebaudiana* (glicosídeos de esteviol) (23,24). A utilização destes adoçantes está restrita aos valores recomendados de consumo diário (*Advised Daily Intake* - ADI), pois ainda não existem estudos suficientes para avaliar os seus riscos. Já os polióis não têm teor máximo recomendado previsto na legislação (24). Tanto os adoçantes sintéticos como os naturais podem apresentar um *after-taste* pouco agradável de sabor amargo e metálico, sendo que a sua utilização em formulações deve ser mascarada com outros sabores para melhorar o perfil de doçura (22). Informação relativa ao poder adoçante, índice glicémico e ADI de alguns adoçantes nutritivos e não-nutritivos encontram-se na Tabela 2.3.

Múltiplos artigos da literatura demonstram que a substituição total do açúcar resulta em gelados duros, no entanto também demonstraram que a combinação entre vários agentes adoçantes é vantajosa pela sinérgica entre os componentes (22,25). Assim é comum combinar adoçantes não-nutritivos em pequenas quantidades com agentes de volume, como os polióis; diminuindo a influencia dos aspetos negativos como o *after-taste* e a utilização restrita dos adoçantes não-nutritivos, favorecendo o seu alto poder adoçante, combinado com as vantagens dos polióis, que para além de fornecer doçura, a sua principal função é fornecer volume (22). Esta é uma estratégia atual eficiente de redução do teor de açúcar na indústria alimentar,

nomeadamente na combinação de polióis como maltitol e eritritol com glicosídeos de esteviol, que levaram à formulação de gelados com consistência, sabor e textura desejados (24).

Tabela 2.2. Poder adoçante, índice glicémico e *Advised Daily Intake* (ADI) de alguns adoçantes nutritivos e não-nutritivos (23,24,26).

Agente adoçante	Poder adoçante / Doçura relativa*	Índice Glicémico	ADI (mg/kg de peso corporal/dia)
Nutritivos			
Sacarose	100	61-65	-
Glicose	50	100	-
Frutose	150-180	19-23	-
Maltitol	50-90	35-52	-
Sorbitol	50-100	9	-
Xilitol	100	7-13	-
Eritritol	60-70	0	-
Não-Nutritivos			
Aspartame	18.000–20.000	0	40
Sucralose	60.000	0	5
Glicosídeos de esteviol	1.000–1.500	0	4

*Doçura relativa à sacarose.

2.1.4 Gelados Artesanais

Os produtos artesanais têm se tornado cada vez mais populares nos últimos anos, nomeadamente os gelados artesanais. A popularidade de produtos artesanais está associada ao crescente apoio das questões sociais e ambientais, como a sustentabilidade, rastreabilidade e o compromisso do que é local. Os gelados artesanais são produzidos em lotes de menores quantidades, mais vigiados, cuidados e com ingredientes de maior qualidade (27).

Geralmente os gelados artesanais são aromatizados com ingredientes “crus” e não com aromatizantes e conservantes como ocorre com os gelados industriais. As empresas de gelados artesanais usam a sazonalidade, o que significa que nem todos os sabores estão disponíveis durante todo o ano. Para além disso, há uma maior variação de sabores, desde sabores diferentes e criativos a recriações de sabores “clássicos” (27). Outro fator que diferencia os gelados artesanais dos comerciais é o *overrun*, pois devido a um maior manuseamento, a incorporação de ar ocorre naturalmente durante a batida, apresentando uma percentagem menor de ar (<30% versus 50-100%) (9). Menos ar traduz-se em menos cristais de gelo e por isso mais cremosidade. A grande quantidade de ar incorporado nos gelados comerciais leva a uma redução da intensidade do sabor e a uma redução de custos, ao contrário do que acontece com

os gelados artesanais, que, no entanto, são gelados mais ricos, cremosos, densos e por isso mais saborosos (28).

2.2 Embalagens Alimentares

As embalagens alimentares são essenciais durante o processo de armazenamento, transporte, distribuição, venda e uso final de produtos alimentares. Contenção, proteção, comunicação e conveniência são as quatro funções principais das embalagens alimentares. A contenção, como o nome indica, é a contenção do produto na embalagem adequada, que quando defeituosa, leva à perda de produto generalizada. A função de proteção, a mais importante, permite proteger os alimentos de contaminações ambientais, químicas, biológicas e físicas; ajuda a prolongar a vida útil, a manter a qualidade, as propriedades sensoriais e a segurança dos alimentos embalados, minimizando o desperdício alimentar. A comunicação é realizada por meio de formas, marcas e rótulos e permite que os consumidores tenham acesso à informação nutricional, alegações, alergénicos, informações adicionais do produto, entre outros; permite também um processo de rastreamento e organização através da leitura de código de barras. A função de conveniência surgiu como resposta às mudanças das sociedades industrializadas, que passou a exigir produtos de mais fácil acesso, manuseio e descarte (29). As embalagens devem apresentar um indicador de violação projetado para eliminar o risco de adulteração do produto, que não podem ser substituídos depois de abrir (30).

Os materiais tradicionalmente usados em embalagens de alimentos incluem vidro, metais, polímeros de plásticos e materiais celulósicos. Estes materiais geralmente podem ser combinados para explorar as propriedades funcionais ou estéticas de cada material (30).

A embalagem atua como uma barreira física para proteger os alimentos de fatores externos, de modo que a estabilidade dos materiais de embalagem é absolutamente vital. Portanto, o Regulamento (CE) n.º 1935/2004 relativo aos materiais e objetos destinados a entrar em contacto com os alimentos tem como finalidade garantir a segurança de materiais e aditivos de embalagens de alimentos. Em geral, qualquer material de contacto com alimentos não deve libertar produtos químicos nos alimentos em quantidades que possam prejudicar a saúde humana (31).

Apesar do papel fundamental das embalagens alimentares, o aumento do seu consumo torna-se um grande problema mundial no impacto ambiental dos materiais que a constituem. Para além deste aumento, os plásticos sintéticos à base de petróleo são maioritariamente usados como material de barreira em embalagens alimentares, poluindo ecossistemas. Algumas

medidas já são implementadas para alcançar a sustentabilidade nas embalagens alimentares, desde promover a reciclagem de materiais de embalagem e a criação de embalagens inovadoras à base de recursos renováveis, que sejam ecologicamente sustentáveis, biodegradáveis ou compostáveis. Porém, estas embalagens podem comprometer o tempo de prateleira do produto, se não tiverem propriedades mecânicas e de barreira adequadas. Assim, ainda é necessário uma inovação contínua e o desenvolvimento de novas tecnologias de embalagem sustentável nos próximos tempos (30).

2.2.1 Materiais celulósicos em embalagens alimentares

A indústria de embalagens utiliza materiais à base de celulose em grande escala, pois as fibras de celulose são os polímeros naturais mais abundantes e são renováveis, biodegradáveis e biocompatíveis. Os materiais de embalagens celulósicas, podem apresentar um teor de celulose inferior a 50% do seu peso, pois podem ser combinados com aditivos químicos usados aquando da sua fabricação, permitindo obter produtos de embalagens diferentes: papéis, cartões, celulose regenerada (celofane), entre outros (32). Nos últimos anos, para a obtenção da celulose, tem havido uma tendência crescente da utilização de fontes alternativas como os resíduos agroindustriais, não só em prol da sustentabilidade, mas também sob a ideia de “desperdício gera riqueza”. No entanto, na Europa, o papel de embalagens é feito essencialmente à base de fibras obtidas da polpa de madeira à base pinheiro e/ou eucalipto.

A fibra/bagaço de cana-de-açúcar é uma biomassa de resíduos agrícolas correspondente ao caule da cana-de-açúcar, que sobra após a extração do caldo. Todos os anos, 80 milhões de toneladas de bagaço são gerados pela indústria sucroalcooleira. A maioria é utilizado como combustível para gerar eletricidade, o restante, como é rico em celulose, pode ser utilizado como matéria-prima para produção de celulose, nomeadamente para embalagens alimentares (33). Embalagens de fibra de cana-de-açúcar apresentam rigidez na sua estrutura, que as torna mais práticas e seguras, e um acabamento que permite o isolamento da temperatura exterior (34).

2.2.2 Propriedades de barreira de embalagens alimentares

As propriedades de barreira dos materiais utilizados em embalagens alimentares são necessárias para conferir proteção aos alimentos dentro da embalagem, impedindo a entrada/saída de diferentes penetrantes, aumentando o tempo de prateleira. Assim, dependendo dos alimentos a ser embalados, os materiais de embalagem devem resistir à permeabilidade da

água, oxigênio, microrganismos, compostos aromáticos, dióxido de carbono e óleos. As embalagens à base de papel/cartão apresentam propriedades de barreira mais fracas, pois são permeáveis a gases, vapores de água e líquidos (35). As propriedades de barreira de um material de embalagem são influenciadas pela espessura, morfologia do material, tamanho e polaridade do penetrante. A permeabilidade dos penetrantes é afetada pelas condições de armazenamento (36). O gelado deve ser armazenado em embalagens que conferem proteção contra a contaminação e que permitem manter a temperatura.

3. Materiais e Métodos

Para cumprir com os objetivos definidos, a produção do bolo gelado e a análise sensorial foram realizadas nas instalações da empresa Artiframi; as restantes análises foram realizadas na Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica do Porto.

3.1 Formulação do bolo gelado

A formulação do bolo gelado teve por base as formulações já utilizadas pela Artiframi e a pesquisa de receitas, tendo em consideração a praticidade de produção.

3.1.1 Produção do bolo gelado

Foram realizadas duas experiências para a formulação do gelado de pistacho, que apenas diferem na quantidade de ingredientes utilizada. Cada ingrediente foi pesado numa balança e adicionados segundo uma ordem pré-definida, com base em procedimentos já realizados pela empresa e receitas pesquisadas, que apresentam vantagens na homogeneização e manutenção máxima das propriedades organoléticas.

Durante o processo de produção, utilizou-se um processador de alimentos doméstico (Philips HR7627 – com máximo RPM de 1900 r/min), uma varinha mágica industrial (Royal catering), uma produtora de gelados combinada com pasteurizador (Frigomat Twin Chef 60 LCD) e por fim um abatedor de temperatura. Foi também necessário um forno, para torrar os frutos secos ao natural. Foram utilizados também utensílios como: coador, formas metálicas para condicionamento do bolo gelado, baldes de aproximadamente 20 L e espátulas.

A rotulagem foi realizada de acordo com o Regulamento (EU) nº 1169/2011, relativo à prestação de informação aos consumidores sobre géneros alimentícios (37), assim como o cálculo da informação nutricional, que teve por base a composição nutricional dos respetivos ingredientes descrita na Tabela 3.1.

3.1.2 Matérias-Primas utilizados na formulação

O bolo gelado é constituído por duas camadas: uma superior composta por gelado e uma base sólida.

Para o desenvolvimento do gelado de pistacho, utilizaram-se os seguintes ingredientes: bebida vegetal de soja (sem adição de açúcares), preparado de gelado *vegan* Artiframi (matitol-eritritol-sorbitol, fibra, gordura vegetal de coco, amido modificado, maltodextrina, estabilizantes, proteínas vegetais, aroma natural, glicosídeos de steviol), pistachos e castanhas

caju torrados sem pele e espinafres. Para a base, utilizou-se pistachos e castanhas caju torrados e tâmaras desidratadas sem caroço. Como *topping*, foram adicionadas framboesas congeladas e pedaços de pistachos. Para obter os ingredientes, realizou-se um levantamento das matérias-primas fornecidas pelos fornecedores usuais da Artiframi, tendo em conta o preço-qualidade das matérias-primas.

Tabela 3.1. Valores energéticos das matérias-primas utilizadas na formulação.

Matéria-Prima	Valor energético		Proteínas (g)	Hidratos de Carbono (g)	Açúcares simples (g)	Lípidos (g)	Ácidos gordos saturados (g)	Fibras (g)	Sal (g)
	(kJ)	(kcal)							
Bebida vegetal soja	94	22	2,1	0,7	0	1,2	0,2	0	0,07
Preparado <i>vegan</i>	1189	286	0,3	82,8	0,1	6,9	6,2	8,9	0,1
Pistacho	2595,81	620	20,3	27,5	7,6	45,4	5,5	10,3	0,01
Castanha Caju	2487	594	18,2	30,2	5,9	43,8	7,8	3,3	0,25
Tâmaras	1359	321	2,3	73,8	67	0,1	0	7,8	0,1
Espinafre	112	27	2,6	0,8	0,7	0,9	0,1	2,6	0,4

3.2 Caracterização das embalagens alimentares

As embalagens alimentares foram escolhidas através de uma pesquisa dos fornecedores de embalagens alimentares da empresa e seguindo os objetivos definidos.

Os métodos e materiais utilizados para a análise das embalagens alimentares, foram adaptados de procedimentos internos da universidade. Inicialmente todas as embalagens foram mantidas numa câmara a temperatura e humidade controladas, a 23 ± 2 °C e $50 \pm 10\%$ de humidade relativa, durante pelo menos 24 horas.

3.2.1 Dimensões e peso das embalagens

Com recurso a uma balança de precisão (Mettler PM1200), foram efetuadas quatro pesagens a cada umas das embalagens e os resultados foram apresentados com média \pm desvio padrão, expressos em gramas.

As dimensões das embalagens foram determinadas com recurso a um paquímetro (Mitutoyo Digimatic) e uma régua metálica graduada em milímetros. Foram registados a largura, comprimento total/diâmetro do fundo e topo e a altura total, correspondente às dimensões exteriores, com resultados expressos em centímetros.

3.2.2 Espessura total do material constituinte das embalagens

A medição da espessura foi determinada diretamente num micrómetro eletrônico (Adamel Lhomargy MI20). Para preparar as amostras, foram cortadas tiras longitudinais das embalagens a analisar, que não apresentassem pregas ou defeitos. Após a configuração do micrómetro, foram realizadas cinco medições para cada amostra. Os resultados foram apresentados com média \pm desvio padrão, expressos em micrómetros (μm).

3.2.3 Taxa de transferência de vapor de água das embalagens

A determinação da taxa de transferência de vapor de água foi realizada através de um método gravimétrico, adaptado da norma ASTM E96 (2005) – “*Standard test methods for water vapour transmission of materials*”. O procedimento baseia-se no aumento da massa de um material hidrocópio – cloreto de cálcio em grãos de 10 a 29 “*mesh*”, que se encontra no interior da embalagem e isolado numa câmara, com temperatura e humidade relativa controlada a 23 ± 2 °C e $50 \pm 10\%$ ao longo da análise.

O cloreto de cálcio – dissecante, inicialmente foi colocado em estufa a 200 °C por 1 hora. Posteriormente, pesou-se 10 g do dissecante para cada um dos pratos de papel (embalagem 0) e colocou-se nas embalagens a analisar em triplicado. Para cada conjunto de embalagens, preparou-se também um branco (sem o dissecante).

Com os provetes prontos, iniciou-se o ensaio e pesou-se com precisão cada uma das embalagens, repetindo-se as pesagens em intervalos espaçados (duas vezes ao dia), anotando o tempo e a massa. Terminou quando se obteve uma taxa constante de peso ou quando todo o dissecante ficou saturado. Os provetes foram mantidos na câmara com temperatura e humidade relativa controlada, de modo que o ar circulasse adequadamente entre os provetes.

A partir dos resultados obtidos das pesagens, foram traçados gráficos da variação da massa em função do tempo de ensaio, para cada provete. Determinou-se o declive das retas e subtraiu-se o declive do controlo (branco) para cada um dos provetes. O valor obtido corresponde à taxa de transferência de vapor de água (TTVA) expressa em gramas por dia (g/dia). Os resultados não são expressos em $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$, pois o objetivo é avaliar o desempenho de cada embalagem no seu todo. Os resultados foram apresentados com média \pm desvio padrão dos provetes de cada embalagem em análise.

3.2.4 Repelência à água e ao óleo das embalagens

Para a análise da repelência à água e ao óleo das embalagens, começou-se por recortar dois provetes de cada embalagem, dispendo-os numa superfície, e colocou-se 2 gotas separadas (20 µl) de água e de azeite, em cada lado dos provetes, do lado interior e exterior da embalagem. Após 5 minutos, adicionou-se outra gota sobre a gota inicial e depois de 5 minutos, com cuidado para não espalhar, retirou-se todas as gotas. Foram observados o formato das gotas assim como a macha deixada após se retirar a gota.

3.2.5 Ângulo de contacto e molhabilidade da superfície das embalagens

O ângulo de contacto foi o indicador utilizado para caracterizar a molhabilidade da superfície das embalagens utilizadas - resistência da superfície do papel a um líquido. Utilizando um tensiómetro ótico (Attension Theta, Biolin Scientific, Phoenix AZ/USA), pelo método da gota séssil, uma gota de 3 µL de água destilada foi depositada na superfície das embalagens, com recurso a uma seringa de microlitro e observada até aos 100 segundos. Foram realizados três ensaios no lado interior e exterior de cada uma das embalagens. A análise dos resultados do ângulo de contato, foi efetuada utilizando o modelo de aproximação de *Laplace-Young*. A molhabilidade da superfície foi determinada de acordo com a norma T458cm-14 da TAPPI (38):

$$R = \frac{C - C'}{55} \quad (1)$$

R = molhabilidade da superfície (°/s)

C = ângulo de contacto médio após 5 segundos (°)

C' = ângulo de contacto médio após 60 segundos (°)

3.3 Análise do bolo gelado ao longo do armazenamento

Aos bolos gelados armazenados nas diferentes embalagens alimentares foram realizadas análises nos seguintes tempos de vida: T₀ (data de produção), T₃₀ (30 dias após a produção), T₆₀ (60 dias após a produção) e T₉₀ (90 dias após a produção). Os parâmetros de tempo de vida útil analisados foram:

- Análises físico-químicas: acidez total, pH, cor e teor de humidade;
- Análises microbiológicas: contagem de bolores e leveduras a 25 °C, microrganismos a 30 °C, *Escherichia coli*, *Enterobacteriaceae*, Estafilococos coagulase positiva e pesquisa de *Salmonella* e *Listeria monocytogenes*;
- Análise sensorial: avaliação do aspeto, odor, textura e sabor.

As análises microbiológicas completas apenas se realizaram para o T₀. Para os restantes tempos de vida realizaram-se apenas análises aos microrganismos a 30 °C e a bolores e leveduras a 25 °C.

As amostras apresentam todas a mesma data de produção e as análises foram realizadas tendo por base os tempos de vida estipulados.

3.3.1 Análises microbiológicas

Os métodos utilizados nas análises microbiológicas são os descritos nas normas indicadas para cada parâmetro.

Os resultados foram expressos em UFC/g (unidades formadoras de colónias por grama), que corresponde à contagem de colónias desenvolvidas. Com exceção da pesquisa de *Salmonella* e *Listeria monocytogenes*, em que é “detetado” ou “não detetado” o microrganismo em 25 g de amostra.

Preparação da amostra

Para a pesquisa de *Salmonella*, pesou-se, em condições assépticas, 25 g de amostra para um saco de *Stomacher* estéril e adicionou-se 225 g de água peptonada tamponada (BPW). Para a pesquisa de *Listeria monocytogenes*, pesou-se 25 g de amostra e adicionou-se 225 g de caldo de enriquecimento seletivo ½ Fraser. De seguida as preparações foram ao *Stomacher* para homogeneizar.

A partir da suspensão mãe em BPW (diluição 10⁻¹), foram preparadas diluições decimais sucessivas necessárias para a contagem de bolores e leveduras a 25 °C, microrganismos a 30 °C, *Escherichia coli*, *Enterobacteriaceae* e Estafilococos coagulase positiva.

Contagem de bolores e leveduras a 25 °C

De acordo com a metodologia descrita na norma NP 3277-1:1987, placas de *Petri* contendo o meio RBA (*Rose Bengal Agar*) foram inoculadas com diluições de 10⁻¹ a 10⁻³ da amostra. De seguida, com recurso a um espalhador, dispersou-se homogeneamente a amostra na superfície do meio de cultura. As placas foram a incubar a 25 ± 1 °C por 5 dias. Após o período de incubação, realizou-se a contagem das colónias formadas. As leveduras formam colónias pequenas opacas e brancas e os bolores são colónias que geralmente são grandes, aveludadas, lanosas, compactas e pulverulentas com colorações variadas consoante a estirpe.

Contagem de microrganismos totais a 30 °C

Efetuuou-se a inoculação de 1 mL da suspensão mãe (10^{-1}) e das sucessivas diluições decimais (10^{-2} a 10^{-5}) em placas de *Petri*, seguida da sementeira por incorporação em meio *Plate Count* agar (PCA). As placas foram incubadas a 30 ± 1 °C por 72 ± 3 h como indicado na ISO 4833-1:2013 e após esse período contou-se todas as colónias formadas.

Contagem de *Escherichia coli*

Segundo o descrito na ISO 16649-2:2001, a placas de *Petri* adicionou-se 1 mL da suspensão mãe (10^{-1}) e da diluição 10^{-2} , seguido do meio TBX (*Tryptone-bile X-glucuronide*) por incorporação. As placas foram incubadas a 44 ± 1 °C por 18 a 24 h e após este período contou-se as colónias azuis formadas.

Contagem de *Enterobacteriaceae*

Conforme indicado na ISO 21528-2:2017, em placas de *Petri* adicionou-se 1 mL da suspensão mãe (10^{-1}) e das sucessivas diluições decimais (10^{-2} a 10^{-4}) e meio seletivo VRBG (*Violet Red Bile Glucose*) por incorporação. As placas foram incubadas a 37 ± 1 °C por 24 ± 2 h. Por fim, contou-se as colónias de cor rosa, vermelho ou roxo formadas, com ou sem halos de precipitação. Para a confirmação de *Enterobacteriaceae* foram selecionadas 5 colónias suspeitas e realizadas a prova da oxidase e a prova de fermentação da glucose.

Contagem de *Estafilococos* coagulase positiva

Inocularam-se placas de *Petri* com 1 mL da suspensão mãe (10^{-1}) e da diluição 10^{-2} , e meio de cultura BPA (*Baird Parker Agar*) com adição do suplemento RPF (*Rabbit Plasma Fibrinogen*) pela sementeira por incorporação. As placas foram incubadas a 37 °C por 48 ± 4 h. Após o período de incubação procedeu-se à contagem de colónias pretas e/ou cinzentas rodeadas de uma zona opaca (halo), que indicam atividade da enzima coagulase, como descrito na ISO 6888-2:2021.

Pesquisa de *Salmonella*

A pesquisa foi realizada segundo a ISO 6579-1:2017/Amd.1:2020. Inicialmente foi efetuado o pré-enriquecimento não seletivo – a amostra em BPW preparada foi incubada a 37 ± 1 °C por 24 h. Após esse período, realizaram-se dois enriquecimentos seletivos, transferindo-se 1 mL do pré-enriquecimento para o tubo com 10 mL de meio MKTT (*Muller Kauffmann Tetrathionate*) e 0,1 mL para o tubo com 10 mL de meio RVS (*Rappaport-Vassiliadis Soya*). Estes enriquecimentos incubaram por 24 ± 3 h a 37 ± 1 °C e a $41,5 \pm 1$ °C, respetivamente. Após a incubação, a cada um dos enriquecimentos foram feitos isolamentos em meio XLD

(*Xylose Lysine Deoxycholate*) e Rapid'*Salmonella*. As placas em XLD e Rapid'*Salmonella* incubaram a 37 ± 1 °C durante 24 ± 3 h. As colónias características de *Salmonella* no XLD são pretas (ou vermelhas) em meio vermelho e no meio Rapid'*Salmonella* são colónias de cor magenta. De acordo com a respetiva norma, o procedimento pressupõe a confirmação bioquímica e serológica da *Salmonella*, nos casos em que apresenta o crescimento de colónias características após a incubação.

Pesquisa de *Listeria monocytogenes*

O enriquecimento seletivo preparado em ½ Fraser, inicialmente foi incubado a 30 ± 1 °C durante 24 ± 3 h. Após incubação, 0,1 mL foi inoculado, por espalhamento na superfície de uma placa de *Petri* contendo o meio ALOA (Agar *Listeria Ottaviani & Agosti*). O ALOA incubou a 37 ± 1 °C por 24 ± 3 h. As colónias características de *L. monocytogenes* são azuis rodeadas de um halo de precipitação. De acordo com a respetiva norma, o procedimento pressupõe a confirmação bioquímica da *Listeria monocytogenes*, nos casos em que apresenta o crescimento de colónias características após a incubação.

3.3.2 Análises físico-químicas

Os métodos e materiais utilizados nas análises físico-químicas são adaptados de procedimentos internos da universidade e/ou das normas indicadas para cada parâmetro. Os resultados foram apresentados com média \pm desvio padrão.

Preparação da amostra

Como se trata de um produto congelado, inicialmente foi deixado à temperatura ambiente até derreter. Homogeneizou-se, com recurso a uma varinha mágica de cozinha, todo o bolo gelado, incluindo a base. A amostra preparada foi guardada num recipiente fechado com folha de alumínio para reduzir a exposição ao ar.

Medição do pH

A medição do pH da amostra foi realizada a 20 °C, utilizando-se o potenciómetro pH & Ion-Meter GLP 22+ (CRISON). O potenciómetro foi calibrado, para a temperatura de 20°C, com recurso a duas soluções tampão a pH 4,00 e pH 7,00. Como a amostra era muito viscosa, realizou-se previamente uma diluição a 10% (m/v) e efetuou-se a medição em triplicado.

Determinação da acidez total

A determinação da acidez total foi realizada utilizando um método volumétrico, adaptado das normas NP 1421 (1977) e NP EN 12147 (1999), de modo a avaliar a concentração

total de ácido nos bolos gelados ao longo do armazenamento. Pesou-se uma toma de 25 g da amostra, adicionou-se 50 mL de água desionizada e homogeneizou-se a solução por 15 minutos. De seguida, transferiu-se quantitativamente a solução para um balão volumétrico de 250,0 mL, completou-se o volume com água desionizada e filtrou-se. Para um matraz, foi pipetado, com recurso a uma pipeta volumétrica, 25,00 mL do filtrado, adicionado 3 gotas do indicador fenolftaleína e titulou-se, em agitação, com uma solução padrão de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 mol/L. Quando atingiu o ponto final da titulação (viragem da cor da solução incolor para cor rosa persistente por mais de 30 segundos), foi registado o volume de solução padrão de hidróxido de sódio gasto.

A acidez total titulável, expressa em mmol de H⁺ por kg de produto foi obtida pela seguinte formula:

$$\text{Acidez Total (mmol H}^+/\text{kg)} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times C_{\text{NaOH}}}{m_{\text{amostra}}} \times \text{FD} \times 1000 \quad (2)$$

V_{NaOH} = volume de titulante gasto (mL)

C_{NaOH} = concentração do titulante (mol/L)

m_{amostra} = massa de amostra (g)

FD = fator de diluição da amostra (250/25)

Determinação da Humidade/Resíduo Seco

Adaptando do procedimento interno do laboratório, foi aplicado o método de secagem em estufa a 105 °C. Começou-se por colocar as cápsulas de cerâmica em estufa a 105 °C, por 30 minutos, com respetiva vareta e cerca de 10 g de areia seca. De seguida, pesou-se na balança analítica, uma toma de 5 g de amostra para cada cápsula, previamente pesada e tarada. Misturou-se cuidadosamente, para não derramar, a areia e a amostra, com a ajuda da vareta. As cápsulas foram novamente colocadas na estufa à mesma temperatura por 2 horas. Após esse período, retiraram-se as amostras para um exsiccador. Depois de arrefecerem até à temperatura ambiente, pesaram-se as cápsulas na balança analítica e, repetiu-se o processo de secagem de hora em hora até à obtenção do menor peso (o processo acabava quando aumentava o peso).

A determinação da humidade foi realizada em duplicado e calculada recorrendo à seguinte formula, com resultados expressos em % m/m (39).

$$\begin{aligned} \% \text{ humidade} &= \frac{\text{massa de H}_2\text{O na amostra}}{\text{massa da amostra humida}} \times 100 \\ &= \frac{\text{massa}_{(\text{amostra humida+cápsula})} - \text{massa}_{(\text{amostra seca+cápsula})}}{\text{massa}_{(\text{amostra humida+cápsula})} - \text{massa}_{(\text{cápsula})}} \times 100 \end{aligned} \quad (3)$$

Análise da Cor

Com recurso ao colorímetro CR-400 (Konica Minolta), começou-se por realizar a sua calibração usando uma placa refletora em branco. De seguida foram realizadas cinco medições em diferentes pontos da superfície da amostra. O colorímetro permite obter os parâmetros L^* (*Luminance*), a^* (tonalidade vermelha/verde) e b^* (tonalidade amarelo/azul). Esses parâmetros são coordenadas de cromaticidade do espectro de cores CIELab (40). Interpretando os valores no espectro (Figura 3.1), para L^* , o preto deve estar próxima de 0, e o branco próxima de 100; para a^* , valores positivos apresenta tons de vermelho, e se negativo, tons de verde; e para b^* , positivo corresponde a tons amarelos, e negativo a tons azuis (41).

Como o objetivo é avaliar a cor do gelado ao longo do armazenamento, os parâmetros de cor foram comparados. Para obter o grau de diferença de cor em cada amostra, o ΔE_{Lab} foi calculado a partir da fórmula de Mokrzycki e Tatol (42):

$$\Delta E_{Lab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (4)$$

Onde ΔL^* , Δa^* e Δb^* , representam a diferença de cada parâmetro entre as amostras armazenadas ao longo do tempo de vida (T_{30} , T_{60} e T_{90}) e a amostra no tempo de vida zero (T_0).

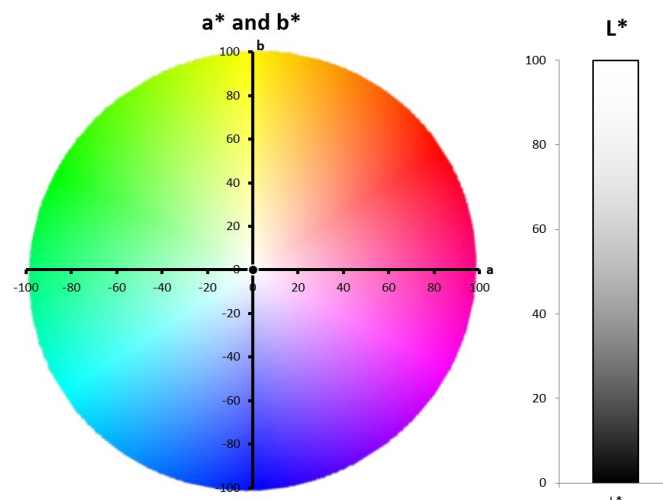


Figura 3.1. Espectro de escala CIELab (CIE L^* , a^* , b^* *uniform colour space*).

3.3.3 Análise sensorial

Aos bolos gelados desenvolvidos, foram conduzidas provas de análise sensorial: uma inicial para obter o perfil sensorial – descrição do produto, no tempo de vida T_0 ; e as restantes foram realizadas mensalmente, ao longo do armazenamento nas três diferentes embalagens, até ao tempo de vida T_{90} .

As fichas de prova sensorial desenvolvidas (Apêndice A) permitiam aos provadores avaliar a amostra de 1 a 5 em termos de aspeto, odor, textura e sabor. A avaliação foi feita de

acordo com as características organoléticas definidas, sendo que: 1-Mau; 2-Medíocre; 3-Aceitável; 4-Bom; e 5-Muito Bom. Na ficha de prova inicial, pedia-se também ao provador para descrever cada característica organolética. Com o perfil sensorial do produto definido, para além da classificação, as fichas passavam a apresentar uma zona destinada a comentários (opcional), caso o provador encontrasse diferenças significativas nas amostras e uma questão que permitia saber se existia alguma preferência pelas amostras apresentadas (opcional).

Os provadores sabiam o tempo de vida das amostras, mas não sabiam a que embalagem correspondiam as amostras de bolo gelado armazenado, estando estas codificadas com três dígitos aleatórios. As provas foram realizadas individualmente, numa sala sem distrações, à temperatura ambiente e com iluminação uniforme. Para a preparação das amostras: em T₀, foi disposta uma fatia (correspondente a 1/8 do bolo) num prato descartável de cartão; nas restantes provas, foi colocada uma fatia de cada bolo gelado armazenado nas três diferentes embalagens, num prato dividido em três (como representado na Figura 3.2). As embalagens foram retiradas do congelador 5 minutos antes da prova.

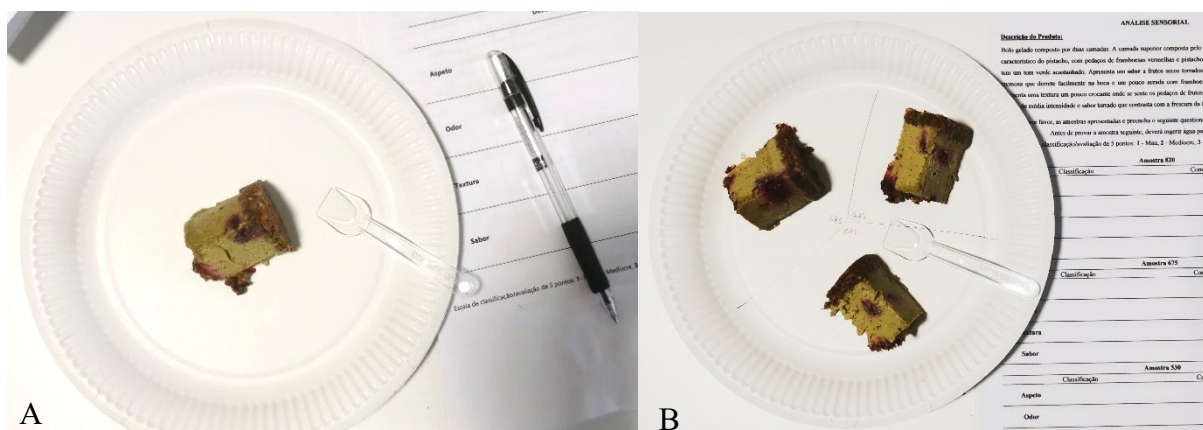


Figura 3.2. Disposição das amostras para prova sensorial: A – prova inicial para definir o perfil sensorial; B – prova sensorial ao longo do processo de armazenamento nas três diferentes embalagens.

O painel de provadores não era treinado, mas tinham experiência em provas de gelados. As provas foram realizadas sempre pelos mesmos 8 provadores, que faziam parte da equipa da Artiframi.

Dos resultados obtidos foram calculadas as médias das avaliações de cada parâmetro e para a análise estatística, utilizou-se o *software* IBM SPSS que permitiu comparar os parâmetros obtidos através de um teste não paramétrico de Friedman (k amostras relacionadas). Considerou-se estatisticamente significativo um valor $p < 0,05$.

4. Resultados e Discussão

4.1 Formulação do bolo gelado

Após o levantamento da literatura sobre a informação das matérias-primas utilizadas na produção de gelado, realizou-se uma pesquisa de receitas de gelados artesanais. A Artiframi apresentava já um preparado de gelado *vegan* em pó que utilizava ingredientes que permitiam produzir o bolo gelado consoante os objetivos estipulados – *vegan*, sem glúten e com redução do teor de açúcares. A utilização deste preparado, em comparação com a aquisição de cada ingrediente em separado (gordura de coco, fontes de SNGL, fibras, estabilizantes e emulsionantes), apresentou-se mais prático e económico, e garantia que o gelado final teria as características desejadas.

Analisando os ingredientes utilizados no preparado de gelado *vegan*, a **gordura de coco** é a gordura vegetal utilizada para substituir a gordura do leite; como a utilização da gordura de coco é limitada devido ao seu elevado teor de gordura saturada, é adicionado **amido modificado** e **maltodextrina** para substituir a gordura, pois caso contrário, uma redução de gordura levaria a problemas na estrutura e textura do gelado produzido; para além disso a maltodextrina facilmente combina com a gordura e forma um gel de emulsão estável; assim a combinação de maltodextrina e amido modificado proporciona cremosidade e aumenta a perceção de gordura no gelado (14,43,44). Os sólidos não gordos utilizados como fonte de SNGL são a **fibra** e as **proteínas vegetais**, que devido à sua capacidade de emulsão, reduzem a tensão interfacial e promovem a coalescência (45). Os edulcorantes utilizados são **maltitol-eritritol-sorbitol** (açúcares polióis) em maior quantidade e **glicosídeos de esteviol** em menor quantidade, de modo a fornecer a doçura adequada sem enaltecer o *after-taste* proporcionado pelos glicosídeos de esteviol; para além disso os polióis contribuem como agentes de volume. Os **estabilizantes/espessantes** utilizados são hidrocolóides, que ligam a água, aumentam a viscosidade, melhoram a distribuição das bolhas de ar e formam uma rede que não permite que os cristais de gelo se liguem, ou seja, que não cresçam (46).

Para criar a mistura do gelado, seguindo o procedimento de utilização, ao preparado em pó teria de se adicionar um líquido (bebida vegetal) e uma pasta aromatizante. Assim, inspirado na receita da chef do *Yvonne's Vegan Kitchen* (47) e em estudos de utilização de bebidas vegetal, utilizou-se bebida vegetal de soja e fez-se uma pasta de pistacho e castanha caju (48). Na mesma receita, eram utilizadas folhas de espinafre como corante natural, pois apesar do pistacho ser verde, em pasta, torna-se acastanhado, e era importante manter a tonalidade, pois o consumidor associa a cor verde ao gelado de pistacho de leite, já comercializado pela

Artiframi. Para a base do bolo gelado utilizou-se pistacho, castanha caju e tâmaras sem caroço, como descrito na receita.

Foram realizadas duas formulações teste: na primeira formulação, foram utilizadas iguais quantidades de pistacho e castanha caju, que resultou num sabor mais característico a caju; a segunda formulação, a escolhida, para a quantidade de caju, utilizou-se metade da quantidade de pistacho. A utilização da castanha caju tem por objetivo a redução de custos, pois o pistacho é uma matéria-prima dispendiosa. As respectivas proporções dos ingredientes utilizados encontram-se descritos na Tabela 4.1 e o resultado é apresentado na Figura 4.1.

Tabela 4.1. Percentagem de matéria-prima utilizada na formulação do gelado *vegan* de pistacho e respetivo bolo de gelado *vegan* (em % do produto total).

Matéria-Prima	Gelado <i>Vegan</i> de Pistacho	Bolo gelado <i>vegan</i> de Pistacho
Bebida se soja (água e grãos de soja)	60%	52%
Preparado de gelado <i>vegan</i> (matitol-eritritol-sorbitol, fibra, gordura vegetal de coco, amido modificado, maltodextrina, estabilizantes, proteínas vegetais, aroma natural, glicosídeos de esteviol)	20%	17%
Pistacho	9%	13%
Castanha caju	4%	7%
Tâmaras desidratadas sem caroço	-	7%
Espinafre	4%	4%
Framboesas inteiras congeladas	-	<1%

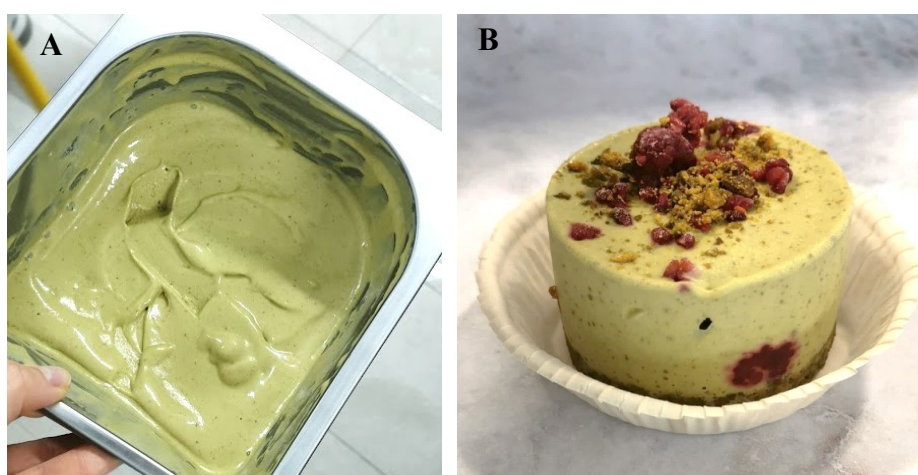


Figura 4.1. A) Gelado de pistacho *vegan* após processo de congelação; B) Bolo gelado de pistacho *vegan* - produto final.

4.1.1 Etapas de processamento do bolo gelado de pistacho *vegan*

As etapas de processamento do bolo gelado estão esquematizadas na Figura 4.2.

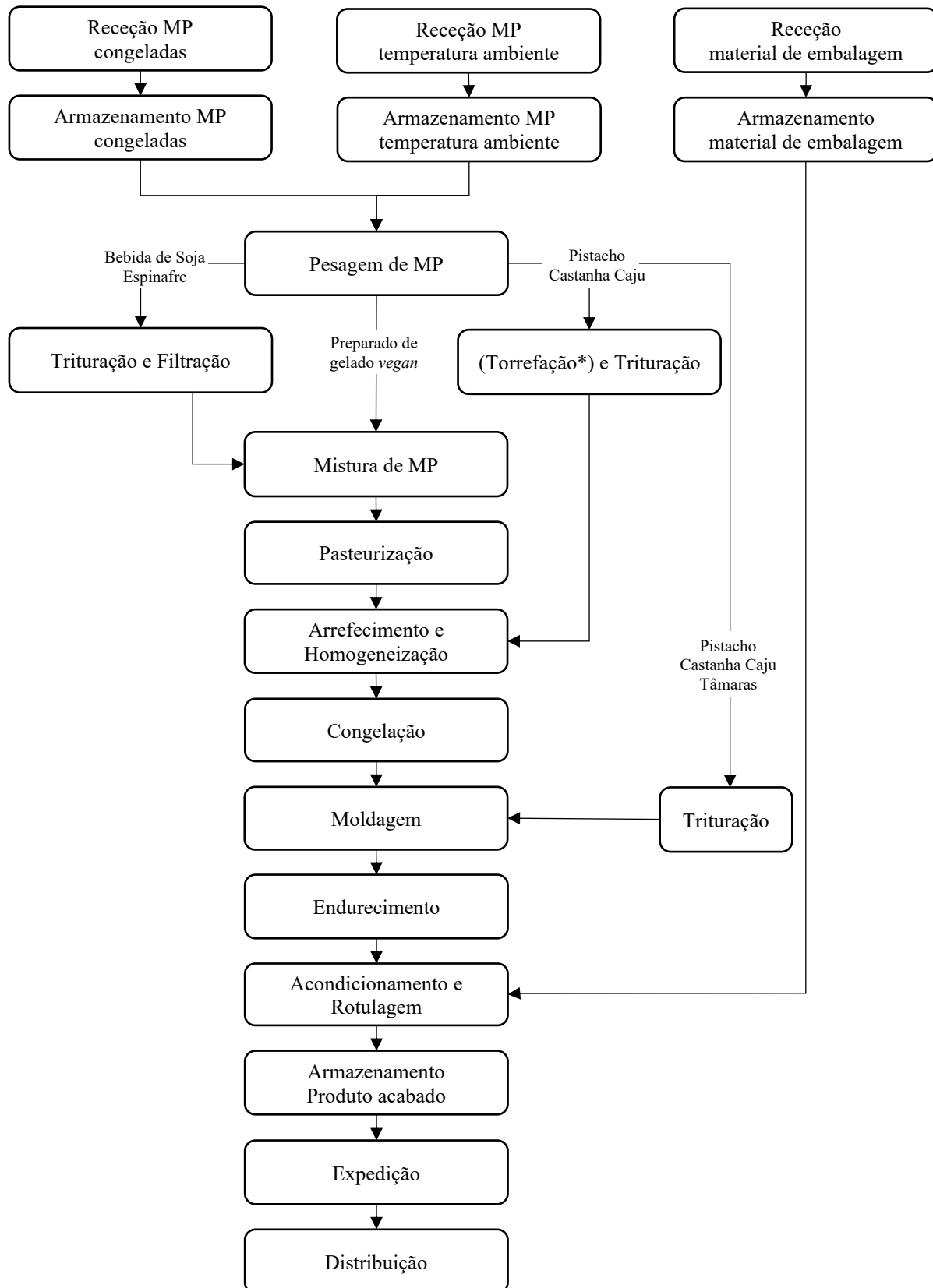


Figura 4.2. Fluxograma de produção do bolo gelado de pistacho *vegan* (*Torrefação apenas necessária quando os frutos secos são adquiridos ao natural) (MP – Matérias-Primas).

- **Receção e Armazenamento de Matérias-Primas:**

Matérias-Primas à temperatura ambiente: Bebida de soja, preparado de gelado *vegan*, pistacho, castanha caju e tâmaras sem caroço armazenados a temperatura compreendida entre 15 e os 25 °C, num local fresco e ventilado.

Matérias-Primas Congeladas: Folhas de espinafre e framboesas armazenados a temperatura de congelação, entre -18 e -20 °C.

- **Pesagem de Matéria-Prima:** Os ingredientes são pesados em balanças analíticas presentes na bancada apropriada, segundo as proporções apresentada na Tabela 4.1.
- ***Torrefação:** Para torrar os frutos secos – pistachos e caju, utiliza-se um forno a 200 °C por 15 min. Esta etapa só ocorre no caso de a matéria-prima adquirida não vier previamente torrada.
- **Trituração:** A trituração é feita com recurso a um processador de alimentos e uma varinha mágica industrial. A varinha mágica é utilizada para a trituração do espinafre na bebida de soja; o processador para a produção da pasta de pistacho e castanha caju, e para obter os pedaços de pistacho, caju e tâmaras que vão constituir a base do bolo gelado. A velocidade e o tempo de trituração aplicada ao processador é que determinam o aspeto final: pasta ou pedaços.
- **Filtração:** A filtração é feita com recuso a um coador de cozinha de modo a filtrar os pequenos pedaços de espinafre que não foram totalmente triturados com a bebida de soja.
- **Mistura de Matérias-Primas:** A mistura de matérias-primas é feita de modo manual, com recurso a uma varinha mágica industrial que confere a agitação necessária. Os ingredientes são adicionados a um balde segundo uma ordem: bebida vegetal (com espinafre triturado e filtrado) e depois o preparado em pó de gelado *vegan*.
- **Pasteurização:** A pasteurização é realizada num tanque incluído na produtora de gelados a uma temperatura de 85 °C por 10 minutos (49). O objetivo da pasteurização é diminuir a carga microbiana e destruir os microrganismos patogénicos que possam estar presentes, garantindo a segurança microbiológica do produto. Para além disso, a pasteurização emulsiona a gordura e dissolve e hidrata os ingredientes secos.
- **Arrefecimento e Homogeneização:** Após a pasteurização, a mistura é arrefecida até a temperatura ambiente e é adicionada a pasta de aromas de pistacho e caju com recurso a uma varinha mágica, obtendo-se a mistura final do gelado com o sabor desejado.
- **Congelação:** A mistura final é colocada no tambor da produtora de gelados, iniciando o processo de congelação através de trocas de calor entre a mistura e as paredes do tambor, como descrito anteriormente. Durante a batida a mistura é convertida em gelado por um

processo simultâneo de aeração e cristalização. O gelado sai da produtora a uma temperatura de -8 ± 3 °C.

- **Moldagem:** A etapa de moldagem consiste na construção do bolo gelado de forma manual. São utilizadas formas metálicas, que podem apresentar vários tamanhos, consoante o volume que se quer adquirir. Começando pela construção da camada inferior, os pedaços de pistacho, caju e tâmaras triturados são prensados no fundo, construindo uma base com cerca de 1,5 cm. Logo após a saída do gelado da produtora, este é adicionado por cima da base até perfazer a forma. Depois são adicionados os *toppings*: framboesas congeladas e pedaços de pistacho.
- **Endurecimento:** Os bolos gelados, ainda nas formas metálicas, são colocados no abatedor de temperatura a -25 °C, continuando o processo de congelamento. O abatedor de temperatura permite que o endurecimento do gelado ocorra de forma rápida para evitar o crescimento dos cristais de gelo. O tempo de endurecimento depende da quantidade do produto, sendo em média 2 horas para bolos gelados individuais de 250 cm².
- **Acondicionamento e Rotulagem:** Após o endurecimento, o bolo gelado é desenformado das formas metálicas e acondicionado na respetiva embalagem previamente rotulada. A embalagem utilizada pela Artiframi consiste em caixas de cartão *kraft*, típicas de bolos de pastelaria.
- **Armazenamento:** Os bolos gelados são armazenados em armários de congelação a uma temperatura entre os -16 e -18 °C, no local destinado aos bolos gelados.

Após o fabrico dos bolos gelados, estes devem ser sempre transportados e distribuídos no estado congelado. A distribuição ocorre em caixas isotérmicas e carrinhas destinadas para o transporte de produtos congelados. A cadeia de frio após o fabrico é de extrema importância para a qualidade e conservação do bolo gelado (9).

O prazo de validade está dependente do tipo de produto, tipo de embalamento e da manutenção da cadeia de frio. A Artiframi estipulou um prazo de validade para os bolos gelado de 6 meses. Porém, a análise de armazenamento do bolo gelado realizada neste trabalho, por um período de três meses, veio a demonstrar que este prazo deverá ser encurtado para um máximo de 2 meses.

4.1.2 Rótulo e alegações

O rótulo do bolo gelado de pistacho *vegan* e do respetivo gelado foi realizado segundo o Regulamento (EU) nº 1169/2011 e encontram-se representados na Figura 4.3. O cálculo da informação nutricional foi realizado recorrendo aos valores conhecidos da Tabela 3.1 e na Tabela 4.1. No Apêndice B encontra-se mais detalhadamente as fichas técnicas dos produtos.

O termo “*vegan*” não está regulamentado, porém entende-se como o alimento que não apresenta qualquer ingrediente de origem animal na sua constituição. Existem várias certificações para produtos vegetarianos e veganos e em algumas, produtos que contenham vestígios de ingredientes de origem animal, por contaminação cruzada, não são considerados veganos. A Artiframi não segue nenhuma certificação *vegan* e a sua linha de produção não permite garantir que os produtos com apenas ingredientes vegetais não sofram contaminação cruzada pelos produtos com ingredientes de origem animal. O mesmo se aplica para o glúten, que apesar de se utilizar ingredientes naturalmente isentos de glúten, poderá ocorrer contaminação cruzada. Contudo, o termo “vegan” foi utilizado na mesma para a designação do produto, já a alegação “sem glúten” não foi utilizada, pois segundo o Regulamento (CE) nº 41/2009 relativo a produtos adequados a pessoas com intolerância ao glúten, esta alegação terá de ser fundamentada com dados científicos, cumprindo com o mínimo de 20 mg de glúten/kg de alimento (50).

Em relação às alegações relativas à quantidade de açúcar, o Regulamento (CE) nº 1924/2006 relativo às alegações nutricionais e de saúde dos alimentos, determina valores mínimos de açúcar por produto, que são inferiores às utilizadas na formulação do gelado e do bolo gelado, que impossibilita a utilização da alegação “sem açúcares” (51). Para além deste regulamento, o Regulamento nº 1131/2011 que se refere à utilização de glicosídeos de esteviol, também não permite a utilização da alegação “sem adição de açúcares” quando os glicosídeos de esteviol excedem em 200mg/kg ou 200mg/L em gelados, o que é o caso (52). A única alegação que poderá ser utilizada será de “baixo teor de açúcares”, aplicado apenas ao gelado de pistacho *vegan*, que contém menos de 5 g de açúcar por 100 g de produto. Devido à utilização de maltitol superior a 10%, a menção “O consumo excessivo pode ter efeitos laxantes” teve que ser adicionado, assim como a menção de “Contém edulcorantes”.

Gelado de pistacho *vegan*, com baixo teor em açúcares

Ingredientes: Bebida de **soja** (62%), base de gelado (matitol-eritritol-sorbitol, fibra, gordura vegetal de **coco**, amido modificado, maltodextrina, estabilizantes, proteínas vegetais, aroma natural, glicosídeos de steviol), **pistácio** (9%), **castanha caju** (4%) e espinafre.

Alergênicos: Pode conter vestígios de leite, glúten e amendoim por contaminação cruzada. O consumo excessivo pode ter efeitos laxativos.

Contém edulcorante(s) naturais.
Condições de conservação: No congelador entre -18 e -20°C° (uma vez descongelado, não voltar a congelar).

Para vivenciar uma experiência deliciosa, retire o gelado uns minutos antes de consumir.

5L
 Origem Portuguesa

Artiframi - Gelados Artesanais
 Rua Junqueira de Cima, nº71, Armaz. CB2
 4405-872 Vila Nova de Gaia

Informação Nutricional		
Por 100 gr de produto:		% VD*
Valor energético	166,7 Kcal = 696,7KJ	8%
Lípidos	8,5 g	12%
dos quais ácidos gordos saturados	2,3 g	11%
Hidratos de Carbono	22,7 g	9%
dos quais açúcares simples	3,4 g	4%
Proteínas	4,7 g	9%
Sal	0,1 g	2%
Fibras	3,1 g	13%

* Valores diários para uma dieta de 2000Kcal

GExxx50 Lote:L23062022PIS020 Val:23-02-2023

Bolo de pistacho *vegan* com framboesas

Ingredientes: Bebida de **soja** (52%), base de gelado (matitol-eritritol-sorbitol, fibra, gordura vegetal de **coco**, amido modificado, maltodextrina, estabilizantes, proteínas vegetais, aroma natural, glicosídeos de steviol), **pistácio** (13%), **castanha caju** (7%), tâmaras, espinafre e framboesas.

Alergênicos: Pode conter vestígios de leite, glúten e amendoim por contaminação cruzada. O consumo excessivo pode ter efeitos laxativos.

Contém edulcorante(s) naturais.
Condições de conservação: No congelador entre -18 e -20°C° (uma vez descongelado, não voltar a congelar).

Para vivenciar uma experiência deliciosa, retire o gelado uns minutos antes de consumir.

250 mL
 Origem Portuguesa

Artiframi - Gelados Artesanais
 Rua Junqueira de Cima, nº71, Armaz. CB2
 4405-872 Vila Nova de Gaia

Informação Nutricional		
Por 100 gr de produto:		% VD*
Valor energético	217,6 Kcal = 911,3KJ	11%
Lípidos	11,1 g	16%
dos quais ácidos gordos saturados	2,5 g	12%
Hidratos de Carbono	27,0 g	10%
dos quais açúcares simples	8,5 g	9%
Proteínas	5,3 g	11%
Sal	0,1 g	2%
Fibras	3,9 g	15%

* Valores diários para uma dieta de 2000Kcal

BGxxx50 Lote:L23062022PIS020 Val: 23-08-2022

Figura 4.3. Rótulo do gelado de pistacho *vegan*, com baixo teor de açúcares; Rótulo do bolo de pistacho *vegan* com framboesas.

4.2 Caracterização das embalagens alimentares

Para além da embalagem utilizada pela empresa (embalagem 1), foram escolhidas mais duas embalagens, com características diferentes, para analisar o comportamento do bolo gelado durante o seu armazenamento. Dentro do catálogo do fornecedor de embalagens da Artiframi, foram escolhidas e analisadas as seguintes embalagens (esquematizadas na Figura 4.4):

- **Embalagem 1 (E1)** – embalagem utilizada pela Artiframi, em formato retangular, dividida em duas partes que se encaixam, constituída por cartolina *kraft*. [Inocentro, Lda, Referencia 602419]
- **Embalagem 2 (E2)** - embalagem composta por um material biodegradável – fibra de cana-de-açúcar (matéria-prima renovável) no formato das “caixas de hambúrguer”. [PAPSTAR, Referencia 82221]
- **Embalagem 3 (E3)** - embalagem mista, com um recipiente cilíndrico constituído por cartolina *kraft* e uma tampa em PET (Polietileno tereftalato). [Inocentro, Lda, Referencias 301463 e 301467]
- **Embalagem 0 (E0)** - dentro de cada embalagem, foi utilizado um prato em papel revestido com uma camada de silicone, que contem o bolo gelado [PAPSTAR, Referencia 87109], ao qual também foram realizadas análises.



Figura 4.4. Representação das embalagens utilizadas para armazenamento e condicionamento do bolo gelado.

Todas estas embalagens são constituídas por materiais aptos a estar em contacto direto ou indireto com produtos alimentares

4.2.1 Dimensões, Peso e Espessura

Não foi possível adquirir as fichas técnicas de cada embalagem, tendo acesso apenas à informação sobre o principal material constituinte e à capacidade. Para complementar melhor essa informação, foram pesadas todas as embalagens e realizadas medições das suas dimensões e da espessura do material constituinte.

Tabela 4.2. Dimensões, peso e espessura e capacidade das embalagens alimentares utilizadas.

Emb.	Dimensões (cm)	Área externa aproximada (cm ²)	Peso (g)	Espessura do material (µm)	Capacidade (cm ³)	
E1	A1	5,35 ± 0,05	596,85 ± 0,05	21,72 ± 0,12	236,00 ± 2,35	850
	C1	13,50 ± 0,05				
	L1	12,00 ± 0,05				
E2	A2	7,50 ± 0,05	664,00 ± 0,05	22,70 ± 0,40	726,60 ± 20,27	450
	C2	10,00 ± 0,05				
	L2	14,00 ± 0,05				
E3	T2	4,00 ± 0,05	520,20 ± 0,05*	23,58 ± 0,10	389,00 ± 3,65	750
	A3	5,20 ± 0,05				
	DT3	14,70 ± 0,05				
E0	DB3	12,70 ± 0,05	138,54 ± 0,05	1,70 ± 0,00	76,00 ± 0,71	140
	D0	2,65 ± 0,05				
	A0	9,00 ± 0,05				

(*desprezando a saliência da tampa)

O bolo gelado desenvolvido tem um volume de 250 cm³, portanto pode ser armazenado nas três diferentes embalagens de armazenamento (E1, E2 e E3). Claramente as embalagens E1 e E3 não são otimizadas geometricamente face ao bolo, já que o seu volume é muito superior ao necessário. Haverá assim margem para otimização geométrica destas embalagens.

Analisando a Tabela 4.2 (mais detalhadamente no Anexo C), em relação à espessura do material constituinte, a embalagem 2 apresenta maior espessura que as restantes, seguida da embalagem 3 e com menor a embalagem 1.

4.2.2 Taxa de transferência de vapor de água das embalagens

A taxa de transferência de vapor de água (TTVA) é determinado no estado estacionário, no qual o vapor de água permeia através do material da embalagem, em condições ambiente de temperatura e humidade relativa específicas. As embalagens foram sempre mantidas à mesma temperatura (23 °C) e humidade relativa (50%) antes e durante todo o período de análise

(78 horas). A embalagem 0 abarcava o dissecante e foi colocada dentro de cada embalagem principal. Os resultados da TTVA das embalagens encontram-se na Figura 4.5, e mais detalhadamente no Apêndice C.

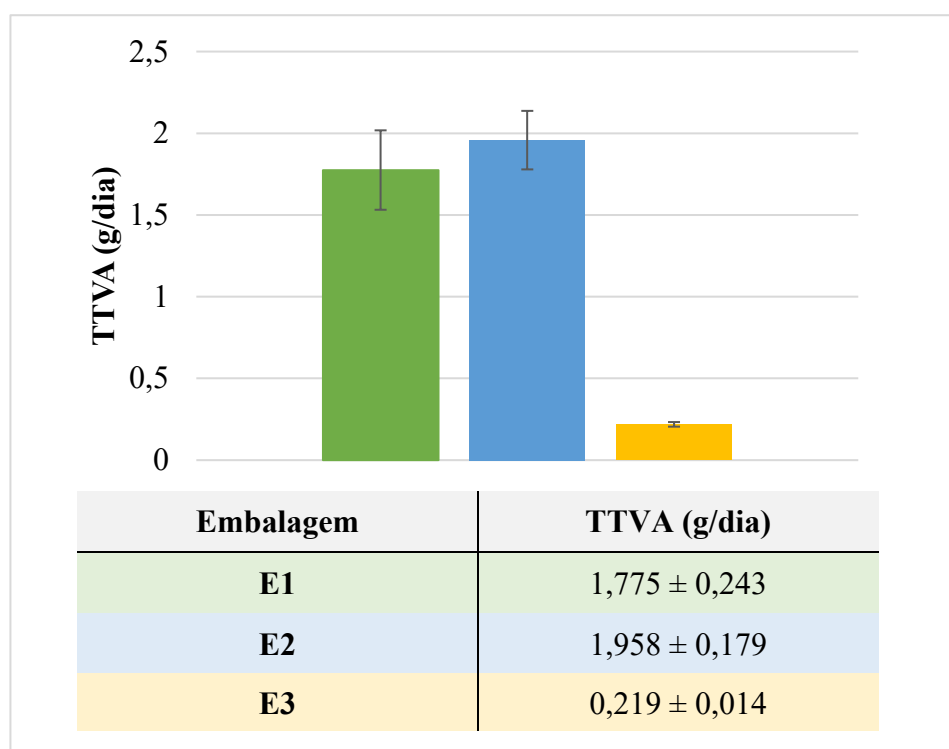


Figura 4.5. Resultados da taxa de transferência de vapor de água das embalagens analisadas.

Analisando os resultados da TTVA, a embalagem 3 apresenta um valor bastante inferior às restantes embalagens, com uma taxa de 0,219 g/dia. As embalagens 1 e 2 apresentam valores cerca de 8 vezes superiores à embalagem 3, sendo que a embalagem 2 apresenta uma maior taxa de transferência de vapor de água.

A TTVA é um somatório da quantidade de vapor de água que atravessa toda a embalagem (tendo em conta o corpo, tampa e sistema de fecho). Assim, os resultados da embalagem 3 eram de certa forma esperados, pois apresenta uma tampa de plástico PET, material mais resistente à transferência de vapor de água, que isola o recipiente em cartolina *kraft*. A embalagem 2, apesar de ser constituída por fibra de cana-de-açúcar (material que apresenta menor molhabilidade na análise do ângulo de contacto), teve a taxa mais elevada, que pode estar relacionada com o fecho (não isola). O teor elevado de transferência de vapor de água em E1, apesar de esta ter um sistema de fecho isolado, está relacionado com o material que é constituída – papel, conhecido pelas suas fracas barreiras contra gases e vapor de água e possivelmente sem revestimento (53).

Assim, em termos de barreira ao vapor de água, a melhor embalagem que poderá atingir uma melhor preservação é a embalagem 3.

4.2.3 Repelência à água e ao óleo das embalagens

Os resultados fotográficos da análise da repelência à água e ao óleo das embalagens utilizadas, encontram-se na Figura 4.6, onde se observou o formato das gotas e as manchas.

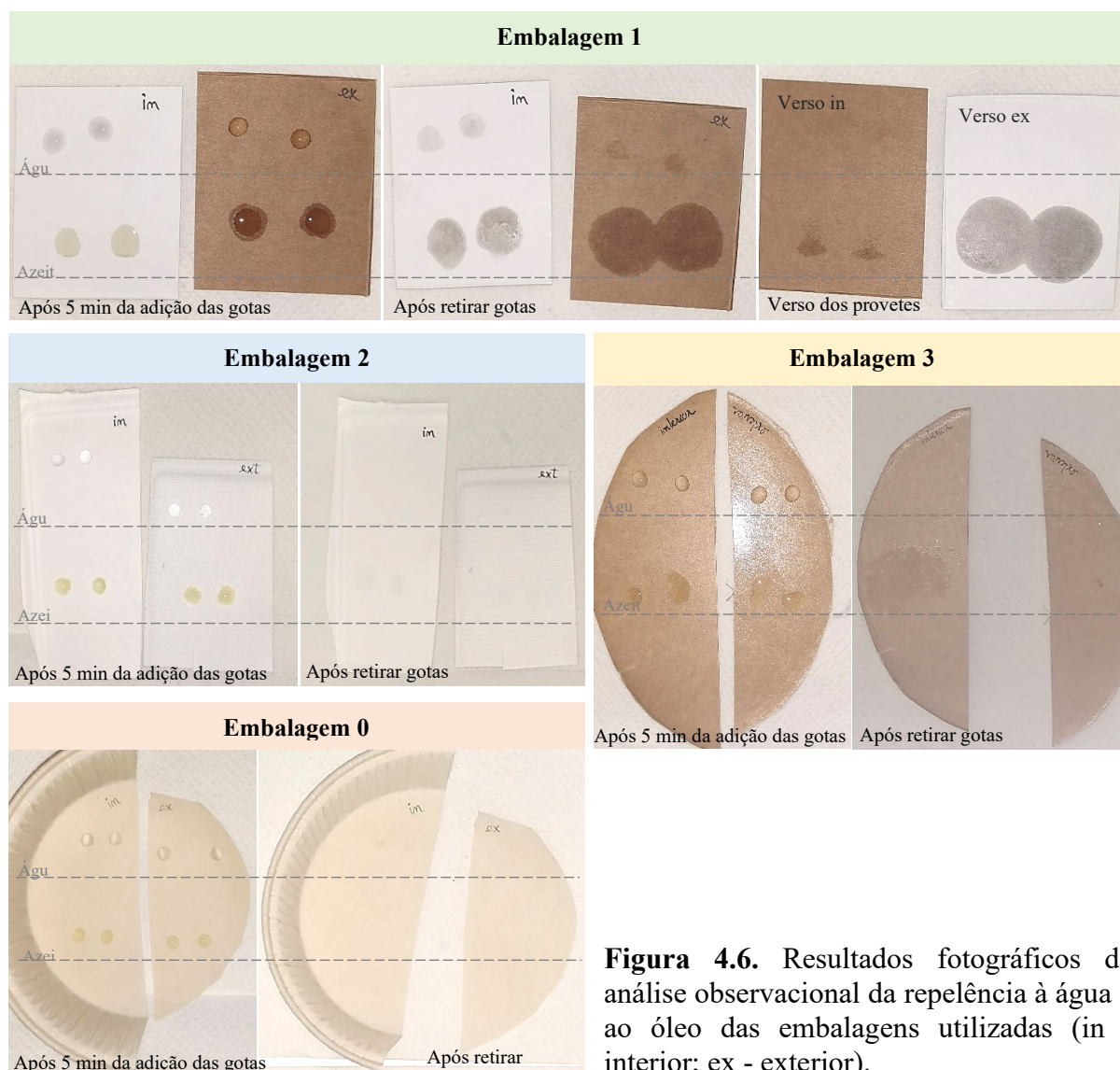


Figura 4.6. Resultados fotográficos da análise observacional da repelência à água e ao óleo das embalagens utilizadas (in - interior; ex - exterior).

Observando os resultados da embalagem 1, o provete do lado externo, teve uma maior repelência à gota de água que o do lado interno; já em relação à gota de azeite, apesar de ambos os provetes terem pouca repelência ao azeite, a gota de azeite molhou mais o provete do lado externo, e após retirar as gotas, do lado inverso do provete externo, tinha uma grande mancha de gordura. Assim, a embalagem 1, após a retirada das gotas foi a que apresentou mais

manchas, indicando menor repelência à água e ao óleo em comparação com as restantes embalagens.

A embalagem 2 e a embalagem 3 foram as que apresentaram maior repelência à gota de água e à gota de azeite. Após retirar as gotas, na embalagem 2 apenas ficou uma marca muito ténue da gota de azeite, e a embalagem 3 teve um espalhamento da gota de azeite; o espalhamento da gota em E3 pode indicar um revestimento da cartolina *kraft* que apresente afinidade ao azeite (como exemplo da poliolefina). A fibra de cana-de-açúcar da embalagem 2 demonstrou ter boas propriedades de repelência à água e ao óleo.

A embalagem 0, que é revestida por silicone, apresentou repelência à gota de óleo, pois não deixou marcas após a retirada da gota de azeite; a gota de água deixou leves marcas, demonstrando alguma repelência à água.

4.2.4 Ângulo de contacto e molhabilidade da superfície das embalagens

Quando a gota de um líquido é colocada sobre uma superfície sólida, ou ela se espalha pela superfície, molhando-a, ou forma um ângulo de contacto com a superfície. Assim, o ângulo de contacto é um importante indicador da molhabilidade da superfície das embalagens, avaliando as interações intermoleculares - hidrofiliidade, que ocorrem entre o líquido e a superfície dos materiais. Quanto menor for o ângulo de contacto, maior será a capacidade de um líquido molhar a superfície. Se o ângulo de contacto foi superior a 90° , a gota não molha a superfície; se o ângulo for inferior a 90° , a gota molha parcialmente a superfície; e se for igual ou próximo de 0° , a gota molha totalmente a superfície (54).

Os resultados do ângulo de contacto e da molhabilidade da superfície das embalagens encontram-se na Figura 4.7 e mais detalhadamente no Apêndice C. A embalagem 1 apenas obteve ângulos de contacto superiores a 90° do lado externo (111° aos 60s) e inferiores a 90° do lado interno (76° aos 60s), o que significa que o lado interno molha mais a superfície; em relação à molhabilidade, a embalagem 1 tem maior molhabilidade do lado interno ($0,0548^\circ/s$) mas apresenta um molhabilidade do lado externo baixa ($-0,0143^\circ/s$); e comparando com a análise fotográfica anterior, do lado interno realmente a gota de água molhou mais a superfície, porém, apesar de menos acentuado, a gota também molhou o lado externo, o que não corresponde com os resultados obtidos do ângulo de contacto, podendo ter ocorrido algum erro na medição.

As embalagens 2 e 3 obtiveram ângulos de contacto superiores a 90° , tanto do lado interno como do lado externo. O material da embalagem 2, fibra de cana-de-açúcar, do lado

interno e externo é o que apresenta menor molhabilidade da superfície ($-0,0054^{\circ}/s$ e $-0,0046^{\circ}/s$, respectivamente) e o maior ângulo de contacto (120° e 134° aos 60s, respectivamente), dentro das embalagens de armazenamento. A embalagem 3, do lado interno e externo é a que a seguir apresenta menor molhabilidade ($0,0135^{\circ}/s$ e $0,0153^{\circ}/s$, respectivamente) e ângulo de contacto inferior à embalagem 2 (aproximadamente 100° aos 60s para ambos). Tanto a embalagem 2 como a 3 não molharam os provetes na análise fotográfica anterior em relação à gota de água.

A embalagem 0, tal como esperado devido ao revestimento em silicone, apresenta uma molhabilidade baixa para ambos os lados ($-0,2209^{\circ}/s$ do lado interno e $-0,3370^{\circ}/s$ do externo) e ângulos de contacto superiores a 90° tanto do lado interno como externo (119° e 117° , respectivamente). Assim, prevê-se que irá conter o bolo gelado, sem molhar.

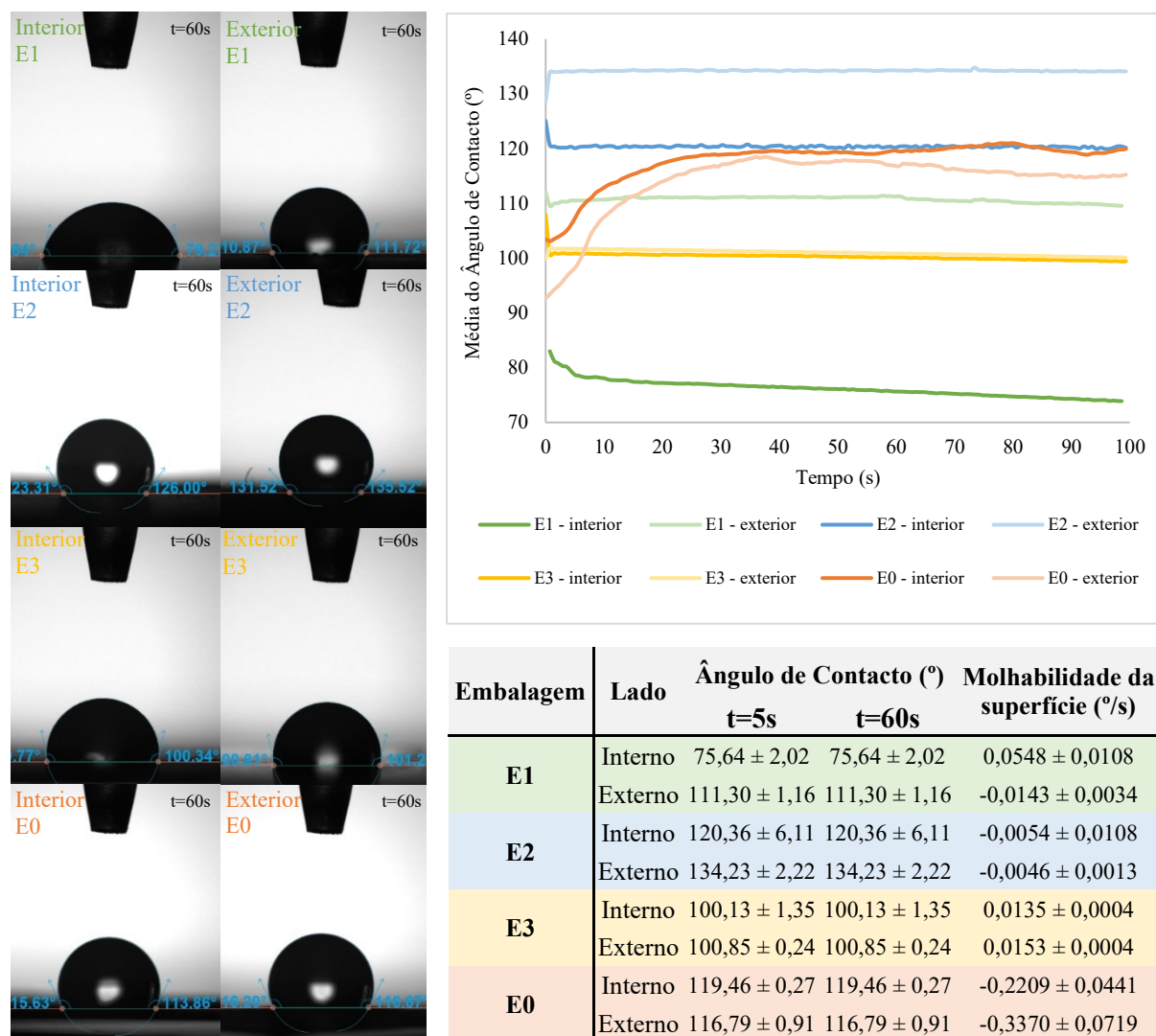


Figura 4.7. Resultados do ângulo de contacto e molhabilidade da superfície das embalagens, do lado interno e externo das embalagens.

Concluiu-se que, apesar da **embalagem 2** apresentar um material que confere a menor molhabilidade, em relação à transferência de vapor de água esta é a que ostenta o valor mais alto, que está relacionado com o fecho da embalagem, que permite que circule mais vapor de água. O material da **embalagem 1**, embora apresente uma molhabilidade baixa do lado externo, do lado interno apresenta uma molhabilidade alta, que coincide com o valor de TTVA obtido – segundo mais alto; portanto, prevê-se que a embalagem 1 tenha uma fraca barreira contra gases e vapor de água. A **embalagem 3**, em relação ao material em cartolina *kraft*, obteve ângulos de contacto superiores a 90°, que indica que deverá apresentar um revestimento com características hidrofóbicas, que coincidem com o valor da taxa de transferência de vapor de água: a melhor e 8 vezes inferior comparada às restantes embalagens de armazenamento. Assim, prevê-se que a embalagem 3 será a que melhor irá preservar as características organoléticas do bolo gelado.

4.3 Análise do bolo gelado ao longo do armazenamento

Análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais foram realizadas aos bolos gelados de pistacho produzidos, nos tempos de vida T_0 , T_{30} , T_{60} e T_{90} , armazenados nas três diferentes embalagens (E1, E2 e E3), à exceção das análises microbiológicas e físico-químicas (exceto a cor) em T_{90} , que não foi possível realizar.

4.3.1 Análises microbiológicas

As etapas de pasteurização, congelação e endurecimento, levam à redução da carga microbiológica, porém, aquando da adição de ingredientes durante a etapa de moldagem do bolo gelado, poderia existir risco de ocorrer contaminação nestas fases de produção do bolo gelado. Contudo, tendo por referência os valores-guia do INSA (Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge) (55) para alimentos do Grupo 2, Subgrupo A, os resultados estão dentro dos limites recomendados, validando a higiene e boas práticas aquando da sua produção e boas condições de armazenamento. Os resultados obtidos para cada embalagem não permitem tirar conclusões de comparação entre as embalagens.

Os resultados microbiológicos obtidos nas amostras de bolo gelado estão indicados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Resultados microbiológicos das análises realizadas aos bolos gelado de pistacho.

Parâmetro	T ₀	T ₃₀			T ₆₀			Valores Referência INSA
		E1	E2	E3	E1	E2	E3	
Microrganismos a 30°C (ufc/g)	4,4 x 10 ³	6,8 x 10 ³	1,6 x 10 ³	6,6 x 10 ³	1,5 x 10 ³	1,7 x 10 ³	2,0 x 10 ³	<10 ⁴
Bolores a 25°C (ufc/g)	9,0 x 10 ¹	< 1,0 x 10 ¹	< 1,0 x 10 ¹	< 1,0 x 10 ¹	5,0 x 10 ¹	Presente, mas < 4,0 x 10 ¹	Presente, mas < 4,0 x 10 ¹	<5x10 ²
Leveduras a 25°C (ufc/g)	1,5 x 10 ²	3,2 x 10 ²	2,2 x 10 ²	3,5 x 10 ²	1,3 x 10 ²	1,7 x 10 ²	3,3 x 10 ²	<10 ³
<i>Enterobacteriaceae</i> (ufc/g)	<1,0 x 10 ¹	-	-	-	-	-	-	<10 ³
<i>E. Coli</i> (ufc/g)	<1,0 x 10 ¹	-	-	-	-	-	-	<10 (não detetado)
Estafilococos coagulase positiva (ufc/g)	<1,0 x 10 ¹	-	-	-	-	-	-	<10
<i>Salmonella spp.</i> (em 23 g)	Não detetado	-	-	-	-	-	-	Não detetado em 25g
<i>L. monocytogenes</i> (em 23 g)	Não detetado	-	-	-	-	-	-	Não detetado em 25g

4.3.2 Análises físico-químicas

pH

Uma mistura de gelado, segundo Goff, apresenta um pH normal de 6,3 (9). O pH obtido nos bolos gelados foi ligeiramente inferior, variando entre 5,6 e 6. Não houve diferenças consideráveis no pH dos bolos gelado armazenados nas três embalagens, que demonstrassem influência no seu uso. Os resultados da análise do pH aos bolos gelados armazenados encontram-se Figura 4.8, e mais detalhadamente no Apêndice D.

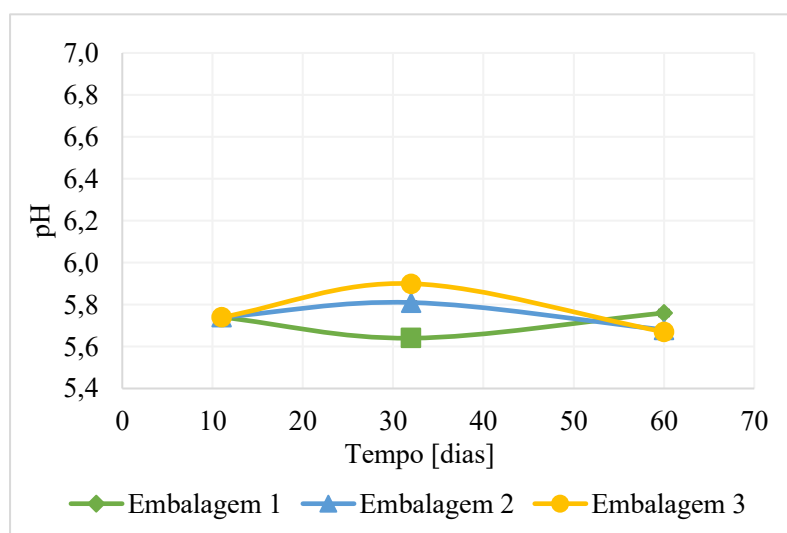


Figura 4.8. Resultados obtidos do pH dos bolos gelados, durante o tempo de armazenamento nas três diferentes embalagens.

Acidez total titulável

A acidez total é um melhor preditor de sabor que o pH, que pode variar de acordo com os ingredientes utilizados. Os ácidos orgânicos presentes nos alimentos influenciam o sabor, a cor, a estabilidade microbiana e a manutenção da qualidade. Os resultados da acidez total dos bolos gelados armazenados, encontram-se na Figura 4.9 e mais detalhadamente no Apêndice D.

A acidez total inicial do bolo gelado de pistacho foi de 34,82 mmol H⁺/kg e foi aumentando ao longo do tempo de armazenamento. Este aumento foi maior para as embalagens 1 e 2 (40,67 e 42,64 mmol H⁺/kg após 60 dias de produção, respectivamente). Já para a embalagem 3, o aumento foi menor (38,80 mmol H⁺/kg após 60 dias de produção). Assim, comparativamente às restantes embalagens, estes resultados indicam que a embalagem 3 é a que melhor preserva a variação da acidez do bolo gelado, durante o armazenamento. Estes resultados deverão ser validados por uma repetição dos ensaios.

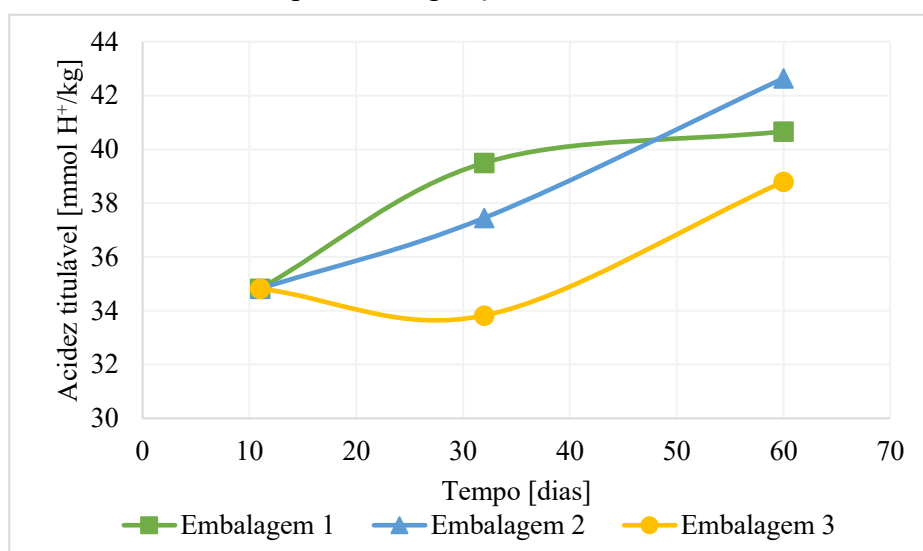


Figura 4.9. Resultados obtidos da acidez total dos bolos gelados, durante o tempo de armazenamento nas três diferentes embalagens.

Teor Humidade

Para o gelado obter as melhores características organoléticas durante o armazenamento, a embalagem deve conferir proteção contra a perda de humidade. Os resultados do teor de humidade dos bolos gelados armazenados, encontram-se na Figura 4.10 e mais detalhadamente no Apêndice D.

O teor de humidade inicial do bolo de gelado de pistacho foi de 51% e ao longo de 60 dias de armazenamento foi perdendo humidade. As embalagens 1 e 2 foram as que perderam mais humidade (44,9% e 44,3% após 60 dias de armazenamento, respectivamente) e a

embalagem 3 a que perdeu menos, apresentando um teor de humidade, ao final de 60 dias, de 46,3%. A menor perda de humidade da embalagem 3 estará relacionada com o maior isolamento da embalagem em relação às restantes, assim a embalagem 3 é a que melhor preserva a humidade original do bolo gelado.

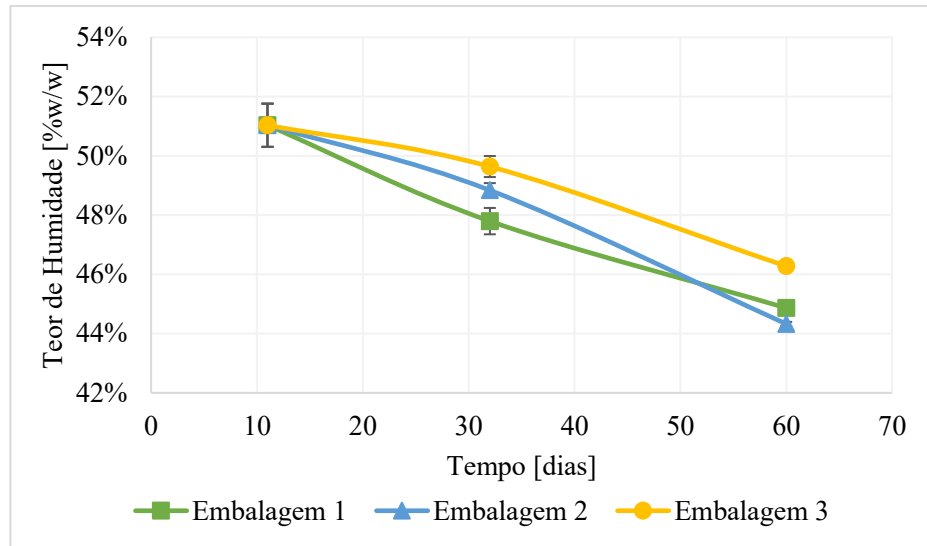


Figura 4.10. Resultados obtidos do teor de humidade durante o tempo de armazenamento nas três diferentes embalagens.

Alterações na cor

Na formulação do bolo gelado de pistacho, utilizou-se espinafre como corante natural verde. Porém, na literatura pouco se sabe sobre o seu comportamento durante o armazenamento. Para além disso, a exposição do bolo gelado ao ar (afetado pela embalagem utilizada) pode levar a que ocorram uma série de reações que levem ao seu escurecimento.

Para avaliar a diferença de cor do bolo gelado (ΔE_{Lab}), seguindo a escala de Mokrzycki e Tatol, um observador padrão vê a diferença de cor quando (42):

- $0 < \Delta E_{Lab} < 1$ – observador não percebe a diferença;
- $1 < \Delta E_{Lab} < 2$ – apenas observador experiente pode notar a diferença;
- $2 < \Delta E_{Lab} < 3,5$ – observador inexperiente pode notar a diferença;
- $3,5 < \Delta E_{Lab} < 5$ – é observada uma clara diferença de cor;
- $5 < \Delta E_{Lab}$ – observador percebe duas cores diferentes.

Os resultados da diferença de cor dos bolos gelados armazenados encontram-se Figura 4.11, e mais detalhadamente no Apêndice D. Após os primeiros 30 dias de armazenamento, o ΔE_{Lab} das embalagens 1, 2 e 3 eram respetivamente 3,34, 3,18 e 3,70, ou seja, já era possível notar uma diferença na cor do bolo gelado, comparado a T_0 ; mas entre as embalagens ainda não era notável uma variação significativa. Contudo, após 60 dias de armazenamento, a

diferença em relação à cor em T_0 aumentou bastante, ao ponto de nos bolos das embalagens 1 e 2 observarem-se cores diferentes (verde mais escuro), com ΔE_{Lab} de 9,94 e 9,00, respectivamente. No bolo da embalagem 3, a diferença era menor, com um ΔE_{Lab} de 4,58. Os valores foram aumentando consideravelmente após 90 dias de armazenamento, em que era notável duas cores diferentes no interior e exterior dos três bolos gelado (verde-claro e verde-escuro); em que o ΔE_{Lab} era maior para a embalagem 1 (16,46), seguindo da embalagem 2 (13,04) e a menor diferença de cor verificou-se na embalagem 3 (7,33). Portanto, a embalagem que levava a menores alterações da cor do bolo gelado de pistacho é a embalagem 3.

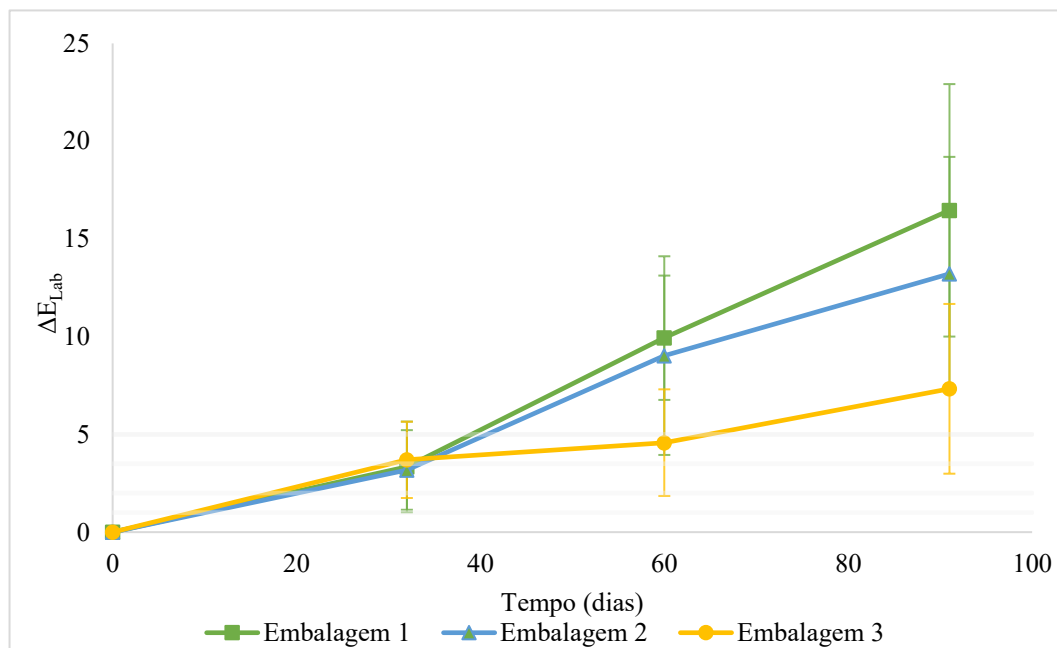


Figura 4.11. Resultados obtidos diferença de cor dos bolos gelados, em relação a T_0 , durante o tempo de armazenamento nas três diferentes embalagens.

4.3.3 Análises sensoriais

Com o objetivo de obter o perfil sensorial – descrição do produto, no tempo de vida T_0 , foi realizada uma análise sensorial inicial, onde se obteve uma classificação unanime de 5 pontos para os parâmetros de aspeto, sabor, odor e textura, e a seguinte descrição do produto:

“Bolo gelado composto por duas camadas. A camada superior composta por gelado, apresenta cor heterogenia verde, característica do pistacho, com pedaços de framboesas vermelhas e pistachos triturados. A camada inferior – a base, tem um tom verde acastanhado. Apresenta um odor a frutos secos torrados. A camada de gelado tem uma textura cremosa que derrete facilmente na boca e um pouco aerada, com framboesas congeladas de maior dureza; a base apresenta uma textura um pouco crocante onde se sente os pedaços de frutos secos e tâmaras. O sabor apresenta uma doçura de média intensidade e sabor torrado que contrasta com a frescura da framboesa.”

As análises sensoriais mensais realizadas, passaram por perceber se efetivamente as diferentes embalagens testadas no armazenamento do bolo gelado, apresentam alguma influência nas propriedades organoléticas do produto, com os resultados apresentados na Figura 4.12 e respectivas classificações no Apêndice D.

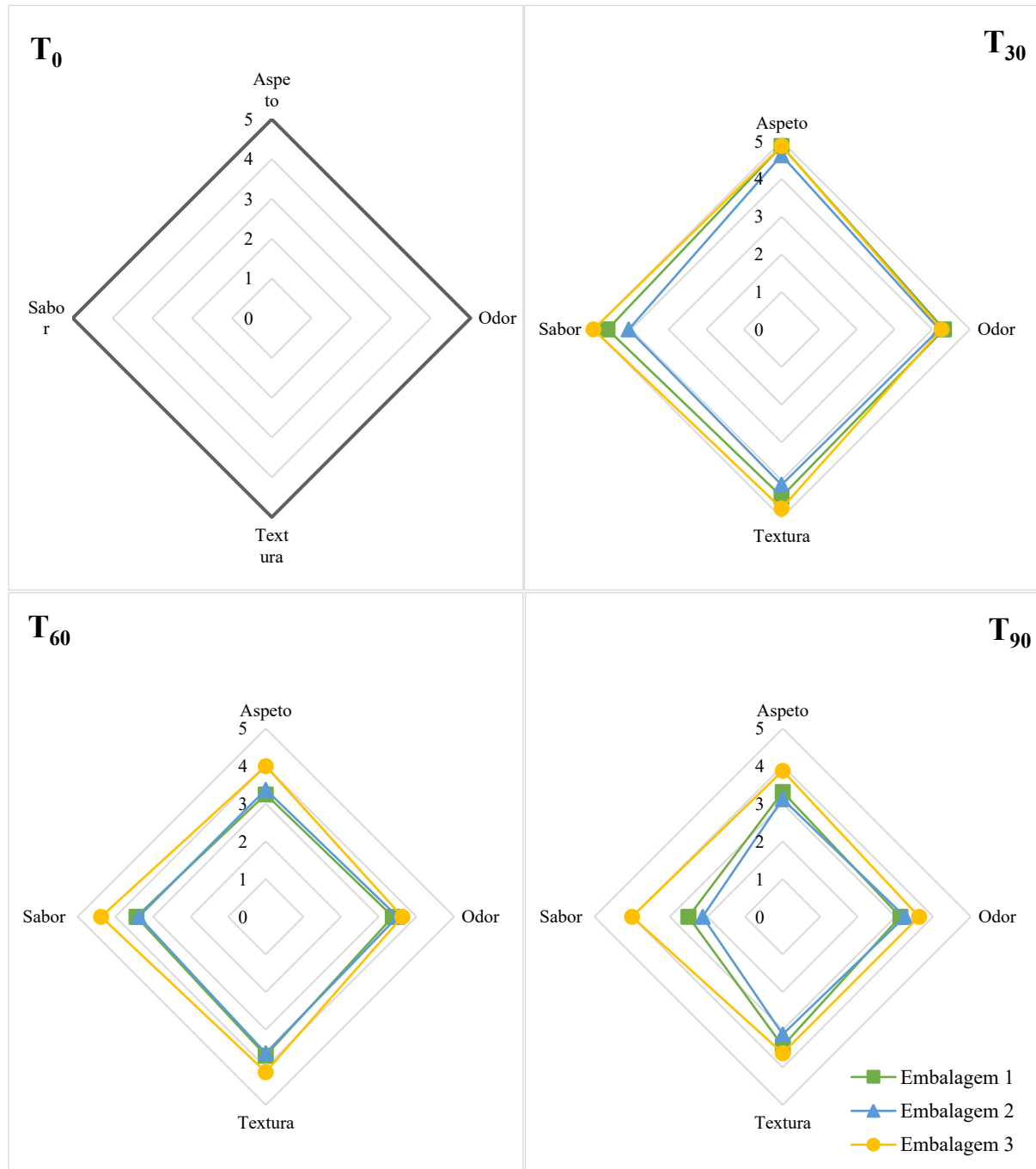


Figura 4.12. Resultados da análise sensorial realizada aos bolos gelados, armazenados nas diferentes embalagens durante o armazenamento. (1-Mau; 2-Mediocre; 3-Aceitável; 4-Bom; e 5-Muito Bom)

Na análise sensorial após 30 dias de armazenamento, verificou-se que a média das classificações variou entre Bom e Muito Bom para todos os parâmetros. A embalagem 3 obteve, classificações ligeiramente superiores, porém não significativas, à exceção do sabor que teve uma classificação significativamente superior às restantes embalagens ($p < 0,05$). Os comentários descreviam a amostra da embalagem 3 com cheiro e sabor mais intenso; sabor ligeiramente alterado na amostra da embalagem 2 e alguma perda de crocância da base no bolo da embalagem 1, apesar do bolo gelado apresentar já naturalmente pouca crocância.

Após 60 dias, apurou-se uma média de classificações entre Aceitável e Bom para as três embalagens. A embalagem 3, mais uma vez, obteve classificações superiores, mas apenas significativas para o aspeto ($p < 0,05$). Nos comentários, para a embalagem 1, foi descrito uma perda de crocância da base, algumas alterações no sabor e escurecimento da superfície externa do bolo gelado e o mesmo para a embalagem 2, com também perda do cheiro a frutos secos; a embalagem 3 apresentava o sabor mais agradável, mas também era visível um escurecimento da superfície, apesar de menos acentuado que as restantes.

As médias das classificações de cada parâmetro foi decrescendo ao longo dos 90 dias de armazenamento, com decréscimos mais acentuados para as embalagens 1 e 2 e menos para a embalagem 3, com classificações superiores significativas no aspeto e no sabor ($p < 0,05$), em comparação com as restantes. Os comentários descreviam grande perda do cheiro a frutos secos, perda de crocância da base, sabor desagradável, escurecimento e aspeto gelatinoso na superfície externa do bolo para as embalagens 1 e 2, onde era visível cerca 0,5 cm de escurecimento da superfície para o interior do bolo; já a embalagem 3 também apresentava um ligeiro escurecimento, mas bem inferior, e mantinha o sabor característico do gelado de pistacho, apesar de que menos intenso, assim como o odor a frutos secos.

A amostra da embalagem 3 obteve maior preferência em relação às restantes, em todos os ensaios de análise sensorial realizados, como demonstra a Figura 4.13.

Como os provadores não eram treinados, ao longo das sessões de prova, algumas respostas não eram consistentes ou apresentavam classificações inflacionadas, dado que existem vários fatores ambientais e psicológicos. São exemplos desses fatores, a impossibilidade de ter amostras completamente uniformes, a ideia de que a melhor classificação era a mais favorável e por vezes as amostras não estavam à temperatura ideal de prova (entre -12 e -10°C), pois a sessão de prova era realizada individualmente, consoante a disponibilidade dos provadores. Os resultados são também condicionados pela ordem de apresentação das amostras, pelo material constituinte do prato de prova (papel) ou até pelas

próprias preferências pessoais, pelo que os resultados obtidos são indicativos gerais da aceitabilidade do produto.

Concluindo, efetivamente, a embalagem 3, dentro das apresentadas, é a que apresenta maior aceitabilidade perante o painel de avaliadores, ao longo do armazenamento, que coincide com os resultados apresentados nas análises físico-químicas.

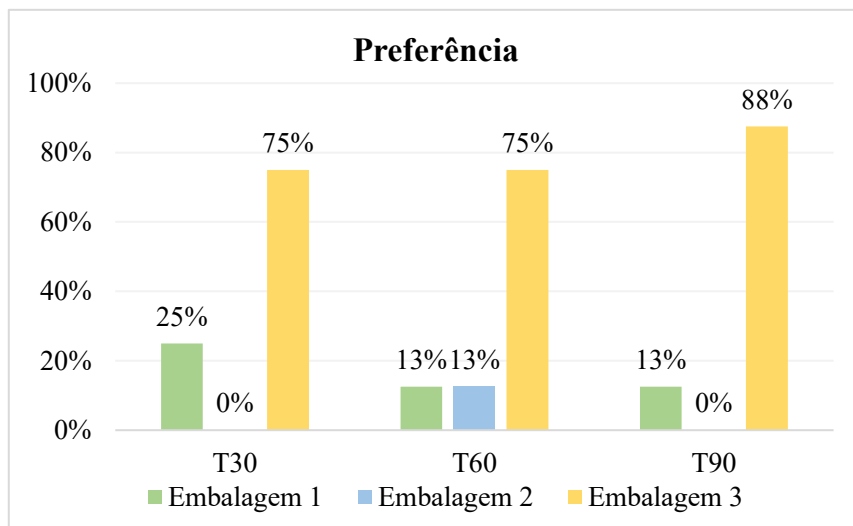


Figura 4.13. Preferência das amostras de bolos gelados de pistacho armazenados nas diferentes embalagens durante o armazenamento.

Assim como previsto na caracterização das embalagens utilizadas, os bolos gelados armazenados pela embalagem 3, em comparação com as restantes embalagens, tiveram menor variação da acidez total, menor perda de humidade, menores alterações de cor e maior aceitabilidade perante o painel de avaliadores, durante o armazenamento.

5. Conclusões

No âmbito do estágio curricular foi possível desenvolver um bolo gelado *vegan* e estudar a melhor embalagem para o seu armazenamento, que fosse o mais sustentável possível e que melhor preservasse as suas características organoléticas.

O bolo gelado de pistacho desenvolvido, apenas concretizou um dos objetivos estipulados: sem ingredientes de origem animal – *vegan*. Denotar que a alegação “baixo teor de açúcares” só foi conseguida para o gelado de pistacho desenvolvido (3,5 g açúcares simples/100 g gelado) e, apesar de apresentar apenas ingredientes naturalmente isentos de glúten, não foi possível apresentar a alegação “sem glúten”, devido a provável contaminação cruzada. Ademais, por conta da utilização de ingredientes do preparado de gelado Artiframi, também apresenta a menção “Contém edulcorantes” e “O consumo excessivo pode ter efeitos laxantes”. A utilização das folhas de espinafre como corante natural verde mostrou-se eficiente, mesmo a nível de armazenamento durante os primeiros 2 meses, sem deixar qualquer sabor característico do espinafre no sabor do bolo gelado. Assim obteve-se um bolo gelado verde, de sabor a frutos secos (com mais evidencia a pistacho) e de doçura adequada com contraste da acidez das framboesas utilizadas como *topping*. Poderá ser consumido por pessoas intolerantes à lactose e veganos.

Inicialmente iria ser feita a contabilização dos custos das matérias-primas utilizadas para formulação do bolo gelado, porém o mesmo não aconteceu devido às variações contantes do preço das matérias-primas, sentidas no ano de 2022.

Dentro das embalagens escolhidas para análise da melhor embalagem de armazenamento, previu-se que a embalagem 3 seria a melhor, durante a caracterização das embalagens, onde obteve uma taxa de transferência de vapor de água oito vezes inferior às restantes, com 0,219 g/dia e ângulos de contacto superiores a 90° (gota de água não molha a superfície). Estes resultados foram confirmados na análise do bolo gelado ao longo do armazenamento, onde obteve o menor aumento de acidez total, menor perda de humidade, menor alteração da cor e maior aceitabilidade do bolo gelado, perante o painel de avaliadores. A embalagem 2 apesar de apresentar a menor molhabilidade e maiores ângulos de contacto, obteve a maior TTVA, que está relacionado com a zona de fecho da embalagem. A embalagem 1, do lado interno apresentava ângulos de contacto inferiores a 90° e tal como a embalagem 2, na análise do bolo gelado ao longo do armazenamento, não obteve os melhores resultados.

Embora a Artiframi tenha estipulado um tempo de prateleira de 6 meses, todos os bolos gelados armazenados nas três embalagens alimentares apresentavam alterações organoléticas

ao fim de 2 meses. Deste modo, em conclusão, a embalagem que melhor preserva as características organoléticas do bolo gelado de pistacho é a embalagem 3, por um período de 2 meses. No entanto, seria ainda necessário otimizar geometricamente esta embalagem, podendo beneficiar quer a proteção oferecida, por diminuição da área de transferência de vapor de água, que se pode refletir no tempo de prateleira, quer a sustentabilidade, porque será usado menos material por unidade de embalagem. Esta otimização terá de ter em conta o manuseamento da retirada do bolo gelado da embalagem por parte do cliente.

Os resultados obtidos neste trabalho permitem à empresa apresentar uma opção *vegan* de bolos gelados, assim como apresentar uma opção de gelado *vegan* com teor em açúcar reduzido. Também a utilização da embalagem 3 no armazenamento de bolos gelados vai permitir que a empresa apresente um produto de maior qualidade aos clientes.

No futuro, de modo a poder obter melhores resultados, seria interessante otimizar as opções de embalagem, por exemplo, aplicar um isolamento na zona de fecho da embalagem 2, visto que esta é composta por um material com boas propriedades de barreira.

REFERÊNCIAS

1. Loria J. Forbes: Millennials Driving Force Behind Global Vegan Movement. Mercy for animals. 2018 Mar 27 [citado 2022 Abr 14]; Available from: <https://mercyforanimals.org/blog/forbes-millennials-driving-force-behind-global/>
2. Gasbarrini GB, Mangiola F. Wheat-related disorders: A broad spectrum of «evolving» diseases. *United European Gastroenterol J.* 2014;2(4):254–62.
3. ProCon. Lactose Intolerance by Country. ProCon.org. 2022 [citado 2022 Abr 14]. Available from: <https://milk.procon.org/lactose-intolerance-by-country/>
4. Graça P, Gregório MJ, Santos A, Sousa SM. Redução do consumo de açúcar em Portugal: evidência que justifica ação. Lisboa; 2015.
5. Han JW, Ruiz-Garcia L, Qian JP, Yang XT. Food Packaging: A Comprehensive Review and Future Trends. *Food Science and Food Safety.* 2018 Jul 1;17(4):860–77.
6. Igini M. We Need Sustainable Food Packaging Now. Here’s Why. Earth.org. 2022 [citado 2022 Mai 15]. Available from: <https://earth.org/sustainable-food-packaging/>
7. Norma Portuguesa 3293 - Gelados alimentares e misturas embaladas para congelar. Instituto Português da Qualidade Portugal: www.ipq.pt; 2008.
8. Corvitto A. Secrets of ice-cream. Ice-cream without secrets. Barcelona: Vilbo group; 2005.
9. Goff HD, Hartel RW. Ice Cream. 7.^a ed. New York: Springer; 2013.
10. Clarke C. The Science of Ice Cream. 1.^a ed. UK: The Royal Society of Chemistry; 2004.
11. Clarke C. The physics of ice cream. *Phys Educ.* 2003 Mai;38(3):248–53.
12. Allison K. The Thermodynamics of Ice Cream Made With Dry Ice. ThermoWorks.com. 2016 [citado 2022 Mai 27]. Available from: <https://blog.thermoworks.com/desserts/ice-cream-made-with-dry-ice/>
13. Muse MR, Hartel RW. Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness. *J Dairy Sci.* 2004 Jan 1;87(1):1–10.
14. Hyvönen L, Linna M, Tuorila H, Dijksterhuis G. Perception of Melting and Flavor Release of Ice Cream Containing Different Types and Contents of Fat. *J Dairy Sci.* 2003;86(4):1130–8.
15. Lal SND, O’Connor CJ, Eyres L. Application of emulsifiers/stabilizers in dairy products of high rheology. *Adv Colloid Interface Sci.* 2006 Nov 16;123–126(SPEC. ISS.):433–7.
16. Aboulfazli F, Baba AS, Misran M. Effect of vegetable milks on the physical and rheological properties of ice cream. *Food Sci Technol Res.* 2014;20(5):987–96.

17. Silva P. Manufacture of carbonated tender coconut water and development of a process for the utilization of coconut flesh. [Sri Lanka]: University of Sri Jayewardenepura; 2008.
18. Abdullah M, Saleem-ur-Rehman, Zubair H, Saeed HM, Kousar S, Shahid M. Effect of skim milk in soymilk blend on the quality of ice cream. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2003;2(5):305–11.
19. Kim JJ, Kim SH, Hahn SJ, Chung IM. Changing soybean isoflavone composition and concentrations under two different storage conditions over three years. *Food Research International*. 2005 May 1;38(4):435–44.
20. Samoto M, Maebuchi M, Miyazaki C, Kugitani H, Kohno M, Hirotsuka M, et al. Abundant proteins associated with lecithin in soy protein isolate. *Food Chem*. 2007;1(102):317–22.
21. Wangcharoen W. Development of ginger-flavoured soya milk ice cream: Comparison of data analysis methods. *Maejo Int J Sci Technol*. 2012;6(3):505–13.
22. Goldfein KR, Slavin JL. Why Sugar Is Added to Food: Food Science 101. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2015 Set 1;14(5):644–56.
23. Edwards CH, Rossi M, Corpe CP, Butterworth PJ, Ellis PR. The role of sugars and sweeteners in food, diet and health: Alternatives for the future. *Trends Food Sci Technol*. 2016 Out 1; 56:158–66.
24. Mooradian AD, Smith M, Tokuda M. The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review. *Clin Nutr ESPEN*. 2017 Abr 1; 18:1–8.
25. Asghar M, Akhtar N, Din A, Murtaza MA, Murtaza MS. Effect of non-nutritive sweeteners on ice cream quality. *International Journal of Agriculture and Applied Sciences*. 2016;5(2):93–7.
26. Gwak MJ, Chung SJ, Kim YJ, Lim CS. Relative Sweetness and Sensory Characteristics of Bulk and Intense Sweeteners. *Food Sci Biotechnol*. 2012;21(3):889–94.
27. Cirne CT, Tunick MH, Trout RE. The chemical and attitudinal differences between commercial and artisanal products. *NPJ Science of Food* 2019 3:1. 2019 Set 6;3(1):1–4.
28. Cruel J. PART ONE: What is Handcrafted Ice Cream and Why is it Better? – The Blissful Story Creamery. The Blissful Story Creamery. 2021 [citado 2022 Mai 21]. Available from: <https://theblissfulstorycreamery.com/blogs/behind-the-scoop/part-one-what-is-handcrafted-ice-cream-and-why-is-it-better>
29. Robertson GL. *Food Packaging: Principles and Practice*. 3.^a ed. Food Packaging: Principles and Practice, Third Edition. Boca Raton: CRC Press: Taylor and Francis Group; 2012.
30. Marsh K, Bugusu B. Food Packaging - Roles, Materials, and Environmental Issues. *Journal of food science*. 2007;72(3):39–55.

31. Regulamento (CE) n.º 1935/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de outubro de 2004, relativo aos materiais e objetos destinados a entrar em contacto com os alimentos e que revoga as Diretivas 80/590/CEE e 89/109/CEE. 2004;
32. Piergiovanni L, Limbo S. Cellulosic Packaging Materials. *Food Packaging Materials, Chemistry of Foods*. 2016;23–31.
33. Andrade MF, Colodette JL. Dissolving pulp production from sugar cane bagasse. *Ind Crops Prod*. 2014 Jan 1; 52:58–64.
34. Monouso. Como são feitos os recipientes de cana-de-açúcar?. *Monouso Blog*. [citado 2022 Dez 2]. Available from: <https://blog.monouso.pt/como-sao-feitos-os-recipientes-de-cana-de-acucar/>
35. Sangroniz A, Zhu JB, Tang X, Etxeberria A, Chen EYX, Sardon H. Packaging materials with desired mechanical and barrier properties and full chemical recyclability. *Nature Communications* 2019 10:1. 2019 Ago 8;10(1):1–7.
36. Wang J, Gardner DJ, Stark NM, Bousfield DW, Tajvidi M, Cai Z. Moisture and Oxygen Barrier Properties of Cellulose Nanomaterial-Based Films. *ACS Sustain Chem Eng*. 2018 Jan 2; 6(1):49–70.
37. Regulamento (UE) N.º 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2011 relativo à prestação de informação aos consumidores sobre os géneros alimentícios, que altera os Regulamentos (CE) n.º 1924/2006 e (CE) n.º 1925/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho e revoga as Diretivas 87/250/CEE da Comissão, 90/496/CEE do Conselho, 1999/10/CE da Comissão, 2000/13/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, 2002/67/CE e 2008/5/CE da Comissão e o Regulamento (CE) n.º 608/2004 da Comissão. 2011.
38. TAPPI. Surface wettability of paper (angle of contact method) - T458cm 04. 2014.
39. Nielsen SS. Moisture Content Determination. Em: Nielsen SS, editor. *Food Analysis Laboratory Manual*. Cham: Springer International Publishing; 2017. p. 105–15.
40. Precise Color Communication. KONICA MINOLTA. 2019 [citado 2022 Jun 19]. Available from: https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf
41. Delgado-González MJ, Carmona-Jiménez Y, Rodríguez-Dodero MC, García-Moreno M v. Color Space Mathematical Modeling Using Microsoft Excel. *J Chem Educ*. 2018 Out 9; 95(10):1885–9.
42. Mokrzycki W, Tatol M. Color difference Delta E - A survey. *Machine Graphics and Vision*. 2011 Ago; 20:383–411.
43. Azari-Anpar M, Khomeiri M, Ghafouri-Oskuei H, Aghajani N. Response surface optimization of low-fat ice cream production by using resistant starch and maltodextrin as a fat replacing agent. *J Food Sci Technol*. 2017 Abr 1; 54(5):1175–83.

44. Güzeler N, Kaçar A, Say D. Effect of milk powder, maltodextrin and polydextrose use on physical and sensory properties of low-calorie ice cream during storage. *Akademik Gıda*. 2011;9(2):6–12.
45. Loffredi E, Moriano ME, Masseroni L, Alamprese C. Effects of different emulsifier substitutes on artisanal ice cream quality. *LWT-Food Science and Technology*. 2021; 137:110499.
46. Motyl W, Dziugan P, Motyl I, Józwiak A, Nowak S. Functional ice cream with a «clean label». *Biotechnology and Food Science*. 2019 Dez 31;83(2):121–34.
47. How To Make Pistachio Rose Vegan Cheesecake Bars. *The Chalk Board*. 2018 [citado 2022 Mar 23]. Available from: <https://thechalkboardmag.com/pistachio-rose-vegan-cheesecake-recipe>
48. Ahanian B, Pourahmad R, Mirahmadi F. Production of ice cream by using soy milk, stevia and isomalt. *Advances in Environmental Biology*. American-Eurasian Network for Scientific Information; 2014 Jul.
49. Kwok K, Niranjana K. Review: Effect of thermal processing on soymilk. *Int J Food Sci Technol*. 1995 Jun 1;30(3):263–95.
50. Regulamento (CE) N.º 41/2009 da Comissão de 20 de janeiro de 2009 relativo à composição e rotulagem dos géneros alimentícios adequados a pessoas com intolerância ao glúten. 2009.
51. Regulamento (CE) N.º 1924/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 20 de dezembro de 2006 relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os alimentos. 2006;
52. Regulamento (UE) n.º 1131/2011 da Comissão de 11 de novembro de 2011 que altera o anexo II do Regulamento (CE) n.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho no que se refere aos glicosídeos de esteviol. 2011.
53. Kugge C, Johnson B. Improved barrier properties of double dispersion coated liner. *Prog Org Coat*. 2008 Jun 1;62(4):430–5.
54. Ivanova N, Starov VM. Wetting and Spreading by Aqueous Surfactant Solutions. Em: *Surfactant Science and Technology: Retrospects and Prospects*. CRC Press; 2014. p. 171–92.
55. Interpretação de resultados de ensaios microbiológicos em alimentos prontos para consumo e em superfícies do ambiente de preparação e distribuição alimentar - Valores-guia. Lisboa; 2019 [citado 2022 Nov 20]. Available from: <http://repositorio.insa.pt/handle/10400.18/5610>

APÊNDICES

Apêndice A – Fichas de análise sensorial

A1 – Ficha de Análise Sensorial para determinar o perfil sensorial do bolo gelado.

ANÁLISE SENSORIAL

Data: ___ / ___ / 2022

Prove, por favor, as amostras apresentadas e preencha o seguinte questionário.

Escala de classificação/avaliação de 5 pontos: **1** - Mau, **2** - Medíocre, **3** - Aceitável, **4** - Bom,
5 - Muito Bom

Descrição	Classificação
Aspeto	
Odor	
Textura	
Sabor	

A2 - Ficha de análise sensorial ao longo do estudo do tempo de vida

ANÁLISE SENSORIAL

Descrição do Produto:

Data: ___ / ___ / 2022

Bolo gelado composto por duas camadas. A camada superior composta por gelado, apresenta cor heterogeneia verde, característica do pistacho, com pedaços de framboesas vermelhas e pistachos triturados. A camada inferior – a base, tem um tom verde acastanhado. Apresenta um odor a frutos secos torrados. A camada de gelado tem uma textura cremosa que derrete facilmente na boca e um pouco aerada com framboesas congeladas de maior dureza; a base apresenta uma textura um pouco crocante onde se sente os pedaços de frutos secos e tâmaras. O sabor apresenta uma doçura de média intensidade e sabor torrado que contrasta com a frescura da framboesa.

Prove, por favor, as amostras apresentadas e preencha o seguinte questionário, indicando se encontra diferenças.

Antes de provar a amostra seguinte, deverá ingerir água para uma melhor análise.

Escala de classificação/avaliação de 5 pontos: **1** - Mau, **2** - Medíocre, **3** - Aceitável, **4** - Bom, **5** - Muito Bom

Amostra 820

Classificação	Comentário
Aspetto	
Odor	
Textura	
Sabor	

Amostra 675

Classificação	Comentário
Aspetto	
Odor	
Textura	
Sabor	

Amostra 530

Classificação	Comentário
Aspetto	
Odor	
Textura	
Sabor	

Apresenta preferência por alguma das amostras apresentadas? Sem sim, indique qual _____

Apêndice B – Fichas técnicas dos produtos desenvolvidos

FICHA TÉCNICA



Bolo Gelado de Pistacho *Vegan* com framboesas

Características Gerais

Bolo gelado de pistacho composto por duas camadas. A camada superior composta por gelado, com pedaços de framboesas e pistachos triturados. A camada inferior – a base, apresenta pedaços de pistacho, castanha caju e tâmaras.

Ingredientes

Bebida se soja (52%), gelado *vegan* (matitol-eritritol-sorbitol, fibra, gordura vegetal de coco, amido modificado, maltodextrina, estabilizantes, proteínas vegetais, aroma natural, glicosídeos de esteviol) (17%), pistacho (13%), castanha caju (7%), tâmaras (7%), espinafre (4%).

Alergênicos

Contém soja, coco, pistacho e castanha caju.
Pode conter vestígios de leite, glúten e amendoim por contaminação cruzada.
Contém edulcorantes. O consumo excessivo pode ter efeitos laxativos.

Características Organoléticas

O bolo gelado apresenta-se no estado sólido. Apresenta cor verde na camada do gelado e verde-acastanhado na camada base. Odor a frutos secos torrados. Sabor a pistacho e castanha caju torrado que contrasta com a frescura da framboesa. De textura cremosa e base crocante.

Características Físico-químicas

pH \approx 7
Acidez total \approx 4 mmol H⁺/kg
Teor de Humidade \approx 49 % m/m

Características Nutricionais

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL			
Por 100g de produto:			%VD*
Valor energético	866,0kJ	10%	10%
Lípidos	10,8g		15%
Dos quais ácidos gordos saturados	2,4g		12%
Hidratos de Carbono	25,5g		10%
Dos quais açúcares simples	6,4g		7%
Proteínas	5,4g		11%
Sal	0,1g		2%
Fibras	3,7g		15%

*valores diários de referência para uma dieta de 2000 kcal

Conservação

Conservar a temperatura de congelação ($T \leq -18^{\circ}\text{C}$)

Validade

3 meses

Características da embalagem

O material de embalagem utilizado é apto para estar em contacto com produtos alimentares.

FICHA TÉCNICA



Gelado de Pistacho *Vegan*

Características Gerais

Gelado de pistacho *vegan*.

Ingredientes

Bebida se soja (62%), base gelado *vegan* (matitol-eritritol-sorbitol, fibra, gordura vegetal de coco, amido modificado, maltodextrina, estabilizantes, proteínas vegetais, aroma natural, glicosídeos de esteviol) (20%), pistacho (9%), castanha caju (4%), espinafre (4%).

Alergénicos

Contém soja, coco, pistacho e castanha caju.
Pode conter vestígios de leite, glúten e amendoim por contaminação cruzada.
Contém edulcorantes. O consumo excessivo pode ter efeitos laxativos.

Características Organoléticas

O gelado apresenta-se no estado sólido. Apresenta cor verde. Odor a frutos secos torrados. Sabor a pistacho e castanha caju torrado. De textura cremosa.

Características Físico-químicas

pH \approx 7

Características Nutricionais

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Por 100g de produto:		%VD*
Valor energético	642,5kJ =153,6kcal	8%
Lípidos	8,1g	12%
Dos quais ácidos gordos saturados	2,2g	11%
Hidratos de Carbono	20,8g	8%
Dos quais açúcares simples	1,0g	1%
Proteínas	4,1g	8%
Sal	0,1g	2%
Fibras	3,0g	12%

*valores diários de referência para uma dieta de 2000 kcal

Conservação

Conservar a temperatura de congelação ($T \leq -18^{\circ}\text{C}$)

Validade

6 meses

Características da embalagem

O material de embalagem utilizado é apto para estar em contacto com produtos alimentares. Cuba de plástico metalizado. Tampa de polietileno.

Apêndice C – Resultados da análise das embalagens alimentares

C1 – Peso e Espessura

Tabela C1.1 – Resultados das medições da espessura e do peso de cada embalagem.

Embalagem 0				Embalagem 1			
Espessura		Peso das embalagens		Espessura		Peso das embalagens	
Medições	Espessura (µm)	Medições	Massa (g)	Medições	Espessura (µm)	Medições	Massa (g)
1	75	1	1,697	1	235	1	21,817
2	76	2	1,694	2	234	2	21,717
3	76	3	1,693	3	234	3	21,559
4	77	4	1,7	4	238	4	21,785
5	76			5	239		
Média	76	Média	1,696	Média	236	Média	21,7195
Desvio Padrão	0,7	Desvio Padrão	0,003	Desvio Padrão	2,3	Desvio Padrão	0,115
Valor mínimo	75	Valor mínimo	1,693	Valor mínimo	234	Valor mínimo	21,559
Valor máximo	77	Valor máximo	1,700	Valor máximo	239	Valor máximo	21,817
Embalagem 2				Embalagem 3			
Espessura		Peso das embalagens		Espessura		Peso das embalagens	
Medições	Espessura (µm)	Medições	Massa (g)	Medições	Espessura (µm)	Medições	Massa (g)
1	736	1	23,251	1	387	1	23,619
2	734	2	22,292	2	394	2	23,443
3	727	3	22,68	3	384	3	23,562
4	744	4	22,575	4	389	4	23,684
5	692			5	389		
Média	726,6	Média	22,700	Média	388,6	Média	23,577
Desvio Padrão	20,3	Desvio Padrão	0,403	Desvio Padrão	3,64691651	Desvio Padrão	0,102
Valor mínimo	692	Valor mínimo	22,292	Valor mínimo	384	Valor mínimo	23,443
Valor máximo	744	Valor máximo	23,251	Valor máximo	394	Valor máximo	23,684

C2 – Taxa de transferência de vapor de água

Tabela C2.1. Resultados dos ensaios da TTVA de cada embalagem.

Embalagem 1								
Tempo (horas)	Massa (g)				Varição da massa (g)			
	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio3	Branco	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Branco
0,00	33,701	33,614	33,586	23,341	0,000	0,000	0,000	0,000
5,25	34,378	34,293	34,174	23,227	0,677	0,679	0,588	-0,114
22,67	36,565	36,372	36,316	23,192	2,864	2,758	2,730	-0,149
29,50	37,062	36,899	37,014	23,158	3,361	3,285	3,428	-0,183
46,75	38,342	38,228	38,502	23,135	4,641	4,614	4,916	-0,206
53,33	38,668	38,651	39,022	23,109	4,967	5,037	5,436	-0,232
71,00	39,541	39,691	40,335	23,012	5,840	6,077	6,749	-0,329
78,00	40,006	40,182	40,847	23,114	6,305	6,568	7,261	-0,227
Embalagem 2								
Tempo (horas)	Massa (g)				Varição da massa (g)			
	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio3	Branco	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Branco
0,00	33,701	33,614	33,586	23,341	0,000	0,000	0,000	0,000
5,25	34,378	34,293	34,174	23,227	0,677	0,679	0,588	-0,114
22,67	36,565	36,372	36,316	23,192	2,864	2,758	2,730	-0,149
29,50	37,062	36,899	37,014	23,158	3,361	3,285	3,428	-0,183
46,75	38,342	38,228	38,502	23,135	4,641	4,614	4,916	-0,206
53,33	38,668	38,651	39,022	23,109	4,967	5,037	5,436	-0,232
71,00	39,541	39,691	40,335	23,012	5,840	6,077	6,749	-0,329
78,00	40,006	40,182	40,847	23,114	6,305	6,568	7,261	-0,227
Embalagem 3								
Tempo (horas)	Massa (g)				Varição da massa (g)			
	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio3	Branco	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Branco
0,00	35,395	35,213	35,480	25,379	0,000	0,000	0,000	0,000
5,25	35,388	35,204	35,440	25,316	-0,007	-0,009	-0,040	-0,063
22,67	35,499	35,308	35,567	25,294	0,104	0,095	0,087	-0,085
29,50	35,546	35,360	35,630	25,275	0,151	0,147	0,150	-0,104
46,75	35,668	35,476	35,761	25,257	0,273	0,263	0,281	-0,122
53,33	35,718	35,521	35,825	25,25	0,323	0,308	0,345	-0,129
71,00	35,819	35,624	35,932	25,21	0,424	0,411	0,452	-0,169
78,00	35,925	35,734	36,051	25,245	0,530	0,521	0,571	-0,134

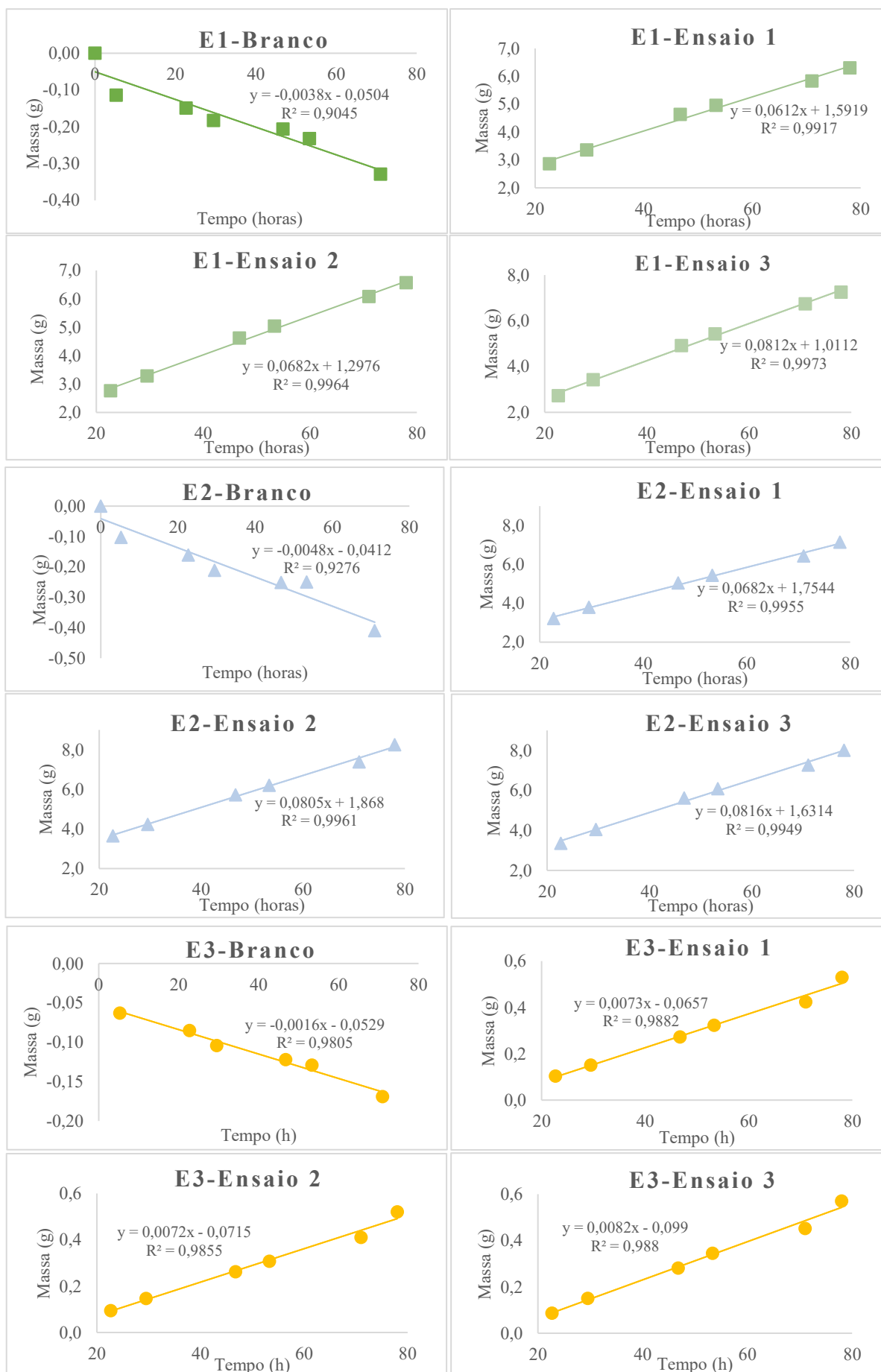


Figura C2.1. Gráficos da variação da massa em função do tempo de cada embalagem (ensaios e branco).

Tabela C2.2. Cálculos da taxa de transferência de vapor de água de cada embalagem, com respetiva média e desvio-padrão.

Embalagem 1	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio3	Branco
Declive (g/h)	0,061	0,068	0,081	-0,004
TTVA (g/h)	0,065	0,072	0,085	-
TTVA (g/dia)	1,558	1,728	2,038	
Média	1,775			
Desvio-Padrão	0,243			
Embalagem 2	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio3	Branco
Declive (g/h)	0,068	0,081	0,082	-0,005
TTVA (g/h)	0,073	0,085	0,086	-
TTVA (g/dia)	1,753	2,048	2,074	
Média	1,958			
Desvio-Padrão	0,179			
Embalagem 3	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio3	Branco
Declive (g/h)	0,007	0,007	0,008	-0,002
TTVA (g/h)	0,009	0,009	0,010	-
TTVA (g/dia)	0,212	0,210	0,235	
Média	0,212			
Desvio-Padrão	0,014			

C3 – Ângulo de contacto e molhabilidade da superfície da embalagem

As medições do ângulo de contacto e molhabilidade da superfície da embalagem encontram-se num documento de Excel partilhado no Google Drive ([visualizar aqui](#)).

Apêndice D – Resultados das análises ao bolo gelado durante o armazenamento

D1 - Análises Físico-químicas

Tabela D1.1. Resultados do pH dos bolos gelados de pistacho *vegan*, acondicionadas em cada embalagem.

Tempo (dias)	Embalagem 1					Embalagem 2					Embalagem 3				
	Medições					Medições					Medições				
	1°	2°	3°	Média	Desvio-Padrão	1°	2°	3°	Média	Desvio-Padrão	1°	2°	3°	Média	Desvio-Padrão
11	5,74	5,74	5,76	5,74	0,01	5,74	5,74	5,76	5,74	0,01	5,74	5,74	5,76	5,74	0,01
32	5,65	5,64	5,64	5,64	0,01	5,81	5,82	5,81	5,81	0,01	5,88	5,90	5,91	5,90	0,02
60	5,74	5,76	5,77	5,76	0,02	5,68	5,68	5,68	5,68	0,00	5,65	5,68	5,67	5,67	0,02

Tabela D1.2. Resultados da acidez total titulável dos bolos gelados de pistacho *vegan*, acondicionadas em cada embalagem.

Tempo (dias)	C _{NaOH} (mol/L)	Embalagem 1			Embalagem 2			Embalagem 3		
		Massa amostra (g)	V _{NaOH} gasto (mL)	Acidez titulável (mmol H ⁺ /kg)	Massa amostra (g)	V _{NaOH} gasto (mL)	Acidez titulável (mmol H ⁺ /kg)	Massa amostra (g)	V _{NaOH} gasto (mL)	Acidez titulável (mmol H ⁺ /kg)
11	0,0969	25,0453	0,90	34,82	25,0453	0,90	34,82	25,0453	0,90	34,82
32	0,0943	25,0668	1,05	39,50	25,1776	1,00	37,45	25,0909	0,90	33,83
60	0,0975	25,1742	1,05	40,67	25,1513	1,10	42,64	25,1310	1,00	38,80

Tabela D1.3. Resultados do teor de humidade dos bolos gelados de pistacho *vegan*, acondicionadas em cada embalagem.

Tempo (dias)	Embalagem	Ensaio	Cápsula c/ areia (g)	Amostra (g)	Amostra + cápsula (g)	Amostra + cápsula após 2h em estufa (g)	Amostra + cápsula após 3h em estufa (g)	% Humidade	Média	Desvio Padrão
11	-	1	91,7761	5,0850	96,8611	94,3088	94,2924	50,5%	51,0%	0,7%
		2	93,0816	5,0266	98,1082	95,5425	95,5172	51,5%		
32	1	1	81,2471	5,0904	86,3375	83,9219	83,8885	48,1%	47,8%	0,4%
		2	75,9065	5,1345	81,0410	78,6218	78,6031	47,5%		
	2	1	98,6310	5,0595	103,6905	101,2225	101,2318	48,7%	48,8%	0,2%
		2	73,7064	5,0203	78,7267	76,2797	76,2664	49,0%		
	3	1	90,0604	5,1882	95,2486	92,6806	92,6603	49,9%	49,6%	0,4%
		2	92,5172	5,0263	97,5435	95,0705	95,0612	49,4%		
60	1	1	93,5326	5,0386	98,5712	96,3308	96,3132	44,8%	44,9%	0,1%
		2	82,1705	5,0563	87,2268	84,9712	84,9557	44,9%		
	2	1	85,1327	5,0425	90,1752	87,9575	87,9424	44,3%	44,3%	0,1%
		2	99,3966	5,0093	104,4059	102,2070	102,1830	44,4%		
	3	1	59,5831	5,0410	64,6241	62,3061	62,2955	46,2%	46,3%	0,1%
		2	69,9787	5,0023	74,9810	72,6723	72,6619	46,4%		

Tabela D1.4. Resultados da cor dos bolos gelados de pistacho *vegan*, acondicionadas em cada embalagem.

Tempo (dias)	Embalagem	Parâmetros de Cor	Medições					Diferença L*, a* e b* em relação a T ₀					ΔE _{Lab}					Média ΔE _{Lab}	Desvio-Padrão		
			1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°				
11	-	L	57,53	50,58	56,82	54,09	59,13														
		a	-1,10	-1,16	-1,05	-0,98	-1,28														
		b	18,22	16,70	18,91	18,17	18,65														
30	1	L	55,14	53,16	50,80	54,78	58,32	-2,39	2,58	-6,02	0,69	-0,81									
		a	-0,85	-0,58	-0,77	-0,90	-0,90	0,25	0,58	0,28	0,08	0,38	3,38	2,78	7,15	2,47	0,90	3,34	2,32		
		b	15,85	15,85	15,06	15,80	18,52	-2,37	-0,85	-3,85	-2,37	-0,13									
	2	L	57,54	57,36	58,53	54,54	57,02	0,01	6,78	1,71	0,45	-2,11									
		a	-0,44	-0,88	-1,16	-1,00	-0,88	0,66	0,28	-0,11	-0,02	0,40	2,39	6,81	2,03	2,34	2,33	3,18	2,04		
		b	15,92	16,08	17,83	15,87	17,75	-2,30	-0,62	-1,08	-2,30	-0,90									
	3	L	55,66	57,73	56,83	56,87	56,57	-1,87	7,15	0,01	2,78	-2,56									
		a	-0,65	-0,81	-0,40	-0,85	-1,06	0,45	0,35	0,65	0,13	0,22	3,21	7,16	2,60	2,92	2,60	3,70	1,95		
		b	15,65	16,79	16,39	17,30	18,24	-2,57	0,09	-2,52	-0,87	-0,41									
60	1	L	49,99	55,93	46,61	44,16	45,83	-7,54	5,35	-10,21	-9,93	-13,30									
		a	-0,48	-0,05	-0,75	-0,59	-0,23	0,62	1,11	0,30	0,39	1,05	8,29	5,47	11,50	10,67	13,78	9,94	3,18		
		b	14,83	16,39	13,62	14,28	15,19	-3,39	-0,31	-5,29	-3,89	-3,46									
	2	L	47,70	51,93	44,96	58,46	45,50	-9,83	1,35	-11,86	4,37	-13,63									
		a	-0,08	-0,03	-0,28	-0,28	-0,15	1,02	1,13	0,77	0,70	1,13	10,23	2,77	12,91	4,63	14,46	9,00	5,11		
		b	15,56	14,56	13,86	16,82	13,95	-2,66	-2,14	-5,05	-1,35	-4,70									
	3	L	58,72	55,17	48,82	55,96	53,82	1,19	4,59	-8,00	1,87	-5,31									
		a	-1,05	-0,14	-0,32	0,00	-0,02	0,05	1,02	0,73	0,98	1,26	1,50	5,23	8,11	2,19	5,86	4,58	2,73		
		b	17,30	18,99	17,79	18,74	16,51	-0,92	2,29	-1,12	0,57	-2,14									
91	1	L	36,03	36,54	43,95	46,30	36,06	-21,50	-14,04	-12,87	-7,79	-23,07									
		a	-0,56	-2,04	-0,29	-0,47	-0,79	0,54	-0,88	0,76	0,51	0,49	21,98	15,12	13,58	7,89	23,73	16,46	6,46		
		b	13,70	11,15	14,64	17,01	13,11	-4,52	-5,55	-4,27	-1,16	-5,54									
	2	L	43,30	48,50	39,55	40,53	42,95	-14,23	-2,08	-17,27	-13,56	-16,18									
		a	-0,40	-0,83	-0,20	-0,60	-0,30	0,70	0,33	0,85	0,38	0,98	14,40	2,11	17,89	14,13	16,67	13,04	6,31		
		b	16,15	16,82	14,31	14,22	14,74	-2,07	0,12	-4,60	-3,95	-3,91									
	3	L	44,27	52,22	49,87	46,98	53,27	-13,26	1,64	-6,95	-7,11	-5,86									
		a	-0,21	-0,82	-0,20	-0,13	-0,40	0,89	0,34	0,85	0,85	0,88	13,76	1,69	7,43	7,83	5,95	7,33	4,34		
		b	14,65	16,51	16,41	15,01	18,13	-3,57	-0,19	-2,50	-3,16	-0,52									

D2 – Análises Sensoriais

Tabela D2.1. Classificações dos ensaios sensoriais realizados os bolos gelados vegan armazenados em cada embalagem.

T ₃₀												
Provedor	Parâmetros											
	Aspetto			Odor			Textura			Sabor		
	Embalagem			Embalagem			Embalagem			Embalagem		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
1	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5
2	5	5	5	4,5	4,5	4	4,5	4,5	4	5	5	5
3	5	5	5	3	3	3	5	4	5	5	3	5
4	5	5	5	4	4	4	4	4,5	5	4	4,5	5
5	5	4	4	5	4	4	5	3	4	5	3	5
6	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
7	4	3	5	4	4	5	3	4	5	4	3	5
8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5
Média	4,88	4,63	4,88	4,31	4,19	4,25	4,44	4,13	4,75	4,63	4,06	5,00
Significância	0,368			0,717			0,223			0,035		
T ₆₀												
Provedor	Parâmetros											
	Aspetto			Odor			Textura			Sabor		
	Embalagem			Embalagem			Embalagem			Embalagem		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
1	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	4
2	3	4	3	2	2	2	4	4	2	4	4	2
3	3	3	4	3	3	3	3,5	4	4	3	5	4,5
4	3	3	3	4	5	3	3	4	5	3	3	5
5	4	4	5	3	4	5	4	3	5	4	3	5
6	4	4	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5
7	3	3	4	4	4	4	3	3	4	3	3	5
8	3	3	4	4	3	4	4	4	4	2,5	2	4,5
Média	3,25	3,38	4,00	3,38	3,50	3,63	3,69	3,63	4,13	3,44	3,38	4,38
Significância	0,012			0,607			0,124			0,097		
T ₉₀												
Provedor	Parâmetros											
	Aspetto			Odor			Textura			Sabor		
	Embalagem			Embalagem			Embalagem			Embalagem		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
1	3	3	4	4	3	4	4	3	4	3	1	4
2	4	3	3	4	4	4	2	2	2	3	2	3
3	2	3	4	3	3	4	4	4	3	2	2	4
4	4	3	5	3	3	4	4	4	5	2	4	4
5	2	2	2	2	3	3	3	2	3	1	1	3
6	4	4	5	3	3	3	3,5	4	5	4	4	5
7	4	4	4	3	4	3	3	2	4	3	1	5
8	3,5	3	4	3	3	4	4	4	3	2	2	4
Média	3,31	3,13	3,88	3,13	3,25	3,63	3,44	3,13	3,63	2,50	2,13	4,00
Significância	0,041			0,115			0,401			0,003		