



**Escola Superior  
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA  
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

**MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR**

Laura Inês Rocha Ferreira

Valorização das palmas e dos frutos da  
Figueira-da-índia (*Opuntia ficus indica*)

Orientador: Ivo Manuel Mira Abreu Rodrigues

Coorientador: Carlos José Dias Pereira

Coimbra, 2021



**Escola Superior  
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA  
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

**MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR**

Laura Inês Rocha Ferreira

# Valorização das palmas e dos frutos da Figueira-da-índia (*Opuntia ficus indica*)

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior Agrária de  
Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à  
obtenção do grau de mestre em **ENGENHARIA ALIMENTAR**

Orientador: Ivo Manuel Mira Abreu Rodrigues

Coorientador: Carlos José Dias Pereira

Coimbra, 2021

## Agradecimentos

A realização deste estágio curricular apenas foi possível graças à ajuda e apoio dos meus amigos e colegas que de alguma forma me acompanham todos os dias e estão do meu lado.

Quero agradecer aos meus orientadores, o Professor Ivo Rodrigues e o Professor Carlos Dias Pereira, pela disponibilidade, conselhos e apoio prestados durante estes últimos meses.

Aos docentes e funcionários da Escola Superior Agrária de Coimbra Sr. Jorge Viegas, D. Adélia, D. Lurdes e Sr. Jorge Arede pela paciência, disponibilidade e ajuda durante a realização deste projeto.

Aos meus colegas Paulo Alcaide e Tânia Silva, pela ajuda na elaboração dos sumos e dos gelados de iogurte, assim como, pela discussão das análises e resultados.

Um agradecimento especial à minha mãe pelo carinho, compreensão e incentivo que sempre me deu ao longo dos anos. Obrigada também ao meu namorado pelo apoio, ajuda e paciência nesta fase da minha vida.

A concretização deste trabalho não seria possível sem a ajuda de todos, muito obrigada!

Este trabalho foi cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do programa Portugal 2020 – Programa Operacional Regional CENTRO2020, projeto Lab2factory: CENTRO-01-0246-FEDER-000020-Candidatura 6644

Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Europeu  
de Desenvolvimento Regional

## Resumo

*Opuntia ficus-indica* é uma planta que se desenvolve em climas áridos e, por isso, a sua utilização como fonte de ingredientes funcionais em alimentos pode tornar-se interessante. A partir de palmas jovens grandes e pequenas, foram produzidos pickles por fermentação láctica e acidificação artificial com diferentes vinagres. Todos os pickles produzidos por acidificação apresentaram características físico-químicas e sensoriais muito similares. No entanto, verificou-se que os pickles em vinagre de sidra foram mais apreciados. Relativamente à fermentação láctica, esta não decorreu como previsto, uma vez que não houve diminuição do pH ao longo do tempo. Também foram produzidos sumos à base de polpas laranja, vermelha e verde de figo-da-índia, disponibilizadas congeladas, pela empresa Figo-d'Idanha, com diferentes formulações. Estes foram estabilizados por pasteurização. Os sumos tiveram uma boa aceitação por parte dos provadores sendo que, independentemente do tipo de polpa, as formulações com sumo de uva e ácido cítrico foram as mais apreciadas. Por fim, foram elaborados vários gelados de iogurte à base do sumo da palma e polpa do fruto, nomeadamente com e sem adição de proteínas de soro microparticuladas (Simplese™) e diferentes proporções de inulina, tendo todos características físico-químicas semelhantes. O gelado sem Simplese™ e com 2,5% de inulina, destacou-se positivamente pelo seu sabor.

**Palavras-chave:** *Opuntia ficus-indica*, pickles, sumos, gelados de iogurte

## Abstract

*Opuntia ficus-indica* is a plant that survives in harsh climates and, therefore, its use as a source of functional ingredients in food can become interesting. From bigger and smaller young palms, pickles were produced by lactic fermentation and artificial acidification with different vinegars. All pickles produced by acidification have very similar physicochemical and sensory characteristics. However, it was found that pickles in cider vinegar were more appreciated. Regarding lactic fermentation, this didn't go as planned, since there was no decrease in the pH over time. The company Figo-d'Idanha made available frozen pickly pear for the production of different juice formulations with green, red and orange pulps. These were stabilized by pasteurization. The juices were well accepted by people and, regardless of the type of pulp, the formulations with grape juice and citric acid were the most appreciated. Finally, several frozen yogurts were made based on the juice of the palm and pulp of the fruit. There was diverse formulation wich was made with and without microparticulated whey proteins (Simplese™) and different proportions of inulin. All the frozen yogurt had similar physicochemical characteristics. The one without Simplese™ and with 2,5% inulin, stood out positively for its flavor.

**Keywords:** *Opuntia ficus-indica*, pickles, juices, frozen yogurt

## Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo .....	ii
Abstract.....	iii
1. Introdução.....	1
2. Enquadramento teórico.....	2
2.1. Figueira-da-índia .....	2
2.1.1. Produtos alimentares com base nos cladódios .....	3
2.2. Figo-da-índia.....	5
2.2.1. Produtos alimentares a base de figo-da-índia.....	6
2.3. Gelados de iogurte .....	9
2.4. Fermentação láctica nos pickles .....	11
2.5. Acidificação artificial .....	11
2.6. Pasteurização .....	12
3. Materiais e métodos.....	13
3.1. Elaboração de pickles à base dos cladódios da figueira-da-índia por fermentação láctica.....	13
3.1.1. Fluxograma .....	13
3.1.2. Descrição das etapas .....	14
3.2. Elaboração de pickles à base dos cladódios da figueira-da-índia por acidificação artificial .....	15
3.2.1. Fluxograma .....	15
3.2.2. Descrição das etapas .....	16
3.3. Produção de sumos à base de figo-da-índia.....	17
3.3.1. Fluxograma .....	17
3.3.2. Descrição das etapas .....	20

3.4. Produção de gelado de iogurte à base de sumo da palma e de polpa do fruto de figueira-da-índia.....	21
3.4.1. Fluxograma .....	21
3.4.2. Descrição das etapas .....	23
3.5. Análises microbiológicas.....	23
3.5.1. Preparação da amostra.....	24
3.5.2. Quantificação das <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> .....	24
3.5.3. Quantificação de <i>Streptococcus thermophilus</i> .....	24
3.6. Análises físico-químicas .....	24
3.6.1. pH e temperatura .....	24
3.6.2. Teor de humidade e extrato seco.....	24
3.6.3. Cinzas .....	25
3.6.4. Acidez total .....	25
3.6.5. Teor de cloretos .....	26
3.6.6. Cor.....	26
3.6.7. Textura .....	27
3.6.8. Grau salinométrico .....	27
3.6.9. Determinação do teor de sólidos solúveis totais .....	27
3.6.10. Prova de estabilidade .....	27
3.6.12. Taxa de derretimento .....	27
3.6.13. Percentagem de incorporação de ar .....	28
3.3.14. Viscosidade .....	28
3.7. Análise Sensorial .....	28
4. Resultados e Discussão .....	30
4.1. Picles.....	30
4.1.1. Caracterização da matéria-prima .....	30

4.1.2. Caracterização dos pickles produzidos por fermentação láctica.....	31
4.1.3. Pickles produzidos por acidificação artificial.....	33
4.1.3.1. Caracterização físico-química .....	33
4.1.3.1.1. Análise sensorial .....	35
4.2. Sumos.....	37
4.2.1. Caracterização da matéria-prima .....	37
4.2.2. Características físico-químicas dos sumos.....	38
4.2.3. Avaliação do tratamento de pasteurização e prova da estabilidade .....	39
4.2.4. Avaliação sensorial dos sumos à base de figo-da-índia.....	41
4.3. Gelados de iogurte .....	44
4.3.1. Caracterização físico-química dos gelados de iogurte .....	44
4.3.1.1. Ensaio 1.....	44
4.3.1.2. Ensaio 2 .....	46
4.3.2. Avaliação microbiológica dos gelados de iogurte .....	47
4.3.3. Avaliação sensorial dos gelados de iogurte.....	49
4.3.3.1. Ensaio 1.....	49
4.3.3.2. Ensaio 2 .....	49
5. Conclusão.....	50
6. Referências Bibliográficas .....	52
Anexos.....	56
Anexo I – Cálculo das unidades de pasteurização para os sumos de polpa vermelha .....	56
Anexo II – Análise sensorial de pickles por acidificação artificial de palma de figueira-da-índia .....	57
Anexo III – Análise sensorial dos sumos à base de polpa de figo-da-índia .....	59
Anexo IV – Análise sensorial dos gelados de iogurte .....	61

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Informação nutricional por 100 mL.....	8
Tabela 2 – Formulações dos sumos de figo-da-índia.....	18
Tabela 3 – Cor, segundo o método L*a*b*, das palmas de figueira-da-índia .....	30
Tabela 4 – Caracterização físico-química das palmas jovens .....	30
Tabela 5 – Textura das palmas de figueira-da-índia.....	31
Tabela 6 – Características físico-químicas antes e após a dessalga (dia 0) .....	32
Tabela 7 – Características físico-químicas do produto final após 2 meses de armazenamento (dia 60) .....	33
Tabela 8 – Textura dos pickles produzidos por fermentação láctica.....	33
Tabela 9 – Características físico-químicas dos diferentes tipos de pickles .....	34
Tabela 10 – Texturas dos diferentes tipos de pickles.....	34
Tabela 11 – Caracterização físico-química das matérias-primas usadas na produção de sumo .....	38
Tabela 12 – Características físico-químicas das polpas de frutos frescos de figo-da-índia .....	38
Tabela 13 – Características físico-químicas dos sumos .....	39
Tabela 14 – pH dos iogurtes antes e depois da maturação.....	45
Tabela 15 – Caracterização físico-química dos gelados de iogurte.....	46
Tabela 16 – Textura das diferentes formulações de gelados de iogurte .....	47
Tabela 17 – Valores de viscosidade dos gelados de iogurte .....	47
Tabela 18 – Determinação das UP para o sumo de polpa vermelha.....	56

## Lista de Figuras

Figura 1 – Figueira-da-índia (Vida Rural, 2018) .....	2
Figura 2 – Figo-da-índia (Diálogos do bosque, 2019) .....	5
Figura 3 – Fluxograma do processo de fabrico de pickles de palma de figueira-da-índia por fermentação láctica .....	13
Figura 4 – Pickles produzidos por acidificação artificial .....	15
Figura 5 – Fluxograma do processo de fabrico de pickles de palma de figueira-da-índia por acidificação artificial .....	16
Figura 6 – Sumos de polpa vermelho e laranja de figo-da-índia .....	17
Figura 7 – Sumos de polpa verde de figo-da-índia .....	18
Figura 8 – Fluxograma do processo de produção de sumo à base de figo-da-índia .....	19
Figura 9 – Gelado de iogurte à base de sumo da palma e de polpa do fruto de figueira-da-índia (sem Simplese™ com 0% de inulina) .....	21
Figura 10 – Fluxograma do processo de fabrico dos gelados de iogurte .....	22
Figura 11 – pH e temperatura da salmoura ao longo do tempo .....	31
Figura 12 – Género dos provadores .....	35
Figura 13 – Faixa etária dos provadores .....	35
Figura 14 – Avaliação sensorial dos pickles de palma pequena .....	36
Figura 15 – Avaliação sensorial dos pickles de palma grande .....	36
Figura 16 – Pickles de palma pequena mais apreciados .....	37
Figura 17 – Pickles de palma grande mais apreciados .....	37

Figura 18 – Curvas de binómio tempo/temperatura (traço contínuo) e letalidade (traço descontínuo) aplicada aos diferentes sumos .....	40
Figura 19 – Género dos provadores da prova sensorial dos sumos: polpa vermelha e laranja .....	41
Figura 20 – Género dos provadores da prova sensorial dos sumos: polpa verde .....	41
Figura 21 – Faixas etárias dos provadores da prova sensorial dos sumos: polpa vermelha e laranja .....	42
Figura 22 – Faixas etárias dos provadores da prova sensorial dos sumos: polpa verde	42
Figura 23 – Avaliação sensorial dos sumos de polpa vermelha .....	42
Figura 24 – Avaliação sensorial dos sumos de polpa laranja.....	42
Figura 25 – Avaliação sensorial dos sumos de polpa verde .....	43
Figura 26 – Sumo de polpa vermelha mais apreciado.....	43
Figura 27 – Sumo de polpa laranja mais apreciado.....	43
Figura 28 – Sumo de polpa verde mais apreciado.....	43
Figura 29 – pH e temperatura ao longo das primeiras três horas de fermentação (A0 – iogurte com 0% de inulina; A2,5 – iogurte com 2,5% de inulina; A5 – iogurte com 5% de inulina) .....	44
Figura 30 – Teor de acidez total ao longo das primeiras três horas de fermentação (A0 – iogurte com 0% de inulina; A2,5 – iogurte com 2,5% de inulina; A5 – iogurte com 5% de inulina) .....	45
Figura 31 – Teor de <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> nos gelados de iogurte com Simplese™ .....	48
Figura 32 – Teor de bactérias lácticas e bolores e leveduras nos gelados de iogurte sem Simplese™ .....	48

Figura 33 – Avaliação sensorial dos gelados de iogurte do ensaio 1 ..... 49

Figura 34 – Avaliação sensorial dos gelados de iogurte com Simplese™ ..... 50

Figura 35 – Avaliação sensorial dos gelados de iogurte sem Simplese™ ..... 50

## 1. Introdução

Num cenário de agravamento das condições climáticas e de redução das disponibilidades de água para rega, a utilização de produtos provenientes de culturas adaptadas à seca poderá revelar-se particularmente interessante, pelo menos, em algumas regiões do país. Tendo em atenção as atividades já desenvolvidas na ESAC e o potencial demonstrado pela Figueira-da-Índia (*Opuntia ficus-indica*) importa promover atividades de I&D que visem a sua utilização como fonte de ingredientes funcionais em alimentos.

Este projeto teve como principal objetivo valorizar as palmas e os frutos da figueira-da-índia. Assim, utilizaram-se cladódios (palma) de planta na produção de pickles por fermentação láctica, monitorizando-se o pH e o grau salinométrico ao longo no tempo. Para além destes pickles, também foram elaborados pickles por acidificação artificial com diferentes tipos de vinagres. Para ambos os tipos de pickles, classificaram-se as palmas jovens em duas categorias: palmas grandes (com dimensões iguais ou acima de 230 mm de altura por 110 mm de largura) e palmas pequenas (de 90 mm a 105 mm de largura e de 180 mm a 220 mm de altura). Outra forma de valorizar a figueira-da-índia foi através da produção sumos à base de polpa de figo-da-Índia, disponibilizadas congeladas, pela empresa Figo-d'Idanha, com diferentes formulações. Por fim, foram elaboradas várias formulações de gelados de iogurte à base do sumo da palma e polpa do fruto da figueira-da-índia nomeadamente um primeiro ensaio com um iogurte com leite em pó e açúcar e um segundo ensaio já com dois tipos de iogurtes, com e sem Simplesse™ e diferentes proporções de inulina.

## 2. Enquadramento teórico

### 2.1. Figueira-da-índia

A Figueira-da-índia, também chamada de piteira ou, pelo nome botânico, de *Opuntia ficus-indica*, é uma planta angiosperma dicotiledónea pertencente à família *Cactaceae* caracterizada pela notável adaptação a climas áridos e semiáridos em regiões tropicais e subtropicais (Figura 1). Na última década, cientistas demonstraram, através de diferentes métodos de extração, que a figueira-da-índia é rica em polifenóis, vitaminas, ácidos gordos poli-insaturados e aminoácidos. Os compostos e derivados naturais identificados nesta planta apresentam propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes, hipoglicémicas, antimicrobianas e neuroprotetoras (El-Mostafa *et al.*, 2014).



Figura 1 – Figueira-da-índia (Vida Rural, 2018)

As hastes jovens de *Opuntia* spp., chamadas de cladódios, são bastante consumidas no México. Apresentam um alto teor de fibras e efeitos benéficos no metabolismo da glicose (Ramírez-Moreno *et al.*, 2013). Os cladódios da figueira-da-índia são considerados como fonte de compostos naturais e antioxidantes, sendo proposta a sua incorporação em alimentos, cosméticos ou produtos farmacêuticos (Rocchetti *et al.*, 2018).

Um estudo científico demonstrou que o gel e o extrato aquoso de cladódios de *Opuntia ficus-indica* têm um efeito diurético significativo em ratos. Também se verificou que o extrato liofilizado tem um efeito diurético e hipotensor em coelhos normotensos sem deterioração no teste da função renal (Bakour *et al.*, 2017).

Os extratos de cladódios poderiam ser aplicados como surfactantes ou antioxidantes naturais em diversas formulações de alimentos e medicamentos. Para além disso, a extração de mucilagem e pectina da palma de *Opuntia ficus indica* pode ser um processo inovador para produzir frações com atividades específicas úteis para determinadas aplicações (Bayar *et al.*, 2016).

A mucilagem apresenta boas propriedades de formação de filme quando plastificada com diferentes polifenóis e pode ter aplicações potenciais em embalagens de alimentos devido à sua segurança e biodegradabilidade, bem como pela abundância e baixo custo da matéria-prima (Gheribi *et al.*, 2018).

O revestimento de mucilagem dos cladódios de *Opuntia ficus indica* aplicado a kiwis minimamente processados melhora a qualidade dos frutos armazenados (Allegra *et al.*, 2016). Outro estudo demonstrou a eficácia da mucilagem, desta vez em figo breba. Verificou-se que os frutos revestidos apresentaram um desenvolvimento significativamente menor de *Enterobacteriaceae* do que os frutos controlo durante todo o período de observação (Allegra *et al.*, 2017).

Também os espinhos obtidos dos resíduos da figueira-da-índia poderão ser um recurso barato e alternativo ao uso da celulose proveniente de espécies florestais com propriedades mecânicas adequadas para projetar novos biomateriais com aplicações no setor agrícola (Marin-Bustamante *et al.*, 2018).

#### 2.1.1. Produtos alimentares com base nos cladódios

De acordo com a FAO (2013), podem ser obtidos diversos produtos com base nos cladódios de figueira-da-índia, nomeadamente:

- Sumos & bebidas

De modo a obter sumo, são retirados os espinhos das palmas frescas. Depois, estas são cortadas de modo a passar num liquidificador onde é adicionada água para facilitar o processo e o líquido resultante é filtrado para separar os sólidos em suspensão obtendo-se assim sumo de cladódios.

Uma empresa mexicana produz um produto que consiste numa mistura de sumo de cladódio com sumo de goiaba. No mercado, também existe “água de cladódio” que

é composta pelo sumo da palma com açúcar. Para além destes, também existem xaropes, como o xarope de cladódio no qual são adicionados sumo de palma a xarope de sacarose. Uma empresa no Texas produz xarope de amora e mirtilo a partir de misturas de mucilagem dos cladódios.

- Geleias & doces

A geleia de “Nopalitos” é preparada a partir de palmas jovens que foram trituradas e cozidas com açúcar, pectina e conservantes.

No México, outro tipo de produtos obtidos a partir de cladódios são os doces, incluindo rebuçados e produtos cristalizados. Podem existir algumas variações no processo de fabrico, mas, no geral, esses produtos são obtidos a partir de açúcar e misturando outros ingredientes, como frutos secos. Os nomes variam de um lugar para outro para os diferentes produtos, sejam caramelos, geleias, gomas, folhas e/ou barras de nozes e cristalizadas feitas com mucilagem e outras misturas.

- Pickles

Os pickles obtidos a partir da palma são comumente chamados de “Nopalitos” e consistem em cladódios macios (desespinhados e cortados) conservados em vinagre aromatizado com especiarias, com ou sem adição de legumes ou outros condimentos. Tradicionalmente são preparados a partir vinagre (com um máximo 2% de ácido acético) que foi aquecido ao ponto de ebulição e são adicionados temperos diretamente ou num saco de pano deixado cerca de cinco minutos no vinagre a ferver. Enquanto isso, são fritos cebola fatiada, cenoura picada, alho descascado e folhas de louro em óleo, sendo estes adicionados posteriormente aos pickles de modo a dar sabor. Depois, o produto final é acondicionado em frascos e esterilizado em autoclave ou banho-maria, arrefecido, drenado e deixado secar antes de finalmente ser rotulado.

No México, existe uma grande variedade de “Nopalitos” em conserva pois, encontram-se mais de 25 diferentes marcas disponíveis no mercado, feitas com diferentes misturas de especiarias. Este tipo de pickles em conserva também é confeccionado no Texas, onde eles são conhecidos como "catos doces e quentes" ou “Cato de endro kosher”.

- Farinha

Cladódios desespinhados, lavados e cortados podem ser também moídos e desidratados de forma a obter-se farinha. A idade dos cladódios vai influenciar nas características da farinha. Este produto é usado nas indústrias de panificação, biscoitos e massas e para a produção de fibra alimentar peletizada.

## 2.2. Figo-da-índia

O figo-da-índia é um fruto com grande quantidade de sementes na sua polpa sendo que a casca constitui cerca de 38% do seu peso (Figura 2), representando a polpa comestível entre 10 e 15% (El-Shahat *et al.*, 2019; Zafra-Rojas *et al.*, 2013). No México, este fruto é maioritariamente consumido fresco, no entanto, tem potencial para ser transformado noutros produtos, como, por exemplo, sumo (Zafra-Rojas *et al.*, 2013).



Figura 2 – Figo-da-índia (Diálogos do bosque, 2019)

O fruto de *Opuntia ficus indica* pode ser usado como agente espessante, estabilizador e antioxidante em indústrias alimentares e farmacêuticas (Salehi *et al.*, 2019). Os frutos da figueira-da-índia apresentam também um bom perfil nutricional de ácidos gordos ricos em compostos monoinsaturados e polinsaturados (Andreu-Coll *et al.*, 2019).

Foi estudada a aplicação do extrato figo-da-índia para melhorar o prazo de validade, a qualidade e a segurança microbiana da carne fatiada. Os resultados das análises microbiológicas indicaram a eficácia da utilização do extrato como conservante natural

na redução da contagem total em placas, de *Pseudomonas* spp. e de *Enterobacteriaceae*, uma vez que, a contagem total foi mantida abaixo do limite estabelecido pelo Regulamento da Comissão (CE) n° 2073/2005. Para além disto, verificou-se que o extrato do fruto possui alto teor de compostos fenólicos totais, propriedades antioxidantes, níveis elevados dos pigmentos bioativos betacianina e betaxantina e atividade antimicrobiana de amplo espectro *in vitro* (Palmeri *et al.*, 2018).

Outros resultados confirmam que a variedade vermelha do figo-da-índia contém quantidades de polifenóis mais elevadas do que as da variedade amarela. As betalaínas presentes na epiderme e a polpa do figo conferem à fruta a sua cor que varia do amarelo ao roxo. Este estudo também demonstrou que o fruto vermelho contém pigmentos de betaxantina além da indicaxantina, sendo portanto uma potencial fonte de corantes (Frag *et al.*, 2017). A indicaxantina é um pigmento de betalaína bioativo e biodisponível, extraído de frutos de *Opuntia ficus indica* e pode ser utilizado para prevenir doenças neurológicas e inflamatórias (Tutone *et al.*, 2018). As betalaínas e os polifenóis são antioxidantes que contribuem para a qualidade nutricional do figo-da-índia (Khatabi *et al.*, 2016). Relativamente aos carotenóides e à clorofila, verificou-se que estes compostos são mais abundantes nos frutos laranja e verde, respetivamente (Frag *et al.*, 2017).

O sumo deste fruto difere dos outros devido ao seu elevado pH (5,85). Para além disso é rico em açúcares solúveis (principalmente açúcares redutores) e em compostos bioativos (polifenóis, ácido ascórbico, carotenóides e betalaínas) (Sadok *et al.*, 2019). As sementes também apresentam benefícios nutricionais pois, na sua composição constam polifenóis, flavonóides, minerais, ácidos gordos, tocoferóis, taninos, ácido glutâmico, ácido aspártico, leucina, lisina e arginina como aminoácidos principais (Al Juhaimi *et al.*, 2018).

#### 2.2.1. Produtos alimentares a base de figo-da-índia

De acordo com Ferreira *et al.* (2016), podem ser obtidos diversos produtos com base no fruto de figueira-da-índia, nomeadamente:

- Figo conservado em fresco

Após a colheita dos frutos é importante remover os gloquídios (espinhos do cato) sendo que este processo é realizado de forma mecânica. Depois, os frutos podem ser encerados de modo a controlar a perda de água por transpiração, reduzir a intensidade das trocas gasosas próprias do fruto, melhorar o aspeto visual e prolongar a sua conservação.

- Figo minimamente processado

Este processo é uma alternativa ao produto fresco inteiro sendo que permite vender produtos com características semelhantes sem alterar as qualidades nutricionais. Os frutos são lavados e descascados. Por vezes, também são cortados. Depois, ocorre uma breve secagem deixando o produto em repouso algum tempo, sendo posteriormente embalados e conservados a temperatura de refrigeração.

- Figo desidratado

A desidratação por secagem é usada para conservar o alimento mais tempo diminuindo riscos de contaminação microbiológica e evitando reações químicas. Este método pode ser usado no figo inteiro ou apenas com o mesocarpo.

O fruto também pode ser desidratado osmoticamente de modo a melhorar a qualidade do produto final preservando os aspetos nutricionais, sensoriais e funcionais, sem mudar a sua integridade. Este processo inibe o escurecimento enzimático, mantém a cor natural do produto, aumenta a retenção de compostos voláteis e evita a utilização de conservantes.

- Sumos

Os sumos frescos devem ser consumidos assim que produzidos, no entanto, é possível aumentar o tempo de vida útil através de processamento tecnológico. Os figos inteiros são triturados para extrair o sumo que depois é filtrado. Após este processo, é efetuada uma diluição com água e é adicionado açúcar até 12/13 ° Brix. Para além disto, é feita a correção da acidez, assim como do pH com ácido cítrico (até se obter um pH de 4,3). Posteriormente o sumo sofre um tratamento térmico. A partir do sumo, podem ser produzidos outros produtos como xaropes, misturas e néctares.

- Compal Origens Figo da Piteira do Alentejo

Em 2020, a empresa portuguesa Sumol + Compal, lançou um néctar com o sabor de figo da piteira do Alentejo, isto é, a base de figo-da-índia com a seguinte constituição: água, sumos e polpas de figo da piteira (20%) e limão (5%), açúcar e ácido ascórbico (vitamina C) (COMPAL, 2020). Abaixo encontra-se a tabela nutricional, adaptada da COMPAL, relativa a este produto (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**).

Tabela 1 – Informação nutricional por 100 mL

<b>Energia</b>	<b>148kJ – 35 cal</b>
<b>Lípidos</b>	<0,5g
<b>- dos quais ácidos gordos saturados</b>	<0,1g
<b>Hidratos de carbono</b>	8,3g
<b>- dos quais açúcares</b>	8,3g
<b>Fibra</b>	-
<b>Proteínas</b>	<0,5g
<b>Sal</b>	<0,1g
<b>Vitamina C</b>	6mg (7,5% VRN)

**Nota:** VRN – Valor de Referência do Nutriente

- Polpas (congeladas e desidratadas)

As polpas podem ser congeladas ou desidratadas e são obtidas a partir dos frutos são, limpos e sem partes não comestíveis.

- Compotas e geleias

De modo a produzir compotas e geleias, as polpas devem ser processadas em marmitas de dupla camisa de modo a evitar a degradação do produto por excessiva exposição ao calor (queimadura e torrefação) e/ou alterações organoléticas. Estes alimentos são produzidos com adição de determinados ingredientes como, por exemplo, o açúcar, o ácido cítrico, pectinas e alguns conservantes, de acordo com a legislação.

- Gomas ou géis

Gomas doces são obtidas a partir de polpa de fruto sem sementes com açúcar e algum agente gelificante (por exemplo, pectina).

- Outros

As sementes do figo-da-índia podem ser valorizadas e transformadas em óleo ou farinha. A epiderme do fruto também pode ser aproveitada através da extração dos seus pigmentos naturais ou da pectina.

O figo também pode ter utilização em bebidas fermentadas. O “Colonche” é uma bebida artesanal obtida através da fermentação do sumo e tem um teor alcoólico entre 4 e 6%. Para além desta bebida, também se reportou a produção de vinho com 11% de teor alcoólico e de aguardente com 56% vol.

A “Melcocha” também é produzida a partir do sumo do fruto e é um produto doce do género de xarope. Pode ser utilizada em preparações culinárias ou em “cocktails”.

Através de um tratamento de clarificação enzimática, é possível produzir um adoçante natural, parecido na sua constituição aos xaropes de milho. A vantagem deste adoçante é ser composto por partes iguais de frutose e glucose, semelhante ao mel.

### 2.3. Gelados de iogurte

Segundo a NP 3293:2008, um gelado é um “género alimentício obtido por congelação, e mantido nesse estado até ao momento de ser ingerido pelo consumidor, em cuja composição podem entrar todos os ingredientes alimentares, bem como os aditivos previstos pela legislação em vigor, nomeadamente: a) uma mistura de matérias gordas e substâncias proteicas, com ou sem adição de outros ingredientes alimentares; b) uma mistura de água, açúcar e outros ingredientes alimentares.”

Habitualmente, o gelado de iogurte ou “frozen yogurt” tem composição similar ao gelado light ou com baixo teor de gordura. Este produto contém as bactérias do iogurte, *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*. Estas bactérias vão iniciar a fermentação láctica e, por consequência reduzir o pH do produto. Normalmente, estas bactérias são adicionadas a um pouco de leite pasteurizado a 85-

90 °C durante 5 min. De modo a gerar aroma e baixar o pH, através da produção de ácido, a mistura deve ser incubada a cerca de 42 °C. Por fim, adicionam-se os restantes ingredientes, que foram previamente pasteurizados, à mistura (Goff, 2018).

As bactérias do ácido láctico (BAL) convertem os carboidratos dos vegetais e das frutas em ácido láctico, o que diminui o pH dos produtos fermentados para cerca de 4, garantindo a sua estabilidade microbiológica. Valores baixos de pH restringem o crescimento de bactérias deterioradoras e patogénicas. Quando as BAL se encontram no alimento em concentrações adequadas, melhoram o equilíbrio microbiano intestinal humano, inibindo o crescimento de patogénicos como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. e *Staphylococcus* spp. Algumas destas bactérias são consideradas como probióticos benéficos para a saúde humana e ativos na redução do nível sérico de colesterol. Para além disso, estimulam as respostas imunes e impedem a formação de tumores, inibindo compostos cancerígenos no trato gastrointestinal, reduzindo a atividade das enzimas das bactérias fecais ou quebrando certas enterotoxinas (Ray & Studies, 2014). A estirpe de bactéria mais comumente usada na fermentação láctica é *Lactobacillus plantarum*, uma estirpe heterofermentativa facultativa que possui uma alta tolerância aos ácidos (Nabais & Malcata, 1995).

O “frozen yogurt” é um produto composto por leite com altos teores de açúcar, estabilizantes e emulsificantes em comparação com o iogurte, de forma a garantir a estrutura de bolhas de ar durante o congelamento. Também possui outros ingredientes normalmente usados na produção de gelados e iogurtes (Oliveira, 2014). Geralmente, o gelado de iogurte possui um pH de cerca de 4,6. No entanto, em alguns mercados, este produto é feito de iogurte 100% natural com estabilizantes, xarope de milho e emulsificantes sendo o pH de 4,5 ou menos, devido à fermentação das bactérias do iogurte (Chandan *et al.*, 2017).

O gelado de iogurte é bem aceite pelos consumidores devido às suas propriedades nutricionais desejáveis e ao seu sabor fresco (Oliveira, 2014).

## 2.4. Fermentação láctica nos pickles

A fermentação láctica é considerada uma forma simples e útil para manter e/ou aumentar as propriedades de segurança, nutricionais, sensoriais e de validade de vegetais e frutas (Ray & Studies, 2014). Os vegetais podem ser transformados em pickles preservando-os temporariamente através da submersão em salmoura, isto é, uma solução aquosa com altas concentrações de sal e/ou ácido. O alto teor de ácido pode ser obtido por adição direta (acidificação artificial) ou por fermentação microbiana (fermentação láctica), que pode ser espontânea ou induzida. A produção de pickles por fermentação láctica requer que uma quantidade considerável de açúcares fermentáveis esteja disponível na salmoura logo após a submersão do vegetal. As ações osmóticas e antissépticas da salmoura, uma vez dentro do tecido vegetal, contribuem para a prevenção da degradação microbiana indesejável e a mudança de textura com o tempo. A composição final da salmoura e a composição do sumo intercelular do material vegetal dependem do equilíbrio químico e osmótico sendo que, a determinadas temperaturas, podem ser aproveitadas para a criação de um ambiente apropriado para o crescimento preferencial de microrganismos benéficos. O peso final, sabor, textura assim como o conteúdo de nutrientes são influenciados pela água e pelos solutos transportados para o material vegetal durante a imersão em soluções aquosas e são essenciais no controlo da atividade enzimática desse material (Nabais *et al.*, 1996).

## 2.5. Acidificação artificial

Na produção de pickles por acidificação artificial, podem ser usados vinagre de malte natural, malte destilado e vinagres espirituosos. O vinagre de malte natural é frequentemente usado para pickles doces misturados. Todos os vinagres devem ser verificados quanto ao teor de ácido acético antes do seu uso. Para além do vinagre, o ácido acético também pode ser usado na acidificação artificial, sendo que, para fins de declaração no rótulo de produtos vegetais, deve ser declarado como ácido puro. (Binstead *et al.*, 1971).

## 2.6. Pasteurização

A pasteurização é um tratamento térmico no qual o alimento é aquecido a temperaturas inferiores a 100 °C. Este processo é usado para evitar problemas de saúde, destruindo os microrganismos patogénicos em alimentos com baixo teor de ácido. Para além disso, permite aumentar a vida útil dos alimentos ácidos, como sumos, por vários dias ou semanas (Fellows, 2009). A pasteurização também inativa enzimas que podem causar amolecimento do produto (Lopez, 1987).

Os tratamentos térmicos aplicados a sumos podem ser classificados de acordo com a sua intensidade e são divididos em: HTLT – *High temperature Long Time*; HTST – *High Temperature Short Time*; MTLT – *Mild Temperature Long Time*; MTST – *Mild Temperature Short Time*. A pasteurização HTLT ocorre entre 80 e 100 °C durante 30 segundos e é mais frequentemente usada para o processamento de sumos e outras bebidas (Petruzzi *et al.*, 2017). Os sumos à base da polpa do figo-da-índia passaram por este tipo de pasteurização, no entanto, com uma duração entre 10 a 15 minutos. O tratamento HTST garante a segurança do produto e mantém os componentes bioativos através de um processamento com temperaturas superiores a 80 °C e durante menos de 30 segundos. Relativamente ao tratamento MLST, este tem uma duração superior a 30 segundos e temperatura inferior a 80 °C e é usado para aumentar o tempo de prateleira de produtos pouco processados. A pasteurização MTST é o tratamento com efeitos mais limitados sobre as características do produto sendo que requer temperaturas inferiores a 80 °C e uma duração inferior a 30 segundos (Petruzzi *et al.*, 2017).

### 3. Materiais e métodos

#### 3.1. Elaboração de picles à base dos cladódios da figueira-da-índia por fermentação láctica

##### 3.1.1. Fluxograma

O processo de fabrico dos picles por fermentação láctica com palmas jovens de figueira-da-índia encontra-se representado na Figura 3.

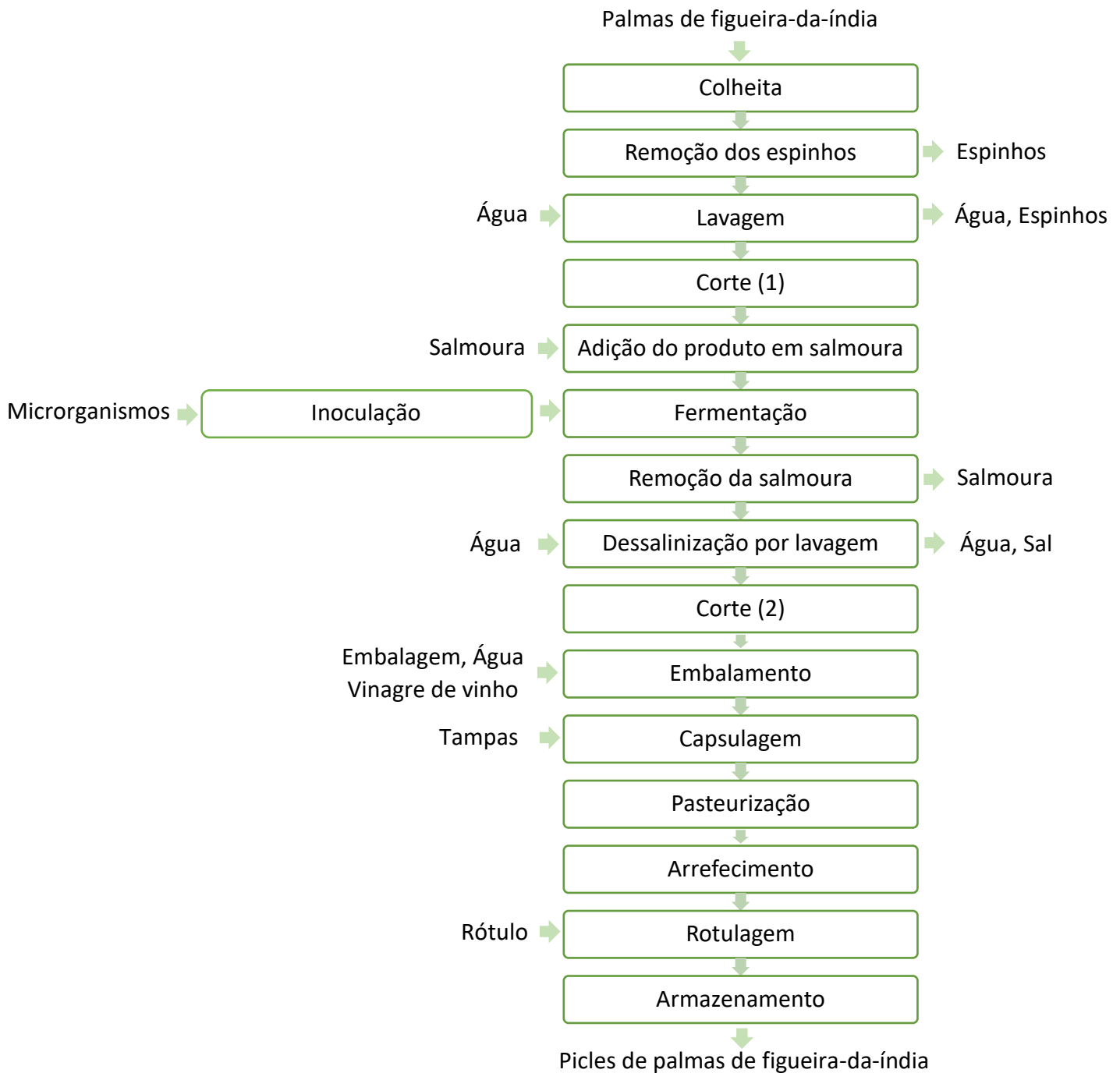


Figura 3 – Fluxograma do processo de fabrico de picles de palma de figueira-da-índia por fermentação láctica

### 3.1.2. Descrição das etapas

**Colheita** – Escolheram-se palmas jovens em bom estado físico.

**Remoção de espinhos** – Foram eliminados os espinhos da palma com o auxílio de um alicate e faca.

**Lavagem** – Esta etapa é realizada com água e é essencial para remover lixo indesejado assim como eventuais espinhos que possam ter ficado a superfície.

**Corte (1)** – Algumas palmas pequenas não passaram por esta etapa. No entanto, outras foram cortadas ao meio de modo a obter 2 pedaços de palma (1/2 palma) com dimensão aproximada de 8 × 8 cm. Cortaram-se as palmas de maior dimensão em quatro (1/4 de palma), com dimensões aproximadas de 4 × 4 cm.

**Adição de produto em salmoura** – Preparou-se a salmoura com 8 graus Baumé. De seguida a salmoura foi adicionada no fermentador. Este processo foi realizado, em duplicado, para os três tipos de picles: palma inteira, 1/2 palma e 1/4 de palma.

**Inoculação** – No dia seguinte, foi adicionado uma cultura starter Lyoflora V-3 que consiste em *Lactobacillus plantarum*. O meio de cultura foi preparado de acordo com as recomendações do fabricante, ou seja, hidratando-o aproximadamente 30 minutos antes da inoculação em 2 litros de água (isenta de cloro) com 90 gramas de NaCl e 40 gramas de frutose ou glucose dissolvidos. Este meio vai promover a fermentação e evitar o crescimento de microrganismos indesejados. Estas bactérias lácticas necessitam de condições favoráveis, isto é disponibilidade de nutriente, neste caso glucose, assim como condições de temperatura e pH adequadas.

**Fermentação** – Os picles fermentaram durante um mês. Ao longo do processo, a evolução do pH e da temperatura foram acompanhados. O grau salinométrico da salmoura também foi monitorizado de forma a corrigir o teor de sal caso necessário e manter a salmoura entre os 6 e 8 graus Baumé.

**Remoção da salmoura** – A fermentação não estava a decorrer como o esperado, isto é, o pH estava a aumentar de forma constante em vez de diminuir. Devido a isso removeu-se a salmoura um mês depois.

**Dessalinização por lavagem** – O produto manteve-se em água, durante três dias.

**Corte (2)** – Todas as palmas foram cortadas em cubos de cerca de 2 cm<sup>2</sup>.

**Embalamento** – As palmas foram colocadas dentro das embalagens cobrindo-as com o vinagre de vinho branco com 6% de ácido acético diluído com água segundo a proporção 1:1. Esta mistura foi previamente aquecida à temperatura de 80 °C durante 5 minutos.

**Capsulagem** – Antes da pasteurização, foram colocadas as tampas nos frascos de modo a proporcionar o fecho hermético da embalagem.

**Pasteurização** – Este processo decorreu em banho-maria à temperatura de 90 °C durante 10 a 15 minutos para garantir a estabilidade do produto final.

**Arrefecimento** – Deixou-se arrefecer até atingir a temperatura ambiente.

**Rotulagem** – Foram aplicados os rótulos nas embalagens.

**Armazenamento** – Os picles foram armazenados à temperatura ambiente.

### 3.2. Elaboração de picles à base dos cladódios da figueira-da-índia por acidificação artificial

#### 3.2.1. Fluxograma

Foram produzidos picles com palmas jovens de figueira-da-índia (Figura 4). Colocaram-se palmas de menor dimensão (de 90 mm a 105 mm de largura e de 180 mm a 220 mm de altura), colhidas mais cedo, ou seja, mais jovens e palmas grandes (com dimensões iguais ou acima de 230 mm de altura por 110 mm de largura), mais maduras em diversos tipos de vinagres (vinagres de figo-da-índia, de sidra e de vinho). Na Figura 5, encontra-se representado o processo de fabrico dos picles por acidificação artificial.



Figura 4 – Picles produzidos por acidificação artificial

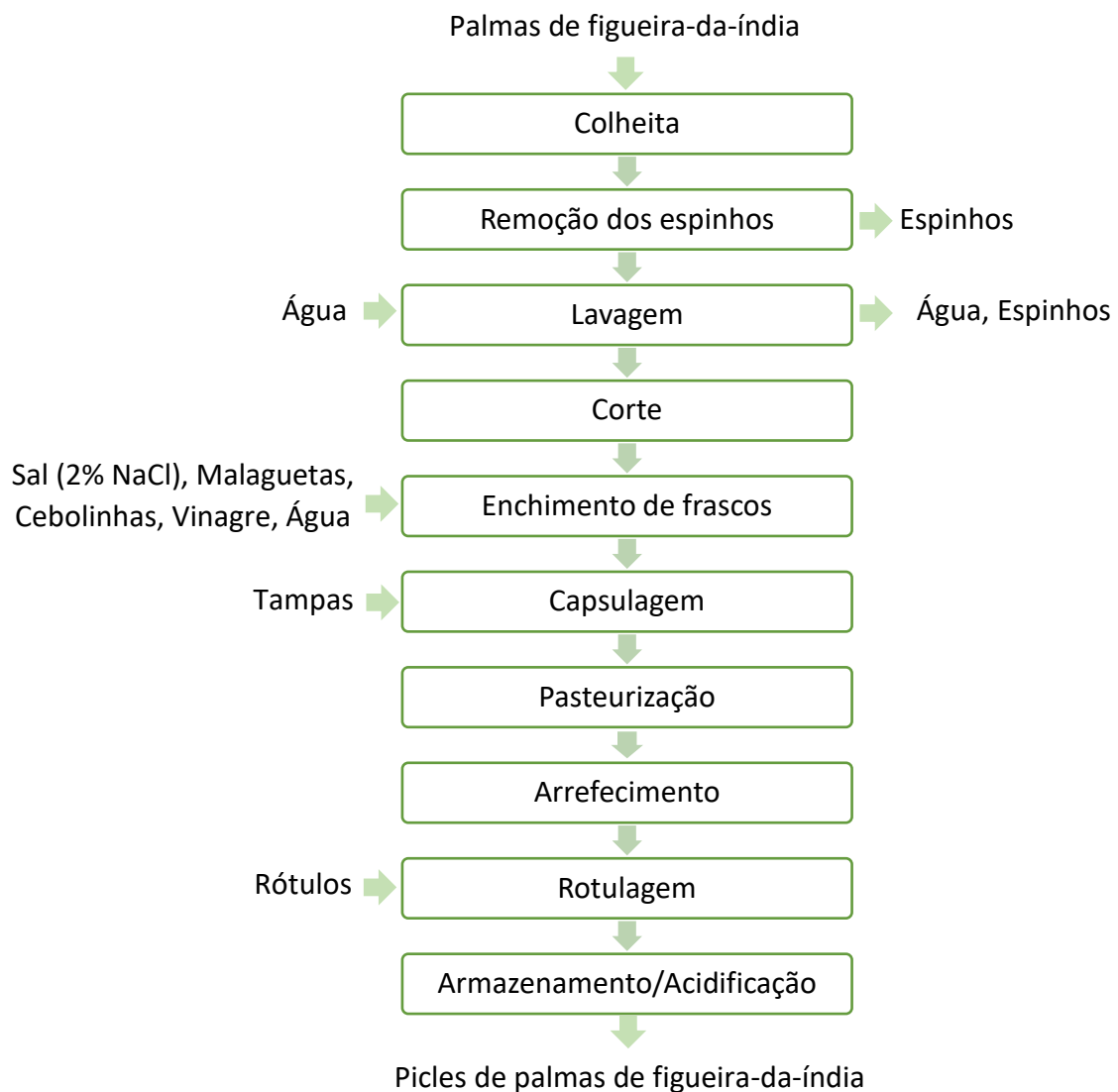


Figura 5 – Fluxograma do processo de fabricação de picles de palma de figueira-da-índia por acidificação artificial

### 3.2.2. Descrição das etapas

**Colheita** – Escolheram-se palmas jovens em bom estado físico.

**Remoção de espinhos** – Foram eliminados os espinhos da palma com o auxílio de um alicate e faca.

**Lavagem** – Esta etapa é realizada com água e é essencial para remover lixo indesejado assim como eventuais espinhos que possam ter ficado a superfície.

**Corte** – Todas as palmas foram cortadas em cubos de cerca de 2 cm<sup>2</sup>.

**Enchimento de frascos** – As palmas jovens foram colocadas em frascos sendo metade deles com palmas pequenas e outra com palmas grandes. Nesta etapa também foram adicionados os temperos que, neste caso, foram sal, cebolinhas e malaguetas. De seguida, foram adicionados três tipos de vinagres, vinagre de vinho branco (6% ácido acético), vinagre de sidra e vinagre de figo (2,5% de ácido acético) para cada tipo de palma, obtendo assim 6 frascos (3 de palma grande e 3 de palma pequena) com diferentes formulações de pickles. Todos os vinagres foram diluídos com água segundo a proporção 1:1 e foram previamente aquecidos a 80 °C durante 5 minutos.

**Capsulagem** – Antes da pasteurização, são colocadas as tampas nos frascos de modo a proporcionar o fecho hermético da embalagem.

**Pasteurização** – Este processo decorreu em banho-maria à temperatura de 90 °C durante 10 a 15 minutos para garantir a estabilidade do produto final.

**Arrefecimento** – Deixou-se arrefecer até atingir a temperatura ambiente.

**Rotulagem** – Foram aplicados os rótulos nas embalagens.

**Armazenamento/Acidificação** – Os pickles foram armazenados à temperatura ambiente durante 60 dias. Durante este período de tempo, os pickles sofreram o processo de acidificação artificial.

### 3.3. Produção de sumos à base de figo-da-índia

#### 3.3.1. Fluxograma

Diversos tipos de polpa de figo-da-índia (vermelha, laranja e verde) foram usadas na elaboração de sumos, assim como sumo de limão, ácido cítrico e sumo de uva ( Figura 6 e Figura 7).



Figura 6 – Sumos de polpa vermelho e laranja de figo-da-índia



Figura 7 – Sumos de polpa verde de figo-da-índia

As formulações dos sumos produzidos encontram-se apresentadas na Tabela 2. Apesar de se ter usado diferentes tipos de polpa, foram elaboradas 3 formulações iguais para cada uma delas.

Tabela 2 – Formulações dos sumos de figo-da-índia

Formulação	% Polpa	% AC	%SL	% SU
PL+SL	82,5		7,5	
PL+AC	99,7	0,3		
PL+SU+AC	79,7	0,3		20
PVL+SL	82,5		7,5	
PVL+AC	99,7	0,3		
PVL+SU+AC	79,7	0,3		20
PV+SL	82,5		7,5	
PV+AC	99,7	0,3		
PV+SU+AC	79,7	0,3		20

**Nota:** PV – polpa verde; PVL – polpa vermelha; PL – polpa laranja; AC – ácido cítrico (sólido); SU – sumo de uva; SL – sumo de limão

Na Figura 8, encontra-se representado o processo de fabrico dos sumos à base de figo-da-índia.

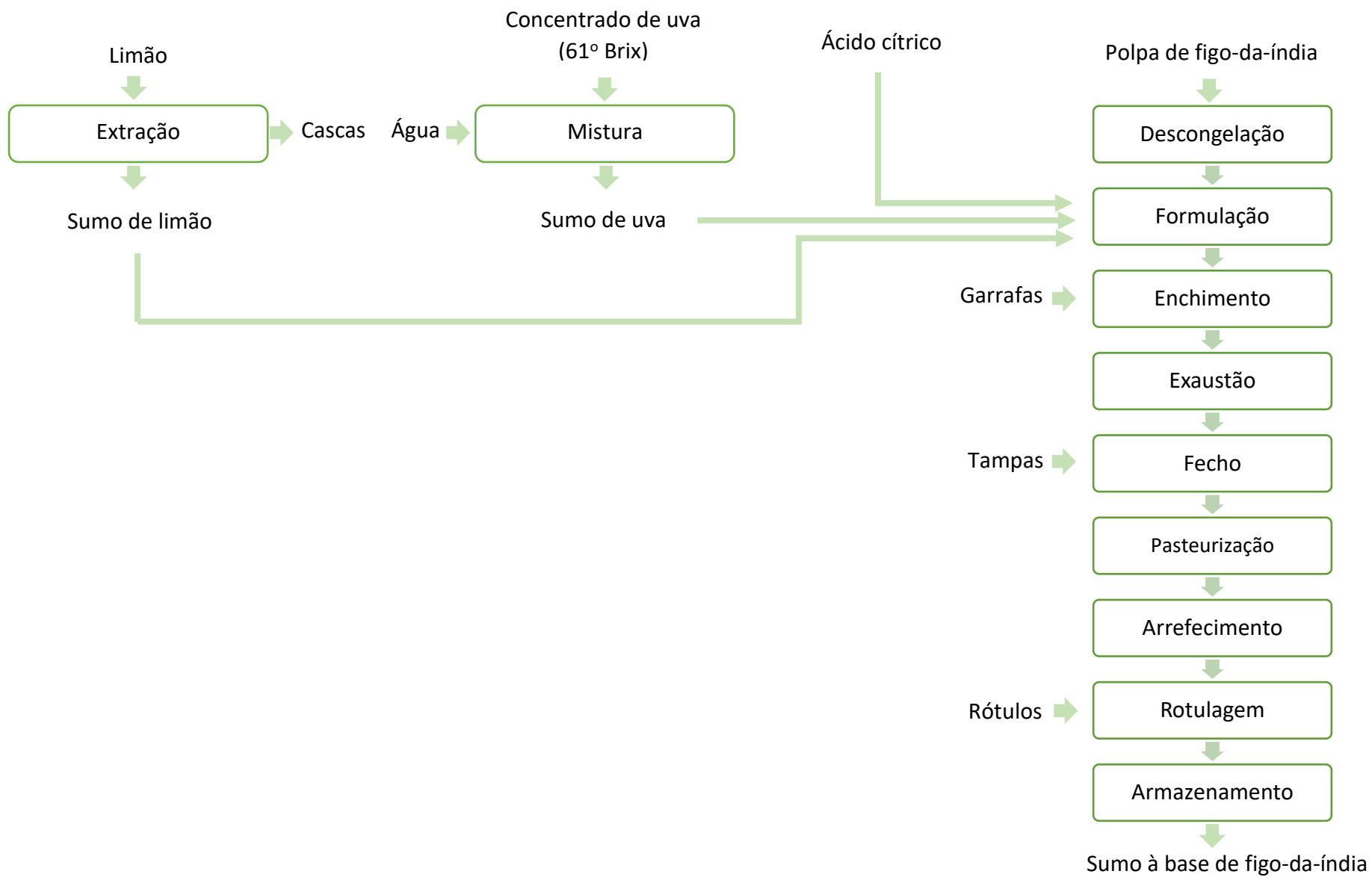


Figura 8 – Fluxograma do processo de produção de sumo à base de figo-da-índia

### 3.3.2. Descrição das etapas

**Descongelamento** – A polpa foi retirada do congelador e colocada no frigorífico para descongelar lentamente durante 2 dias.

**Extração** – Nesta etapa foi usado um espremedor de forma a obter sumo de limão.

**Mistura** – O concentrado de uva foi diluído em água de modo a obter-se sumo de uva com um grau Brix de 16.

**Formulação** – Foram elaboradas as formulações para os três tipos de polpa da forma seguinte: polpa + ácido cítrico; polpa + sumo de uva + ácido cítrico; polpa + sumo de limão.

**Enchimento** – As formulações foram colocadas nas respetivas garrafas de vidro com capacidade de 200 mL.

**Exaustão** – Os sumos foram submetidos a um pré-aquecimento até ser atingida a temperatura de 75 °C.

**Fecho** – As garrafas foram fechadas hermeticamente com tampas de metal.

**Pasteurização** – Os sumos acondicionados nas respetivas embalagens foram submetidos a temperaturas entre os 95 °C e 100 °C, em banho-maria, durante 10 a 12 minutos de forma a garantir a estabilidade do produto final.

**Rótulos** – Foram colocados os rótulos nas embalagens.

**Arrefecimento** – Os produtos ficaram a arrefecer à temperatura ambiente.

**Armazenamento** – Os sumos foram armazenados, à temperatura ambiente, ao abrigo da luz solar.

### 3.4. Produção de gelado de iogurte à base de sumo da palma e de polpa do fruto de figueira-da-índia

#### 3.4.1. Fluxograma

Foram produzidos gelados de iogurte à base de sumo da palma e de polpa do fruto de figueira-da-índia (Figura 9).



Figura 9 – Gelado de iogurte à base de sumo da palma e de polpa do fruto de figueira-da-índia (sem Simplese™ com 0% de inulina)

Na Figura 10, encontra-se o fluxograma do processo de fabrico dos gelados de iogurte com sumo de palma de figueira-da-índia e polpa do figo-da-índia. Numa primeira fase, produziu-se duas formulações de iogurtes diferentes. Uma delas com ingredientes leite em pó magro, açúcar, água e fermento e outra sem açúcar, com Simplese™, leite em pó magro, água e fermento.

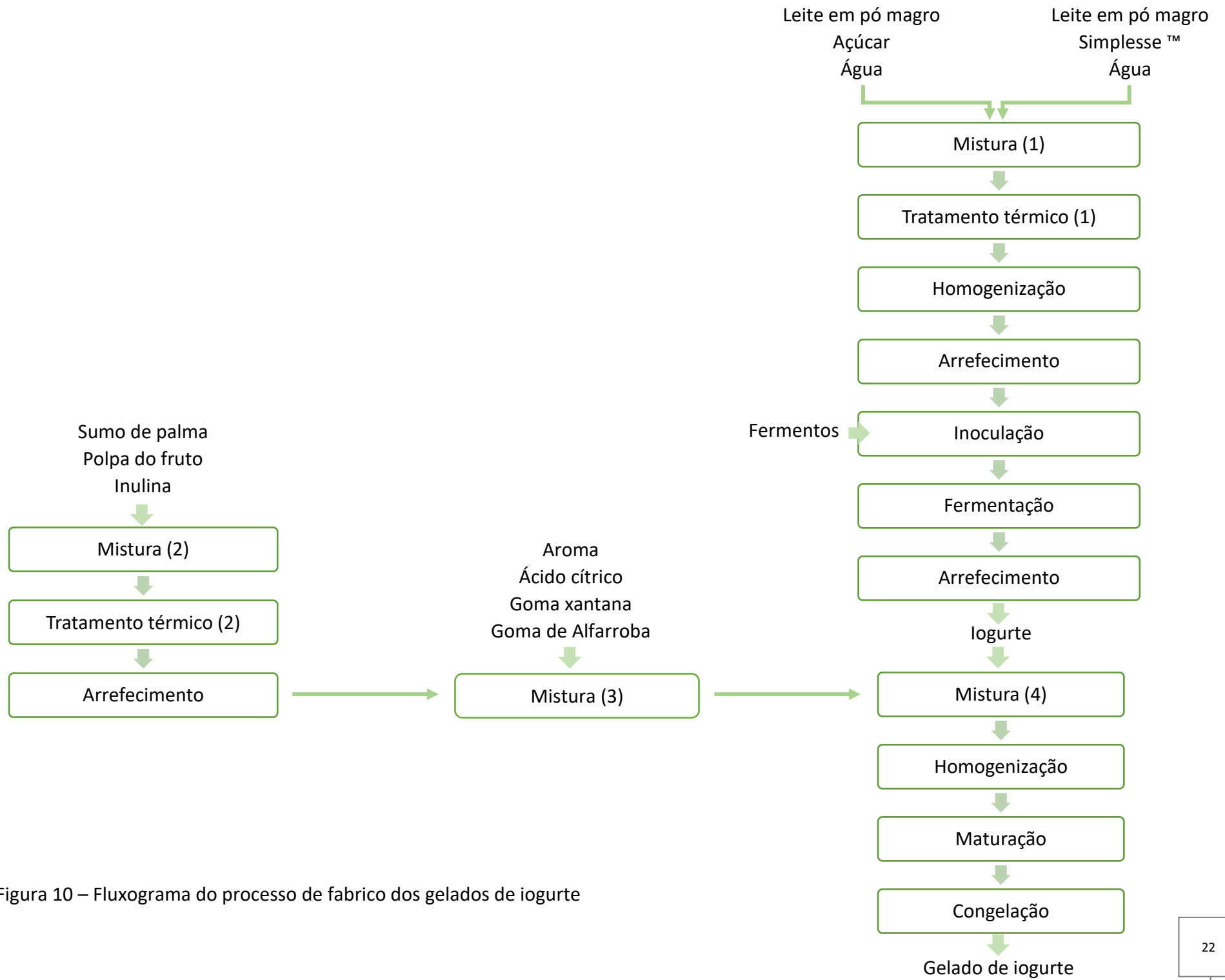


Figura 10 – Fluxograma do processo de fabrico dos gelados de iogurte

### 3.4.2. Descrição das etapas

**Mistura** – No processo de mistura (1), são misturados os ingredientes consoante o tipo de gelado desejado, ou seja, uma formulação com açúcar e outra com Simplese™. Na mistura (2), junta-se o sumo de palmas à polpa verde do figo da índia. Na mistura (3), procede-se a junção de aroma, ácido cítrico, goma xantana e goma de alfarroba. Por fim, na mistura (4), a mistura (3) e (2) são adicionadas ao iogurte. As percentagens de cada ingrediente não são relevadas devido à existência de um pedido de patente.

**Tratamento térmico** – Para o tratamento térmico (1) A mistura (1) é aquecida a uma temperatura de 80 °C durante 5 minutos. A mistura (2) foi aquecida à mesma temperatura e com a mesma duração – tratamento térmico (2).

**Homogeneização** – De seguida, a mistura é passada num homogeneizador para que o produto final tenha uma boa textura.

**Arrefecimento** – Deixou-se arrefecer até atingir a temperatura ambiente.

**Inoculação** – Foi adicionado o meio de cultura *Starter Thermophilic Culture* – YoFlex YF-L903 em leite pasteurizado. Depois, este meio de cultura foi adicionado às diferentes formulações.

**Fermentação** – As diferentes formulações foram colocadas numa estufa a 42 °C. A fermentação ocorreu até se atingir pH 4,6 dando-se a coagulação da mistura 1 e a sua transformação em iogurte.

**Maturação** – As formulações permanecem durante, no mínimo, 4 horas a uma temperatura de 0 °C.

**Congelação** – Após maturação, as formulações são colocadas numa máquina de fazer gelados Snowberry & Choc (Klarstein –Alemanha) com capacidade de 1,2 litros até a obtenção do produto final com boa consistência.

### 3.5. Análises microbiológicas

As análises microbiológicas apenas foram realizadas para os gelados de iogurte resultantes do segundo ensaio, centrando-se na: determinação do teor de bactérias lácticas (BAL).

### 3.5.1. Preparação da amostra

Inicialmente procedeu-se à pesagem de 10 g de amostra para um saco de Stomacher estéril, aos quais se adicionaram 90 ml de solução de Ringer (diluição  $10^{-1}$ ). A partir de cada amostra foram realizadas diluições decimais sucessivas, em solução de Ringer, até à diluição  $10^{-6}$ .

### 3.5.2. Quantificação das *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

Para esta análise, seguiu-se a norma ISO 7889:2003 de forma a contar as *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Para tal, utilizou-se o meio de cultura Man Rogosa Sharp Agar (MRS), da marca Biokar Diagnostics de referência BK089HA. A partir das três últimas diluições preparadas, inoculou-se 1 mL, incorporando com meio MRS em dupla camada. Incubou-se durante 72 horas a 37 °C em jarra de anaerobiose.

### 3.5.3. Quantificação de *Streptococcus thermophilus*

De modo a quantificar os *Streptococcus thermophilus*, usou-se a norma ISO 7889:2003. Inoculou-se 1 mL para as três últimas diluições, incorporando com o meio de cultura Gelose M17 (M17 Agar) da marca Biokar Diagnostics com a referência BK088 HA. Incubou-se durante 48 horas a 37 °C.

## 3.6. Análises físico-químicas

### 3.6.1. pH e temperatura

O pH foi medido em todos os produtos (sumos, pickles e gelados de iogurte) assim como, ao longo da fermentação dos pickles (na salmoura) e dos iogurtes. Para os pickles por fermentação láctica e para os sumos, esta análise foi realizada, em triplicado, com um potenciómetro CRISON, modelo micropH de 2002 (Espanha). Para as outras análises, foi usado um potenciómetro Hanna Instruments, modelo HI9025 (Portugal) com a sonda FC200. Quando necessário também foi medida a temperatura com este mesmo equipamento.

### 3.6.2. Teor de humidade e extrato seco

De forma a poder calcular o teor de humidade das amostras, pesou-se e registou-se o peso dos cadinhos. De seguida, pesaram-se cerca de 5 g de cada amostra registando o seu peso. Colocou-se a secar na estufa a 105 °C durante 24 h. As amostras foram

retiradas da estufa e postas a arrefecer num exsiccador. De seguida, pesaram-se as amostras secas + cadinho. Quantificou-se o teor de humidade através da equação 1:

$$\text{Humidade (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

$M_1$  – massa total da amostra húmida (g)

$M_2$  – massa total da amostra seca (g)

Relativamente à percentagem de extrato seco, esta foi calculada a partir da percentagem de humidade, isto é:

$$\text{Extrato seco (\%)} = 100 - \text{Humidade (\%)} \quad (2)$$

### 3.6.3. Cinzas

Este processo foi realizado a partir das amostras secas obtidas para a determinação da humidade. Colocaram-se os cadinhos, previamente pesados com amostra seca, numa mufla a 550 °C durante 4 horas. Após esse tempo, procedeu-se a leitura da massa de cada amostra. Calculou-se o teor de cinzas usando a seguinte fórmula:

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{M_1}{M_2} \times 100 \quad (3)$$

$M_1$  – massa de cinzas a (g)

$M_2$  – massa de amostra inicial (g)

### 3.6.4. Acidez total

Este parâmetro foi determinado por titulação com agitação da amostra num agitador (Velp Scientifica, modelo micro stirrer, Itália). Para os sumos, diluíram-se 7 gramas (g) de amostra em 14 g de água destilada e titulou-se com uma solução de NaOH 0,1N até obter um pH de 8,20 (ponto final da titulação). Os resultados foram expressos em % (g de ácido cítrico/ 100 g de amostra).

Relativamente aos iogurtes e aos gelados, diluiu-se 1 mL de amostra em 9 mL de água. De seguida, titulou-se com uma solução de NaOH 0,1N e algumas gotas de fenolftaleína até obter uma cor rosa e os resultados foram expressos em % (mL de ácido láctico/ 100 mL de amostra).

Para todos os tipos de picles, pesaram-se cerca de 5 g de amostra que foram esmagadas num almofariz e adicionaram-se 20 mL de água destilada. De forma a obter o teor de acidez total, titularam-se as amostras com NaOH 0,1N e algumas gotas de fenolftaleína obter uma cor rosa e os resultados foram expressos em % (g/ 100 g) de ácido acético.

Para todos os produtos o teor de acidez foi calculado com a equação seguinte:

$$\text{Acidez total (\%)} = \frac{0,1 \times \text{Eq g} \times N \times \text{Volume gasto NaOH (ml)}}{\text{massa da amostra (g)}} \quad (4)$$

**N** – normalidade do NaOH

**Eq g** – equivalente grama do ácido em que se pretende expressar a acidez (64 para ácido cítrico, 90 para ácido láctico e 60 para ácido acético)

#### 3.6.5. Teor de cloretos

Para o cálculo do teor de cloretos, foram usadas as amostras tituladas para a determinação da acidez total. Adicionou-se uma pequena quantidade de solução de cromato de potássio, que age como indicador, em cada amostra. De seguida, realizou-se uma titulação com nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) até obter uma cor amarelada e existirem precipitados de cromatos de prata. O teor de cloretos foi calculado através do método de Mohr, pela fórmula seguinte:

$$\text{Cloretos (\%)} = \frac{0,3546 \times \text{Volume de AgNO}_3 \text{ (ml)}}{\text{massa da amostra (g)}} \quad (5)$$

#### 3.6.6. Cor

Os parâmetros da cor foram determinados quer nas palmas pequenas quer nas palmas grandes de figueira-da-índia. Estes parâmetros foram determinados no sistema  $L^*a^*b^*$  com um colorímetro Minolta CR200 (Japão). Para a maioria dos produtos, mediu-se, em triplicado, o valor de  $L^*$  (luminosidade, 0 (preto) – 100 (branco)),  $a^*$  (coordenada vermelho/verde) e  $b^*$  (coordenada amarelo/azul). Para os cladódios, os valores  $L^*a^*b^*$  foram medidos dez vezes, de forma a diminuir a margem de erro, uma vez que, foram usadas palmas de diferentes catos.

### 3.6.7. Textura

Para a análise da textura, foi usado o aparelho stable Micro Systems Texture Analyser TAXT Express Enhanced. Para as palmas de figueira-da-índia, foi usada uma sonda Ta 24 com 6,3mm de diâmetro. O teste de compressão foi realizado com uma velocidade pré-teste 2 mm/s, velocidade de ensaio a 5 mm/s, velocidade de retorno a 7 mm/s, uma distância de 4 mm. O ensaio foi repetido 5 vezes.

Para os picles foi usada uma sonda SMS P2 com 2mm de diâmetro. O teste de compressão decorreu com os parâmetros predefinidos da mesma forma do que nas palmas com exceção da uma distância que, neste caso, era de 7 mm.

Relativamente aos gelados de iogurte, esta análise foi realizada com a mesma sonda utilizada para os picles e o teste de compressão foi realizado apenas uma vez, com uma velocidade pré-teste 5 mm/s, velocidade de ensaio a 1 mm/s, velocidade de retorno a 5 mm/s, uma distância de 25 mm.

### 3.6.8. Grau salinométrico

O grau salinométrico foi determinado na salmoura através de um densímetro de grau Baumé com uma escala de 0 a 10 graus Baumé.

### 3.6.9. Determinação do teor de sólidos solúveis totais

Para a determinação do teor de sólidos solúveis totais foi usada escala de grau Brix. Este foi medido com um refratómetro digital Atago PR-100 0-32 (Japão).

### 3.6.10. Prova de estabilidade

Foi realizada uma prova de estabilidade dos sumos segundo a norma NP 4404-01: 2002, de modo a avaliar possíveis alterações do produto. Para tal, colocaram-se as amostras na estufa P Selecta (Espanha), a  $55 \pm 2$  °C durante 7 dias e outras amostras ficaram à temperatura de  $30 \pm 2$  °C durante 21 dias.

### 3.6.12. Taxa de derretimento

Este parâmetro foi determinado de acordo com o método proposto por Milani, E. & Koocheki (2011) com algumas modificações. Uma colher de 30 g de gelado de iogurte foi colocada numa tela de aço inoxidável com aberturas de  $1 \times 1$  mm, localizado no topo

de um copo. Após 45 min a  $20 \pm 2$  °C, o peso da amostra coletada no copo foi registrado. A taxa de derretimento foi expressa como a percentagem do peso de iogurte congelado:

$$\text{Taxa de derretimento (\%)} = \frac{\text{massa de gelado derretido (g)}}{\text{massa de gelado (g)}} \times 100 \text{ (6)}$$

#### 3.6.13. Percentagem de incorporação de ar

A percentagem de incorporação de ar é um parâmetro importante, pois ajuda a definir o corpo e a textura desejada no gelado. Este critério foi calculado, para o mesmo volume de amostras, da forma seguinte:

$$\text{Incorporação de ar (\%)} = \left( \frac{\text{massa de iogurte (g)}}{\text{massa de gelado (g)}} - 1 \right) \times 100 \text{ (7)}$$

#### 3.3.14. Viscosidade

Determinou-se a viscosidade dos gelados de iogurte a partir de um viscosímetro da marca Brookfield DV2T com uma velocidade de 20 rpm e usando o Spindle nº6. A viscosidade foi expressa em Centipoises (Cp).

### 3.7. Análise Sensorial

Para a análise sensorial dos picles e dos sumos, 30 provadores não treinados realizaram esta análise no laboratório de análise sensorial da ESAC. Os parâmetros sujeitos a análise foram o aroma, o sabor, a textura e a cor, sendo também questionada a ordem de preferência. De forma a avaliar os produtos, foi usada uma escala de 1 a 9 onde 1 corresponde a desgosto extremamente e 9 a gosto extremamente (Anexos II e III).

A metodologia seguida para análise sensorial de gelados de iogurte foi baseada no trabalho de Akin *et al.* (2007). A avaliação incluiu uma avaliação da consistência, sabor, aroma e aparência (Anexo IV). O teste foi realizado em condições laboratoriais por um painel sensorial treinado de 6 pessoas, familiarizado com iogurtes gelados. As amostras foram avaliadas de acordo com uma escala de 5 pontos, onde cada atributo de qualidade obteve uma pontuação de 1 (qualidade baixo) a 5 (sem crítica). Com base nos resultados, a qualidade sensorial geral foi calculada, como uma média ponderada das classificações

dos atributos de qualidade. As percentagens indicam a influência de cada atributo na atratividade do produto (Palka, A. & Palich, 2008). Os diferentes parâmetros de qualidade são:

Consistência (45%): lisa, homogénea, sem cristais de gelo ou de lactose, arenosidade, viscosidade, ocorrência de cristais de gelo.

Sabor e aroma (35%): doçura típica para o gelado de iogurte, sabor de iogurte, acidez.

Aspetto (20%): ausência de deformação, uniforme, cor cremosa, descoloração, deformações.

Assim sendo, a avaliação global de cada produto é determinada através da fórmula seguinte:

Avaliação global = (Consistência × 0,45) + (Sabor e aroma × 0,35) + (Aspetto × 0,20) **(8)**

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Pickles

#### 4.1.1. Caracterização da matéria-prima

A palma de figueira-da-índia foi analisada de modo a poder-se comparar com os produtos finais. Na Tabela 3, encontram-se apresentados os valores da cor das palmas segundo o método  $L^*a^*b^*$ . O valor de  $L^*$  e de  $a^*$ , é maior nas palmas grandes. Relativamente ao parâmetro  $b^*$ , este apresenta valores similares. Através destes valores, é possível concluir que as palmas pequenas possuem cor verde mais escura do que as grandes.

Tabela 3 – Cor, segundo o método  $L^*a^*b^*$ , das palmas de figueira-da-índia

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Palmas grandes</b>	47,23±2,25	-12,2±12,37	19,00±4,11
<b>Palmas pequenas</b>	45,98±2,16	-18,23±1,63	19,91±3,01

**Nota:** Palmas grandes – dimensões iguais ou acima de 230 mm de altura por 110 mm de largura; Palmas pequenas – dimensões ente 90 mm e 105 mm de largura e de 180 mm a 220 mm de altura.

As palmas jovens, tanto as de menor dimensão como as grandes, têm um extrato seco de 6,89±0,15% e um teor de sal de 1,37±0,07% (Tabela 4). O pH e o teor de acidez total foram obtidos a partir do sumo da palma jovem sendo os seus valores, respetivamente, 4,71±0,01 e 0,5±0,01%.

Tabela 4 – Caracterização físico-química das palmas jovens

	pH	%Ácido acético	%Extrato seco	%Cloretos
<b>Palma jovem</b>	4,71±0,01	0,47±0,01	6,89±0,15	1,37±0,07

Na Tabela 5, estão apresentados os valores dos parâmetros da textura das palmas grandes e pequenas de figueira-da-índia. É possível verificar, através da dureza e fraturabilidade, que as palmas grandes são mais duras do que as palmas de menor dimensão.

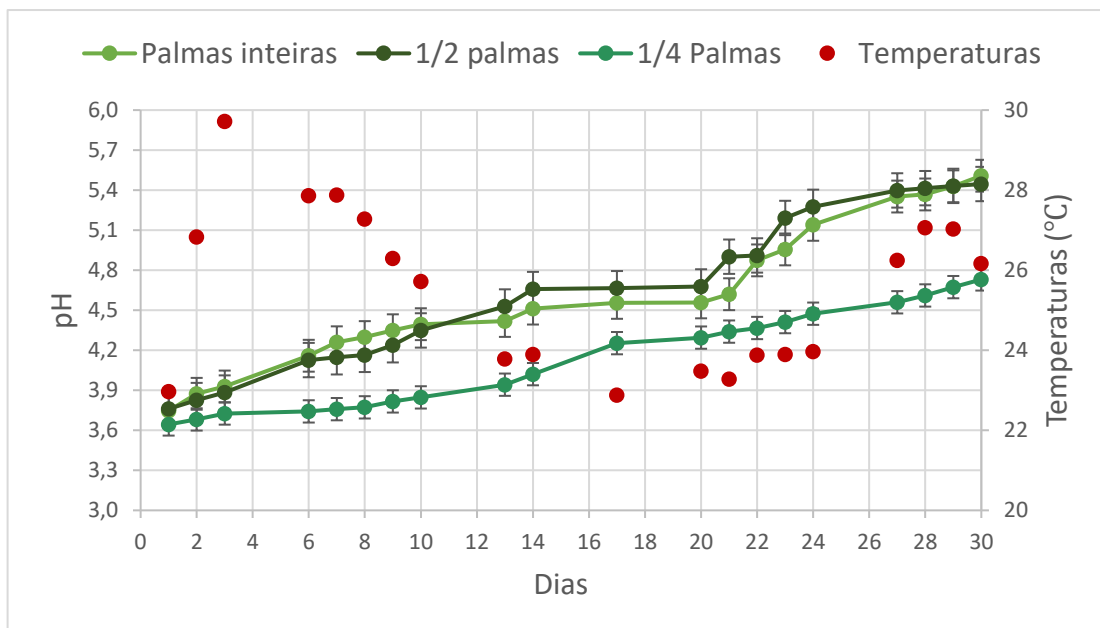
Tabela 5 – Textura das palmas de figueira-da-índia

	Dureza (N)	Fraturabilidade (N)
Palmas grandes	38,98±3,20	12,69±5,24
Palmas pequenas	28,27±9,54	22,47±8,25

#### 4.1.2. Caracterização dos pickles produzidos por fermentação láctica

Para os pickles produzidos por fermentação láctica, o pH e temperatura da salmoura foram monitorizados ao longo do tempo durante um mês (Nota: Inteiras – palmas inteiras; 1/2 – palmas cortadas em 2; 1/4 – palmas cortadas em 4

Figura 11). A temperatura variou entre 22,7 °C e 29,7 °C. Através do gráfico apresentado na Figura 11, verifica-se que, contrariamente ao esperado, o pH foi aumentando ao longo do tempo para todas as salmouras. No entanto, a salmoura das palmas cortadas em 4 (1/4 palma) tiveram valores de pH ligeiramente mais baixos enquanto as restantes salmouras foram aumentando de forma muito similar. Este aumento de pH nas salmouras pode dever-se à migração dos solutos ou à atividade antimicrobiana na figueira-da-índia que pode inibir o processo fermentativo (El-Mostafa *et al.*, 2014).



**Nota:** Inteiras – palmas inteiras; 1/2 – palmas cortadas em 2; 1/4 – palmas cortadas em 4  
 Figura 11 – pH e temperatura da salmoura ao longo do tempo

Na Tabela 6, encontram-se as características físico-químicas das palmas antes e após a dessalga, sendo o dia da dessalga o dia 0. Tal como esperado, as percentagens de extrato seco, cinzas e cloretos diminuíram após a dessalga em todas as palmas. Os cladódios cortados em 2, apresentam o pH mais elevado e os inteiros o menor teor de acidez total. Relativamente à cor das palmas, não existem diferenças significativas entre os diferentes tipos de cortes. A diminuição do extrato seco após a dessalga mostra que houve migração dos solutos da palma.

Tabela 6 – Características físico-químicas antes e após a dessalga (dia 0)

		<b>Inteiras</b>	<b>1/2</b>	<b>1/4</b>
<b>Antes da dessalga</b>	<b>pH</b>	3,87±0,01	3,95±0,02	3,85±0,01
	<b>%Acidez total</b>	0,03±0,00	0,05±0,00	0,11±0,02
	<b>%Extrato Seco</b>	13,68±1,29	10,92±0,23	12,41±0,22
	<b>%Cinzas</b>	8,85±0,42	7,30±0,15	8,13±0,05
	<b>%Cloretos (nas cinzas)</b>	56,93±2,75	60,98±1,15	58,46±0,12
	<b>Cor</b>			
	<b>L*</b>	47,27±1,94	48,68±3,60	47,79±2,57
	<b>a*</b>	-7,57±0,83	-7,60±0,86	-6,77±0,51
	<b>b*</b>	24,09±3,38	24,65±3,84	23,32±2,81
<b>Depois da dessalga</b>	<b>%Extrato Seco</b>	5,90±0,11	6,17±0,01	6,38±0,08
	<b>%Cinzas</b>	2,47±0,035	2,42±0,28	2,68±0,01
	<b>%Cloretos (nas cinzas)</b>	31,59±1,38	30,77±0,81	31,21±4,87

Após 2 meses de armazenamento, repetiram-se as análises físico-químicas para o produto final embalado em vinagre (Tabela 7). O pH diminuiu em todos os produtos devido à adição de vinagre, no entanto, a diminuição foi menor nos pickles de 1/4 de palma. O teor de acidez total aumentou em todos, sendo que é mais elevado nos pickles de palmas inteiras. Todos os pickles apresentam menor percentagem de extrato seco, cinzas e cloretos depois dos 2 meses. Pelos parâmetros da cor, verifica-se que o produto final é mais escuro e que a sua tonalidade alterou para um verde menos intenso.

Tabela 7 – Características físico-químicas do produto final após 2 meses de armazenamento (dia 60)

	<b>Inteiras</b>	<b>1/2</b>	<b>1/4</b>	
<b>pH</b>	3,09±0,01	3,14±0,01	3,70±0,01	
<b>%Acidez total</b>	0,72±0,05	0,54±0,01	0,65±0,06	
<b>%Extrato Seco</b>	5,14±0,23	5,08±0,48	5,68±0,24	
<b>%Cinzas</b>	1,88±0,12	1,79±0,15	2,01±0,38	
<b>%Cloretos (nas cinzas)</b>	22,89±2,34	24,07±2,57	21,77±3,51	
<b>Cor</b>	<b>L*</b>	42,48±1,33	42,36±1,48	42,87±1,45
	<b>a*</b>	-6,25±0,55	-6,23±0,59	-6,25±0,44
	<b>b*</b>	17,46±1,46	17,49±1,86	17,02±1,23

Na Tabela 8, encontram-se apresentados os resultados da textura dos picles logo após a produção e 2 meses depois. Os picles de palma cortada em 4, não apresentam grande variação de textura após os 2 meses. No entanto, os restantes picles perderam alguma dureza. Os picles de palma cortada em 2 são menos suscetíveis a fratura.

Tabela 8 – Textura dos picles produzidos por fermentação láctica

		<b>Dureza (N)</b>	<b>Fraturabilidade (N)</b>
<b>Produto final</b>	<b>Inteiras</b>	4,42±0,52	2,2±0,60
	<b>1/2</b>	4,08±0,66	1,89±0,76
	<b>1/4</b>	3,90±0,58	2,45±0,93
<b>Após 2 meses</b>	<b>Inteiras</b>	3,89±0,44	2,3±0,75
	<b>1/2</b>	2,68±0,49	0,56±0,41
	<b>1/4</b>	3,94±0,20	2,42±0,54

#### 4.1.3. Picles produzidos por acidificação artificial

##### 4.1.3.1. Caracterização físico-química

Na Tabela 9, estão apresentadas as características físico-químicas dos picles de palma grande e pequena, produzidos em diferentes vinagres. Independentemente do tipo de vinagre usado, as palmas grandes apresentam sempre maior teor de acidez do que as palmas pequenas. Os picles em vinagre de figo apresentam pH, extrato seco e cinzas mais elevados. O teor de sal é mais elevado nas palmas grandes com exceção dos

picles em vinagre de vinho. Os resultados da avaliação da cor dos picles são, para todos os vinagres muito similares.

Tabela 9 – Características físico-químicas dos diferentes tipos de picles

	PP + VF	PP + VS	PP + VV	PG + VF	PG + VS	PG + VV
<b>pH</b>	3,56±0,01	3,34±0,01	3,31±0,01	3,62±0,02	3,35±0,01	3,29±0,01
<b>%Acidez total</b>	0,89±0,07	0,84±0,06	0,90±0,03	1,04±0,03	0,86±0,04	1,01±0,07
<b>%Extrato seco</b>	12,15±0,26	8,13±0,73	9,61±0,39	11,92±0,24	9,43±0,12	8,85±0,26
<b>%Cloretos (nas cinzas)</b>	30,26±3,52	29,95±2,61	32,76±2,13	37,90±3,75	43,25±1,06	28,28±4,48
<b>Cor</b>						
<b>L*</b>	44,71±2,74	45,29±1,37	45,79±2,12	44,15±2,53	43,42±1,95	44,76±1,63
<b>a*</b>	-6,69±1,14	-7,25±0,82	-7,49±0,77	-6,48±0,86	6,59±0,49	-6,89±0,60
<b>b*</b>	18,77±2,69	19,46±2,86	19,95±2,61	18,11±2,75	16,84±1,94	18,12±2,37

**Nota:** PP – Palma Pequena; PG – Palma grande; VF – Vinagre de Figo; VS – Vinagre de Sidra; VV – Vinagre de Vinho;

Na Tabela 10 estão representados diferentes parâmetros de textura para cada tipo de picles. Através desta tabela é possível verificar que as palmas maduras (grandes), independentemente do tipo de vinagre usado, apresentam valores de dureza mais elevados, com exceção da PG+VS. Logo, as palmas grandes são mais duras que as palmas pequenas. Relativamente ao parâmetro de fraturabilidade, verifica-se que os picles em vinagre de figo têm este valor ligeiramente mais baixo, ou seja, é menos sujeito a fraturas.

Tabela 10 – Texturas dos diferentes tipos de picles

	Dureza (N)	Fraturabilidade (N)
<b>PP+VS</b>	3,90±0,28	1,04±0,29
<b>PP+VF</b>	3,89±0,36	0,88±0,29
<b>PP+VV</b>	2,79±23	1,09±0,70
<b>PG+VS</b>	3,79±0,33	0,98±0,24
<b>PG+VF</b>	4,92±0,25	0,76±0,34
<b>PG+VV</b>	4,61±0,33	1,03±0,20

#### 4.1.3.1. Análise sensorial

Foi realizada uma prova sensorial dos picles de palma pequena (PP) e de palma grande (PG) obtidos por acidificação artificial com diferentes tipos de vinagres (vinagre de sidra, de figo e de vinho), na qual participaram 27 pessoas tendo idades entre 21 e 63 anos. A maioria das pessoas são do sexo feminino (Figura 12) e com idades compreendidas entre 21 e 29 anos (Figura 13).

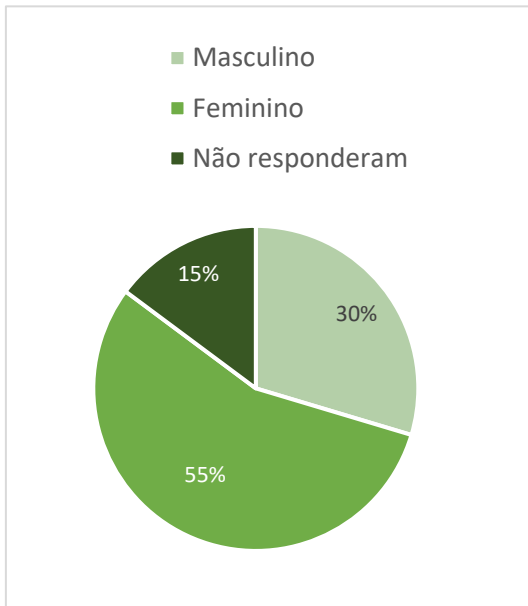


Figura 12 – Género dos provadores

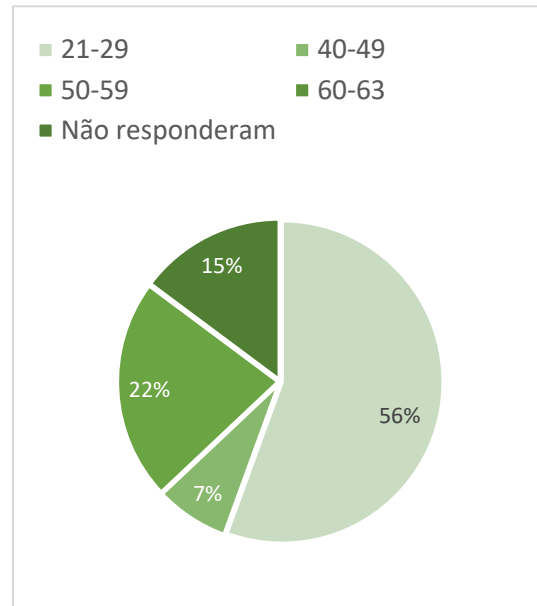


Figura 13 – Faixa etária dos provadores

Na avaliação sensorial, apresentada na Figura 14 e na Figura 15, não se verificam grandes diferenças entre os picles de palma pequena e os de palma grande. A apreciação global tem valores entre 5 e 6 numa escala de 1 a 9 e pode ser definida como “gosto ligeiramente”.

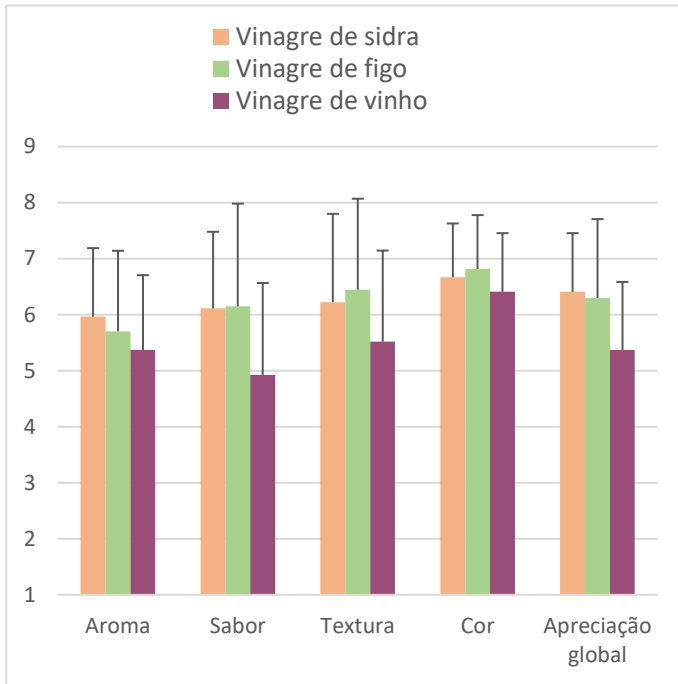


Figura 14 – Avaliação sensorial dos picles de palma pequena

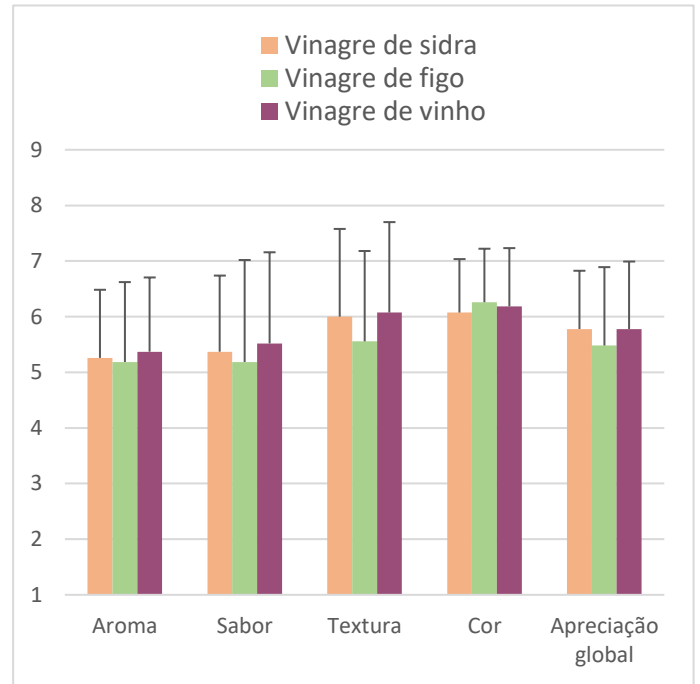


Figura 15 – Avaliação sensorial dos picles de palma grande

Os picles PP e PG mais apreciados são produzidos com vinagre de sidra (Figura 16 e Figura 17). Relativamente aos picles PP, os menos apreciados são os de vinagre de vinho e, para os PG, os de vinagre de figo. Também se pode observar que os picles PP obtiveram classificações ligeiramente mais elevadas em relação aos picles PG, o que se pode justificar pelo facto de serem mais tenros (Tabela 10).

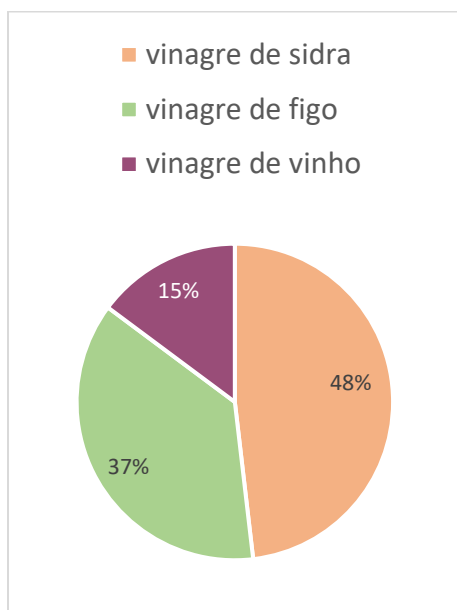


Figura 16 – Picles de palma pequena mais apreciados

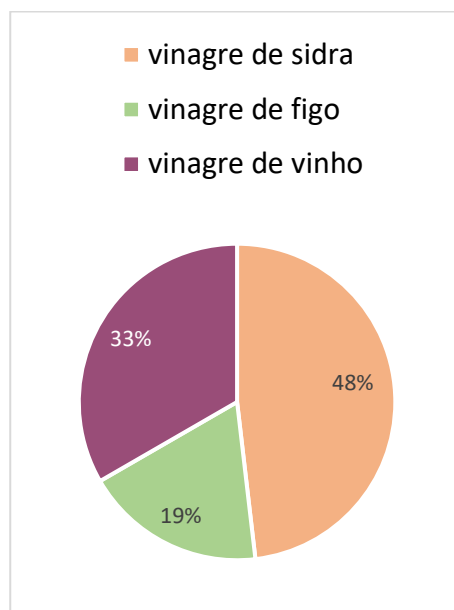


Figura 17 – Picles de palma grande mais apreciados

## 4.2. Sumos

### 4.2.1. Caracterização da matéria-prima

Foram realizadas análises físico-químicas às matérias-primas usadas na produção dos sumos, incluindo as polpas (laranja, vermelha e verde) (Tabela 11). Depois dos sumos à base da polpa congelada terem sido produzidos e analisados, foi possível determinar as características físico-químicas dos figos-da-índia ao natural que foram produzidos no campo da ESAC (Tabela 12). Apesar destes não terem sido usados nas diferentes formulações, estes foram úteis para comparar o a polpa do fruto congelada com a fresca.

Relativamente às diversas polpas congeladas, a vermelha apresenta o pH mais baixo. Esta polpa assim como o sumo de uva apresentam um grau Brix de cerca de 16, sendo os mais elevados. Não se verificam grandes diferenças entre o sumo de limão fresco e congelado exceto a nível da cor, que pode ter sido influenciado pela maturidade dos frutos frescos. Como era de esperar, ambos os tipos de sumo de limão apresentam o teor de acidez mais elevado.

Tabela 11 – Caracterização físico-química das matérias-primas usadas na produção de sumo

Matérias-primas	pH	° Brix	%Acidez total	L*	Cor	
					a*	b*
Polpa verde	6,03±0,59	14,23±0,06	0,09±0,00	31,53±0,51	-1,90±0,26	4,67±0,42
Polpa vermelha	5,37±0,02	16,00±1,09	0,11±0,02	23,90±0,35	6,93±0,61	-0,52±0,59
Polpa laranja	5,48±0,05	13,09±0,34	0,12±0,04	25,92±0,69	3,83±0,38	3,62±0,54
Sumo de limão fresco	2,43±0,00	8,70±0,00	5,16±0,01	39,53±0,06	-1,9±0,17	-2,80±0,20
Sumo de limão congelado	2,53±0,02	8,67±0,06	6,74±0,11	33,50±0,10	0,47±0,25	-1,90±0,46
Sumo de uva	3,47±0,01	16,13±0,06	0,15±0,03	25,00±0,17	0,77±0,23	1,00±0,10

Comparando com os dados da Tabela 11, verifica-se uma discrepância entre os dados obtidos pela análise da polpa dos frutos frescos e da polpa congelada. Todas as polpas frescas apresentam um menor grau Brix do que as polpas congeladas. As diferenças observadas podem ser explicadas pelo facto de as polpas congeladas terem sido cultivadas num solo diferente ou pelo facto dos frutos não estarem no mesmo estado de maturação. Para além disso, não se sabe se as polpas congeladas foram submetidas a algum tratamento antes de serem conservadas no frio.

Tabela 12 – Características físico-químicas das polpas de frutos frescos de figo-da-índia

Fruta fresca	pH	° Brix	%Acidez total	L*	Cor	
					a*	b*
Polpa verde	5,51±0,06	11,30±0,10	0,09±0,06	29,00±0,10	-1,80±0,20	2,30±0,40
Polpa vermelha	5,83±0,02	12,6±0,10	0,07±0,06	22,60±0,00	4,50±0,80	-3,5±0,40
Polpa laranja	5,64±0,04	10,6±0,10	0,05±0,00	24,90±0,10	4,60±0,30	2,40±0,60

#### 4.2.2. Características físico-químicas dos sumos

Na Tabela 13, está apresentada a caracterização físico-química dos produtos finais após serem submetidos ao tratamento térmico de pasteurização. De uma forma geral, as três formulações com polpa verde não apresentam grandes diferenças relativamente

aos diferentes parâmetros avaliados. O mesmo acontece para os sumos de polpa laranja e vermelha. No entanto, verifica-se que todas as formulações com polpa, sumo de uva e ácido cítrico apresentam menor percentagem de acidez total. Tal como se observou na polpa vermelha (Tabela 11), as formulações com este tipo de polpa têm o grau Brix mais elevado. Para além disso, a polpa verde com ácido cítrico também apresenta um grau Brix mais elevado. O pH de todos os sumos encontra-se abaixo de 4,2, garantido assim que o tratamento de pasteurização proporciona a segurança do produto final.

Tabela 13 – Características físico-químicas dos sumos

Formulações	pH	° Brix	%Acidez total	L*	Cor	
					a*	b*
PV+AC	3,90±0,01	15,17±0,12	0,40±0,01	32,70±0,00	-0,70±0,25	5,33±0,25
PV+SL	3,86±0,01	14,17±0,06	0,49±0,01	33,73±1,15	-2,13±0,12	6,37±0,15
PV+SU+AC	4,06±0,03	14,50±0,10	0,34±0,01	34,63±0,06	-1,77±0,06	5,87±0,40
PVL+AC	4,03±0,02	15,57±0,06	0,36±0,01	24,97±0,15	8,47±0,50	-0,30±0,17
PVL+SL	3,93±0,01	15,00±0,00	0,42±0,00	25,13±0,06	8,80±0,30	-0,13±0,83
PVL+SU+AC	4,00±0,01	15,07±0,06	0,29±0,01	24,90±0,44	6,73±0,21	-0,13±0,15
PL+AC	3,94±0,01	13,40±0,10	0,32±0,01	26,77±0,32	4,63±0,15	3,57±0,67
PL + SL	3,71±0,00	12,60±0,00	0,41±0,00	27,70±0,10	3,47±0,35	7,17±0,21
PL + SU + AC	3,84±0,02	13,80±0,10	0,29±0,01	26,80±0,00	2,43±0,21	4,63±0,32

**Nota:** PV – Polpa Verde; PVL – Polpa Vermelha; PL – Polpa Laranja; AC – Ácido Cítrico; SU – sumo de Uva; SL – Sumo de Limão

#### 4.2.3. Avaliação do tratamento de pasteurização e prova da estabilidade

Através do sistema de aquisição da ELLAB (modelo CTD 87, Suíça), registou-se a variação da temperatura, ao longo do tempo de pasteurização (minuto a minuto), do interior da embalagem dos diferentes sumos de figo-da-índia (Figura 18).

As unidades de pasteurização (UP) são usadas para validar a pasteurização. Não sendo possível identificar na pesquisa bibliográfica o micróbio de referência a ter em consideração nestas situações, e consequentemente os respetivos valores de D e z, optou-se pelas condições mais comumente utilizadas em situações idênticas de pasteurização de produtos à base de fruta, temperatura de referência de 80 °C e z de 7 °C. Assim, os valores de UP alcançados foram, respetivamente, 818, 374 e 395 para os

sumos de polpa laranja, verde e vermelha (ver cálculos no Anexo I). Para o menor valor de UP conseguido, 374, e considerando, por hipótese, um tempo de redução decimal de 10 minutos (valor exagerado) à temperatura de 80 °C ( $D_{80} = 10$  min), consegue-se reduzir a eventual carga microbiologia inicial ( $N_0$ )/embalagem em cerca de 37 ciclos decimais. Por outras palavras, a probabilidade de haver um micróbio de referência ( $T = 80$  °C e  $z = 7$  °C) que sobreviva a este tratamento é de  $N_0/10^{37}$ . Por isso, pode-se concluir que os tratamentos térmicos a que os sumos foram submetidos garantem a estabilidade microbiológica dos sumos nas condições normais em que deverão ser armazenados e comercializados, à temperatura ambiente, em local seco e ao abrigo da luz. Permite-nos ainda concluir que, dado o elevado número de reduções decimais conseguido, muito superior às 12 reduções decimais exigidas, por exemplo, em tratamentos de esterilização, o tempo de tratamento poderia ser reduzido, preservando assim as características qualitativas (organoléticas e nutricionais) dos sumos em natureza, sem comprometer a estabilidade microbiológica do produto.

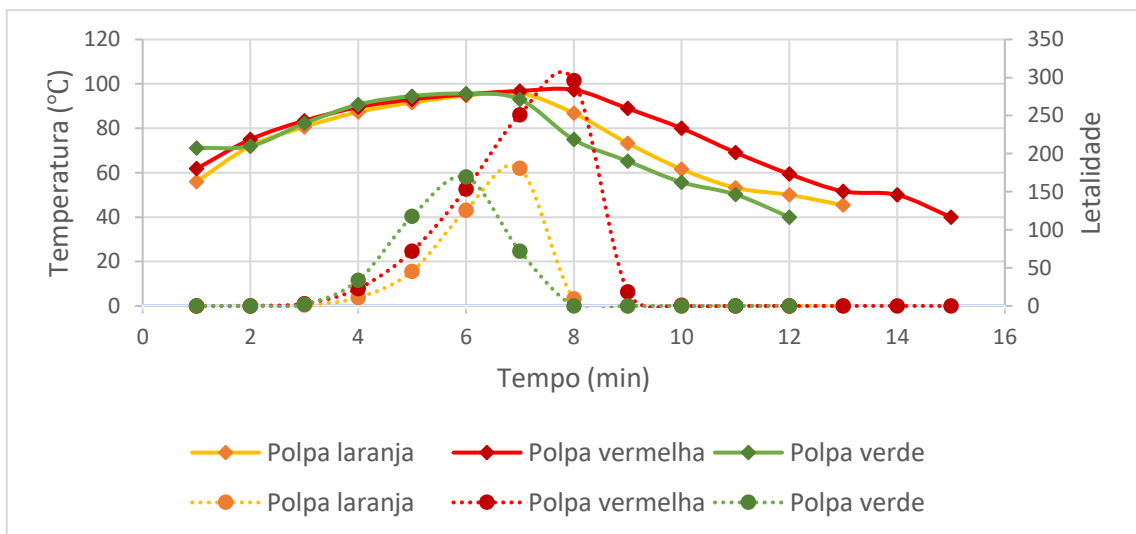


Figura 18 – Curvas de binómio tempo/temperatura (traço contínuo) e letalidade (traço descontínuo) aplicada aos diferentes sumos

Foi realizada a prova de estabilidade aos sumos pasteurizados, de acordo com a norma NP 4404-1:2002, na qual não foram verificadas alterações ao nível microbiológico, da cor ou consistência em nenhum dos sumos produzidos. Assim sendo, confirma-se que a pasteurização foi eficaz e o produto é estável quando armazenado à

temperatura ambiente. Nestas condições, pode ser considerado um produto com longo tempo de vida útil, ou seja, um ano ou superior.

#### 4.2.4. Avaliação sensorial dos sumos à base de figo-da-índia

Foram realizadas duas provas sensoriais dos sumos à base de figo-da-índia nas quais participaram, em cada uma delas, 30 provadores não treinados com idades compreendidas entre os 18 e 61 anos. Para ambas as provas, a maioria das pessoas são do sexo feminino (Figura 19 e Figura 20) e a faixa etária principal é de 20 a 29 anos (Figura 21 e Figura 22).

Relativamente às avaliações globais, foi usada uma escala de 1 a 9. No geral, não existem grandes diferenças nas classificações sendo que foram entre 5 e 8, valores ligeiramente acima da média (Figura 23). Na Figura 24 e na Figura 25, a avaliação global teve valores entre 5 e 7. Na Figura 25, observa-se que o sumo de polpa verde e sumo de limão teve um sabor pouco apreciado, pois obteve uma classificação abaixo da média (3 valores).

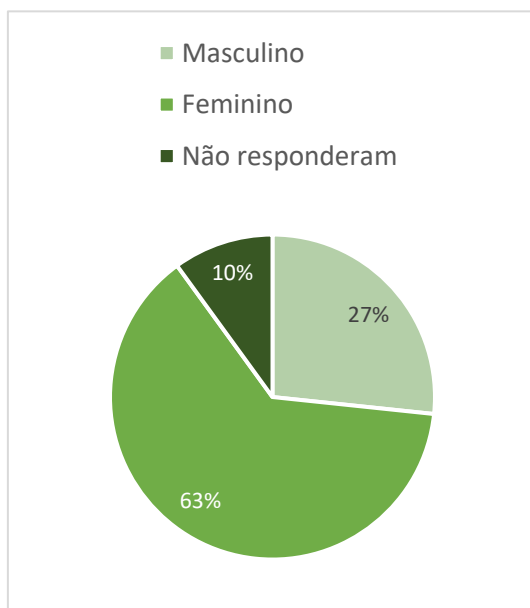


Figura 19 – Género dos provadores da prova sensorial dos sumos: polpa vermelha e laranja

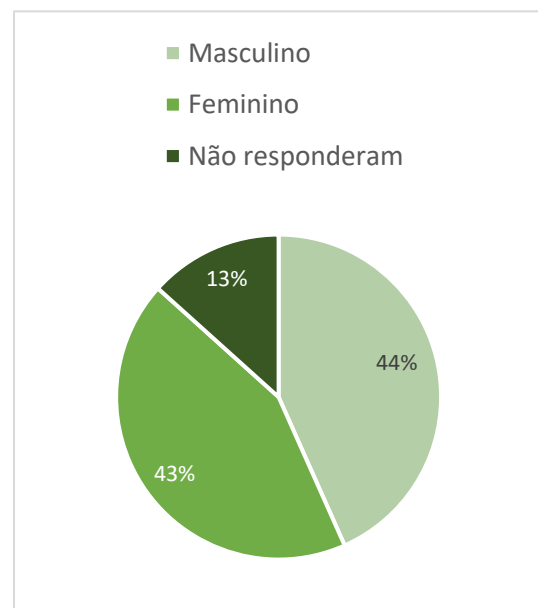


Figura 20 – Género dos provadores da prova sensorial dos sumos: polpa verde

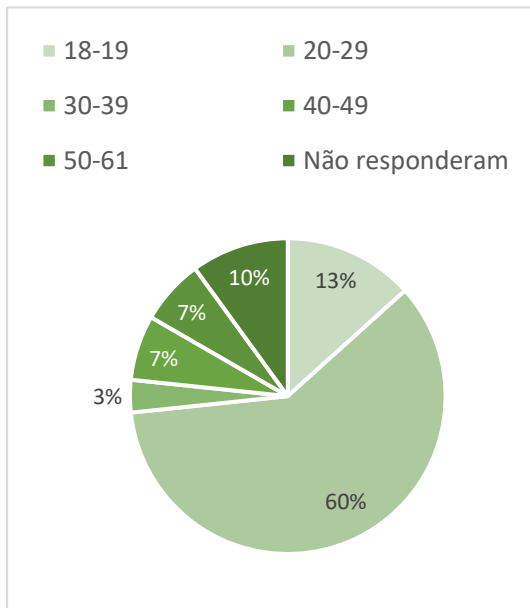


Figura 21 – Faixas etárias dos provedores da prova sensorial dos sumos: polpa vermelha e laranja

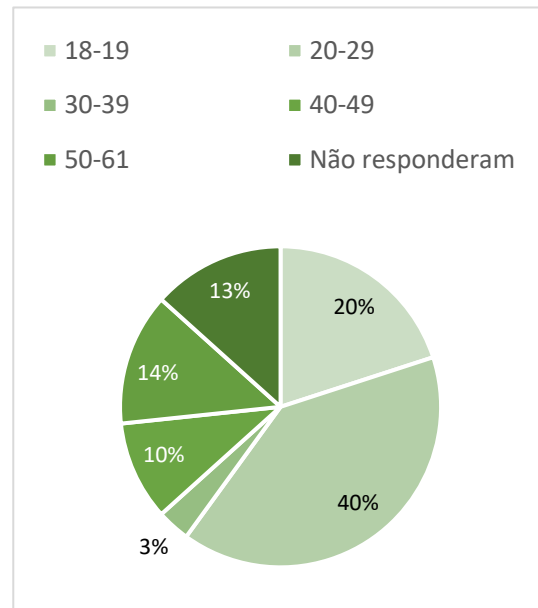


Figura 22 – Faixas etárias dos provedores da prova sensorial dos sumos: polpa verde

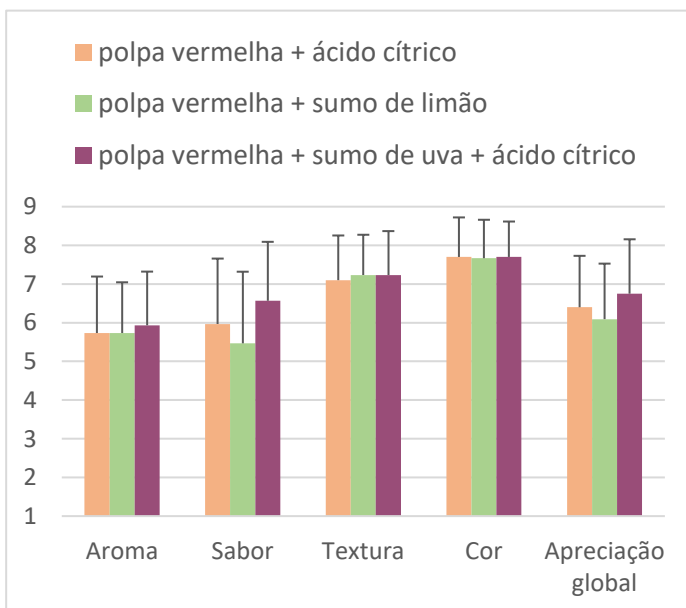


Figura 23 – Avaliação sensorial dos sumos de polpa vermelha

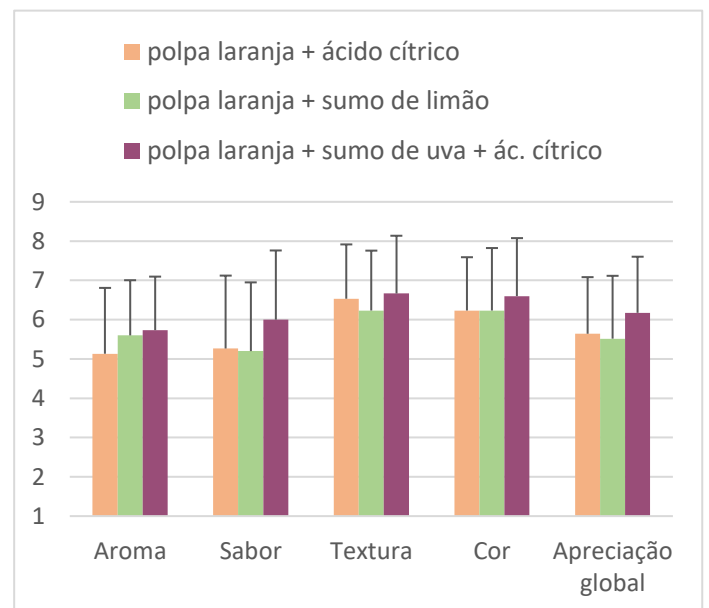


Figura 24 – Avaliação sensorial dos sumos de polpa laranja

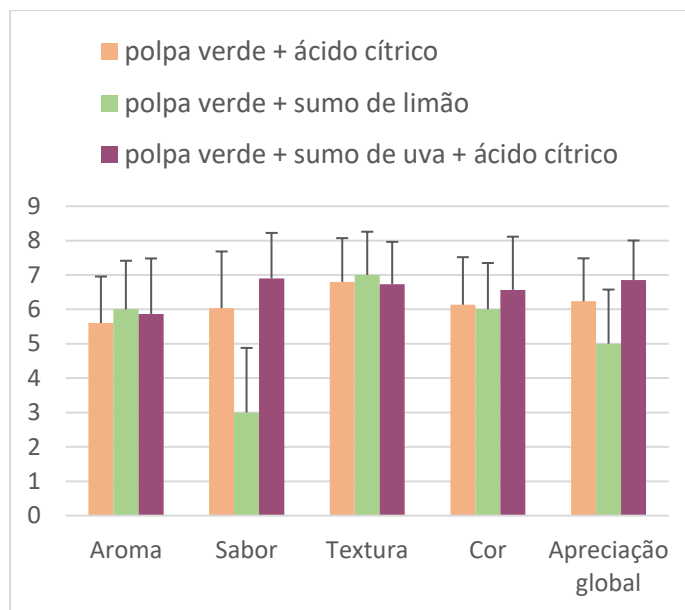


Figura 25 – Avaliação sensorial dos sumos de polpa verde

Não se verificam diferenças significativas entre os sumos produzidos com os diferentes tipos de polpa, relativamente à melhor formulação, pois para todos os sumos, o predileto foi o de polpa (verde, laranja e vermelha) com uva e ácido cítrico (Figura 26, Figura 27 e Figura 28). Nos sumos de polpas laranja e vermelha, a segunda formulação preferida foi a polpa com sumo de limão e a polpa com ácido cítrico foi a menos apreciada (Figura 26 e Figura 27). Como se pode observar na Figura 28, o sumo menos apreciado foi o produzido à base de polpa verde com sumo de limão.

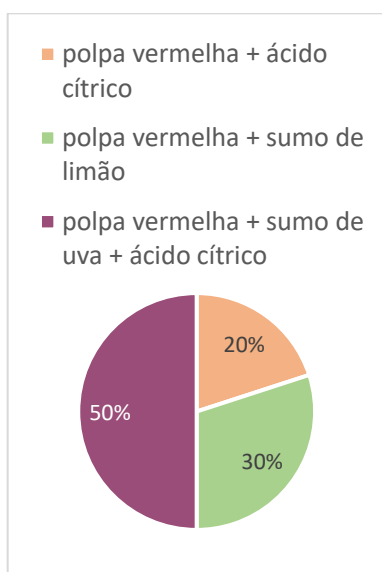


Figura 26 – Sumo de polpa vermelha mais apreciado

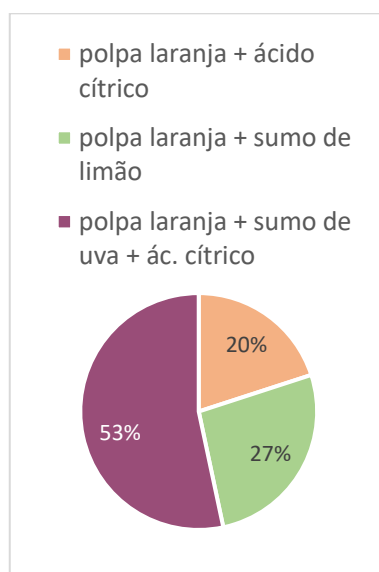


Figura 27 – Sumo de polpa laranja mais apreciado

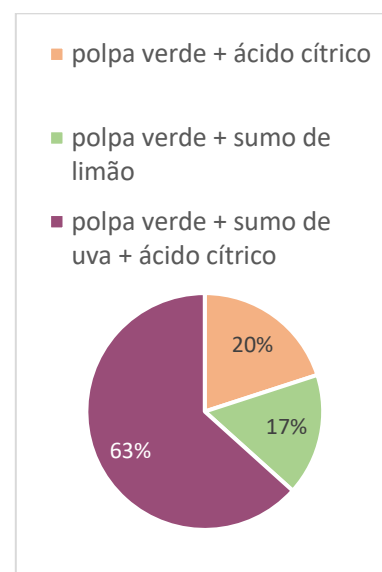


Figura 28 – Sumo de polpa verde mais apreciado

### 4.3. Gelados de iogurte

#### 4.3.1. Caracterização físico-química dos gelados de iogurte

##### 4.3.1.1. Ensaio 1

Numa primeira fase, testaram-se as formulações de gelados de iogurte com leite em pó magro e açúcar. Para este primeiro ensaio, monitorizou-se o pH, a temperatura e a acidez ao longo das três primeiras horas do processo de fermentação do iogurte (Figura 29 e Figura 30). Como se pode ver na Figura 29, temperatura baixou na primeira hora e depois aumentou nas duas horas seguintes. Esta diminuição pode dever-se ao facto da estufa ter demorado a atingir a temperatura desejada (42 °C) para a fermentação, pois esta não foi ligada previamente. O pH diminuiu durante as primeiras horas, no entanto menos do que o esperado e, por isso, o iogurte ficou a fermentar na estufa outras 3 horas.

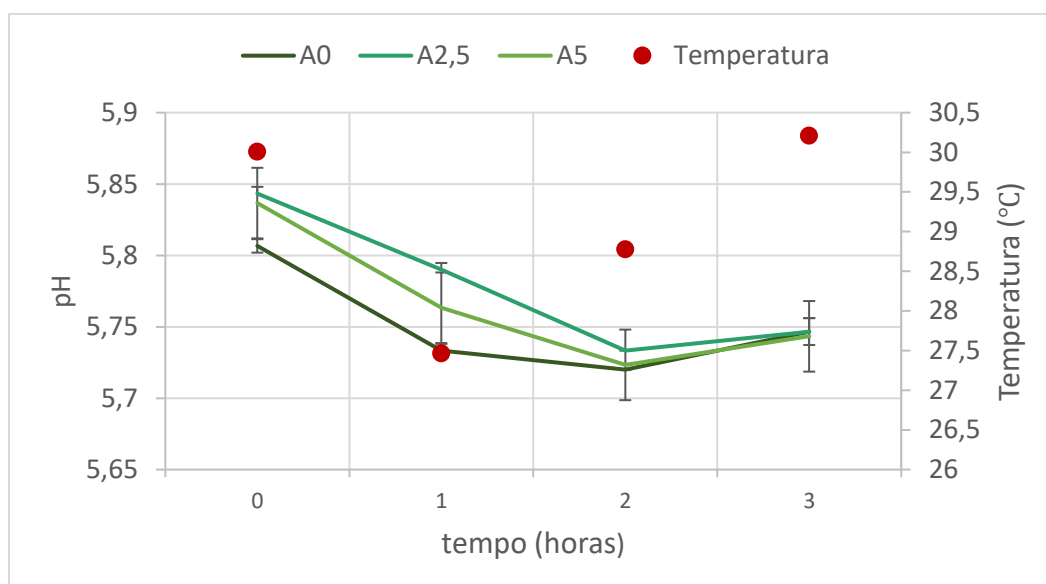


Figura 29 – pH e temperatura ao longo das primeiras três horas de fermentação (A0 – iogurte com 0% de inulina; A2,5 – iogurte com 2,5% de inulina; A5 – iogurte com 5% de inulina)

Na Figura 30, verifica-se que a acidez total da amostra A0 aumenta no início e depois mantém-se constante. Relativamente à amostra A2,5, este parâmetro aumenta ligeiramente na segunda hora e diminui na terceira hora. O teor de acidez total na amostra A5 diminui na primeira hora e depois aumentou nas duas horas seguintes.

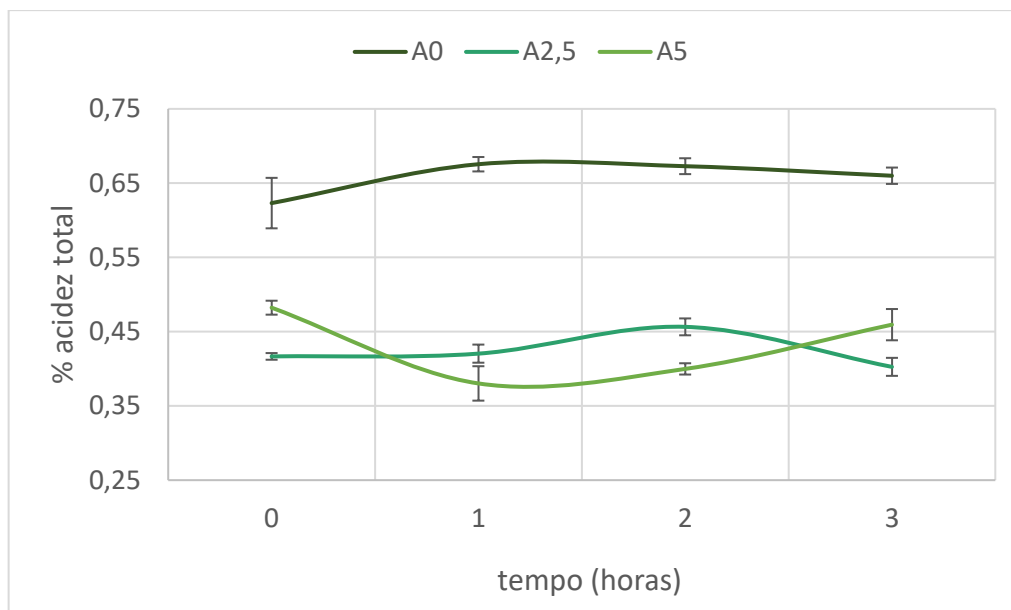


Figura 30 – Teor de acidez total ao longo das primeiras três horas de fermentação (A0 – iogurte com 0% de inulina; A2,5 – iogurte com 2,5% de inulina; A5 – iogurte com 5% de inulina)

Para este ensaio, apenas foi medido o pH das amostras antes da maturação, ou seja, após ter ficado 6 horas na estufa (42 °C) e após a maturação (0 °C), isto é, antes destas serem colocadas na máquina de gelados. Através da Tabela 14, é possível observar que o pH de todos os iogurtes diminui durante a maturação.

Tabela 14 – pH dos iogurtes antes e depois da maturação

%Inulina	pH (antes da maturação)	pH (depois da maturação)
<b>0</b>	5,26±0,00	4,77±0,02
<b>2,5</b>	5,48±0,00	4,49±0,04
<b>5</b>	5,41±0,00	4,40±0,01

Para além disto, foi determinada a percentagem de ar dos gelados. Relativamente a este parâmetro, a percentagem de ar dos gelados de iogurte com 0%, 2,5% e 5,0% foi, respetivamente, 28%, 7% e 2%.

Este primeiro ensaio não correu como esperado, pois os gelados não tinham boa consistência e não foi possível completar as análises, nomeadamente análise à textura.

#### 4.3.1.2. Ensaio 2

Numa segunda fase, testaram-se formulações com adição de leite em pó magro e açúcar (repetindo o ensaio 1), assim como outras com leite em pó magro e Simplesse™. O pH do iogurte antes da fermentação era de  $6,35 \pm 0,01$  para a formulação com Simplesse™ (A1) e  $6,36 \pm 0,01$  sem Simplesse™ (A2). A partir iogurtes A1 e A2, produziram-se três misturas com diferentes percentagens de inulina (0,0%; 2,5%; 5,0%).

Na Tabela 15, apresenta-se a caracterização físico-química dos gelados de iogurte. As amostras A1 com 0% e 5% de inulina apresentam maior pH do que as A2, no entanto a as amostras com 2,5% tem pH muito similar. Em relação ao teor de acidez total, este é sempre mais elevado nos gelados com Simplesse™ (A1). Verifica-se, tanto no gelado com como no sem Simplesse™, que o teor de cinzas vai diminuído e o extrato seco aumentando, à medida que se aumenta a concentração de inulina. Os parâmetros da cor não diferem muito entre os diferentes tipos de gelados com exceção do parâmetro  $b^*$  que é ligeiramente mais elevado no gelado A1 com 2,5% de inulina, ou seja, este tem uma tonalidade ligeiramente mais amarela.

Tabela 15 – Caracterização físico-química dos gelados de iogurte

%Inulina	Com Simplesse™ (A1)			Sem Simplesse™ (A2)		
	0	2,5	5	0	2,5	5
<b>pH</b>	$4,65 \pm 0,01$	$4,61 \pm 0,00$	$4,83 \pm 0,00$	$4,56 \pm 0,01$	$4,62 \pm 0,00$	$4,72 \pm 0,00$
<b>%Acidez total</b>	$0,77 \pm 0,00$	$0,74 \pm 0,01$	$0,68 \pm 0,01$	$0,72 \pm 0,02$	$0,66 \pm 0,02$	$0,66 \pm 0,03$
<b>%Extrato seco</b>	$18,77 \pm 0,18$	$21,22 \pm 0,16$	$24,73 \pm 0,44$	$17,93 \pm 0,44$	$18,49 \pm 0,19$	$19,60 \pm 0,10$
<b>%Cinzas</b>	$1,36 \pm 0,69$	$0,98 \pm 0,04$	$0,91 \pm 0,07$	$0,91 \pm 0,02$	$0,87 \pm 0,01$	$0,81 \pm 0,01$
<b>L*</b>	$89,90 \pm 0,08$	$85,73 \pm 0,12$	$87,37 \pm 0,06$	$86,10 \pm 0,20$	$87,3 \pm 0,10$	$87,93 \pm 0,15$
<b>a*</b>	$-4,17 \pm 0,24$	$-4,50 \pm 0,20$	$-4,10 \pm 0,10$	$-4,03 \pm 0,32$	$-3,7 \pm 0,10$	$-3,73 \pm 0,01$
<b>b*</b>	$7,27 \pm 0,12$	$9,73 \pm 0,32$	$8,43 \pm 0,12$	$7,7 \pm 0,20$	$7,1 \pm 0,10$	$6,43 \pm 0,21$

As diferentes texturas dos gelados de iogurte encontram-se apresentadas na Tabela 16. Para os gelados tanto com Simplesse™ como sem Simplesse™, as formulações com 2,5% de inulina apresentam uma maior dureza assim como uma menor adesividade. Daí se pode concluir que os gelados de iogurte com 2,5% de inulina são mais firmes e possuem as melhores características a nível de textura.

Tabela 16 – Textura das diferentes formulações de gelados de iogurte

	Com Simplesse™ (A1)			Sem Simplesse™ (A2)		
	0	2,5	5	0	2,5	5
<b>Inulina (%)</b>	0	2,5	5	0	2,5	5
<b>Dureza (N)</b>	0,92	2,70	1,03	1,53	2,88	0,71
<b>Adesividade (N)</b>	-0,22	-0,34	-0,41	-0,30	-0,38	-0,24

Na Tabela 17, encontram-se os valores referentes a viscosidade dos gelados. Tal como se pode verificar, quanto maior o torque maior a viscosidade dos gelados de iogurte. Para os gelados Simplesse™, a amostra com maior viscosidade é a da formulação com 0% de inulina e para o gelado sem Simplesse™ a da formulação com 5% de inulina.

Tabela 17 – Valores de viscosidade dos gelados de iogurte

	Com Simplesse™ (A1)			Sem Simplesse™ (A2)		
	0	2,5	5	0	2,5	5
<b>%Inulina</b>	0	2,5	5	0	2,5	5
<b>Torque (%)</b>	54	44,6	33	14,7	27,9	34,6
<b>Temperatura (°C)</b>	-1,9	-1,9	-1,7	-1,7	-1,9	-1,8
<b>Viscosidade (Cp)</b>	10,8	8,92	6,08	2,94	5,58	6,92

#### 4.3.2. Avaliação microbiológica dos gelados de iogurte

O teor de bactérias lácticas nos gelados de iogurte com Simplesse™ encontra-se representado na Figura 31.

Para os gelados com 0 e 2,5% de inulina, este parâmetro tem um valor na ordem de 6 log<sub>10</sub> ufc/mg de gelado de iogurte e para os gelados com 5% de inulina na ordem dos 7 log<sub>10</sub> ufc/mg de gelado de iogurte. O teor de *Streptococcus thermophilus* não se encontra representado, uma vez que, este critério apresentou valores superiores a 300 colónias em todas as placas, para todas as diluições das amostras com 0% e 2,5% de inulina. Nestas condições poderemos considerar que o teor de *Streptococcus thermophilus* era superior a 8 log<sub>10</sub> ufc/mg. A amostra com 5% de inulina não apresentou nenhuma colónia *Streptococcus thermophilus*. Isto pode ser devido a algum erro durante a inoculação das placas.

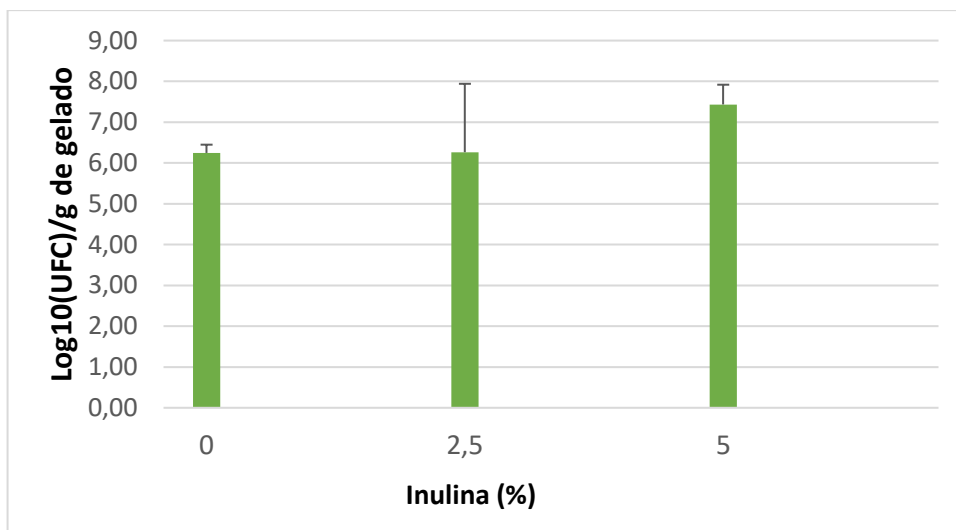


Figura 31 – Teor de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* nos gelados de iogurte com Simplese™

Na Figura 32, observa-se que os gelados de iogurte sem Simplese™ apresentam um teor de bactérias lácticas de cerca de 6,5 log<sub>10</sub> ufc/mg de gelado de iogurte quando não tem inulina na formulação e 7 log<sub>10</sub> ufc/mg de gelado de iogurte quando existe inulina (seja 2,5% ou 5%). As amostras com 0% e 2,5% de inulina apresentam um teor de *Streptococcus thermophilus* de cerca de 8 log<sub>10</sub> Ufc/mg de gelado de iogurte. Tal como aconteceu no ensaio com simplese (A1), a amostra com 5% de inulina não apresentou nenhuma colónia *Streptococcus thermophilus*.

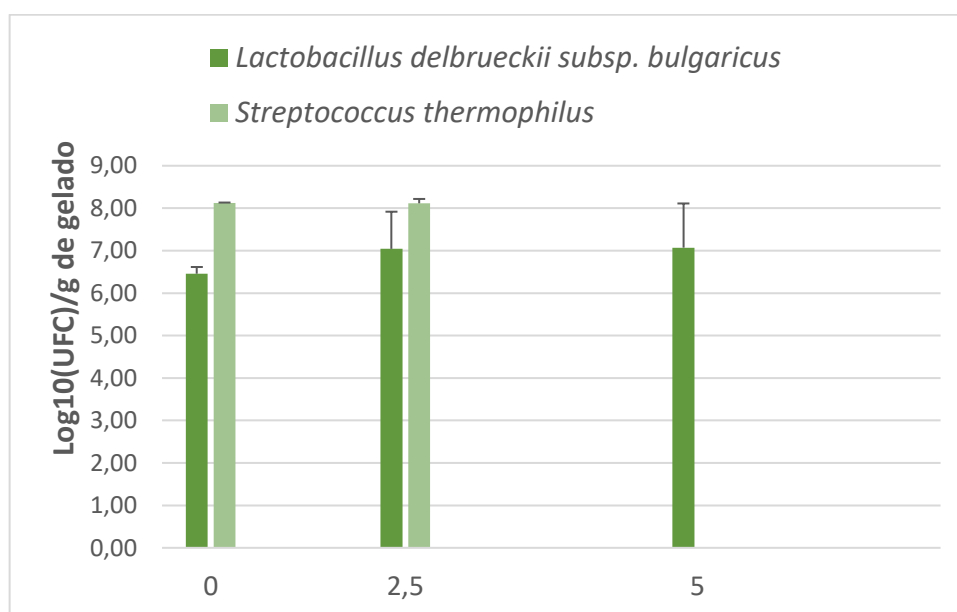


Figura 32 – Teor de bactérias lácticas e bolores e leveduras nos gelados de iogurte sem Simplese™

### 4.3.3. Avaliação sensorial dos gelados de iogurte

#### 4.3.3.1. Ensaio 1

Os resultados da avaliação sensorial dos gelados de iogurte do primeiro ensaio encontram-se na Figura 33. No geral, os gelados de iogurte sem inulina foram os mais apreciados e têm uma apreciação global de 3,5 numa escala de 1 a 5. Os gelados com 5% de inulina obtiveram uma apreciação global abaixo da média de cerca de 2,3.

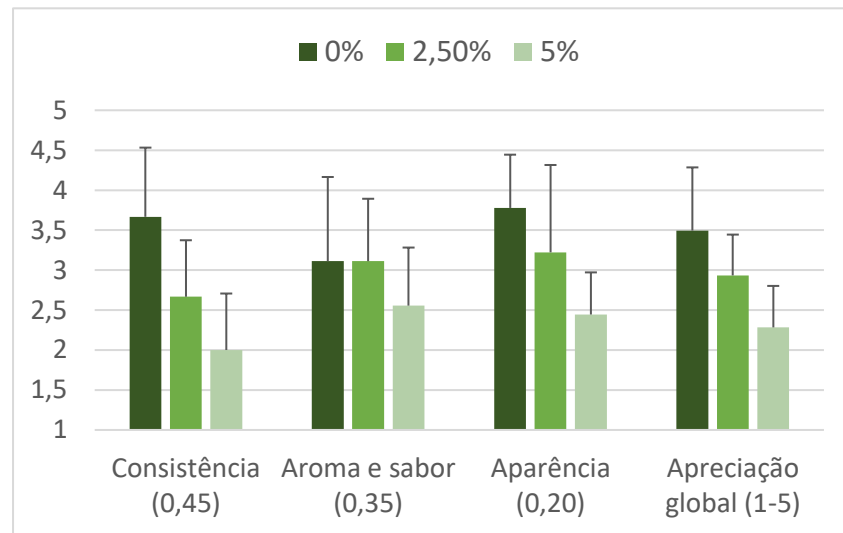


Figura 33 – Avaliação sensorial dos gelados de iogurte do ensaio 1

#### 4.3.3.2. Ensaio 2

Tal como se pode verificar na Figura 34, de uma forma geral, os gelados de iogurte com Simplese™ obtiveram classificações similares em todos os critérios. No entanto, o gelado com 2,5% de inulina foi o mais apreciado pela sua consistência e obteve a apreciação global de cerca de 2,8 numa escala de 1 a 5.

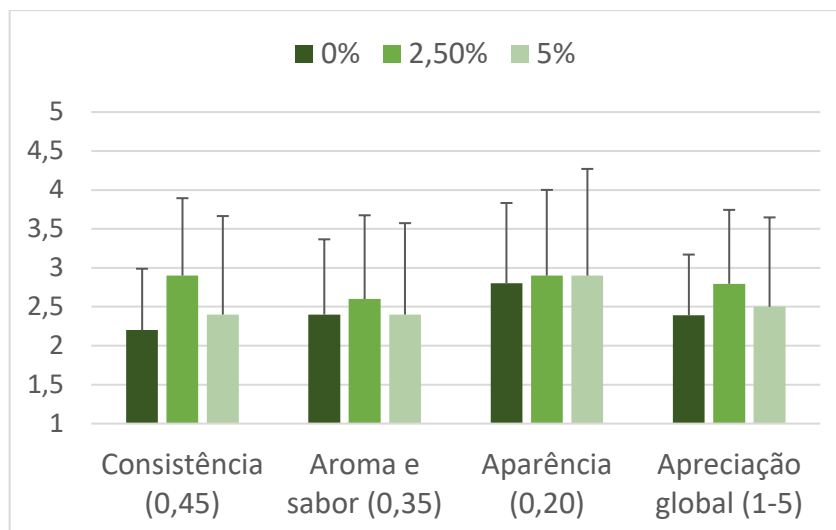


Figura 34 – Avaliação sensorial dos gelados de iogurte com Simplese™

Todos os gelados sem Simplese™ foram mais apreciados do que os gelados com Simplese™. Dentro dos produtos sem Simplese™, o mais apreciado pelos provadores foi o que continha 2,5% de inulina (Figura 35). Este produto obteve uma apreciação global de 3,2 destacando-se pelos seus sabor e aroma.

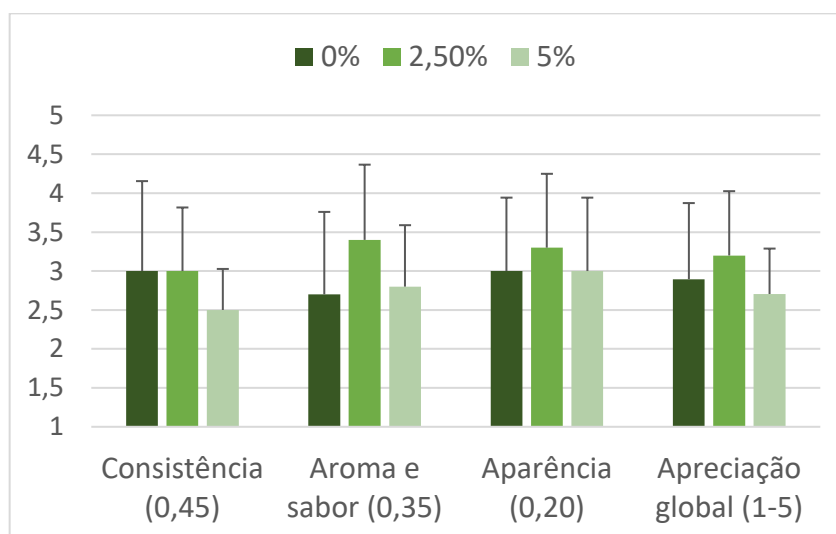


Figura 35 – Avaliação sensorial dos gelados de iogurte sem Simplese™

## 5. Conclusão

As características físico-químicas dos diferentes tipos pickles obtidos por fermentação láctica assim como por acidificação artificial não apresentam grandes diferenças entre si, uma vez que, a fermentação não decorreu como esperado. Os pickles colocados em salmoura foram colocados em vinagre e acabaram por sofrerem acidificação artificial. O único parâmetro que difere será a textura, sendo os pickles

produzidos por fermentação láctica mais moles do que os produzidos por acidificação artificial. Foi feita uma avaliação sensorial apenas para os pickles obtidos por acidificação artificial sendo que, os provadores avaliaram os diferentes produtos com classificações similares. Devido a isto, a produção deste produto apresenta uma vantagem do ponto de vista económico, pois seria viável produzir pickles com o vinagre mais barato.

De uma forma geral, todos os sumos tiveram uma boa aceitação por parte dos inquiridos. Independentemente do tipo de polpa, as formulações com sumo de uva e ácido cítrico foram as mais apreciadas.

Os gelados de iogurte sem Simplese™ com 2,5% de inulina foram os mais apreciados sensorialmente. De um ponto de vista físico-químico, os iogurtes têm características parecidas, diferindo apenas ao nível da textura, apresentando-se como mais firmes os gelados com 2,5% de inulina.

Pode-se concluir deste projeto que a figueira-da-índia é uma planta que pode ser aproveitada e usada na produção de diversos produtos com uma boa aceitação por parte dos consumidores. Futuramente, seria interessante completar este estudo através do melhoramento das formulações dos pickles, assim como dos sumos.

## 6. Referências Bibliográficas

- Akin, M. B., Akin, M. S., Kirmaci, Z. (2007). Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. *Food Chem.*, 104, 93–99.
- Al Juhaimi, F., Özcan, M. M., Uslu, N., Ghafoor, K., & Babiker, E. E. (2018). Effect of microwave heating on phenolic compounds of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) seeds. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), 1–6. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13437>
- Allegra, A., Inglese, P., Sortino, G., Settanni, L., Todaro, A., & Liguori, G. (2016). The influence of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating on the quality of “Hayward” kiwifruit slices. *Postharvest Biology and Technology*, 120, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.05.011>
- Allegra, A., Sortino, G., Inglese, P., Settanni, L., Todaro, A., & Gallotta, A. (2017). The effectiveness of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating on post-harvest maintenance of ‘Dottato’ fig (*Ficus carica* L.) fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, 12(April), 135–141. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.04.010>
- Andreu-Coll, L., Cano-Lamadrid, M., Sendra, E., Carbonell-Barrachina, Á., Legua, P., & Hernández, F. (2019). Fatty acid profile of fruits (pulp and peel) and cladodes (young and old) of prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] from six Spanish cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 84(August), 103294. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103294>
- Bakour, M., Al-Waili, N., El-Haskoury, R., El-Menyiy, N., Al-Waili, T., Al-Waili, A., & Lyoussi, B. (2017). Comparison of hypotensive, diuretic and renal effects between cladodes of *Opuntia ficus-indica* and furosemide. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10(9), 900–906. <https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2017.08.016>
- Bayar, N., Kriaa, M., & Kammoun, R. (2016). Extraction and characterization of three polysaccharides extracted from *Opuntia ficus indica* cladodes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 92, 441–450. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.07.042>
- Binstead, Raymond; Devey, James D.; Dakin, J. C. (1971). *Pickles & sauce making* (3ª edição). London: Food Trade Press.
- Chandan, Ramesh C.; Gandhi, Akanksha; Shah, N. P. (2017). Chapter 1 - Yogurt: Historical Background, Health Benefits, and Global Trade. In Academic Press (Ed.), *Yogurt in Health and Disease Prevention* (Nagendra P, pp. 3–29). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805134-4.00001-8>
- COMPAL. (2020). Figo Piteira do Alentejo. Retrieved November 9, 2020, from <https://www.compal.pt/frutologia/produtos/sumos-nectares/origens/figo-piteira/>

- de Oliveira, M. N. (2014). FERMENTED MILKS | Fermented Milks and Yogurt. In *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition)* (pp. 908–922). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00121-X>
- Diálogos do bosque. (2019). Produtos. Retrieved September 7, 2020, from <https://dialogosdobosque.pt/produtos/>
- El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M. S., ... Cherkaoui-Malki, M. (2014). Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules*, *19*(9), 14879–14901. <https://doi.org/10.3390/molecules190914879>
- El-Shahat, M. S., Rabie, M. A., Ragab, M., & Siliha, H. I. (2019). Changes on physicochemical and rheological properties of biscuits substituted with the peel and alcohol-insoluble solids (AIS) from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). *Journal of Food Science and Technology*, *56*(8), 3635–3645. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03805-7>
- FAO. (2013). *Agro-industrial utilization of cactus pear*. Rome.
- Farag, M. A., Maamoun, A. A., Ehrlich, A., Fahmy, S., & Wesjohann, L. A. (2017). Assessment of sensory metabolites distribution in 3 cactus *Opuntia ficus-indica* fruit cultivars using UV fingerprinting and GC/MS profiling techniques. *LWT - Food Science and Technology*, *80*, 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.014>
- Fellows, P. J. (2009). *Food Processing Technology: Principles and Practice* (Third Edit). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.
- Ferreira, A., Candeias, D., Coelho, I. S., Passarinho, J. A., Alves, J. C. R., Andrada, L. C., ... Reis, P. (2016). *A cultura da Figueira-da-índia e a Valorização Agroindustrial do Fruto*.
- Gheribi, R., Puchot, L., Verge, P., Jaoued-Grayaa, N., Mezni, M., Habibi, Y., & Khwaldia, K. (2018). Development of plasticized edible films from *Opuntia ficus-indica* mucilage: A comparative study of various polyol plasticizers. *Carbohydrate Polymers*, *190*(December 2017), 204–211. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.02.085>
- Goff, H. D. (2018). Ice Cream and Frozen Desserts: Product Types. In *Reference Module in Food Science*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00833-7>
- ISO 7889. (2003). *Yogurt — Enumeration of characteristic microorganisms — Colony-count technique at 37 °C*.
- Khatabi, O., Hanine, H., Elothmani, D., & Hasib, A. (2016). Extraction and determination of polyphenols and betalain pigments in the Moroccan Prickly pear fruits (*Opuntia ficus indica*). *Arabian Journal of Chemistry*, *9*, S278–S281. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.04.001>
- Lopez, A. (1987). *A complete course in canning and related processes* (12ª edição; Book III - Processing procedures for canned food products, Ed.). Baltimore, Mariland USA: The Canning Trade INC.

- Marin-Bustamante, M. Q., Chanona-Pérez, J. J., Guemes-Vera, N., Arzate-Vázquez, I., Perea-Flores, M. J., Mendoza-Pérez, J. A., ... Casarez-Santiago, R. G. (2018). Evaluation of physical, chemical, microstructural and micromechanical properties of nopal spines (*Opuntia ficus-indica*). *Industrial Crops and Products*, 123(July), 707–718. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.030>
- Milani, E. ; Koocheki, A. (2011). The effects of date syrup and guar gum on physical, rheological and sensory properties of low fat frozen yoghurt dessert. *International Journal of Dairy Technology*. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00631.x>.
- Nabais, R. M., & Malcata, F. X. (1995). Optimizing a lactic fermentation of sliced carrots.pdf. *Journal of Food Processing and Preservation*, 19(6), 427–449. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1995.tb00305.x>
- Nabais, R. M., Vieira, C., Malcata, F. X., & Antonio, R. (1996). *Modelling the Transport of Lactic Acid, Sodium Chloride and Reducing Sugars in Carrot Slices Submerged in Brines - Part I. Univariate Approach*. 28.
- NP 3293. (2008). *Gelados alimentares e misturas embaladas para congelar: definição, classificação, características, embalagem, conservação e rotulagem* (3ª edição).
- NP 4404-01. (2002). *Microbiologia alimentar; Conservas; Parte 1: Apreciação da estabilidade. Provas de estufa (Método corrente)*.
- Palka, A., Palich, P. (2008). Influence of temperature fluctuation on some quality properties of ice cream. *Acta Agrophysica*. <https://doi.org/10.1016/j.acta.2008.03.003>
- Palmeri, R., Parafati, L., Restuccia, C., & Fallico, B. (2018). Application of prickly pear fruit extract to improve domestic shelf life, quality and microbial safety of sliced beef. *Food and Chemical Toxicology*, 118(April), 355–360. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.05.044>
- Petruzzi, Leonardo; Campaniello, Daniela; Speranza, Barbara; Corbo, Maria Rosaria; Sinigaglia, Milena; Bevilacqua, A. (2017). Thermal Treatments for Fruit and Vegetable Juices and Beverages: A Literature Overview. In Institute of Food Technologists (Ed.), *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Volume16, ed.). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12270>
- Ramírez-Moreno, E., Córdoba-Díaz, D., de Cortes Sánchez-Mata, M., Díez-Marqués, C., & Goñi, I. (2013). Effect of boiling on nutritional, antioxidant and physicochemical characteristics in cladodes (*Opuntia ficus indica*). *LWT - Food Science and Technology*, 51(1), 296–302. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.10.005>
- Ray, R. C., & Studies, E. (2014). *Lactic Acid Fermentation of Vegetables and Fruits*. (November). <https://doi.org/10.13140/2.1.2374.1127>
- Regulamento da Comissão (CE) nº 2073. (2005). *relativos a critérios microbiológicos dos géneros alimentícios*.
- Rocchetti, G., Pellizzoni, M., Montesano, D., & Lucini, L. (2018). Italian opuntia ficus-indica cladodes as rich source of bioactive compounds with health-promoting properties. *Foods*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/foods7020024>

- Sadok, H., Hamid, G., Bey, H., & Souad, H. (2019). Evolution of Bioactive Components of Prickly Pear Juice (*Opuntia ficus indica*) and Cocktails with Orange juice. *Nature et Technologie*.
- Salehi, E., Emam-Djomeh, Z., Askari, G., & Fathi, M. (2019). *Opuntia ficus indica* fruit gum: Extraction, characterization, antioxidant activity and functional properties. *Carbohydrate Polymers*, 206(October 2018), 565–572. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.11.035>
- Tutone, M., Virzì, A., & Almerico, A. M. (2018). Reverse screening on indicaxanthin from *Opuntia ficus-indica* as natural chemoactive and chemopreventive agent. *Journal of Theoretical Biology*, 455, 147–160. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2018.07.017>
- Vida Rural. (2018). Nem só de frutos vive a figueira-da-índia. Retrieved September 7, 2020, from <https://www.vidarural.pt/producao/nem-so-de-frutos-vive-a-figueira-da-india/>
- Zafra-Rojas, Q. Y., Cruz-Cansino, N., Ramírez-Moreno, E., Delgado-Olivares, L., Villanueva-Sánchez, J., & Alanís-García, E. (2013). Effects of ultrasound treatment in purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(5), 1283–1288. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.01.021>

## Anexos

### Anexo I – Cálculo das unidades de pasteurização para os sumos de polpa vermelha

A título de exemplo, na Tabela 18, encontra-se apresentado a forma como estes valores foram calculados para a polpa vermelha, sendo que foi utilizada a regra dos trapézios ( $UP = \sum L * \Delta t$ ). Neste caso, o tratamento de pasteurização aplicado é equivalente a 818 minutos à temperatura de referência (80 °C). Os valores da letalidade (L) foram calculados através da fórmula seguinte:

$$L = 10^{(T-T_{ref})/z}, \text{ sendo } T_{ref} = 80 \text{ °C e } z = 7 \text{ °C}$$

T – temperatura do produto; T ref – temperatura de referência

Tabela 18 – Determinação das UP para o sumo de polpa vermelha

	0	3,98E-128
	1	1,93E-01
	2	3,06E+00
	3	2,28E+01
	4	7,20E+01
	5	1,53E+02
	6	2,51E+02
<b>Valores de L</b>	7	2,96E+02
	8	1,87E+01
	9	1,00E+00
	10	2,77E-02
	11	1,14E-03
	12	8,77E-05
	13	5,18E-05
	14	1,93E-06
<b>UP</b>	$\sum L * \Delta t =$	8,18E+02

Anexo II – Análise sensorial de pickles por acidificação artificial de palma de figueira-da-índia

Nome:	Idade:	Sexo:
Agradecemos que nos indique a sua concordância relativamente ao tratamento e divulgação dos resultados desta prova: ___ Sim ___ Não		

**ANÁLISE SENSORIAL DE PICKLES DE PALMA DE FIGUEIRA-DA-ÍNDIA**

No âmbito de um trabalho de mestrado em engenharia alimentar realizaram-se ensaios de produção de pickles de palma de figueira-da-índia usando-se diferentes tipos de vinagre.

Dispõe de 3 amostras com diferentes. Pedimos-lhe para as classificar de acordo com a seguinte escala:

Desgosto extremamente	Desgosto muito	Desgosto moderadamente	Desgosto ligeiramente	Não gosto nem desgosto	Gosto ligeiramente	Gosto moderadamente	Gosto muito	Gosto extremamente
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Por favor, avalie as amostras em relação aos seguintes parâmetros:

AMOSTRA	AROMA	SABOR	TEXTURA	COR	APRECIÇÃO GLOBAL
568					
214					
607					

Solicitamos-lhe também que indique a sua preferência relativamente às amostras: (caso não encontre diferenças entre amostras assinale as que considera iguais)

**GOSTEI MAIS** \_\_\_\_\_ **GOSTEI MENOS**

Obrigado pela sua colaboração

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

Agradecemos que nos indique a sua concordância relativamente ao tratamento e divulgação dos resultados desta prova: Sim Não

### ANÁLISE SENSORIAL DE PICLES DE PALMA DE FIGUEIRA-DA-ÍNDIA

No âmbito de um trabalho de mestrado em engenharia alimentar realizaram-se ensaios de produção de picles de palma de figueira-da-índia usando-se diferentes tipos de vinagre.

Dispõe de 3 amostras com diferentes. Pedimos-lhe para as classificar de acordo com a seguinte escala:

Desgosto extremamente	Desgosto muito	Desgosto moderadamente	Desgosto ligeiramente	Não gosto nem desgosto	Gosto ligeiramente	Gosto moderadamente	Gosto muito	Gosto extremamente
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Por favor, avalie as amostras em relação aos seguintes parâmetros:

AMOSTRA	AROMA	SABOR	TEXTURA	COR	APRECIÇÃO GLOBAL
568					
214					
607					

Solicitamos-lhe também que indique a sua preferência relativamente às amostras: (caso não encontre diferenças entre amostras assinale as que considera iguais)

**GOSTEI MAIS** \_\_\_\_\_ **GOSTEI MENOS**

Obrigado pela sua colaboração

### Anexo III – Análise sensorial dos sumos à base de polpa de figo-da-índia

Nome:	Idade:	Sexo:
Agradecemos que nos indique a sua concordância relativamente ao tratamento e divulgação dos resultados desta prova:    Sim    Não		

#### ANÁLISE SENSORIAL DE SUMOS DE FIGO-DA-ÍNDIA

No âmbito de um trabalho de Mestrado em Engenharia Alimentar e de Licenciatura em Tecnologia Alimentar realizaram-se ensaios de produção de sumos de figo-da-índia usando-se diferentes formulações.

Dispõe de 3 amostras com diferentes. Pedimos-lhe para as classificar de acordo com a seguinte escala:

Desgosto extremamente	Desgosto muito	Desgosto moderadamente	Desgosto ligeiramente	Não gosto nem desgosto	Gosto ligeiramente	Gosto moderadamente	Gosto muito	Gosto extremamente
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Por favor, avalie as amostras em relação aos seguintes parâmetros:

AMOSTRA	AROMA	SABOR	TEXTURA	COR	APRECIÇÃO GLOBAL
845					
365					
501					

Solicitamos-lhe também que indique a sua preferência relativamente às amostras:

**GOSTEI MAIS** \_\_\_\_\_ **GOSTEI MENOS**

Obrigado pela sua colaboração

## ANÁLISE SENSORIAL DE SUMOS DE FIGO-DA-ÍNDIA

Nome:	Idade:	Sexo:
Agradecemos que nos indique a sua concordância relativamente ao tratamento e divulgação dos resultados desta prova:    Sim    Não		

No âmbito de um trabalho de mestrado em engenharia alimentar e de licenciatura em tecnologia alimentar realizaram-se ensaios de produção de sumos de figo-da-índia usando-se diferentes formulações.

Dispõe de 3 amostras com diferentes. Pedimos-lhe para as classificar de acordo com a seguinte escala:

Desgosto extremamente	Desgosto muito	Desgosto moderadamente	Desgosto ligeiramente	Não gosto nem desgosto	Gosto ligeiramente	Gosto moderadamente	Gosto muito	Gosto extremamente
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Por favor, avalie as amostras em relação aos seguintes parâmetros:

AMOSTRA	AROMA	SABOR	TEXTURA	COR	APRECIÇÃO GLOBAL
714					
402					
153					

Solicitamos-lhe também que indique a sua preferência relativamente às amostras:

**GOSTEI MAIS** \_\_\_\_\_ **GOSTEI MENOS**

Obrigado pela sua colaboração

## Anexo IV – Análise sensorial dos gelados de iogurte

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

Agradecemos que nos indique a sua concordância relativamente ao tratamento e divulgação dos resultados desta prova: Sim Não

### ANÁLISE SENSORIAL DE IOGURTES GELADOS

Realizou-se a produção de iogurtes gelados usando gel de palma e polpa de fruto de figueira-da-índia testando-se três formulações diferentes.

Pede-se aos participantes para avaliar com uma escala de 1 a 5 (1 = desgosto muito e 5= gosto muito) os seguintes parâmetros: consistência, aparência, aroma, sabor e apreciação global, na ordem indicada. Dispõe de um copo de água para limpar o palato entre as amostras.

#### AMOSTRA: 632

PARÂMETROS	1 (Desgosto muito)	2 (Desgosto)	3 (Nem gosto nem desgosto)	4 (Gosto)	5 (Gosto muito)
Consistência					
Aparência					
Aroma					
Sabor					
Apreciação global					

#### AMOSTRA: 707

PARÂMETROS	1 (Desgosto muito)	2 (Desgosto)	3 (Nem gosto nem desgosto)	4 (Gosto)	5 (Gosto muito)
Consistência					
Aparência					
Aroma					
Sabor					
Apreciação global					

#### AMOSTRA: 574

PARÂMETROS	1 (Desgosto muito)	2 (Desgosto)	3 (Nem gosto nem desgosto)	4 (Gosto)	5 (Gosto muito)
Consistência					
Aparência					
Aroma					
Sabor					
Apreciação global					

De qual amostra gostou mais?

De qual amostra gostou menos?

Comentários: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Obrigado pela sua colaboração