

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia de Alimentos

Caroline dos Santos Lima

Mistura em pó para sorbet de morango

Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em ciências.

São Paulo

2021

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica

Área de Tecnologia de Alimentos

Mistura em pó para *sorbet* de morango

Versão corrigida

Caroline dos Santos Lima

Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em ciências.

Área de concentração: Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica.

Orientador: Prof(a). Dr(a) Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meioconvencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica elaborada eletronicamente pelo autor, utilizando o programa desenvolvido pela Seção Técnica de Informática do ICMC/USP e adaptado para a Divisão de Biblioteca e Documentação do Conjunto das Químicas da USP

Bibliotecária responsável pela orientação de catalogação da publicação: Marlene Aparecida Vieira - CRB - 8/5562

L732m Lima, Caroline dos Santos
Mistura em pó para sorbet de morango / Caroline dos Santos Lima. - São Paulo, 2021.
115 p.

Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica.

Orientador: Lannes, Suzana Caetano da Silva

1. Gelado comestível . 2. Fibras na dieta. 3. Dietas especiais . 4. Morango. 5. Sorbet. I. T. II. Lannes, Suzana Caetano da Silva , orientador.

CAROLINE DOS SANTOS LIMA

MISTURA EM PÓ PARA SORBET DE MORANGO

Comissão julgadora da
Dissertação para obtenção do grau de mestre

Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes
Orientador/Presidente

1° examinador

2° examinador

3° examinador

São Paulo

2021

Agradecimentos

Agradeço a todos que contribuíram para realização desse trabalho.

Aos meus pais Elisete e Donizete pelo apoio e carinho.

À minha irmã Fabiane Abel que sempre me apoiou e incentivou em todos os momentos.

À Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes pela oportunidade, confiança e orientação.

À Universidade de São Paulo-Faculdade de Ciências Farmacêuticas por terem proporcionado conhecimento e desenvolvimento pessoal e profissional, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica - Área de Tecnologia de Alimentos.

Aos colegas do laboratório de Tecnologia de Alimentos III pela parceria durante a realização de todas as atividades.

Aos funcionários e colegas do departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica.

A Deus por me permitir viver este momento em minha vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Epígrafe

Bem-aventurado o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento;

Provérbios 3: 13

RESUMO

LIMA, C.S. **Mistura em pó para sorbet de morango**. 2021. 115 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

A crescente demanda por alimentos mais saudáveis tem estimulado as empresas a usarem ingredientes funcionais para o desenvolvimento de novos produtos. Os alimentos em pó de modo geral cumprem essas qualidades e são utilizados como produtos intermediários no processo de elaboração de alimentos. O presente estudo, podendo ser designado também **Formulações em pó para o preparo rápido de sorbet com características funcionais**, tem como objetivo desenvolver formulações em pó para preparo de *sorbet* sabor morango, com características funcionais, podendo ter adição de fibras e substituição de açúcar. Duas formulações (padrão e modificada) para mistura em pó para *Sorbet* foram desenvolvidas, após diversos testes laboratoriais, com os ingredientes: morango, extrato de aveia, *psyllium (Plantago ovata)*, sacarose, maltodextrina, inulina e sucralose, sendo a amostra padrão produzida com sacarose e a amostra modificada com inulina, maltodextrina e sucralose. Foram testados e fixados os parâmetros de processo de secagem, tempo de mistura e tamanho e distribuição de partícula. Foram conduzidas as análises físicas (tamanho de partícula, força de compactação, ângulo de repouso, molhabilidade, reologia, textura, *overrun*, taxa de fusão) e análises físico-químicas (cinzas, umidade, proteína, fibra, pH, atividade de água, cor) para testes após o processamento. Os resultados das análises físicas do produto em pó identificaram que as misturas padrão e modificada apresentaram valores semelhantes para a análise de tamanho de partículas (0,27 mm e 0,21 mm), para formulações padrão e modificada respectivamente, sendo caracterizadas como pós finos. A análise de molhabilidade mostrou que os pós possuem uma rápida dispersibilidade e sem formação de grumos em 4 s. O ângulo de repouso mostrou que as amostras padrão e modificada possuem ângulo de repouso de 39° e 44°, respectivamente. A compactação da formulação padrão gerou um valor de força necessária para compactação 60% maior que a amostra modificada, confirmando que quanto mais fino é o pó, mais fácil de compactar. As análises de tamanho de partícula, molhabilidade, ângulo de repouso e

compactação mostraram que as misturas de *sorbet* estão de acordo com especificações para produtos em pó e com a literatura. Análises do sorbet pronto para consumo apresentaram resultados satisfatórios para a composição química (cinzas, umidade, proteína, carboidratos e fibras) encontrou-se diferença significativa ($P < 0,05$) para a análise de umidade. A reologia apontou que as amostras padrão e modificada não possuem região de viscosidade linear, a varredura de tensão da amostra padrão e modificada mostrou comportamento predominantemente elástico (G'), a varredura de frequência mostrou que a amostra padrão possui comportamento viscoelástico enquanto a amostra modificada apresenta comportamento elástico. A análise de textura mostrou diferença significativa ($< 0,05$) entre as amostras padrão e modificada do *sorbet*, onde a amostra modificada se mostrou mais firme após o preparo. O valor de *overrun* das amostras padrão e modificada se mantiveram muito próximos com uma média de 50% de ar incorporado. A taxa de fusão apresentou menor valor de derretimento, maior firmeza e menor valor de *overrun* para a amostra modificada. Na análise de cor as amostras padrão e modificada mantiveram um padrão de coloração, não apresentando diferença significativa ($> 0,05$) entre as coordenadas. As formulações são viáveis para produção e comercialização, e a substituição da sacarose não alterou a estrutura dos produtos quanto pronto para consumo. As formulações de *sorbet* são direcionadas aos públicos intolerantes à lactose e ao glúten, diabéticos, veganos, vegetarianos e flexitarianos, bem como portadores de outras comorbidades que exijam alimentação com esta conotação.

Palavras-chave: gelado comestível, *pysilium*, extrato vegetal, microestruturação, dietas especiais.

ABSTRACT

LIMA, C.S. **Powder mixture for strawberry sorbet**. 2021. 115 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

The growing demand for healthier foods has encouraged companies to use functional ingredients in the development of new products. Powdered foods generally fulfill these qualities and are used as intermediate products in the food preparation process. The present study, can also be designated as **Powder formulations for the rapid preparation of sorbet with functional characteristics**, aims to develop powdered formulations for preparing strawberry flavored sorbet, with functional characteristics, with fiber addition and sugar replacement. Two formulations (standard and modified) for Sorbet powder mixture were developed, after several laboratory tests, with the ingredients: strawberry, oat extract, psyllium (*Plantago ovata*), sucrose, maltodextrin, inulin, and sucralose, being the standard sample produced with sucrose and the sample modified with inulin, maltodextrin, and sucralose. The parameters of the drying process, mixing time, and particle size and distribution were tested and fixed. Physical analyzes (particle size, compaction force, angle of repose, wettability, rheology, texture, overrun, melting rate) and physicochemical analyzes (ash, moisture, protein, fiber, pH, water activity, color) for testing after processing. The results of the physical analysis of the powder product identified that the standard and modified mixtures presented similar values for the particle size analysis (0.27 mm and 0.21 mm), for standard and modified formulations respectively, being characterized as fine powders. The wettability analysis showed that the powders have a fast dispersibility and no lump formation in 4 s. The angle of repose showed that the standard and modified samples have an angle of repose of 39° and 44°, respectively. Compaction of the standard formulation generated a force required for compaction 60% greater than the modified sample, confirming that the finer the powder, the easier it is to compact. The analysis of particle size, wettability, angle of repose, and compaction showed that the sorbet mixtures are by specifications for powdered products and with the literature. Analyzes of the finished sorbet showed satisfactory results for the chemical composition (ash, moisture, protein, and fibers) a significant difference was found (<0.05) for the

moisture analysis. The rheology pointed out that the standard and modified samples do not have a linear viscosity region, the tension scan of the standard and the modified sample was predominantly elastic (G'), the frequency scan showed that the standard sample has a viscoelastic behavior while the modified sample presents elastic behavior. Texture analysis showed a significant difference (<0.05) between standard and modified sorbet samples, where the modified sample was firmer after preparation. The overrun value of the standard and modified samples remained very close with an average of 50% incorporated air. The melting rate showed a lower melting value, greater firmness, and lower overrun value for the modified sample. In the color analysis, the standard and modified samples maintained a color pattern, even with a significant difference (<0.05). Thus, the formulations showed good values, thus demonstrating that the formulations are viable for production and commercialization and that the replacement of components in the formulation did not change its structure, being adequate to replace sucrose and thus enabling future modifications, adaptations, and improvements in the formulation.

Keywords: edible ice cream, psyllium, plant extract, microstructuring, special diets.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de fases sublimação da água.....	22
Figura 2. Fluxograma de preparo e liofilização do extrato de aveia	38
Figura 3. Aparelho de liofilização FTS SYSTEM (USA)	38
Figura 4. Fluxograma de liofilização do morango	39
Figura 5. Misturador do tipo tambor	40
Figura 6. Granulômetro.....	44
Figura 8. Medidor de atividade de água	50
Figura 9. Gráfico perda de massa de amostras liofilizadas.....	53
Figura 10. Diagrama da atividade de água.....	55
Figura 11. Gráfico de força requerida para a compactação das amostras padrão (a) e modificada (b).....	60
Figura 12. Gráfico varredura de tensão da mistura para preparo do sorbet padrão	70
Figura 13. Gráfico varredura de tensão da mistura para preparo do sorbet modificado	71
Figura 14. Gráfico de varredura de frequência da mistura para preparo do sorbet padrão.	71
Figura 15. Gráfico de varredura de frequência da mistura para preparo do sorbet modificado	72
Figura 16. Gráfico de força máxima requerida para extrusão do sorbet pronto para consumo das amostras padrão (a) e modificada (b).....	75
Figura 17. Gráfico de taxa de fusão das amostras padrão e modificada de sorbet, em triplicata.	78
Figura 18. Gráfico análise de cor das amostras padrão e modificada do sorbet de morango pronto para consumo	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Secagem convencional x Liofilização	22
Tabela 2. Formulações produzidas das misturas em pó para <i>sorbet</i>	37
Tabela 3. Quantidade de massa retida nas peneiras das amostras tradicional.	41
Tabela 4. Dados para cálculo de tempo de mistura.	42
Tabela 5. Peneiras utilizadas para granulometria das formulações padrão e modificada.	43
Tabela 6. Atividade de água para amostras de morango e extrato de aveia liofilizadas.....	54
Tabela 7. Porcentagem retida x abertura amostra padrão de mistura para <i>sorbet</i>	56
Tabela 8. Porcentagem retida x abertura amostra modificada de mistura para <i>sorbet</i>	56
Tabela 9. Diâmetro médio das partículas das amostras de mistura para <i>sorbet</i>	57
Tabela 10. Força necessária para a compactação das misturas em pó padrão e modificada para <i>sorbet</i>	58
Tabela 11. Tempo de molhabilidade das misturas em pó padrão e modificada de mistura em pó para <i>sorbet</i>	61
Tabela 12. Ângulo de repouso das misturas em pó padrão e modificada de mistura em pó para <i>sorbet</i>	62
Tabela 13. Determinação de cinzas, umidade, proteína, fibras e carboidrato das amostras padrão e modificada de mistura em pó para <i>sorbet</i>	64
Tabela 14. Determinação do perfil de textura das amostras padrão e modificada do <i>sorbet</i> pronto para consumo.	75
Tabela 15. Porcentagem de ar incorporado <i>Overrun</i>	77
Tabela 16 Parâmetros da análise de cor dos <i>sorbets</i> pronto para consumo padrão e modificado	79

SUMÁRIO

1 Introdução.....	6
Objetivos.....	7
Geral.....	7
Específico.....	7
2. Revisão Bibliográfica.....	8
2.1 Sorbet.....	8
2.2 Ingredientes.....	9
2.2.1 <i>Psyllium (Plantago ovata)</i>.....	9
2.2.2 Extratos Vegetais.....	13
2.2.3 Aveia e β-Glucana.....	15
2.2.4 Inulina.....	16
2.2.5 Maltodextrina.....	17
2.2.7 Sacarose.....	19
2.3 Processamento de pós.....	20
2.3.1 Secagem.....	20
2.3.1.1 Liofilização.....	20
2.3.2 Mistura e modelagem.....	23
2.3.2.1 Moagem.....	24
2.3.2.2 Mistura.....	25
2.3.2.3 Tamisação/Granulometria.....	26
2.4 Tecnologia de produtos em pó.....	27
2.4.1 Propriedades físicas do pó.....	28
2.4.2 Solubilidade.....	29
2.4.3 Tamanho de partícula e distribuição granulométrica.....	29
2.4.4 Compactação.....	30

3. Material e Métodos	31
3.1 Material	31
3.1.1 Ingredientes utilizados	31
3.1.2 Briefing para o desenvolvimento das formulações de <i>sorbet</i>	31
3.1.3 Desenvolvimento das formulações	36
3.2 Métodos	37
3.2.1 Processamento de ingredientes e liofilização	37
3.2.2 Processamento do pó	39
3.2.2.1 Moagem	40
3.2.2.2.1 Tempo de mistura	40
3.2.2.3 Tamisação/Granulometria	43
3.2.2.4 Produção do <i>sorbet</i> em massa – pronto para consumo	44
3.3 Análises do produto pronto - Pó	46
3.3.1 Análises físicas	46
3.3.1.1 Molhabilidade	46
3.3.1.2 Ângulo de repouso	46
3.3.1.3 Tamanho e distribuição de partículas	46
3.3.2 Análises Físico-químicas	47
3.3.2.1 Cinzas	47
3.3.2.2 Umidade	48
3.3.2.3 Proteína	48
3.3.2.4 Determinação fibras totais	48
3.3.2.5 Carboidratos	49
3.5 Análise do <i>sorbet</i> após processamento – pronto para consumo	51
3.5.1 Reologia	51
3.5.2 Textura	51
3.5.3 Medida de overrun	51

3.5.4 Taxa de fusão	52
3.5.5 Análise de cor	52
<i>Análise dos dados</i>	53
4. Resultados e Discussão	53
4.1 Morango e extrato de aveia.	53
4.2 Tempo de mistura	55
4.3 Análises físicas	55
4.3.1 Granulometria.....	55
4.3.2 Compactação de pós	58
4.3.3 Molhabilidade	61
4.4.4 Ângulo de repouso.....	62
5. Análises físico-químicas.....	63
5.1 Cinzas, umidade, proteína, carboidratos, fibras e pH.....	63
6. Análises dos sorbets prontos para consumo.....	69
6.1 Reologia	69
6.1.1 Varredura de tensão.....	69
6.1.2 Varredura de frequência	71
6.2 Propriedades de textura	74
6.3 Medida de <i>overrun</i>	77
6.4 Taxa de fusão	78
6.5 Análise de cor.....	79
7. Conclusões	82
8. Referências	83
Anexos	104

1 Introdução

1.1. Introdução Geral

O sorvete é um alimento mundialmente consumido que possui alto valor nutritivo. Com o passar dos anos, as formulações foram sendo aprimoradas, ganhando novas versões e adaptações às necessidades da população (GOFF, 2020).

O consumo brasileiro de sorvete no ano de 2020 alcançou a marca de 1.050L em 2020, sendo 4,98 L per capita no mesmo ano segunda a ABIS (Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvete), demonstrando assim que o sorvete tem seu espaço reservado na mesa do consumidor brasileiro (ABIS, 2021)

O estilo de vida cada vez mais agitado, vem influenciando a escolha e preferências dos consumidores por alimentos industrializados que sejam mais saudáveis, que apresentem praticidade, transparência e indulgência (DUAS RODAS, 2018).

De acordo com a Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) de 2017-2018, houve uma evolução da disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil, ponderada com base nas POFs realizadas em 2002-2003, 2008-2009 e 2017-2018, indicando que alimentos in natura ou minimamente processados e ingredientes culinários processados vêm perdendo espaço para alimentos processados e, sobretudo, para alimentos ultraprocessados. Contudo, apesar da participação de alimentos ultraprocessados na disponibilidade domiciliar de alimentos ter aumentado continuamente ao longo das três POFs, observa-se desaceleração dessa tendência e essa desaceleração, poderia ser considerada devido o resultado de políticas públicas implementadas nos períodos atuais, com destaque para ações baseadas no Guia alimentar para a população brasileira, de 2014, cuja regra de ouro recomenda basear a alimentação em alimentos in natura ou minimamente processados e suas preparações culinárias e evitar alimentos ultraprocessados. (IBGE, 2020)

A fim de atender essa demanda, a indústria vem buscando novas opções e tecnologias para se adaptar a essas mudanças, propostas como “processados do bem” que aliam sabor, nutrição e acessibilidade é uma das grandes

tendências atuais, devido ao interesse e facilidade de acesso às informações, o consumidor está cada vez mais exigente e consciente de suas escolhas e isso tem influenciado, principalmente, sua alimentação (SIMEONE E ESCARPATO, 2020).

Outras tendências a serem exploradas pela indústria são “*the night shift, power to the plan*” e “*mood food*” que tem apelo à funcionalidade dos produtos em diversas ocasiões, em que os alimentos oferecem benefícios à saúde como, melhorar humor, relaxamento, fortalecimento de imunidade e energia (DUAS RODAS, 2018).

Considerando o interesse por alimentos saudáveis com benefícios adicionais e de fácil consumo, o desenvolvimento de produtos de consumo e preparo facilitados vem crescendo e facilitando o dia a dia dos consumidores (DUAS RODAS, 2018).

Para que se possa entregar um produto de alta qualidade, opta-se por procedimentos e tecnologias que mantêm a estrutura do alimento, mantendo assim sua composição nutricional e preservando o máximo possível da sua estrutura natural.

Objetivos

Geral

O presente estudo teve como objetivo desenvolver formulações em pó para preparo de *sorbet* sabor morango, com características funcionais, podendo ter adição de fibras e substituição de açúcar, destinado a uma categoria especial de consumidores, como vegetarianos, veganos, intolerantes a lactose, alérgicos a proteína do leite de vaca, diabéticos e adeptos de dietas flexíveis.

Específico

- Obter e liofilizar o extrato de aveia;
- Liofilizar o morango *in natura*;
- Desenvolver formulações em pó para preparo de *sorbet* sabor morango e avaliar as características microestruturais e físico-químicas;

- Processar os produtos em pó para elaboração dos *sorbets* e avaliar estrutura e composição.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 *Sorbet*

De acordo com a Anvisa “Gelados Comestíveis: são os produtos congelados obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas; ou de uma mistura de água e açúcar(es). Podem ser adicionados de outro(s) ingrediente(s) desde que não descaracterize(m) o produto” (BRASIL, 2005). Dentre os gelados comestíveis, os *sorbets* são definidos como aqueles elaborados com polpas de frutas, sucos e/ou pedaços de frutas e açúcar, podendo ser acrescidos de outros ingredientes (SEBRAE, 2011).

Arbuckle (1966a) define o *sorbet* como *Gelados* que são feitos de suco de frutas, açúcar e estabilizantes, com ou sem ácido, cor, sabor ou água adicional, e congelado com a consistência de sorvete. Geralmente contêm 28 a 30% de açúcar, 20 a 25% de fruta e nenhum produto lácteo, mas sendo constituído basicamente de água, considerada um elemento de grande importância no processamento de *sorbets* em relação à formação de cristais de gelo (MARINHO, 2016).

Fruta e açúcar constituem os dois principais e majoritários ingredientes na produção de *sorbets*. Além de ser responsável pelo dulçor, o açúcar possui a função de se ligar à água livre do produto, diminuindo a formação de cristais de gelo, que é responsável pela alteração da estrutura final do sorvete. Uma vez que o *sorbet* possui uma considerável quantidade de água livre, este se torna instável e deve ser estabilizado rapidamente por meio de congelamento a cerca de -15°C , a fim de evitar a formação de cristais de gelo grandes (HIPOLITO, 2012).

Dentre os poucos trabalhos sobre a elaboração de *sorbets*, Marinho (2016), em sua pesquisa, desenvolveu um *sorbet* com polpa de juçara (*Euterpe edulis*) com probióticos e prebióticos a fim de combinar os efeitos benéficos dos compostos bioativos do fruto com os benefícios dos probióticos e prebióticos à saúde do consumidor e sua microbiota, observando que polifenóis e

antocianinas se mantiveram em teores elevados juntamente com a população de micro-organismos, que se apresentaram estáveis ao longo de 120 dias a -18°C, demonstrando assim bons resultados e viabilidade de produção.

Hipólito (2012) avaliou a interferência da qualidade das frutas usadas para a produção de *sorbets*, concluindo que o tempo de armazenamento, que variou entre 1, 7, 14 e 21 dias, demonstrou ser o maior fator para perda dos níveis de compostos bioativos, como os fenóis. Mesmo com perdas, durante todo processamento, registrou-se valores significativos para os compostos bioativos sendo vantajoso à saúde humana. O autor ressalta que para amostras de *sorbets* de frutas cítricas houve maior formação de gelo, com homogeneidade de textura reduzida.

2.2 Ingredientes

2.2.1 *Psyllium (Plantago ovata)*

De acordo com a instrução normativa Nº 02 de 13 e de maio de 2014 da ANVISA, o *Plantago ovata* Forssk, conhecido popularmente como Plantago ou *Psyllium* possui indicação de dose diária de 3 a 30 g uso diário, usados principalmente como coadjuvante no tratamento de obstipação intestinal. (Anvisa, 2014).

O gênero *Plantago* é proveniente da família plantácea *Plantaginaceae*, sendo composto por cerca de 250 espécies. O *psyllium*, na farmacopeia, é comum com o nome de *Plantago psyllium* L. (SYN. *P. afra* L.); *P. ovata* Forsk. (SYN. *P. ispaghula* Roxb.); e *P. indica* L. (SYN. *P. arenaria* Waldst.) (ZIAI, 2009). *Plantago* é uma palavra latina que significa a “sola do alimento”, referindo-se à forma da folha; *psyllium* vem do grego e significa “pulga”, referindo-se à cor, tamanho e forma da semente: *arenaria* é derivado da palavra latina arena e significa “areia”, referindo-se ao habitat arenoso da planta. *Ovata* refere-se ao formato oval da (ZIAI, 2009).

Embora o *psyllium* verdadeiro venha da planta *P. psyllium*, a casca e a semente de *P.ovata* são comumente chamadas de *psyllium* e são usadas em indústrias de nutracêuticos. O conteúdo de mucilagem de *P.ovata* é cinco vezes maior do que a *P.exicgua* Murray, e *P.psyllium* tem mais conteúdo de mucilagem.

Apenas *P.psyllium* e *P.ovata* são cultivados. As outras espécies têm uma distribuição selvagem (ZIAI, 2009).

Dentre as diversas mucilagens, o *Psyllium* (*P. ovata*) tem ganhado espaço devido às características funcionais por ser uma fibra prebiótica, contendo proteína com grande capacidade de absorção de água e formação de gel (ZIAI, 2009).

O *Plantago* (*Plantago ovata* Forsk) é um dos gêneros da família plantaginaceae originária da Ásia, principalmente Índia e Paquistão. É conhecida por diversos nomes definidos tanto para a planta inteira quanto para partes específicas, como folhas e sementes, e até de acordo com os países de cultivo, podendo receber nomes comerciais como *psyllium* indiano, *psyllium* loiro ou *ispaghula* (MADGULKAR; RAO; WARRIER, 2014).

A casca das sementes de várias espécies de *psyllium* é usada por suas propriedades medicinais. O ingrediente principal das sementes e da casca é um polissacarídeo mucilaginoso utilizado no tratamento da constipação, diarreia e síndrome do intestino irritável, em doença inflamatória do intestino (colite ulcerativa), do cólon, câncer, diabetes e hipercolesterolemia. Quando está em meio aquoso, a eficácia terapêutica se deve ao inchaço do revestimento de sementes mucilaginosas. Os autores analisaram também os constituintes químicos do *psyllium* e identificaram elementos na semente que incluem proteínas, lipídeos, esteróis, triterpenos e glicosídeo de aucubina, contendo em torno de 30% de mucilagem. Esta é composta por cerca de 85% de uma fração de polissacarídeo solúvel, dominada D- xilose. A mucilagem de semente de *Psyllium* contém 22,6% arabinose, 74,65% de xilose e vestígios de outros açúcares e 35% de resíduos terminais não redutores (MADGULKAR; RAO; WARRIER, 2014).

Ahmadi et al. (2012) destacaram que todos os benefícios medicinais e alimentares são devido à natureza hidrocolóide do *psyllium*. Os autores ainda realizaram a extração do hidrocolóide a fim de desenvolver um filme plástico comestível.

Amini, Yousefi e Moghari (2018) relataram que não há uma longa história da aplicação do *psyllium* como um gel hidrocolóide em formulações alimentícias, embora este componente hidrocolóide tenha sido inicialmente utilizado para

formar e estabilizar filmes comestíveis biodegradáveis e emulsões de cantaxantina. Foram descritas novas formulações para produtos lácteos como o *Kashk* líquido, onde usaram o *psyllium* como hidrocoloide para atuar como estabilizante.

Ponhozi e Gomes (2017) realizaram estudos com gel de *Psyllium* (0,5; 1,0 e 1,5%) observando a ação do gel em iogurte fermentado com cultura probiótica. Com tempo de variação de acidificação das amostras de 160 a 180 min, notou-se que o acréscimo da concentração de 1,5% gel diminuiu ligeiramente a cinética de fermentação, aumentou a porcentagem de proteínas, sólidos totais e cinzas, podendo ter influenciado na viscosidade da amostra. Os autores também relataram que a viscosidade das amostras aumentou com o acréscimo da concentração de gel e houve diminuição da sinérese pela capacidade do gel de incorporar água na sua estrutura.

Warnberg et al. (2009) destacaram que *psyllium* pode ser usado como espessante em bebidas e sobremesas congeladas considerando ainda que há evidências significativas que seu consumo regular fornece benefícios quanto à constipação intestinal e reduções modestas nos níveis sanguíneos de LDL e colesterol total. Os autores relataram ainda que tem sido um esforço contínuo melhorar as propriedades físico-químicas, funcionais, sensoriais e biológicas do *psyllium* já que mesmo sob agitação vigorosa é de difícil dispersão em água devido à forte capacidade de absorção de água. Pode ser adicionado a cereais matinais, pães, biscoitos, sopas, iogurtes e sucos para melhorar o teor de fibra.

Bhat et al. (2017) adicionaram casca de *psyllium* em 4 amostras de iogurte com as respectivas quantidades 0,1, 0,3, 0,5, 0,7% avaliando o quanto poderia ser adicionado sem que afetasse a qualidade e aceitabilidade do produto. Com a adição das concentrações de 0,3, 0,5 e 0,7% de casca de *psyllium* houve aumento da umidade nas amostras devido à capacidade de retenção de água pela fibra de *psyllium*. Os teores de cinzas e sólidos totais tiveram acréscimos significativos enquanto as proteínas e gorduras não, isso devido à ausência de gordura e baixo teor de proteína na casca. Houve aumento do pH e diminuição da acidez titulável como consequência da capacidade de retenção de água que diluiu as concentrações de ácido lático e outros ácidos produzidos por culturas fermentativas, bem como o aumento da contagem bacteriana total, que se deu pelo ao aumento da atividade de água. A avaliação sensorial revelou que adição

de fibra de psyllium melhorou o corpo, textura, aparência e sensação na boca e retardou a sinérese. O pH das amostras foi decaindo lentamente ao longo do tempo de armazenamento em comparação com o controle, a adição da fibra causou um efeito tamponante uma vez que *psyllium* possui celulose, hemicelulose e gomas que ajudaram a manter o pH. A acidez titulável teve uma queda com o passar do tempo de armazenamento, a proteína do leite possui capacidade de tamponamento e impede a mudança na acidez, bem como a redução das cargas bacterianas produtoras de ácido, uma vez que com o passar do tempo aconteceu a redução de nutrientes nas amostras. O crescimento bacteriano foi afetado nos últimos dias de armazenamento, possivelmente em decorrência do acúmulo de ácido láctico. Com base nos resultados, a fortificação do iogurte com a casca de *psyllium* demonstrou benefícios e funcionalidades e complementou as características saudáveis do produto.

Fratelli et al. (2018) realizaram um estudo onde avaliaram o efeito da adição de *psyllium* em pão sem glúten e os resultados mostraram que a interação de *psyllium* e água melhorou a qualidade do pão nos aspectos de volume, aparência, aceitabilidade e ainda agregou um aumento significativo na quantidade de fibras. As amostras de pães em geral tiveram seus volumes melhorados, crostas não rachadas e aumento da consistência da massa e capacidade de retenção de gás. Os autores relataram que em estudos revisados comprovaram que *psyllium* interage com água e forma uma rede, reforçando os limites das células em expansão na massa, aumentando a retenção de gás durante o processo de cozimento e conseqüentemente melhorando o volume, textura e aparência.

Amin, Yousefi e Mograri (2018) exploraram a adição de hidrocoloide de *psyllium* como estabilizante na formulação do Kashk líquido, produto lácteo tipicamente iraniano com alto teor de proteínas. Obtiveram resultados satisfatórios, com melhoria de características reológicas e estruturais. As amostras desenvolvidas com 5% de *psyllium* (hidrocoloide) e 25% de kashk em pó tiveram os melhores resultados e esses valores são recomendados para o desenvolvimento industrial, umas vezes que valores de pH mais baixos foram encontrados nas devidas porcentagens, garantindo melhores atividades contra organismos patógenos e deteriorantes. As taxas de sinérese, separação e viscosidade foram bem-vistas e esperadas já que o aumento da viscosidade e

capacidade de retenção de água proveniente do *psyllium* pode efetivamente diminuir a mobilidade de proteínas séricas e grau de sinérese da amostra e ainda agregar leveza e sabor, melhorando a sensação na boca e aceitabilidade geral.

Oliveira (2015) desenvolveu uma formulação de pudim com diversas concentrações de mel e *psyllium*. O *psyllium* foi adicionado como substituto ao amido de milho em três quantidades diferentes de 6, 9 e 13 g, enquanto o mel foi adicionado em substituição ao leite condensado na proporção de 30%, o melhor resultado foi com 6 g de *psyllium* e os 30 % de mel. Dentro dessas concentrações, se encontrou o resultado de 50 % de umidade na amostra, que está diretamente relacionada à capacidade e aumento da absorção de água do *psyllium*, como já foi observado nos estudos anteriores e constatado pelo autor, citando que a umidade é parâmetro importante para o alimento e que está diretamente relacionada com a estabilidade da qualidade nutricional.

Pejcz et al. (2018) avaliaram o uso da casca e semente de *Plantago ovata* na elaboração de um pão funcional nas proporções de 4 e 8 g/ 100 g. Nas proporções de 8 g/ 100 g, houve aumento da hidratação da massa e estabilidade, devido à capacidade de absorção de água do *psyllium*, houve diminuição da retrogradação do amido na massa. As amostras apresentaram ainda enriquecimento da quantidade de fibras e proteínas e aumento no volume do pão.

2.2.2 Extratos Vegetais

Os extratos vegetais (popularmente chamados de “leites” vegetais) têm sido outra aposta da indústria de alimentos como alternativa nutritiva e saborosa para a substituição do leite, conhecidos também como substitutos do leite de vaca à base de plantas, são um dos grupos de alimentos insubstituíveis na indústria de alimentos veganos (AYDAR; TUTUNCU; OZCELIK, 2020).

A Sociedade Vegetariana Brasileira (SVB) destaca que uso de extratos vegetais além de agradar vegetarianos e veganos, também beneficiam aos adeptos a escolhas mais saudáveis e ao público com uma alimentação restrita como intolerantes à lactose e alérgicos à proteína do leite (SVB, 2018).

“Entende-se por leite, sem outra especificação, o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem

alimentadas e descansadas. O leite de outros animais deve denominar-se segundo a espécie de que proceda” (MAPA, 2002).

Varga e Raghavan (2017) realizaram uma pesquisa buscando compreender o consumo de extratos vegetais como substitutos do leite, avaliando o consumo a curto e longo prazo de “leites” de coco, amêndoas, soja e de arroz. O aumento do consumo de extratos vegetais tem sido associado à intolerância à lactose e alergia à proteína do leite, e com base nisso puderam verificar que o extrato de soja é o melhor substituto para o leite, contudo tem suas desvantagens devido aos fatores anti-nutricionais e sabor de feijão.

O extrato de amêndoas é nutricionalmente equilibrado e de sabor agradável, não possui a mesma densidade calórica e de nutrientes quanto o leite, mas é o mais recomendado para substituição ao leite, devendo assim sempre se atentar ao aporte necessário dos outros nutrientes (VARGA E RAGHAVAN, 2017).

Aboufazli et al. (2014) substituíram o leite de vaca por extrato de soja, de coco e várias combinações de coco ou leite de vaca com “leite” de soja para a produção de sorvete. Foram avaliadas as mudanças nas qualidades das propriedades físicas, mostrando que a adição de “leite” vegetal aumentou o pH e diminuiu a taxa de derretimento. Em sorvetes contendo leite composto, a taxa de derretimento dos sorvetes diminuiu com o aumento no teor de “leite” de soja nos sorvetes e a viscosidade aumentou com o aumento no teor de “leite” de soja. O tamanho da partícula diminuiu com o aumento da quantidade de “leite” de soja em sorvetes contendo “leite” de coco e “leite” de soja, mas aumentou em sorvete contendo leite de vaca e “leite” de soja

O extrato de arroz possui grandes quantidades de carboidratos, quantidades insignificantes de proteínas, gorduras, vitaminas e minerais, já “leite” de coco possui grandes quantidades de gorduras saturadas, poucas quantidades de carboidratos e proteínas, não sendo assim recomendado para substituição ao leite e ficando restrito apenas para alérgicos a soja e amêndoas (VARGA E RAGHAVAN,2017).

Aboufazli, Shori, Baba (2016), desenvolveram um estudo com três tipos de sorvete fermentado com *Lactobacillus acidophilus* (Bb-12) e *Bifidobacterium bifidum* (La-05) que foram preparados a partir de leite de vaca, extratos de soja ou coco, bem como a combinação de leite de vaca ou “leite” de coco (1 = 25%,

2 = 50% e 3 = 75%) com extrato de soja (75%, 50% e 25% respectivamente). Os resultados mostraram que a substituição do leite de vaca pelos extratos aumentou o crescimento dos probióticos de (Bb-12) e (La-05), mostrando que sorvete de extratos vegetais de soja e de coco proporcionam um meio de um crescimento mais rico em aminoácidos e açúcares para Bb12- e La-05 do que leite de vaca, concluindo assim que sorvete produzido com extratos de plantas pode ser um bom veículo para entregar conteúdo probiótico.

2.2.3 Aveia e β -Glucana

A aveia (*Avena sativa*) tem sido usada como alimento. Foram citados como maiores produtores de aveia Rússia, Canadá, Estados Unidos, Polônia e Finlândia, e produziram mais de 50% da produção total de aveia do mundo. O interesse dos consumidores em produtos de aveia aumentou principalmente devido aos seus efeitos benéficos à saúde, principalmente na melhora dos níveis de colesterol e da glicose, atribuídos à fibra solúvel em água, chamada β -glucana (BODNER; CHOO, 2009).

A β -glucana está localizada principalmente nas paredes celulares endospérmicas e na camada subaleurona da aveia. Fatores ambientais e variabilidade genética específica da aveia resultaram em diferenças significativas no conteúdo de β -glucana de diferentes genótipos. Na literatura, a concentração de β -glucana nos cereais de aveia varia de 3,9% a 6,8% nas cultivares norte-americanas. Normalmente, a aveia contém 4,5% a 5,5% de β -glucana (BODNER; CHOO, 2009).

Determinados beta-glucanos derivados de cereais (beta 1,3 e beta 1,4 glucano), principalmente da aveia foram considerados úteis para o controle dos níveis de colesterol LDL (*Low density lipoproteins*), o principal componente da fibra solúvel da aveia, os beta-glucanos atuou reduzindo significativamente os níveis de colesterol total e LDL (*Low density lipoproteins*) em adultos hipercolesterolêmicos sem alterar os níveis de HDL (*High density lipoproteins*) (WELLMUNE, 2018; BRAATEN *et al.*, 1994).

A β -glucana forma soluções altamente viscosas em baixas concentrações (mais de 3%). A viscosidade aumenta com a concentração e o peso molecular da β -glucana. Além disso, a viscosidade pode ser aumentada diminuindo o

tamanho de partícula do ingrediente de aveia (BODNER, CHOO, 2009). Existem grandes diferenças de viscosidade entre soluções de β -glucana isoladas de variedades. As diferenças mais significativas na viscosidade entre as variedades de aveia são explicadas pelas diferenças no peso molecular médio da β -glucana (TAPOLA, SARKKINEN, 2009).

2.2.4 Inulina

A inulina é um carboidrato não digerível que está presente em diversos alimentos, como alho-poró, cebola, alho, trigo, chicória, alcachofra e bananas) (FRANCK; BOSSCHER, 2009).

As características de inulina como um substituto de gordura foram atribuídas à sua capacidade de ligar moléculas de água e formar uma rede gel. A adição de inulina tem efeitos significativos na estrutura e textura de misturas de sorvete e iogurte (E. A, AL-SALEH E METWALLI, 2013).

Portanto, a inulina como ingrediente funcional de alimentos oferece oportunidades de reposição de gorduras e carboidratos sem comprometer o sabor e a textura, além de oferecer benefícios nutricionais ao produto (FRANCK; BOSSCHER, 2009).

Devido às características de gelificação, a inulina permite o desenvolvimento de alimentos com baixo teor de gordura, sem comprometer gosto ou textura. A inulina tem um sabor neutro suave, sem qualquer sabor estranho ou gosto residual. A inulina padrão é ligeiramente doce (10% de doçura em comparação com o açúcar) (FRANCK, 2002).

Nas formulações de alimentos, a inulina contribui para a melhora das características organolépticas, influenciando no paladar e na textura, em uma ampla gama de aplicações. Em particular, esse polissacarídeo aumenta a estabilidade de espumas e emulsões e mostra, excepcionalmente, que as suas propriedades nutricionais oferecem uma ampla gama de benefícios à saúde e ao bem-estar (FRANCK; BOSSCHER, 2009).

Akbari et al. (2016) investigaram a viabilidade da inulina como um substituto de gordura em sorvete, sendo esse o ingrediente de importância na composição, textura e sabor. Cinco formulações foram desenvolvidas sendo

(10% de gordura, 2% de gordura e substituições com 2,3 e 4 % de inulina, respectivamente) propriedades físico-químicas e sensoriais foram analisadas. Os níveis de pH e acidez titulável não diferiram significativamente. As formulações com adição de inulina apresentaram maior densidade em comparação com a formulação controle. A redução de gordura e acréscimo da inulina não influenciaram na cor, sendo que com o aumento da quantidade de gordura a cor amarelada se fez presente, uma vez que a coloração é proveniente do teor de gordura. A adição de inulina diminuiu significativamente a resistência à fusão dos sorvetes com baixo teor de gordura e contendo inulina, em comparação com a do sorvete de controle. O aumento no teor de inulina diminuiu significativamente a dureza da amostra em comparação com a do sorvete com baixo teor de gordura e isento de inulina.

Devido às suas características gelificantes específicas, a inulina permite o desenvolvimento de alimentos com baixo teor de gordura, sem comprometer o sabor e a textura. A inulina também é destinada a ser usada como substituto de gordura em sobremesas congeladas, devido à sua facilidade de processamento, sensação na boca não gordurosa, excelentes propriedades de fusão, estabilidade de peso e estabilidade ao congelamento e descongelamento, sem sabor indesejável (FRANCK; BOSSCHER, 2009).

2.2.5 Maltodextrina

A maltodextrina é uma fibra alimentar que apresenta facilidade no uso devido à sua baixa viscosidade e suas características insípidas e sem sabor, além de alta estabilidade no calor e no ácido, que possibilita ser adicionada facilmente a qualquer tipo de alimento da mesma maneira que o açúcar ou o sal (HASHIZUME; OKUMA, 2009).

Geralmente, as maltodextrinas são usadas em emulsões alimentares como estabilizantes, a maltodextrina ainda pode ser usada em uma ampla variedade de produtos alimentícios e bebidas, incluindo produtos assados e bebidas esportivas (DU et al., 2021).

Segundo Akbari, Eskandari e Davoudi (2019a), as maltodextrinas são produzidas por hidrólise parcial de amido de milho, relatam ainda, que o uso de amidos

modificados assim como a maltodextrina como um substituto de gordura em sorvetes pode diminuir o volume de cristais de gelo no sorvete com baixo teor de gordura e fornece um produto com valores de dureza equivalentes aos do sorvete comum. O aumento da viscosidade, ligação e controle da água além da melhora da sensação na boca (suavidade) também são presentes.

2.2.6. Morango

Classificado como fruta pequena e fruta vermelha pequena "berries", o morango é botanicamente um receptáculo carnoso no qual estão aderidos numerosos aquênios, que são os verdadeiros frutos e onde ficam as sementes. O receptáculo é de coloração vermelho-viva, suculento e atrativo. As frutas classificadas como vermelhas possuem em grande quantidade compostos como a antocianina e compostos fenólicos como ácido elágico, quercetina e resveratrol (BRASÍLIA, 2012).

Os morangos são uma fonte rica de compostos promotores da saúde, como vitamina C e fenóis, incluindo flavonóides e ácidos fenólicos. Esses compostos estão associados ao seu alto potencial antioxidante que, além dos atributos de sabor, fazem do morango uma das culturas mais desejadas e consumidas mundialmente (CONTIGIANI et al., 2020).

O morango é uma fonte importante de micronutrientes (incluindo vitamina C e minerais essenciais que atuam como cofatores para enzimas) e fitoquímicos não nutritivos (como antocianinas e elagitaninos) que foram encontrados para fornecer proteção contra danos oxidativos, agindo de forma independente e sinergicamente com enzimas antioxidantes (TULIPANI et al., 2014).

Bilbao-sainz et al. (2019a) mostraram que a incorporação de morango liofilizado em pó aumentou significativamente o índice de consistência das misturas de sobremesas congeladas. A viscosidade também aumentou com um acréscimo na concentração de morango em pó. O comportamento reológico pseudoplástico das misturas foi provavelmente devido ao aumento da concentração de fibra e pectina com morango em pó. Amostras contendo uma quantidade maior de pó de morango ficaram mais macias, provavelmente,

devido ao efeito crioprotetor da fibra alimentar, que resultou em menor volume da fase de gelo, uma vez que o crescimento do tamanho dos cristais de gelo está associado ao aumento da dureza do sorvete. A pectina formou uma rede na amostra que diminuiu o fluxo da amostra e reduziu a taxa de transferência de calor, o que impediu o derretimento completo.

Bilbao-sainz et al. (2019b), em outro estudo com morango e outras frutas liofilizadas, verificaram que a diminuição do conteúdo de gelo e o aumento da água ligada podem ser atribuídos à hidratação da fibra alimentar presente nas bagas liofilizadas, já que a água retida nas fibras não está mais disponível para a formação de cristais de gelo. O efeito crioprotetor da fibra alimentar presente nas bagas resultou em menor volume da fase de gelo

2.2.7 Sacarose

O mais conhecido dos dissacarídeos possui uma molécula de glicose juntamente com uma molécula de frutose juntas formam o conhecido “açúcar de mesa”, proveniente de vegetais e encontrado na cana-de-açúcar, beterraba e mel (DEMONTE, 2008).

Além de proporcionar doçura, os açúcares afetam as propriedades da mistura e do produto final. Os açúcares diminuem o ponto de congelamento da mistura, produzem uma mistura mais fina com uma taxa de batimento mais lento e sorvete com um corpo mais suave, textura e qualidades de fusão mais rápidas. Pode-se esperar que as misturas de açúcar afetem as qualidades da mistura e do produto acabado, de acordo com a proporção dos tipos de açúcar na mistura (ARBUCKLE, 1966b).

A sacarose, comumente conhecida por nomes comerciais como açúcar granulado, açúcar de cana, é a fonte de açúcar mais amplamente aceita. Em relação ao sorvete, embora a sacarose diminua o ponto de congelamento, sua concentração no sorvete é limitada apenas como fonte de açúcar, pois pode cristalizar-se na superfície. Esse defeito nos sorvetes pode ser evitado usando uma parte da dextrose para três partes e meia de sacarose (GOFF, 2013a).

Muitos fatores afetam a doçura, incluindo a concentração, presença de dois ou mais açúcares, presença de outras substâncias e temperatura. Como

não há teste químico para doçura, não há um acordo completo sobre o valor relativo da doçura dos vários adoçantes (ARBUCKLE,1966b).

2.2.8 Sucralose

A sucralose foi descoberta pela primeira vez em 1976 e é um adoçante único, pois é feito a partir de açúcar comum (sacarose) (SALMIEN; HALLIKAINEN, 2002).

A sucralose é um adoçante artificial, extraído da cana-de-açúcar, tem um perfil de sabor muito semelhante ao do açúcar e não tem gosto residual desagradável, uma característica indesejável encontrada em muitos outros adoçantes (FURLÁN; CAMPDERRÓS, 2017).

A sucralose tem gosto de açúcar, mas seu dulçor cerca de 600 vezes mais intenso. No entanto, o paladar é semelhante à sacarose e pode ser usado para quase todas as aplicações em que a sacarose é usada. A doçura não reage com componentes alimentares ou outros ingredientes e a sucralose apresenta boa solubilidade em água. A sucralose possui excelente estabilidade do produto, mesmo sob altas temperaturas e pode ser usada em uma ampla gama de produtos alimentícios (SALMIEN; HALLIKAINEN, 2002).

2.3 Processamento de pós

2.3.1 Secagem

Para o desenvolvimento de formulações em pó há a necessidade procedimentos de secagem, que incluem secagem convencional, *spray-dryer* e liofilização.

2.3.1.1 Liofilização

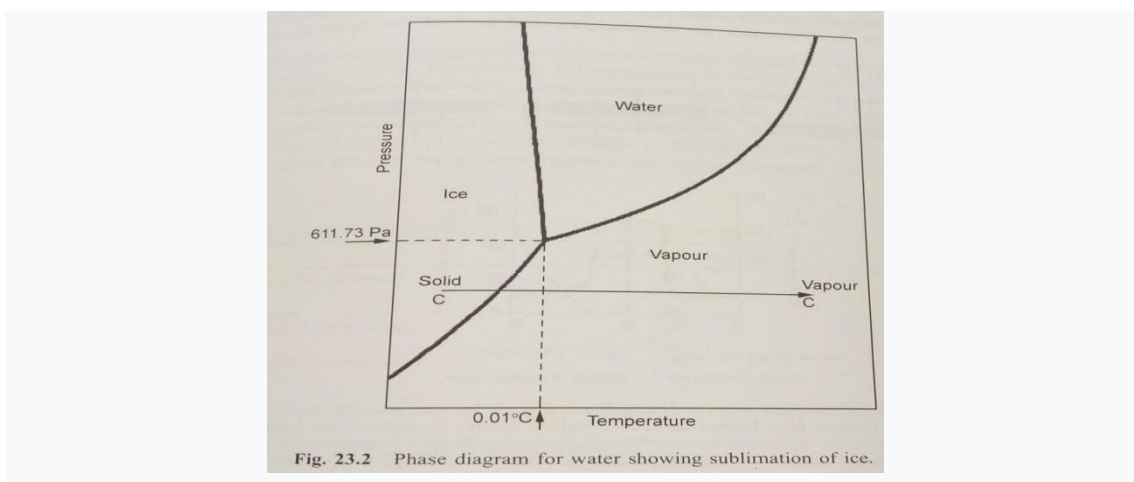
A liofilização é um método de secagem muito utilizado quando se deseja que as características originais do produto sejam preservadas, o que não se consegue com técnicas de secagem convencionais. A liofilização difere dos outros métodos de desidratação porque a água é primeiro congelada e

convertida diretamente em vapor por sublimação, em vez de ser removida da superfície do alimento por evaporação (FELLOWS, 2009).

A liofilização é amplamente utilizada na tecnologia de alimentos como um dos métodos de transformação de alimentos que permite a obtenção de produtos desidratados de alta qualidade, devido à formação de gelo, a estrutura primária (inicial) e a forma do produto podem ser mantidas (LAMMERSKITTEN et al., 2020).

A liofilização é baseada na desidratação por sublimação de um produto congelado, em comparação com outros métodos de secagem, a liofilização pode render produtos de qualidade porque a maioria das reações de deterioração são retardadas ou praticamente nulas, minimizando as perdas de sabor e aroma, maximização da retenção de nutrientes, resultando em uma estrutura porosa devido à ausência de água, a ausência de oxigênio sob vácuo e o uso de baixas temperaturas conseguem preservar as características essenciais dos alimentos (RATTI, 2013).

A liofilização apresenta duas etapas principais, no primeiro estágio da liofilização de alimentos sólidos é necessário congelar rapidamente pequenos pedaços de alimentos para produzir pequenos cristais de gelo, o que reduz os danos à estrutura celular dos alimentos. No segundo estágio, a pressão ao redor do alimento é reduzida abaixo de 610 Pa, e o calor é aplicado lentamente aos alimentos congelados, fazendo com que o gelo se sublime diretamente no vapor sem derreter (Figura 1). A latência de sublimação é conduzida através dos alimentos para frente de sublimação ou é reduzida nos alimentos por microondas ou aquecedores de radiofrequência. À medida que a secagem prossegue, a frente da sublimação se move para os alimentos congelados, deixando para trás alimentos parcialmente secos. Um gradiente de pressão de vapor de água é estabelecido porque a pressão no liofilizador é menor que a pressão de vapor na superfície do gelo. Portanto, o vapor de água se move através dos alimentos secos para a câmara de secagem e é removido por condensação em serpentinas de refrigeração. Em alimentos líquidos que não possuem estrutura celular, o congelamento lento é usado para formar uma treliça de grandes cristais de gelo. Os canais formados pelo gelo sublimado permitem a remoção mais rápida do vapor do que dos alimentos sólidos (FELLOWS, 2009).

Figura 1. Diagrama de fases sublimação da água

Fonte: Fellows (2009)

A Tabela 1 apresenta as diferenças entre a secagem convencional e liofilização (FELLOWS, 2009)

Tabela 1. Secagem convencional x Liofilização

Secagem convencional	Liofilização
Bem sucedida para alimentos que secam facilmente (grão e hortaliças)	Bem sucedida para a maioria dos alimentos, mas limitada àqueles difíceis de secar por outros métodos
Geralmente insatisfatória para carnes	Bem sucedidas com carnes cruas e cozidas
Temperaturas entre 37 e 93°C	Temperaturas abaixo do ponto de congelamento
Pressões atmosféricas	Pressões reduzidas (27 a 133 Pa)
Evaporação da água da superfície do alimento	Sublimação da água no ponto de formação de gelo
Movimento de solutos e, em alguns casos, formação de crostas	Movimento mínimo de solutos
Estresse em alimentos sólidos causa danos estruturais e encolhimento	Mudanças estruturais ou encolhimento mínimo
Reidratação lenta, incompleta	Reidratação rápida e completa

Secagem convencional	Liofilização
Partículas secas, sólidas ou porosas, frequentemente com densidade mais alta do que o alimento original	Partículas secas, porosas com uma densidade mais baixa do que o alimento original
Odor e sabor frequentemente anormais	Odor e sabor comumente normais
Com frequência a cor é mais escura	Cor comumente normal
Valor nutricional reduzido	Nutrientes retidos em grande proporção
Custos geralmente baixos	Custos geralmente altos, até quatro vezes os da secagem convencional

Fonte: Fellows (2009)

O processo à baixa temperatura e baixa pressão torna a liofilização uma maneira eficaz de manter a cor, o cheiro, o sabor e os nutrientes sensíveis ao calor dos alimentos e elimina o endurecimento da superfície dos alimentos (HUA; LIU; ZHANG, 2010).

Os alimentos liofilizados são porosos e fáceis de serem reidratados e dissolvidos instantaneamente, podem ser consumidos diretamente ou após a reidratação. Além disso, os alimentos liofilizados contêm um teor de umidade muito baixo, possuem densidade relativamente pequena e são fáceis de transportar podendo ser preservados à temperatura ambiente por um longo tempo, enquanto o custo do transporte é muito menor do que o de mais de uma dúzia de alimentos, nenhum aditivo é adicionado ao alimento durante o processo de liofilização (HUA; LIU; ZHANG, 2010).

2.3.2 Mistura e modelagem

Mistura e modelagem são operações de mistura mecânica e amplamente utilizadas na indústria de processamento de alimentos para fornecer novas propriedades físicas, reológicas e organolépticas aos produtos alimentícios, além de dispersar componentes em misturas multifásicas, melhorar

a transferência de calor e massa e desenvolver novas estruturas alimentares. São necessários diferentes sistemas de mistura para misturas de gás/líquido, líquido/líquido, sólidos/líquidos e sólido/sólido. A teoria da mistura é mais desenvolvida em sistemas fluidos (líquido/líquido), enquanto a mistura de sólidos é tratada empiricamente (SARAVACOS; MAROULIS, 2011).

Para um processo satisfatório, este deve resultar em uma mistura uniforme com menor tempo e custo possível para a indústria, possibilitando assim a redução nas despesas gerais, poder e trabalho (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2005a).

Se a mistura de dois componentes é expressa logo no início da mistura, a maioria das amostras será composta totalmente de apenas um dos componentes. Ao longo do processo de mistura, há a composição média da mescla. Um método para determinar as alterações na composição é o cálculo do desvio padrão de cada fração em amostras sucessivas (FELLOWS, 2006).

Saravacos e Maroulis (2011) ressaltam ainda que a mistura uniforme de partículas sólidas é muito importante para a qualidade dos produtos alimentícios. O produto misturado deve ser estável e a *desmistura* ou aglomeração deve ser evitada durante o armazenamento e uso.

2.3.2.1 Moagem

Cominuição/fragmentação é o termo genérico usado para redução de tamanho e inclui operações diferentes, como trituração, moagem, picar, desbaste. A maioria desses termos está relacionada a uma aplicação específica, como por exemplo, trituração de cereais, moagem de carne, tubérculos ou moagem de especiarias. O mecanismo de redução ou trituração, consiste em deformar o pedaço de comida até quebrar ou rasgar, reduzindo as partículas maiores e produzindo partículas menores, sendo as partículas menores o produto desejado por causa de sua grande superfície ou por sua forma, tamanho e número (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2005b).

As características geométricas das partículas, sozinhas e em misturas, são importantes para avaliação do produto após trituração. Em um processo real, uma determinada unidade não produz um produto uniforme, se o alimento é de

tamanho uniforme ou não. O produto normalmente consiste em uma mistura de partículas, que podem conter uma grande variedade de tamanhos e formatos, a redução de tamanho de partícula pode ser alcançada aplicando forças diversas. Os tipos de forças comumente usados nos processos alimentares são compressão, impacto, atrito ou cisalhamento e corte (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2005b).

2.3.2.2 Mistura

A mistura é reconhecida como um procedimento no qual dois ou mais materiais são intercalados no espaço um com o outro no processamento de alimentos, as operações de mistura são frequentemente usadas para misturar ingredientes. Tem como objetivo principal de reduzir as não uniformidades e medida de propriedades como concentração, cor, textura ou sabor entre diferentes partes de um sistema. A mistura requer o movimento dos ingredientes para atingir a homogeneidade desejada ou uma uniformidade distribuição para um determinado produto alimentar (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2005a).

A mistura do pó é influenciada pelo tempo de mistura, tamanho da partícula, forma, densidade e tipos de pós, bem como o design do misturador usado, a maioria das misturas em pó possui ingredientes com diferentes tamanhos, formas, texturas e densidades (SHENOY et al., 2015). A avaliação da qualidade da mistura do pó parece ser uma preocupação constante para as indústrias que precisam garantir um controle muito preciso sobre o seu processo de mistura. O grau de mistura necessário é determinado pelo uso final. A qualidade da mistura é afetada principalmente pelo tipo e projeto do misturador, incluindo tamanho, forma e geometria da pá, velocidade de rotação, tempo de mistura e pelos tipos de pó sendo misturados (GIJÓN-ARREORTËA; TECANTE, 2015).

De acordo com Fellows (2006), não é possível alcançar uma mistura completamente uniforme de pós secos ou sólidos particulados. O grau de mistura alcançado depende de alguns fatores como:

- Tamanho, forma e densidade relativos de cada componente;

- Teor de umidade, características superficiais e do fluxo de cada componente;
- Tendência do material a aglomerar;
- Eficiência de um misturar específico para esses componentes.

Geralmente, materiais que são similares em forma, tamanho e densidade são mais capazes de formar uma mistura uniforme do que materiais muito diferentes. Durante a operação de mistura, diferenças nessas propriedades podem também causar a separação dos ingredientes. Em algumas misturas a uniformidade é atingida depois de um certo período, após o que inicia a separação. Por isso, nesses casos, é importante definir precisamente o tempo de mistura. A uniformidade do produto depende do equilíbrio alcançado entre os mecanismos de mistura e separação, que, por sua vez, estão relacionados ao tipo de misturador, às condições de operação e aos componentes do alimento (FELLOWS, 2006).

Em alguns casos, a mistura adequada pode ser simplesmente obtida fazendo a adição dos ingredientes juntos em um recipiente comum. Contudo, em nível industrial, é necessário um planejamento maior, visto que a indústria de alimentos depende fortemente da qualidade do processo de mistura para garantir a entrega de um produto padronizado, com propriedades constantes (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2005a).

2.3.2.3 Tamisação/Granulometria

A tamisação é uma técnica de separação de uma mistura de vários tamanhos de partículas sólidas em várias frações, com base na diferença de tamanho. Consiste em forçar a mistura através de uma peneira com determinada abertura. Ao vibrar ou oscilarem na peneira, partículas menores que uma determinada abertura passam, sendo separadas das demais da mistura (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2005c).

O material que passa através de uma determinada peneira e apresenta um grânulo menor enquanto o material retido em uma determinada peneira de tamanho possui um grânulo maior. O objetivo de uma operação de tamisação é separar um conteúdo de alimento em duas frações (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2005c).

Os pós podem ter diferentes tipos de formas, especialmente quando são de natureza orgânica. As formas podem variar de agulhas e placas a globulares e esféricas, sendo assim a presença de partículas grossas e de formato irregular aumenta as chances de potencial de segregação (SHENOY et al., 2015).

A característica mais óbvia, e que define qualquer pó, é seu estado de subdivisão em partículas individuais. Todas as propriedades físicas dos pós dependem desse estado de subdivisão, assim, as propriedades dos pós são governadas pelo tamanho, distribuição e forma das partículas individuais fazendo o pó. Em alimentos em pó, isso pode envolver todas as características básicas tais como fluidez, facilidade de dispersão em fluidos, taxa de dissolução, sensação na boca, requisitos para a formulação de misturas de pó (DODDS, 2013).

2.4 Tecnologia de produtos em pó

Grandes quantidades de pós são produzidas pela indústria de alimentos como produtos alimentícios finais ou como ingredientes em alimentos processados. Na produção de alimentos, as operações da unidade de processo, armazenamento, transporte, dosagem e mistura são etapas importantes (LANZERSTORFER, 2020).

Os pós alimentares são particularmente apreciados por sua facilidade de uso e armazenamento. São geralmente obtidos de matérias-primas agrícolas por diferentes processos, como processos de fragmentação/trituração ou secagem por pulverização (CUQ, RONDET E ABECASSIS, 2011).

Pacheco et al. (2019) relataram que a produção de alimentos em pó é uma indústria cada vez mais importante devido à alta estabilidade e fácil manuseio desses produtos. No entanto, o processo utilizado para obter o pó deve garantir a máxima qualidade do produto. Além da estabilidade dos componentes nutricionais, certas propriedades físicas do pó devem ser consideradas. Os alimentos em pó devem parecer homogêneos e manter as propriedades de fluxo livre durante o armazenamento. A fim de reduzir a viscosidade, inibir o empacotamento e garantir o manuseio e armazenamento seguros de alimentos

em pó, os principais fatores a serem gerenciados são o controle rigoroso do teor de umidade e o armazenamento a baixas temperaturas para melhorar a qualidade e a estabilidade dos frutos liofilizados.

Cuq, Rondet e Abecassis (2011) relatam ainda que para controlar as características funcionais dos pós, esses podem ser "padronizados" por trituração, tamisação e mistura. É possível classificar os pós alimentares de acordo com vários critérios, por exemplo, sua origem:

- Pós naturais resultantes diretamente de matérias-primas agrícolas (farinhas, sais)
- Pós transformados e formulados (café instantâneo, leite em pó, chocolate)
- Pós funcionais (aditivos, especiarias)

2.4.1 Propriedades físicas do pó

Existem diferentes maneiras de obter e processar pós, a escolha do método dependerá do estado das matérias-primas originais. Para materiais de partida líquidos ou pastosos, os processos comumente usados são secagem por *spray-dryer*, secagem por liofilização, secagem em tambor, secagem em correia e cristalização. Entre eles, os dois principais métodos de conversão da forma líquida em pó são a secagem por pulverização e, no caso de materiais sólidos, as operações unitárias de redução de tamanho como moagem, pulverização, granulação e mistura são frequentemente utilizadas (LÓPEZ-CÓRDOBA; GOYANES, 2017).

Como produtos alimentícios, os pós alimentares são sistemas complexos que podem ser definidos por uma grande dispersão em suas propriedades causada por: complexidade da composição química das matérias-primas agrícolas; a heterogeneidade das estruturas nativas do produto (composição dos alimentos), a reatividade sob alta temperatura ou adição de água, a variabilidade do comportamento das matérias-primas agrícolas (CUQ, RONDET E ABECASSIS, 2011).

Em produtos em pó há diferentes propriedades físicas como solubilidade, granulometria e compactação, que precisam ser medidas e estudadas para se

obter um produto com as características desejadas. Informações detalhadas sobre as propriedades físicas dos produtos em pó são necessárias, especialmente porque são produtos complexos (LANNES E GOMEZ, 2020).

A fim de desenvolver produtos ou ingredientes de produtos com propriedades funcionais desejáveis que possam ser aplicados na indústria de alimentos, muita atenção tem sido dada ao entendimento das propriedades físicas dos pós para alimentos (LÓPEZ-CÓRDOBA; GOYANES, 2017).

2.4.2 Solubilidade

Os pós que se dispersam em água quente e fria com um mínimo de agitação e sem a formação de grumos ou sedimentos não dissolvidos são chamados de pós 'instantâneos', o tempo de reconstituição é definido como o tempo necessário para transformar um pó em solução, a reconstituição deve ser rápida e completa para produtos desidratados, sendo assim um dos principais indicadores de qualidade (FORNY; MARABI; PALZER, 2011).

O comportamento de reidratação também depende das propriedades físicas do pó (por exemplo, tamanho e forma das partículas, densidade e porosidade) e das condições de reidratação tal como a agitação, temperatura, concentração de sólido/líquido (LÓPEZ-CÓRDOBA; GOYANES, 2017).

A molhabilidade de um pó pode ser influenciada pelo tipo de pó e sua granulometria, mas principalmente por sua composição química, uma vez que determinados componentes possuem mais facilidade para dissolução (SZULC; LENART, 2012).

2.4.3 Tamanho de partícula e distribuição granulométrica

O tamanho é uma das propriedades mais importantes das partículas porque está diretamente envolvido no comportamento do volume dos pós, sendo um parâmetro com influência direta nas propriedades do pó como taxa de dissolução, textura, reatividade química, higroscopicidade. Para partículas esféricas, o tamanho é definido pelo diâmetro, no entanto as partículas, geralmente, têm forma irregular e não esféricas, de modo que um único grão tem

um número infinito de dimensões lineares e cada uma quantifica o tamanho da partícula em apenas uma direção (LÓPEZ-CÓRDOBA; GOYANES, 2017).

Todas as avaliações e medições das propriedades dos alimentos em pó devem ser acompanhadas por informações sobre o tamanho, a forma e a distribuição das partículas para dar uma melhor compreensão do que está por trás das propriedades e permitir alguma generalização das medições em diferentes tipos de pós (DODDS, 2013).

Todas as propriedades físicas do pó estão relacionadas ao tamanho de partícula e distribuição granulométrica como, densidade aparente, compressibilidade e fluidez de um pó alimentar, que são altamente dependentes de tamanho de partícula e sua distribuição. A separação do pó ocorre em uma mistura de pó de fluxo livre devido à diferença no tamanho das partículas afetando assim a fluidez do pó (BARBOSA-CANOVAS et al., 2005c).

2.4.4 Compactação

A associação entre a força de compactação e a capacidade de compactação da amostra é inversamente proporcional, uma amostra é mais compactável se sua força de compactação for menor (LANNES E GOMEZ, 2020).

Durante o manuseio e transporte de alimentos em pó, eles são expostos a forças que podem quebrá-los. A quebra do pó é geralmente indesejada, a não ser no caso de operações de redução de tamanho como a moagem, pois pode levar à deterioração de propriedades físicas importantes, como distribuição de tamanho de partícula, fluidez, densidade aparente, entre outras (LÓPEZ-CÓRDOBA; GOYANES, 2017).

3. Material e Métodos

Os trabalhos foram conduzidos no laboratório de Tecnologia de Alimentos III e planta-piloto do Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica (bloco 16) da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.

3.1 Material

3.1.1 Ingredientes utilizados

Para a fabricação do preparado em pó para *sorbet* foram utilizados:

- Morango congelado (Dmarchi, Jundiaí/SP, Brasil);
- Aveia em flocos médios (Granolevis, Atibaia/SP, Brasil);
- Vitacell Psillium P95 (JRS Latinoamerica, Diadema/SP, Brasil);
- Inulina-Orafti HSI (Beneo, São Paulo/SP, Brasil);
- Maltodextrina-MOR REX 1920 (Ingredion, São Paulo/SP, Brasil);
- Açúcar refinado (União, São Paulo, Brasil).
- Sucralose (Linea, Goiânia, Brasil)

3.1.2 Briefing para o desenvolvimento das formulações de *sorbet*

Para o desenvolvimento das formulações dos produtos, aplicou-se um briefing para desenvolvimento de produtos respondendo às seguintes perguntas:

Objetivo do projeto/escopo do produto:

Desenvolver formulações em pó para *sorbet* com características funcionais.

Público-alvo e suas características principais:

Direcionado a todos os públicos, com foco em dietas restritivas como veganos, vegetarianos, alérgicos a proteína do leite, intolerantes a lactose, diabéticos e adeptos de dietas inclusivas como o flexitarianismo.

Região/País a ser comercializado:

O produto será destinado a comercialização em todo o país e exportação.

Padrão de referência se existir:

Não há padrões de referências para formulação em pó para *sorbet* com as especificações da formulação, pois não existe similar no mercado.

Características sensoriais e requisitos de funcionalidade:

O produto após o preparo possui textura característica de gelados comestíveis, com sabor intenso da fruta de morango in natura e aspectos nutricionais preservados.

Padronização em princípios ativos desejados:

- 1- Aplicação em qual produto e o processo de produção deste: A formulação em pó desenvolvida, destina-se a produção do *sorbet* em massa e o processo de produção da formulação apresenta-se do preparo do pó até o *sorbet* em massa pronto para consumo.
- 2- Informações de mercado relacionadas ao produto, questões regulatórias e eventuais restrições. Não contém glúten, não contém lactose, não contém açúcar e alegações nutricionais relacionados ao teor de fibra da porção.
- 3- **Preço final esperado:** 20 a 25 reais embalagem de 500 g do produto em pó pronto para o preparo (2021).

Características sensoriais:

Após a definição do briefing de desenvolvimento da formulação e produção, foram definidas algumas características sensoriais do produto.

1- **Cor:** Cor vermelha

Características do produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Mistura em pó	-	-	-	●	-
<i>Sorbet</i> em massa	-	-	-	-	●

●: presença -: ausência

2- **Homogeneidade:** Separação de fases do pó e presença de pontos de cristais de gelo e pedaços de fruta no *sorbet* em massa.

Características do produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Mistura em pó	●	-	-	-	-
<i>Sorbet</i> em massa	●	-	-	-	-

●: presença -: ausência

3- **Parâmetros de conformação:** Pó granulado e *sorbet* em massa aerado

Características do produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Mistura em pó	-	-	●	-	-
<i>Sorbet</i> em massa	-	-	-	●	-

●: presença -: ausência

4- Parâmetros de superfície: Pó seco e *sorbet* em massa molhado

Características do produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Mistura em pó	-	-	-	-	●
<i>Sorbet</i> em massa	-	-	-	-	●

●: presença -: ausência

5- Tamanho, forma e interação entre pedaços e partículas: Fluidez do pó e solubilidade na produção do *sorbet* em massa.

Características do produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Mistura em pó	-	-	-	-	●
<i>Sorbet</i> em massa	-	-	-	-	●

●: presença -: ausência

Textura

6- Textura visual: Pó com mistura homogênea e emulsão do *sorbet* em massa

Características do produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Mistura em pó	-	-	-	-	●
<i>Sorbet</i> em massa	-	-	-	-	●

●: presença -: ausência

7- Textura tátil: Fluidez do pó e viscosidade do *sorbet* em massa

Características do produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Mistura em pó	-	-	-	-	●
<i>Sorbet</i> em massa	-	-	-	●	-

●: presença -: ausência

8- Textura oral: maciez e derretimento do *sorbet* em massa

Características do produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Mistura em pó	●	-	-	-	-
<i>Sorbet</i> em massa	-	-	-	●	-

●: presença -: ausência

Aroma

9- Notas aromáticas: frutal

Características do produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Mistura em pó	-	-	-	-	●
<i>Sorbet</i> em massa	-	-	-	●	-

●: presença -: ausência

10-Gosto: doce e acidez característica da fruta

Características do produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
----------------------------	---------	---------------	-------	-------	-------

Mistura em pó	-	-	-	●	-
Sorbet em massa	-	-	-	-	●

●: presença -: ausência

Sabor

11-Pressão (tato) e temperatura: Refrescância e frio do *sorbet* em massa

Características do produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Mistura em pó	●	-	-	-	-
Sorbet em massa	-	-	-	-	●

●: presença -: ausência

3.1.3 Desenvolvimento das formulações

Foram desenvolvidas, após vários testes-piloto, contando com experiência prévia da orientadora, 2 formulações de mistura em pó de *sorbet*, com e sem sacarose, e com adição de substitutos de sacarose. A formulação **padrão** foi produzida com todos os ingredientes determinados (morango, extrato de aveia, psyllium e sacarose). A formulação **modificada** foi produzida com os ingredientes da formulação padrão, com substituição da sacarose por maltodextrina, inulina e sucralose.

Ficando assim as variáveis do preparado em pó (Tabela 2):

Tabela 2. Formulações produzidas das misturas em pó para sorbet

Ingredientes	Formulações	
	Padrão	Modificada
Morango	25,7 %	25,3 %
Extrato de Aveia	14,3 %	13,7 %
<i>Psyllium</i>	2 %	2 %
Sacarose	60 %	-
Maltodextrina	-	48,3 %
Inulina	-	9,2 %
Sucralose	-	1,7 %

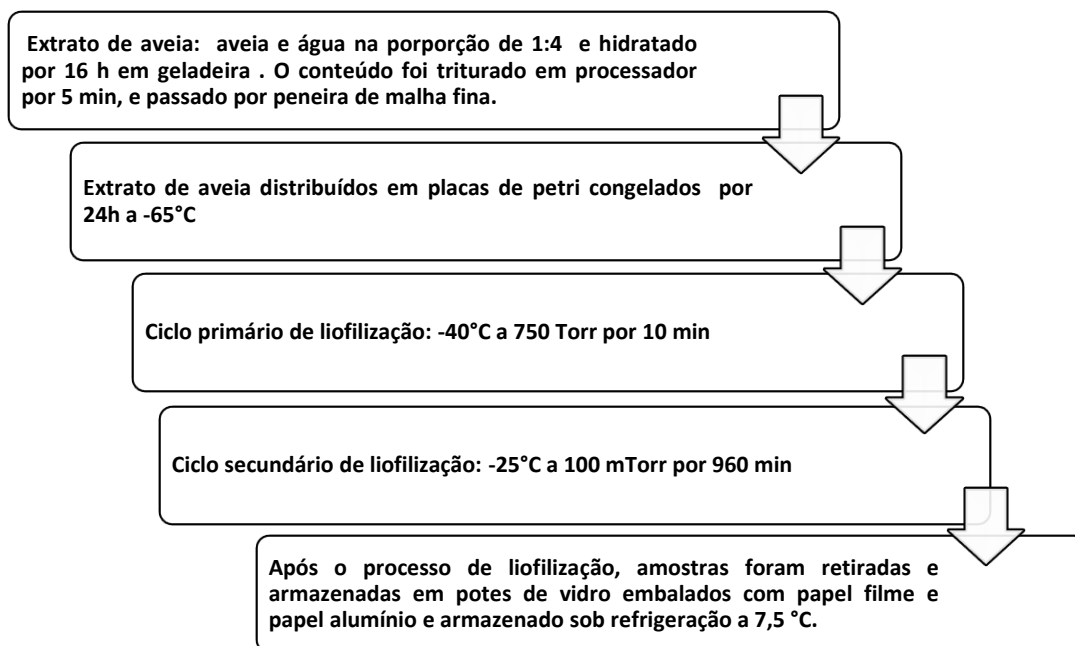
3.2 Métodos

3.2.1 Processamento de ingredientes e liofilização

Após preparo dos materiais, foi usada a liofilização para secagem e conservação do morango e do extrato vegetal de aveia. Utilizou-se o aparelho liofilizador da marca FTS System, modelo TDS-00209A (FTS SYSTEM, USA), conforme Figura 2

Extrato de aveia

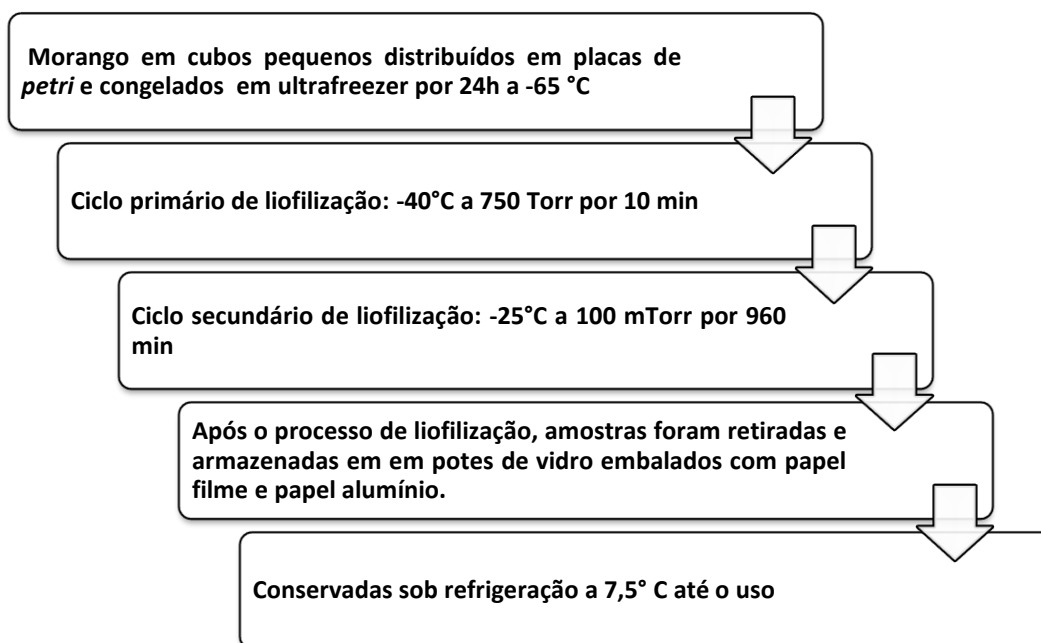
Para a produção do extrato vegetal de aveia, hidratou-se por 16 horas numa proporção de 1:4 (aveia/água). Após este período, a aveia hidratada foi triturada em processador (modelo PH900, Philco, Brasil) por 5 min, sendo posteriormente passada por uma peneira comum de malha fina. O líquido obtido foi colocado em placas de petri e congelado em ultrafreezer por 24 h a -65°C (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma de preparo e liofilização do extrato de aveia**Figura 3.** Aparelho de liofilização FTS SYSTEM (USA)

Morango

O morango foi cortado em cubos, distribuído em placas de Petri e armazenados em ultrafreezer por 24 h a -65°C . O processo de liofilização se deu por um ciclo primário de -40°C a 750 Torr por 10 min e, no segundo ciclo, a -25°C a 100 mTorr por 960 min. Após a finalização do processo de liofilização, as amostras foram armazenadas em potes de vidro com tampa, embalados em plástico filme e papel alumínio para a proteção contra umidade e proteção da cor dos materiais e conservados sob refrigeração a $7,5^{\circ}\text{C}$.

Figura 4. Fluxograma de liofilização do morango



3.2.2 Processamento do pó

Após a liofilização do morango e do extrato de aveia, as amostras foram processadas seguindo um método convencional de processamento de pós, composto por etapas de moagem, tamisação e mistura.

3.2.2.1 Moagem

A moagem dos ingredientes (açúcar e morango) foi realizada em processador (modelo PH900, Philco, Brasil), sendo triturados durante 5 min na velocidade 1. O extrato de aveia foi triturado na função pulsar por poucos segundos, pois já é um material leve e que só precisa ser homogeneizado. O *psyllium*, a maltodextrina, a inulina e a sucralose não foram trituradas, pois já são fornecidos com granulometria adequada ao processo.

3.2.2.2 Mistura

Para o processo de mistura foi utilizado um misturador do tipo tambor, da marca Indústria Paulista de Motores - Motor trifásico 26021- Tipo T56 (Brasil) (Figura 5).

Figura 5. Misturador do tipo tambor



Fonte: autoria própria

3.2.2.2.1 Tempo de mistura

Para a determinação do tempo de mistura foi usada a metodologia proposta por Fellows (2006), onde 100 g de amostra foi submetida a 5 min de agitação no misturador tipo tambor (Tabelas 3 e 4). Após a mistura, processou-se 10 g de amostra em equipamento classificador Produtest (Granutest, Brasil) por 5 min na velocidade 8, foi usado o tamis ABNT 25/TYLER 24 e o procedimento foi repetido 4 vezes.

Tabela 3. Quantidade de massa retida nas peneiras das amostras tradicional.

Amostra	Primeira determinação	Segunda determinação	Terceira determinação	Quarta determinação
Preparados em pó	3,4 g	3,7 g	3,5 g	3,6 g

A média das quatro massas retidas na peneira foi obtida (concentração média dos componentes) para então ser utilizada na Equação 1 que representa o desvio padrão das amostras sendo utilizado na Equação 2 que calcula a taxa de mistura (M_1). Para o seu cálculo utiliza-se também o desvio padrão no início da mistura (σ_0) que é calculado pela Equação 3 e o desvio padrão de uma amostra perfeitamente misturada (σ_ω), que nesse caso é considerado 0,001.

$$\sigma m = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (c - \hat{c})^2} \quad (1)$$

Sendo:

σm = desvio padrão das amostras;

n = número de repetições;

c = medida retida na peneira

\hat{c} = média das 4 medidas retidas na peneira

$$M_1 = \frac{\sigma m - \sigma \omega}{\sigma_0 - \sigma \omega} \quad (2)$$

Sendo:

M_1 = taxa de mistura;

σm = desvio padrão das amostras;

$\sigma \omega$ = desvio padrão de uma amostra perfeitamente misturada;

σ_0 = desvio padrão no início da mistura

$$\sigma_0 = \sqrt{V_1 (1 - V_1)} \quad (3)$$

Sendo:

σ_0 = desvio padrão no início da mistura;

V_1 = média mássica fracional

Para o cálculo do desvio padrão no início da mistura utiliza-se a média mássica fracional (v_1) do ingrediente mais visível após a mistura, que no caso das formulações em testes foi a sacarose.

Após a obtenção da (M_1), a constante da taxa de mistura (k) foi obtida a partir da Equação 4, sendo o tempo de mistura de 600 s.

$$\ln M_1 = -K t_m \quad (4)$$

Sendo:

M_1 = taxa de mistura;

K = constante de taxa de mistura

t_m = tempo de mistura

Com a obtenção da constante (K) pela Equação 4 e com a consideração de que $\sigma_m \cong \sigma_\infty \cong 0.01\%$, se obtém então o tempo mínimo de mistura com novamente a utilização da Equação 4. Todas as variáveis, juntamente com tempo de mistura são mostradas na Tabela 4.

Tabela 4. Dados para cálculo de tempo de mistura.

Amostras	\hat{c}	σ_m	σ_0	M_1	K	t_m
Padrão	3,55	0,12%	25,88%	0,270	0,0011	9:93

\hat{c} média das massas retidas na peneira. σ_m Desvio padrão das amostras. σ_0 Desvio padrão no início. M_1 Taxa de mistura. K constante de taxa de mistura. t_m Tempo de mistura (minutos).

Nesta etapa, para a determinação do tempo de mistura, não foi adicionado o morango liofilizado devido à sua característica higroscópica e ao tamanho, não estando pulverizado, mas sim em pedaços pequenos, foi decidido assim que o

morango liofilizado em pedaços deverá ser colocado na embalagem separado da mistura principal, sendo necessário adicioná-lo ao preparado em pó no momento da produção do *sorbet* em massa.

Como o tempo de mistura foi determinado em 9,93 min, decidiu-se manter o tempo de 10 min de mistura para as duas amostras (padrão e modificada).

3.2.2.3 Tamisação/Granulometria

Para a granulometria das amostras usou-se o granulômetro da marca Granutest (modelo Produtest, Brasil) (Figura 6), por 5 min na velocidade 8. Ajustou-se o número das peneiras de modo que não ficasse mais de 20% do material retido na primeira peneira e no fundo e/ou mais de 30% em qualquer das demais peneiras. As peneiras utilizadas estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Peneiras utilizadas para granulometria das formulações padrão e modificada.

Padrão	Modificada
ABNT 30/TYLER 28	ABNT 20/TYLER
ABNT 50/TYLER 48	ABNT 30/TYLER 28
ABNT 60/TYLER 60	ABNT 40/TYLER 35
ABNT 80/TYLER 80	ABNT 50/TYLER 48
ABNT 100/TYLER 10	ABNT 170/TYLER 170
ABNT 140/TYLER 150	

Figura 6. Granulômetro.

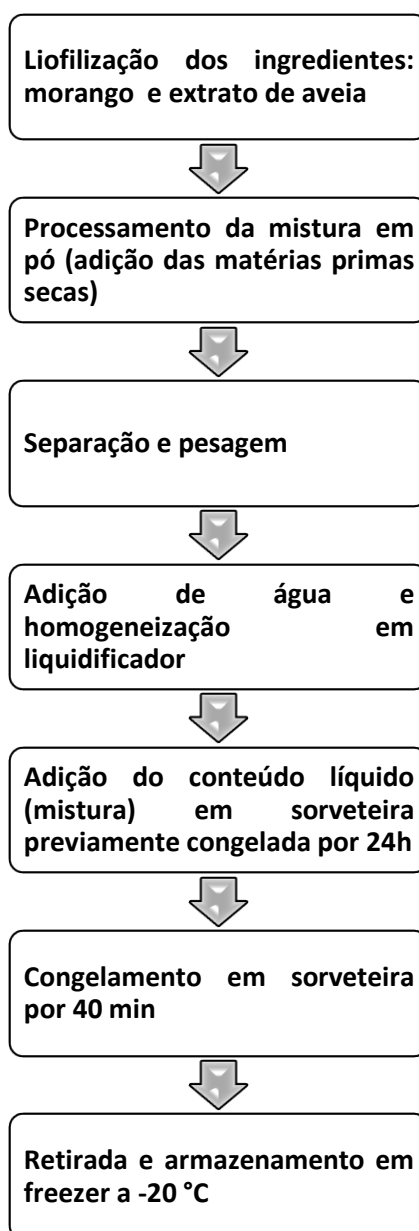


Fonte: própria autoria

3.2.2.4 Produção do *sorbet* em massa – pronto para consumo

O *sorbet* foi produzido com a adição de 215 g de pó para 500 mL de água filtrada que foram homogeneizados com mixer manual (modelo Ultra mixer 1800W, Britânia, Brasil) por 5 min. Após a homogeneização da calda, a mesma foi adicionada à sorveteira (modelo ICE-20, Cuisinart, USA) e submetida a batimento por 40 min, com o movimento de agitação e incorporação de ar foi dada a origem o *sorbet*, logo após a mistura foi levada para continuidade da cristalização em freezer a -18°C por 24 h (Figura 7).

Figura 7. Fluxograma da produção de *sorbet* em massa.



3.3 Análises do produto pronto - Pó

3.3.1 Análises físicas

3.3.1.1 Molhabilidade

O teste de molhabilidade foi feito de acordo com a metodologia de Lannes e Medeiros (2003) com modificações.

A molhabilidade do produto foi testada em água filtrada, que é o meio de reconstituição do produto. Para isso, 2,0 g de amostra em pó foram adicionadas a um béquer com 50 mL de água a uma temperatura de 25°C.

As amostras foram adicionadas cuidadosamente de forma uniforme em toda área de contato com a água, a uma altura de 3 cm do béquer, sendo o tempo necessário para que todo produto fosse totalmente coberto pelo líquido, determinando-se o tempo de molhabilidade com o auxílio de cronômetro. A análise foi realizada em triplicata.

3.3.1.2 Ângulo de repouso

O ângulo de repouso é a medida empírica da fluidez de produtos sólidos, e para sua obtenção foram realizados testes.

Para a determinação do ângulo de repouso das amostras foram usados 20 g de cada amostra, sendo acomodadas em um funil de 10 mm de diâmetro, que se encontrava vedado. Depois de acomodado o pó, a abertura foi liberada e as amostras escoaram sobre uma placa de *petri*, sendo a altura da placa de *petri* mantida constante fixada em 2 cm.

O ângulo de repouso foi calculado como o arco tangente da relação entre a altura e o raio da base da pilha formada, sendo a análise realizada em triplicata.

3.3.1.3 Tamanho e distribuição de partículas

O teste da distribuição granulométrica foi apoiado na metodologia proposta por Lannes (2005), a qual é baseada na quantificação da massa retida

em peneiras de diferentes aberturas após a passagem de 100 g de amostra. Para isso, foram usadas 10 g de amostra para a análise com o auxílio do equipamento Granutest (Produtest, Brasil). A escolha das peneiras utilizadas para a realização do teste foi estipulada após testes preliminares, com base no preceito de que não mais que 20% do material poderia ficar retido na primeira peneira e nem no fundo e de que não mais que 30% do material poderia ficar retido em qualquer peneira intermediária. O diâmetro médio das partículas do produto foi calculado a partir da Equação 5,

$$\text{Diâmetro médio} = \frac{\sum[(\% \text{retida}) \times (\text{abertura média})]}{100} \quad (5)$$

3.3.1.5 Compactação

A análise de compactação dos pós foi realizada a partir da metodologia de Eduardo e Lannes (2007) para o texturômetro TA-XT2 (Stable Micro System). Foram adicionados 40 g de cada amostra de pó em um copo cilíndrico de vidro, com diâmetro de 50 mm e altura de 70 mm, que sofreu compressão por uma placa de 45 mm de diâmetro (*probe back extruion A/BE*). Os parâmetros usados para análise foram: velocidade de 2 mm/s, tempo de 5 s e distância de 2 mm, sendo este realizado em triplicata.

3.3.2 Análises Físico-químicas

Todas as análises físico-químicas foram realizadas para as amostras, tanto padrão quanto modificada, em triplicata.

3.3.2.1 Cinzas

A quantificação do teor de cinzas foi realizada de acordo com AOAC (1990). Foram pesados, em cadinhos calcinados e tarados, cerca de 2 g de amostra para então ser incinerada em bico de Bunsen até a amostra ser transformada somente cinzas.

Após a incineração os cadinhos foram colocados em uma mufla a 550 °C, por cerca de 24 h, para total destruição da matéria orgânica, ou seja, até peso constante, em triplicata.

3.3.2.2 Umidade

A determinação do teor de umidade foi realizada de acordo com a metodologia AOAC 931.04 (1990). Primeiramente 10 g de amostra foram pesadas em cápsula de porcelana tarada, para serem levadas a estufa a 105 °C, onde o material foi dessecado até peso constante, em triplicata.

3.3.2.3 Proteína

A quantificação do teor de proteína foi realizada a partir do equipamento Micro-Kjeldahl de acordo com a metodologia AOAC 970.22 (1990). Para tanto, 0,2 g de amostra foram transferidas para um tubo de Micro-Kjeldahl, juntamente com 2,0 g de mistura catalítica de sulfato de cobre e sulfato de potássio (1:10) e 5,0 mL de ácido sulfúrico concentrado.

A digestão ocorreu até que a solução com a amostra estivesse límpida. Após essa etapa, 15,0 mL de solução 60% de hidróxido de sódio e vapor de foram acrescentados ao equipamento Kjeldahl, para então ser realizada a destilação. Após a destilação, o destilado foi recolhido em um Erlenmeyer com 5,0 mL de solução supersaturada de ácido bórico e 3 gotas de indicador vermelho de metila e azul de metileno. O destilado foi então titulado com a solução de ácido clorídrico 0,02 N, para se obter o teor de nitrogênio das amostras, em triplicata.

3.3.2.4 Determinação fibras totais

A determinação do teor de fibras totais foi realizada seguindo a metodologia AOAC (1990). Por tanto, as amostras padrão e modificada foram pesadas em triplicata em Becker, adicionou-se 50 ml de tampão fosfato e 100 µL de enzima alfa amilase termo-resistente e colocou-se em banho-maria com agitação a 100 °C durante 30 min. Após esfriar as amostras, colocou-se 8 mL de

NaOH 0,275N e acertou o pH até 7,5, 100 µL de protease foi adicionado e novamente colocou-se no banho-maria com agitação 60° durante 30 min, esfriou-se a amostra e foi adicionado 8 mL de ácido clorídrico 0,325 N e ajustou o pH até 7,5 e 200 µL de amiloglicosidase foi adicionado e agitado em banho-maria a 60°C durante 30 min. Após a agitação em banho-maria, adicionou-se 280 mL de etanol 95%.

A mistura ficou em repouso, à temperatura ambiente, por 1 hora, para a precipitação da fração de fibra solúvel. Filtrou-se quantitativamente a solução alcoólica contendo o resíduo da hidrólise em cadinho de vidro, conectado ao sistema de vácuo Kitassato. Após isso, lavou-se o bequer com três porções de 20 mL de álcool etílico 78% e posteriormente o processo se repetiu com 20 mL de álcool etílico 95%, após isso os béqueres foram lavados com duas porções de 20 mL de acetona.

Colou-se os cadinhos em estufa a 105 °C por uma noite e posteriormente colocados em dessecador por 30 min e pesados em balança analítica.

3.3.2.5 Carboidratos

Para o cálculo da determinação de carboidratos somou-se o conteúdo de umidade, cinzas, lipídios e proteínas, subtraindo a soma desses valores por 100 ($100 - \sum$ teor de umidade, cinzas, proteínas, lipídios), conforme Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003 (ANVISA, 2003), com modificações, uma vez que a análise de lipídios não foi realizada devido ao valor tendendo a zero., considerou-se assim o valor 0 na somatória.

3.3.2.6 pH

O pH foi determinado em pHmetro hd 8602 (Delta Ohm), seguindo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). Primeiramente, 10 g de amostra foram pesadas e transferidas para um Erlenmeyer seco, com o auxílio de 100 mL de água destilada a 25°C, e agitado até que as partículas ficassem uniformemente suspensas. A amostra foi deixada em repouso por 10 min e o

sobrenadante foi então transferido para um frasco seco e imediatamente foi medido o pH com o pHmetro, em triplicata.

3.3.2.6 Atividade de água

A liofilização é um método muito eficaz de secagem e sua correta execução é fundamental para garantir e prolongar a vida do produto liofilizado. Isso ocorre porque a água livre do alimento é restringida e com isso é reduzido ou eliminado um possível crescimento de microrganismos deterioradores ou patogênicos (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2007).

A atividade da água (aW) é uma razão entre pressões de vapor, e por isso é uma variável adimensional. Ela varia de 0,0 para material completamente livre de água, a 1,0 para a água pura (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2007). Os resultados obtidos quanto a atividade de água para as amostras de morango e extrato de aveia liofilizados estão descritos na Tabela 6.

Figura 7. Medidor de atividade de água



Fonte: própria autoria

Para o morango e extrato de aveia liofilizados, a análise de atividade da água foi realizada com o aparelho LabMaster.aW Novasina (EUA) (Figura 8). Três amostras de cada um dos liofilizados (morango e extrato de aveia) foi colocada em um recipiente próprio e introduzida no leitor de atividade da água.

3.5 Análise do sorbet após processamento – pronto para consumo

3.5.1 Reologia

As características reológicas das misturas de sorbet preparadas conforme descrição (Figura 7) foram determinadas por meio de testes oscilatórios, em Reômetro MARS Haake, com programa RheoWin3 para a análise de dados (*Thermo Electron Corporation, Alemanha*) em temperatura de 4°C, controlada por um banho refrigerado, com sensor cone- placa (C35/1 Ti polido), em triplicata.

Primeiramente, foram realizadas varreduras de tensão, de 0,01 a 100 Pa, para a determinação do intervalo de viscoelasticidade linear. Estabelecido o valor de tensão fixo, dentro do intervalo linear, varreduras de frequência, 0,01 a 10 Hz, foram efetuadas para a obtenção do espectro mecânico. O comportamento dos módulos elásticos (G') e viscoso (G'') e a viscosidade complexa (η^*) foram avaliados em função da frequência. As misturas foram avaliadas logo após o congelado a 4°C.

3.5.2 Textura

O analisador de textura CTX (Ametek Brookfield, EUA) foi utilizado para medir a força máxima requerida à extrusão dos sorvetes logo após batimento, a -5°C. As formulações foram analisadas em triplicata, utilizando o probe AB/E *back extrusion*.

O volume do copo foi preenchido com sorbet pronto para consumo, logo após processamento, até ocupar 2/3 do volume total. A velocidade de penetração do probe nas amostras foi de 1 mm/s assim como a velocidade de pré e pós teste. A distância percorrida pelo probe após alcançar a massa de sorbet no copo foi de 25 mm. O pico máximo de força foi avaliado como a força máxima requerida à extrusão. Os resultados foram analisados com o auxílio do software Texture Pro V 1.0 Build 15 (Ametek Brookfield, EUA).

3.5.3 Medida de overrun

A medida da quantidade de ar incorporado nos sorvetes foi realizada da seguinte forma:

- Tomou-se o peso de uma embalagem padronizada;
- A embalagem foi completada com a mistura para sorvete (antes do batimento) e anotou-se o peso, descontando o peso da embalagem;
- Após o batimento, preencheu-se a embalagem com o sorvete pronto para consumo. A massa do sorvete, descontando a embalagem foi anotada.
- A porcentagem de *overrun* foi calculada por meio da Equação 6

$$\% \text{ overrun} = [(M_{\text{mistura}} - M_{\text{sorvete}}) / M_{\text{sorvete}}] \times 100 \quad (6)$$

3.5.4 Taxa de fusão

Foi utilizada uma adaptação da metodologia de Bolliger, Goff e Tharp (2000). Amostras de 30 g mantidas em freezer a -20°C foram colocadas sobre uma grade metálica durante 45 minutos à temperatura ambiente controlada (temperatura). O peso drenado foi anotado a cada 5 min. Após o término, a amostra restante na grade foi removida quantitativamente. Os dados obtidos foram utilizados para construir as curvas de fusão de cada formulação.

3.5.5 Análise de cor

A cor da superfície das amostras de sorbet foram medidas com o colorímetro (Colorium 2, Delta Color, Brasil), previamente calibrado. A partir do espectro de refletância da amostra, obteve-se os parâmetros colorimétricos L, a e b da escala CIELAB. O parâmetro L indica intensidade de claridade (0 totalmente preta e 100 totalmente branca), o parâmetro a indica verde/vermelho (verde -120 e vermelho +120) e o parâmetro b indica azul/amarelo (-120 azul e +120 amarelo). Esses parâmetros são representados em um diagrama tridimensional cujas coordenadas são a, b e L. Para a realização das medidas de cor, amostras constituídas por 75 g de sorbet de morango foram espalhadas em uma placa de *petri* (8,5 cm de diâmetro interno) e mantidas a -18°C até a realização da análise, formando uma camada não transparente.

Análise dos dados

Os resultados obtidos nas análises, foram avaliados por ANOVA (comparação de Tuckey, $p \leq 0,05$) por meio do software MINITAB (Minitab, Estados Unidos).

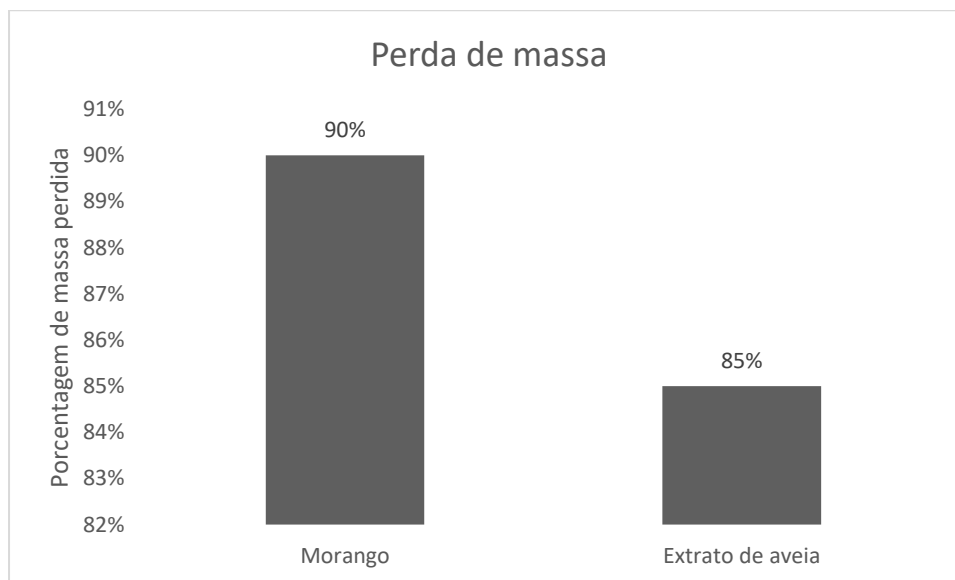
4. Resultados e Discussão

Amostras de morango e extrato de aveia liofilizadas

4.1 Morango e extrato de aveia.

A perda de massa (água) apresentada, tanto pelo morango quanto pelo extrato de aveia, foi superior a 80%, tendo o morango liofilizado exibido 90% de perda de massa, enquanto o extrato de aveia, 83% (Figura 8).

Figura 8. Gráfico perda de massa de amostras liofilizadas



Nos cálculos de desenvolvimento das formulações de *sorbet* em pó, foi usada esta porcentagem como base para estabelecer a quantidade de água para

reidratar os componentes, sendo a quantidade de água a ser adicionada na formulação para a produção do *sorbet* para consumo. A atividade de água das amostras é apresentada na Tabela 6.

Osako (2012), realizou um estudo onde avaliou a liofilização de iogurte e de frutas, e obteve como resultado 80% de perda de massa nas amostras. Sendo assim, a perda de massa de mais de 80% nas amostras de morango e extrato de aveia se mostrou efetiva, garantindo assim um processo correto.

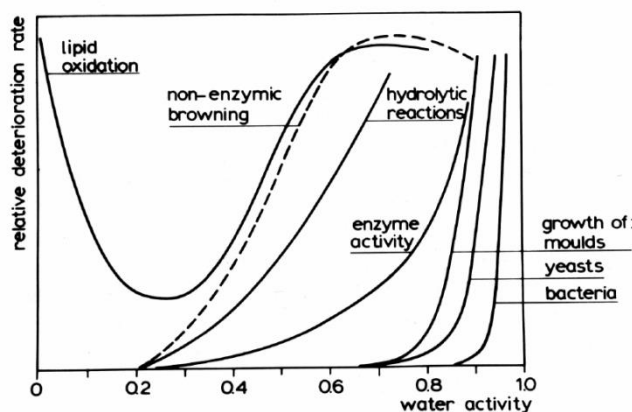
Tabela 6. Atividade de água para amostras de morango e extrato de aveia liofilizadas.

Amostras liofilizadas	aW
Morango	0,32±0,00 ^a
Extrato de aveia	0,05±0,00 ^b

Média ± desvio padrão (n=3). Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05)

A Figura 10 ilustra a correlação entre atividade da água e fatores que podem influenciar na degradação dos alimentos. O diagrama mostra que micro-organismos, como fungos, conseguem se multiplicar e deteriorar alimentos, cuja atividade de água se encontra acima de 0,6 (SENAN, 2016). As amostras de morango e extrato de aveia liofilizadas se encontram abaixo desse limite de atividade de água, valores mais baixos que 0,4, podendo-se considerar que a água residual é insuficiente para o crescimento de micro-organismos.

Figura 9. Diagrama da atividade de água.



Fonte: Ariyawansa, Sujeewa. (2020).

Produtos em pó preparados

4.2 Tempo de mistura

De acordo com Barbosa-Cánovas (2005a), o tempo de mistura não deve ser muito longo devido à natureza inevitável da segregação da maioria dos alimentos em misturas de sólidos. Nesse caso, em vez de melhorar a eficiência, longos tempos de mistura geralmente resultam em uma mistura “pobre”.

Na maioria dos casos de mistura de pós, o grau máximo de homogeneidade será obtido em menos de 15 min, quando o tipo adequado de equipamento e a capacidade de trabalho tiverem sido escolhidos. Dessa forma, o tempo de 10 min encontrado após os cálculos e estabelecido para as formulações padrões e modificada estão dentro dos parâmetros estabelecidos e recomendados na literatura, garantindo assim um mistura adequada e completa, diminuindo risco de segregação e garantindo o fluxo adequado do produto.

4.3 Análises físicas

4.3.1 Granulometria

Todas as propriedades físicas de pós dependem do estado de subdivisão, assim, as propriedades dos pós são conduzidas pelo tamanho, distribuição e forma das partículas individuais do produto (DODDS, 2013).

O tamanho é uma das propriedades mais importantes das partículas porque está diretamente envolvido no comportamento do volume dos pós. O tamanho da partícula influencia o grau de interação entre as próprias partículas (LÓPEZ-CÓRDOBA; GOYANES, 2017).

Para o cálculo do diâmetro médio das partículas foi necessário o cálculo da abertura média (mm) e a porcentagem retida em cada tamise, conforme os dados apresentados nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7. Porcentagem retida x abertura amostra padrão de mistura para *sorbet*.

Tamise nº	Abertura média (mm)	% Retida	% Retida média X abertura
ABNT 30/TYLER 28	0,590	5,00	2,95
ABNT 50/TYLER 48	0,297	25,24	7,49
ABNT 60/TYLER 60	0,250	20,33	5,08
ABNT 80/TYLER 80	0,177	15,71	2,78
ABNT 100/TYLER 10	0,150	22,48	3,37
ABNT 140/TYLER 150	0,106	9,69	1,02
			22,70

Tabela 8. Porcentagem retida x abertura amostra modificada de mistura para *sorbet*.

Tamise nº	Abertura média (mm)	% Retida	% Retida média X abertura
ABNT 20/TYLER 20	0,85	2,23	1,89
ABNT 30/TYLER 28	0,59	2,47	1,45
ABNT 40/TYLER 35	0,49	2,62	1,28
ABNT 50/TYLER 48	0,297	27,87	8,27
ABNT 80/TYLER 80	0,177	29,46	5,21
ABNT 170/TYLER 170	0,106	28,79	3,05
			21,18

O diâmetro médio das partículas das amostras padrão e modificada são menores que 1 mm, sendo caracterizadas como partículas finas (LANNES, GOMEZ, 2020) (Tabela 9). O conhecimento da distribuição granulométrica tornou-se essencial para caracterizar os pós dos alimentos e entender suas propriedades físicas (DODDS, 2013). A distribuição do tamanho da partícula, está diretamente relacionada à qualidade do produto, além de que, o tamanho das partículas tem uma forte influência na segregação do pó. A distribuição do tamanho de partícula também afeta outras propriedades do pó, como densidade aparente, fluidez e compressibilidade (SHENOY et al., 2015; OSORIO-FIERROS et al., 2017).

Tabela 9. Diâmetro médio das partículas das amostras de mistura para sorbet.

Preparados em pó	Padrão	Modificada
Diâmetro médio das partículas (mm)	0,227	0,211

As partículas que formam um pó raramente terão uma forma esférica. À medida que as partículas diminuem, por influência de atrito devido ao manuseio, suas bordas podem se tornar arredondadas, podendo ser consideradas esféricas. O termo "diâmetro" é, portanto, frequentemente usado para se referir à dimensão linear característica. Materiais alimentares particulados são principalmente de origem orgânica, e suas formas individuais de grãos podem ter grande diversidade de estruturas, já que suas composições químicas são mais complexas que as de pós industriais inorgânicos (cimento, argila e metais) as variações de forma nos pós alimentares são enormes, variando a irregularidade (materiais moídos como especiarias e açúcar), até uma esfericidade aproximada (amido e levedura seca) ou formas cristalinas bem definidas (açúcar granulado e sal). Considerando os aspectos mencionados, expressar um único tamanho de partícula não é simples quando sua forma é irregular (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2005c).

4.3.2 Compactação de pós

A compactação de pós alimentares é útil para avaliação de fluxo, tendência de atrito e aglomeração do pó (LANNES, GOMEZ, 2020). O teste de compactação de pó de alimentos tem como objetivo simular mudanças de densidade durante o manuseio e transporte, uma vez que submeter um pó a vibração ou impacto geralmente resulta em sua compactação (BARBOSA-CÁNOVAS; JULIANO, 2005).

Os resultados obtidos referentes à compactação das amostras de preparado em pó para *sorbet* estão apresentados na Tabela 10 e na Figura 11.

Tabela 10. Força necessária para a compactação das misturas em pó padrão e modificada para *sorbet*.

Preparados em pó	Força (N)
Padrão	7,65±0,0 ^a
Modificada	2,65±0,0 ^b

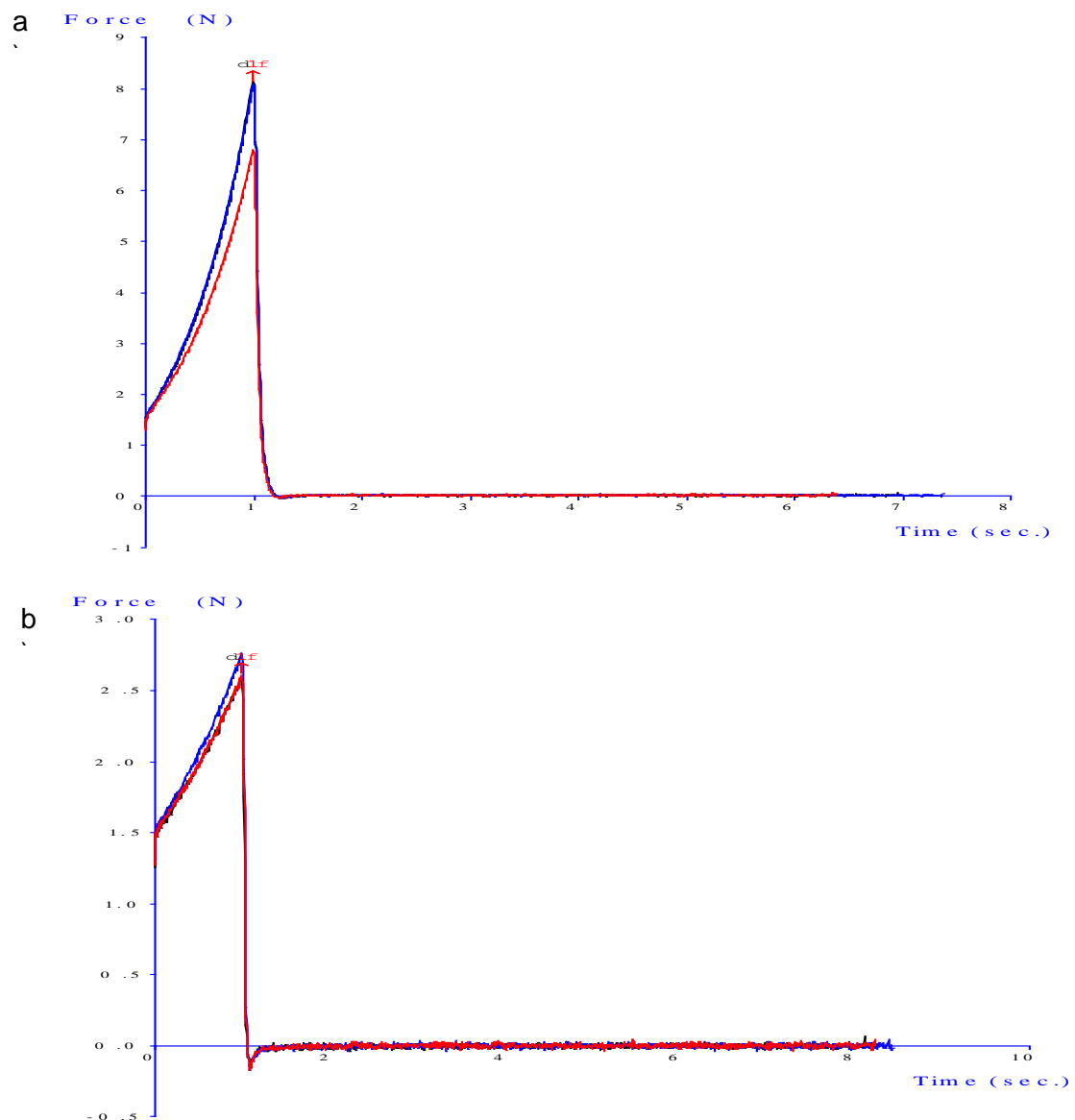
Média ± desvio padrão (n=3). Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05)

A força necessária para realizar a compactação da amostra de preparado em pó modificada foi cerca de 65% menor do que para compactar a amostra padrão. Esse resultado pode estar relacionado ao tamanho das partículas, as quais influencia o comportamento da compactação do pó. Assim, à medida que o tamanho das partículas diminui, o pó se torna mais coeso e o fluxo diminui, o que resulta em maior atrito entre partículas, mais energia necessária para superar o atrito e maior resistência à tração (ONG et al., 2014).

A compressibilidade do pó é afetada pelo tamanho da partícula, mostrando assim que partículas mais finas possuem maior compressibilidade; as partículas maiores requerem maior força de compressão enquanto as partículas menores, requerem menor força de compressão, preenchendo os vazios do espaço por causa da alta porosidade em massa (BARBOSA-CÁNOVAS; JULIANO, 2005).

A Figura 11, ilustra a diferença de força para a compactação de análise entre as amostras, tornando possível acompanhar a evolução da análise ao longo do tempo. A amostra modificada, se mostrou mais coesa que a amostra padrão, mesmo assim esse fato não atrapalha a fluidez das amostras, a coesão é a medida da atração entre as partículas, que tendem a impedir o deslizamento plano de uma superfície de partícula sobre a outra (BARBOSA-CÁNOVAS; JULIANO, 2005).

Figura 10. Gráfico de força requerida para a compactação das amostras padrão (a) e modificada (b).



A aglomeração das partículas de pó ocorre devido à coesão, que gera o endurecimento de alimentos em pó que se dá devido à formação de pontes sólidas podendo ser causado por vários mecanismos que incluem derretimento e solidificação da gordura, transição vítrea (temperatura na qual um produto muda entre um estado vítreo (tipo sólido) e um estado borracha (tipo líquido) e formação de pontes de cristal entre as partículas, transformando o material pegajoso indesejável, resultando em perda de funcionalidade e qualidade inferior (BENKOVIĆ et al., 2012).

4.3.3 Molhabilidade

A determinação da molhabilidade de preparados em pó alimentares, influi na qualidade final do produto. A partir da análise de molhabilidade pode-se obter informações muito importantes sobre o produto, como sua dispersibilidade e tendência à formação de aglomerados (LANNES, GOMEZ, 2020). A reconstituição rápida e completa destes produtos em pó é um dos principais indicadores de qualidade, o tempo de reconstituição é definido como o tempo necessário para transformar um pó em solução (FORNY, MARABI, PALZER, 2011).

Tabela 11. Tempo de molhabilidade das misturas em pó padrão e modificada de mistura em pó para *sorbet*.

Amostra	Tempo (s)
Padrão	3,99±0,00 ^a
Modificada	3,98±0,00 ^a

Média ± desvio padrão (n=3). Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05)

As amostras de preparado em pó padrão e modificada não apresentaram diferença significativa (P<0,05), quando comparados (Tabela 11). O tempo necessário para dissolver por completo as amostras elaboradas foi muito próximo, o que mostra que as substituições feitas na formulação da amostra modificada, não alteraram de forma expressiva sua molhabilidade.

A composição da superfície das partículas em pó influenciará sua hidrofiliabilidade/hidrofobicidade, o que influenciará o comportamento de umedecimento com água. A maior porosidade das partículas pode permitir que a água penetre mais facilmente em uma partícula e solubilize-a mais rapidamente, além do mais, a composição do pó (tanto na massa quanto na superfície) é um dos fatores mais importantes que influenciam o comportamento de reidratação dos pós (LÓPEZ-CÓRDOBA, GOYANES, 2017). As matérias primas como morango e extrato de aveia foram liofilizadas o que tornou o produto poroso, justificando assim provavelmente a molhabilidade em poucos segundos.

Uma justificativa para a rápida molhabilidade das amostras está em seus constituintes hidrofílicos, como os carboidratos (açúcar, maltodextrina e inulina) que são dispersíveis em água. Não há na formulação constituintes hidrofóbicos como as gorduras, o que facilita a dispersão e umedecimento da matéria (FORNY; MARABI; PALZER, 2011).

Saifullah et. al (2016) relatam que o processo de *spray dryer* ocasiona a desnaturação de proteínas, e a capacidade de reidratação da proteína desnaturada difere da proteína normal. A desnaturação da proteína resulta em uma diminuição da molhabilidade/solubilidade dos alimentos em pó, mostrando assim que o processo de liofilização se torna mais conveniente e facilitador em questões de molhabilidade pois não há tanto dano na composição dos alimentos.

4.4.4 Ângulo de repouso

Lannes e Gomez (2020) relatam que ângulo de repouso e fluidez são características mensuráveis determinadas em ensaios padronizados. As forças envolvidas no fluxo do pó são gravidade, fricção, coesão (atração” partícula-partícula”) e adesão (atração partícula-parede). Além disso, as propriedades da superfície da partícula, a forma e a distribuição do tamanho da partícula e a geometria do sistema são fatores que afetam a fluidez de um determinado pó (LÓPEZ-CÓRDOBA; GOYANES, 2017).

Tabela 12. Ângulo de repouso das misturas em pó padrão e modificada de mistura em pó para *sorbet*.

Amostra	Ângulo de repouso (°)
Padrão	39°±0,00 ^b
Modificada	44°±0,02 ^a

Média ± desvio padrão (n=3). Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05)

De acordo com os resultados obtidos na análise de ângulo de repouso (Tabela 12), a amostra padrão possui um ângulo de repouso de 39°, e a amostra

modificada possui um ângulo de repouso de 44° , que diferem significativamente ($P < 0,05$). Para Saker et al. (2019), a capacidade de fluxo dos pós aumenta com o aumento do tamanho das partículas, ficando evidente que a amostra padrão possui maior fluxo.

Segundo Barbosa-Cánovas (2005d), pós alimentares com ângulos de até 35° indicam fluidez livre, de $35^\circ - 45^\circ$ alguma coesão, de $45^\circ - 55^\circ$ coesão (perda de fluidez livre) e 55° e acima de coesão muito alta e, portanto, fluidez muito limitada.

Ong et al. (2014) mencionaram que o tamanho e a forma das partículas podem influenciar a área da superfície de contato, pois maior grau de distribuição de tamanho resulta em maior área da superfície de contato entre as partículas, aumentando a fluidez do pó. Portanto, com a redução no tamanho das partículas, o pó parece exibir menos fluxo porque a área de superfície por unidade de massa aumenta, pós alimentares com tamanhos menores de partículas são mais coesos e exibem propriedades de fluxo ruins e problemas de manuseio.

5. Análises físico-químicas

5.1 Cinzas, umidade, proteína, carboidratos, fibras e pH

Conhecer a composição química dos alimentos é fundamental para avaliar sua segurança e valor nutricional (SOUZA *et al.*, 2021). As análises físico-químicas têm por objetivo determinar, quantificar e qualificar os componentes específicos do alimento, de modo que possa determinar a composição centesimal e fornecer informações sobre a composição química/físico-química do produto.

Para o pH, os valores se mantiveram-se próximos $3,70 \pm 0,00^a$ a $3,71 \pm 0,00^a$ para amostras padrão e modificada, respectivamente, não apresentando diferença significativa ($P > 0,05$). Kalita *et al.* (2018) encontrou valores pH (3,71-3,90) de todos os pós secos de suco de lichia no momento da reconstituição em água sendo considerados aceitáveis do ponto de vista sensorial e comercial.

Tabela 13. Determinação de cinzas, umidade, proteína, fibras e carboidrato das amostras padrão e modificada de mistura em pó para *sorbet*.

Amostra	Cinzas	Umidade	Proteína	Fibras	Carboidrato*
Padrão	1,29±0,0 ^a	0,52±0,04 ^b	0,03±0,0 ^a	4,27±0,08 ^a	98,16±1,00 ^a
Modificada	1,39±0,0 ^a	0,85±0,02 ^a	0,14±0,1 ^a	4,76±0,21 ^a	97,62±1,00 ^a

Média ± desvio padrão (n=3). Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05)

*calculado

Conforme Tabela 13, encontrou diferença significativa ($P < 0,05$) apenas entre os valores obtidos na análise de umidade entre as amostras padrão e modificada.

O teor de umidade tem uma influência significativa no estado físico e na taxa de reconstituição dos alimentos em pó. Dias et al. (2018) encontrou um maior teor de umidade, nos pós de suco de maracujá produzidos apenas com maltodextrina, enquanto os produzidos com inulina apresentaram os menores valores, este fato pode ser atribuído à estrutura química da maltodextrina, que confere um alto caráter higroscópico a esta formulação, justificando assim os valores encontrados na amostra modificada que possuem maltodextrina e inulina.

O teor de cinzas das amostras apresentou valores próximos, isso pode ser justificado devido ao aumento da proporção de matéria prima nas formulações. Os frutanos do tipo inulina são solúveis, sendo assim, sua adição nos alimentos pode causar um aumento no teor de sólidos totais (SILVA et al., 2020).

De acordo com os resultados obtidos em relação ao teor de proteínas, a amostra modificada apresenta um valor maior de proteína que pode ser justificado pela composição da formulação uma vez que a mostra modificada contém inulina, maltodextrina e sucralose agregando assim no teor de proteína da amostra, diferente da amostra padrão que não possui esses ingredientes em sua formulação. De modo geral, a quantidade de proteína foi muito influenciada principalmente pelo extrato vegetal de aveia.

Silva, Silva e Ribeiro (2020) avaliaram diferentes tipos de extratos vegetais em comparação com o leite de vaca e encontraram 12,5 g de proteínas no extrato de aveia.

A veia possui um perfil de aminoácidos bem equilibrados, que determina melhor qualidade da proteína e em geral grandes quantidades de ácido glutâmico, ácido aspártico, arginina, leucina e fenilalanina (YUE et al., 2021).

A fibra dietética é um grupo de componentes alimentares resistentes à hidrólise pelas enzimas digestivas humanas. Os benefícios da fibra dietética para a saúde aumentaram o consumo de produtos ricos em fibra. Frutas e vegetais são boas fontes de fibra alimentar. As fibras de frutas são conhecidas por apresentarem alto teor de fibra total e solúvel, boas propriedades funcionais

(capacidade de retenção de água e óleo) e baixo teor calórico (JIANG; ZHANG; ADHIKARI, 2013).

As fibras dietéticas não são apenas desejáveis por suas propriedades nutricionais, mas também por suas propriedades funcionais e tecnológicas e, por isso, também podem ser utilizadas para aprimorar produtos agrícolas e subprodutos para uso como ingredientes (FIGUEROLA *et al.*, 2005). As fibras dietéticas, em razão às suas propriedades de ligação à água e capacidade de formação de gel, são capazes de promover o controle eficaz da cristalização de gelo e do crescimento de cristais de gelo durante o congelamento e armazenamento de sorvetes (SOUKOULIS; LEBESI; TZIA, 2009).

A ingestão de fibra varia conforme a faixa etária, já que os requisitos de energia são diferentes durante as diversas fases da vida. A ingestão diária recomendada, conforme Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2019) é:

Crianças: 1 a 3 anos: 14 g 4 a 8 anos: 16,8 a 19,6 g; 9 a 13 anos: 22,4 a 25,2 g;

Adolescentes: 14 e 18 anos: 25,2 a 30,8 g

Adultos: Homem: 34 g; Mulher: 28 g

Os valores de carboidratos encontrados nas amostras de *sorbet*, como mostra a Tabela 13, são justificados pela presença de maior teor de sacarose na amostra padrão, tendo ocorrido a substituição de sacarose por maltodextrina e inulina na amostra modificada. Sendo esses componentes carboidratos e constituintes de mais de 60% das formulações, não encontrando-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre as amostras.

5.1.1 Tabelas de informação nutricional das formulações padrão e modificada dos sorbets de morango prontos para consumo

As tabelas nutricionais foram calculadas, usando a TACO (Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos) (NEPA/UNICAMP, 2011), seguindo as

orientações do manual de rotulagem nutricional do ministério da saúde e agência nacional de vigilância sanitária (Brasil, 2005).

A determinação do valor energético foi baseada no cálculo proposto pela RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003 (ANVISA, 2003) empregando se os fatores de conversão para carboidratos = 4 kcal/g e 17 kJ/g, proteínas 4 kcal/g e 17 kJ/g e gorduras 9 kcal/g e 37 kJ/G.

A quantidade de fibras por porção e porcentagens dos valores diários de fibras das formulações padrão e modificada apresentaram valores de 1,7 g que representa 6,8 % e 2,1 g o que representa 8,4% dos valores diários totais, respectivamente. Sendo assim, a amostra padrão apresenta 27,2 % da recomendação diária de consumo e a mostra modificada apresenta 33,6 % da recomendação diária baseadas em uma dieta de 2000 kcal que deve conter de 25 a 30 g de fibra a serem consumida diariamente.

Amostra padrão

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção de 70 g (1 bola)		
Quantidade por porção		
Valor energético	214 kcal=899 kJ	%VD(*)
Carboidratos	50 g	17
Proteínas	1,6 g	2,1
Gorduras Totais	0,8 g	1,5
Gorduras Saturadas	0,1 g	0
Gorduras Trans	0 g	0
Fibra Alimentar	1,7 g	6,8
Sódio	0 mg	0

*% Valores Diários com base em uma dieta de 2000 kcal ou 8400 kJ.

Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Amostra Modificada

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção de 70 g (1 bola)		
Quantidade por porção		
Valor energético	191 kcal=800 kJ	%VD(*)
Carboidratos	44 g	15
Proteínas	1,9	2,5
Gorduras Totais	0,8 g	1,5
Gorduras Saturadas	0,1 g	0
Gorduras Trans	0 g	0
Fibra Alimentar	2,1 g	8,4
Sódio	0 mg	0

*% Valores Diários com base em uma dieta de 2000 kcal ou 8400 kJ.

Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

6. Análises dos *sorbets* prontos para consumo

Análises físicas para avaliação da estrutura foram realizadas logo após a produção dos *sorbets* prontos para consumo descrita na Figura 7.

6.1 Reologia

A caracterização reológica envolve a avaliação das conexões ativas entre deformação, tensões e as propriedades reológicas resultantes, como viscosidade, elasticidade ou viscoelasticidade, comportamento de fluxo e recuperação (DAY; GOLDING, 2016).

Isaac Newton pensava que em uma dada temperatura e tensão de cisalhamento, a viscosidade de um fluido permaneceria constante, independentemente das mudanças na taxa de cisalhamento. Embora, na realidade, ele estivesse apenas parcialmente certo. Exemplificando, alguns fluidos como água e mel realmente se comportam dessa maneira, esses fluidos são chamados de fluidos newtonianos. A maioria dos fluidos, entretanto, tem viscosidades que flutuam dependendo da taxa de cisalhamento da substância esses são chamados de fluidos não newtonianos (GIBSON; NEWSHAM, 2018).

Para sorvete, as medidas reológicas se correlacionam com o tamanho da gota de gordura, a quantidade de incorporação de ar, o tamanho do cristal de gelo e a temperatura do produto (MCKENNA; LYNG, 2003).

Arellano et al. (2013), destacam que a caracterização das propriedades reológicas do sorvete reúne aplicações significativas em todo o processo de fabricação, uma vez que as propriedades reológicas desta suspensão serão afetadas pela viscosidade da fase líquida contínua e pela fração de volume dos cristais de gelo, sendo assim o conhecimento da viscosidade do sorbet é essencial para a melhoria da qualidade do produto.

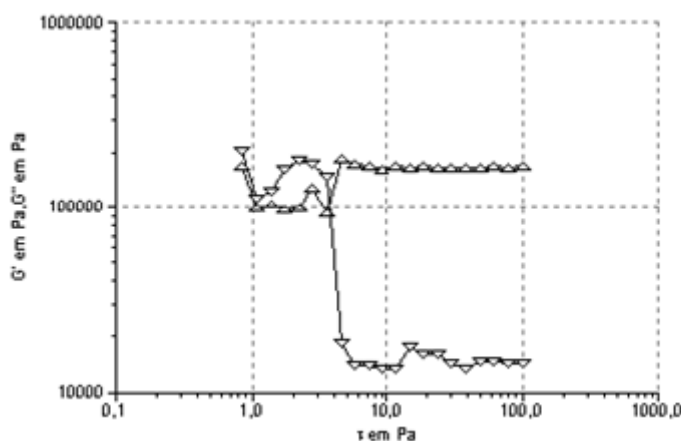
6.1.1 Varredura de tensão

A varredura de tensão tem como função avaliar o valor máximo da tensão para determinar o limite máximo dentro do qual as propriedades viscoelásticas do material permanecem sem alteração em sua estrutura independente da força

aplicada. As propriedades reológicas de armazenamento (G') e perda (G'') se mantêm preservadas e constantes por um longo período de força aplicada e variando após esse período de constância (MILLIATTI, 2013; SATO; CUNHA, 2007).

Observando os gráficos de varredura de tensão das misturas para preparo dos *sorbets* padrão (Figura 11) e modificado (Figura 12), identificamos que as amostras não possuem região de viscoelasticidade linear. As partículas de sementes do morango causaram interferência na análise.

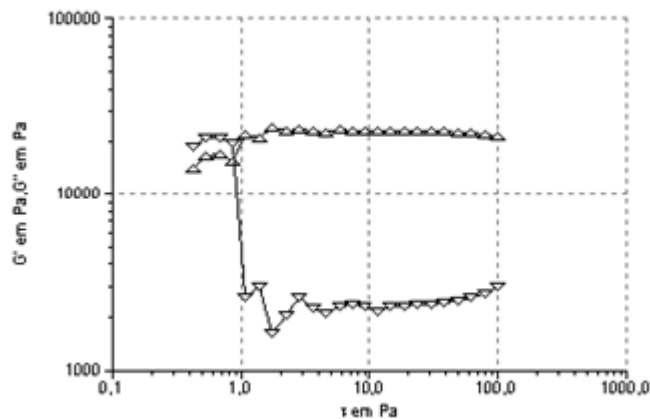
Figura 11 Gráfico varredura de tensão da mistura para preparo do *sorbet* padrão



Triângulo para cima: G' e triângulo para baixo: G''

A amostra padrão apresentou valores de G' acima de 100.000 Pa, a amostra apontou inversão de comportamento após 6 Pa de tensão passando a apresentar comportamento predominantemente elástico (G'), superior ao viscoso (G'') que esteve entre 10.000 Pa e 20.000 Pa.

Figura 12 Gráfico varredura de tensão da mistura para preparo do *sorbet* modificado



Triângulo para cima: G' e triângulo para baixo: G''

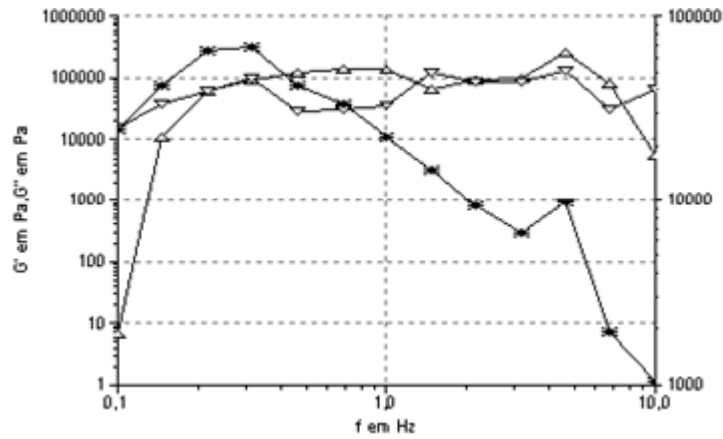
A amostra modificada apresentou inversão de comportamento próximo a 1,0 Pa. Após essa tensão, o comportamento passou a ser predominantemente elástico com (G') acima de 10.000 Pa e (G'') abaixo de 3.000 Pa.

De acordo com os achados, a mistura para preparo da amostra padrão se mostrou mais estruturada do que a modificada, possivelmente fornecendo um produto com consistência mais elástica quando pronto para consumo.

6.1.2 Varredura de frequência

As propriedades reológicas de módulos de armazenamento (G') e de perda (G'') foram obtidos na frequência de 0,1 a 10 Hz, a -8°C .

Figura 13 Gráfico de varredura de frequência da mistura para preparo do *sorbet* padrão.

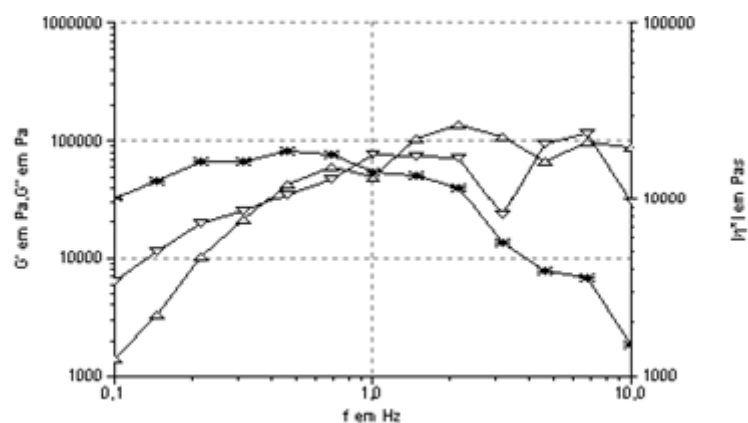


Triângulo para cima: G' e triângulo para baixo: G'' e asterisco: η^*

Na Figura 14, a viscosidade complexa (η^*) da amostra padrão permaneceu abaixo de 100.000 Pa.s após 1,0 Hz, com aumento até 0,3 Hz e posterior queda constante. Os módulos G' e G'' permaneceram praticamente abaixo de 100.000 Pa com valores próximos indicando o comportamento viscoelástico da mistura e pequena predominância do comportamento elástico.

Houve uma queda acentuada nos valores de viscosidade complexa (η^*), tal como para a amostra modificada chegando a 0 Pa.s.

Figura 14 Gráfico de varredura de frequência da mistura para preparo do *sorbet* modificado



Triângulo para cima: G' e triângulo para baixo: G'' e asterisco: η^*

Os valores para os módulos elástico (G') e viscoso (G'') permaneceram abaixo de 100.000 Pa, enquanto a viscosidade complexa se manteve abaixo de 30.000 Pa. s (Figura 15). Houve a tendência de aumento dos valores de G' e G'' e diminuição da viscosidade complexa após 1 Hz, com tendência ao comportamento elástico.

A mistura da formulação modificada apresentou aumento dos valores de G' , G'' e η^* até aproximadamente 1,0 Hz.

Akbari, Eskandari e Davoudi (2019b), em uma revisão apresentaram os efeitos da inulina como um substituto de gordura em sorvetes, a inulina tem papel nas propriedades reológicas da mistura de sorvete e demonstraram que a adição de inulina em diferentes níveis (de 1% a 9%) aumentou a viscosidade da mistura de sorvete quando comparadas à do controle (sem inulina). As interações entre a inulina e os ingredientes líquidos da mistura podem causar imobilização da água livre e aumentar a viscosidade da mistura de sorvete. Os autores ressaltam ainda que o uso de inulina em formulações de sorvete aumenta a viscosidade e melhora desenvolvimento de textura cremosa.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Karaca et al. (2009) que relataram em um estudo com formulações de sorvete que a formulação contendo 60% de inulina apresentou maior valor de viscosidade.

Sorvetes produzidos com “leite” vegetal de avelã apresentaram, valores do índice de viscosidade e consistência maiores comparados à amostra controle. Os componentes do “leite” vegetal como proteína e fibra solúvel, contribuem para o aumento da capacidade de ligação com a água das misturas e para o aumento dos valores do índice de viscosidade e consistência Atalar et al.(2021).

A adição de melão de beterraba em pó ao sorvete mostrou um aumento na viscosidade de todas as amostras de sorvete estudadas. O aumento pode ser devido à substituição da sacarose por melão de beterraba que possivelmente causou uma interação entre proteína e polissacarídeo e/ou proteína e oligossacarídeos e a capacidade dos componentes de ligação com a água que resultaram no espessamento e aumento da viscoelasticidade. Além disso, a sacarose que é usada como adoçante na produção de sorvetes, também possui alta capacidade de ligação com a água e que também interfere na viscosidade,

quase sempre aumentando os valores, justificando assim os maiores valores de viscosidade da amostra padrão que possui mais de 60 % de sacarose em sua formulação. (ACAN et al., 2019)

Em um estudo com sorvetes produzidos com diferentes estabilizantes, gelatina e *blend* de gelatina e goma locusta apresentaram maiores valores de G' , o que é um indicativo da presença de cristais de gelo e maior rigidez. O módulo de armazenamento G' , foi correlacionado com a dureza do sorvete, já que representa o comportamento de corpo sólido da amostra. Em contrapartida, o valor de G'' em baixas temperaturas podem ser correlacionado com a fluidez e capacidade de moldagem do sorvete. (MILLIATTI; LANNES, 2018).

6.2 Propriedades de textura

As propriedades físicas e estruturais de um produto alimentar têm uma influência significativa na sua textura e sensação na boca percebidas. Em vista disso, produtos alimentares saudáveis devem ser cuidadosamente desenvolvidos, formulados e produzidos de forma que possuam excelentes atributos sensoriais para encorajar os consumidores a escolherem um estilo de vida alimentar saudável (C. CHUNG; MCCLEMENTS, 2015).

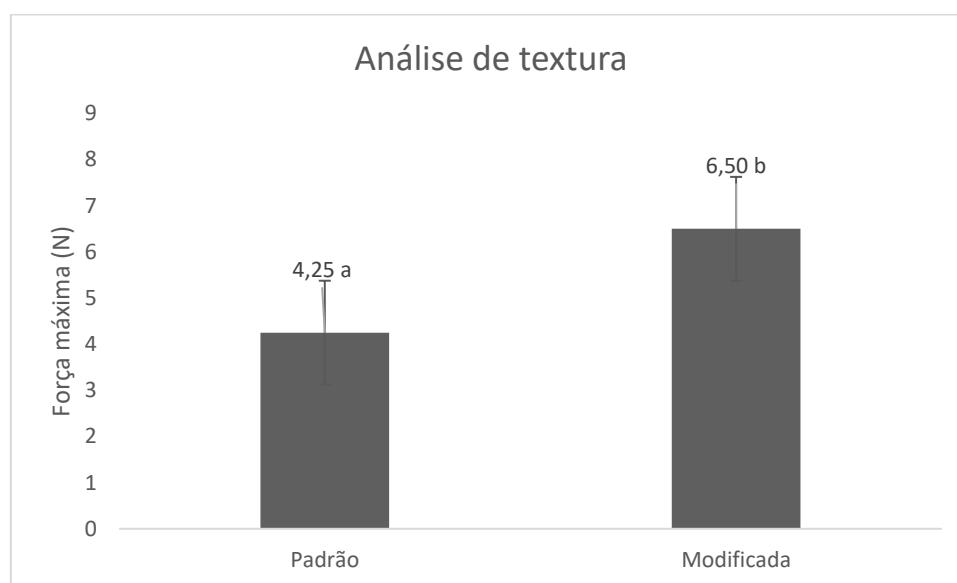
A Tabela 14 e a Figura 15 mostram os valores encontrados para a força aplicada na análise de extrusão dos *sorbets* pronto para consumo. Os valores mostraram diferença significativa entre si ($P < 0,05$). O sorbet modificado mostrou-se mais firme após o preparo. A presença da sacarose tende a diminuir a firmeza neste tipo de produto, sendo inversa à taxa de fusão da Figura 16.

Tabela 14. Determinação do perfil de textura das amostras padrão e modificada do *sorbet* pronto para consumo.

Sorbet	Força (N)
Padrão	4,25±0,02 ^a
Modificada	6,50±0,03 ^b

Média ± desvio padrão (n=3). Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativa pelo teste de Tukey (P<0,05)

Figura 15. Gráfico de força máxima requerida para extrusão do *sorbet* pronto para consumo das amostras padrão (a) e modificada (b).



Média ± desvio padrão (n=3). Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05)

Os autores C.Chung e McClements (2015) mencionam que a textura é definida como a “manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e superficiais dos alimentos detectadas por meio dos sentidos da visão, audição, tato e cinestésico”. Logo após a identificação e percepção de textura há a *sensação na boca* que é definida como as sensações

decorrentes das interações do alimento ingerido, misturado à saliva, com os receptores na boca que respondem a estímulos táteis durante a mastigação e respostas sensoriais geradas por diferentes receptores na boca durante a mastigação são integradas no cérebro e levam à percepção geral da textura e sensação na boca de um produto.

A textura do sorvete é afetada por inúmeros fatores: sobretudo ponto de congelamento inicial (teor de açúcar), sólidos totais, excesso, quantidade e tipo de estabilizante. Entretanto, a escolha da quantidade e tipo de estabilizante necessita de outros fatores além da textura, principalmente, da necessidade de modificar as propriedades do gelo e da fase aquosa para aumentar a vida útil (GOFF; HARTEL, 2013b).

Os hidrocolóides são frequentemente usados para descrever um grupo de polímeros solúveis em água que ocorrem naturalmente e que são encontrados abundantemente na natureza, sendo divididos em grupos botânicos como algas, microbianos e animais. Sendo assim, sua principal função é a de controlar a textura e as propriedades organolépticas, principalmente aumentando a viscosidade e as características do gel em produtos alimentares. A capacidade de espessamento levou ao seu uso como estabilizadores de suspensão e emulsão, retardando a sedimentação de partículas e a formação de gotas causadas pelos efeitos da viscosidade aparente (WILLIAMS; PHILLIPS, 2003).

A dureza do sorvete é influenciada pelo volume da fase do gelo, tamanho do cristal de gelo, excesso, depressão do ponto de congelamento da mistura, desestabilização da gordura, sólidos totais e as propriedades reológicas da mistura. (FEIZI; GOH; MUTUKUMIRA, 2021)

Para Soukoulis, Lebesi e Tzia (2009) o tipo e a porcentagem de fibra utilizada em formulações de sorvete com quatro tipos de fibra alimentar afetaram significativamente as temperaturas do ponto de congelamento e os pesos moleculares efetivos, bem como a temperatura de formação de gelo em massa, onde a adição de fibra de trigo e aveia resultou em significativa diminuição das temperaturas do ponto de congelamento, enquanto a fibra de maçã e a inulina tiveram o efeito oposto, levando a um ligeiro aumento do ponto de congelamento, fato que interfere na dureza do sorvete e que justifica os valores de dureza

encontradas nas amostras padrão e modificada que possui um valor de 53% maior de dureza, sendo também a única formulação com inulina na composição.

6.3 Medida de *overrun*

Overrun é definido como o aumento percentual no volume como resultado da incorporação de ar em relação ao volume original da mistura (VANWEES; RANKIN; HARTEL, 2019). O ar no sorvete fornece uma textura leve e influencia as propriedades físicas de derretimento e dureza. Com tudo, não é somente a quantidade de ar incorporado, ou saturado, mas também a distribuição dos tamanhos das células de ar que influencia esses parâmetros (SOFJAN; HARTEL, 2004).

Na Tabela 15 estão apresentados os valores encontrados para a % de ar incorporado no preparo dos sorbets. O maior valor de *overrun* do *sorbet* modificado pode ser relacionado com o maior valor encontrado na determinação da firmeza (textura) para este produto, influenciados pela presença de sacarose. As taxas de *overrun* das amostras se apresentaram muito parecidas com a média de 50%, para Goff e Hartel (2013c) o valor de *overrun* de *sorbets* é geralmente de 20% ou menos, em parte pela falta de proteína na formulação para fornecer qualquer célula de ar estabilidade.

Tabela 13. Porcentagem de ar incorporado *Overrun*

Sorbet	Porcentagem (%)
Padrão	49,99±0,0 ^b
Modificada	50,91±0,0 ^a

Média ± desvio padrão (n=3). Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativa pelo teste de Tukey (P<0,05)

Silva Junior (2008) ressalta que em produções industriais em sistema contínuo, faz se o uso de bombas de injeção de ar ou nitrogênio gasoso em

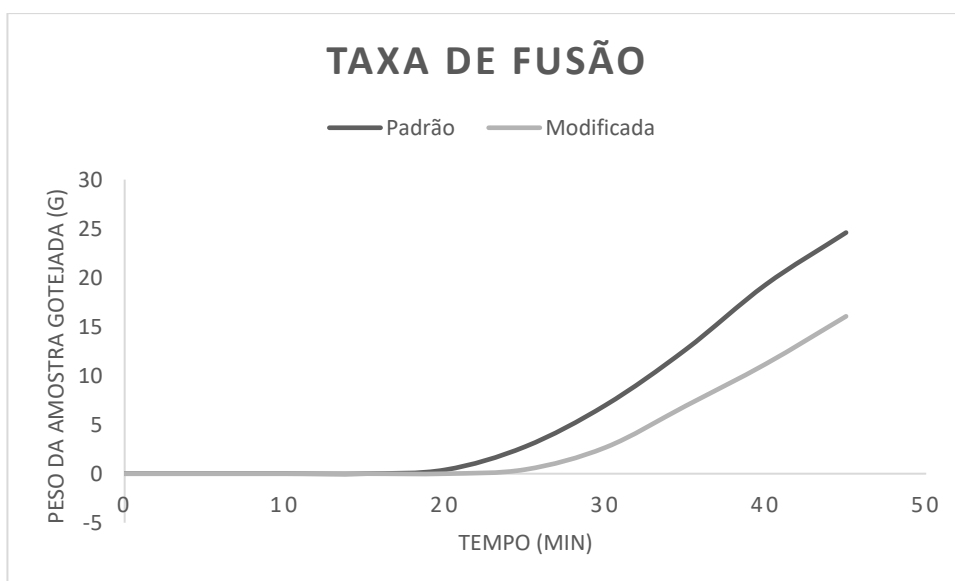
quantidades pré-estabelecidas, expandindo facilmente o alimento, seguindo também a legislação que permite incorporação de até 100% de ar.

Gremski et al, 2019 encontrou valores de *overrun* de 69% em sorvetes com adição de extratos fitoterápicos, já Babu, Parimalavalli e Mohan (2018) encontraram valores de acima de 75% de *overrun* em amostras com o uso de amido modificado como substituto de gordura o que causou no sorvete uma redução na incorporação de ar por causa de sua maior viscosidade em comparação com a amostra padrão que obteve 92% de *overrun*.

6.4 Taxa de fusão

A taxa de derretimento tem um maior valor durante o consumo do sorvete, um produto de fusão rápida se torna indesejado. As células de ar atuam como isolantes da formulação, fazendo assim que produto com maior quantidade ar incorporado tenha uma taxa de fusão mais controlada, liberando assim os sabores delicadamente. (GOFF; HARTEL, 2013c). Na Figura 16, podemos observar tal fato. O sorbet modificado, sem a presença de sacarose, apresentou menor valores para taxa de derretimento, maior firmeza (Figura 15) e maior valor de *overrun* (Tabela 15).

Figura 16. Gráfico de taxa de fusão das amostras padrão e modificada de sorbet, em triplicata.



Sorvetes com adição de fibras de laranja e maçã apresentaram menores valores de derretimento em um estudo de Akalın et al (2018), onde também relatou que a taxa de fusão aumenta com a desestabilização do nível de gordura, com o baixo coeficiente de viscosidade e com aumento do tamanho dos cristais de gelo, demonstrando assim que o maior índice de consistência/dureza e viscosidade das amostras com adição fibras de laranja e maçã garantiram a redução da taxa de fusão dos sorvetes.

Para Javidi et al. (2016), a resistência ao derretimento e o primeiro tempo de gotejamento aumentaram com a concentração dos substitutos de gordura (goma de semente de manjerição e goma guar). A taxa de derretimento do sorvete também diminuiu com o aumento da celulose nanofibrilada da casca de toranja nos estudos de Yu et al. (2021), usadas também como um substituto de gordura.

Os resultados das pesquisas validam os valores encontrados para as amostras de *sorbet*, onde a amostra modificada mostrou menor taxa de fusão e maior resistência ao tempo de gotejamento em relação à amostra padrão, isso pode ser também devido a maior quantidade de fibra contidas na formulação da amostra modificada.

6.5 Análise de cor

Uma das qualidades mais importantes dos alimentos é a cor sendo para a maioria dos consumidores um fator significativo, determinante na aceitação alimento/produto (DURÁN et al., 2012).

Tabela 14 Parâmetros da análise de cor dos *sorbets* pronto para consumo padrão e modificado

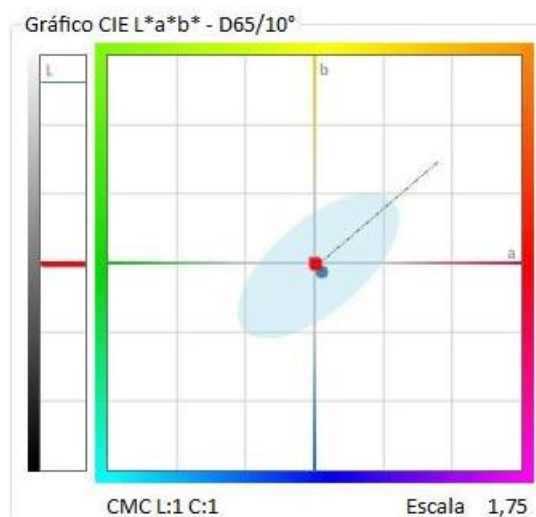
Amostra	L^*	a^*	b^*
Padrão	44,93±0,01 ^b	15,31±0,01 ^a	13,04±0,01 ^a
Modificada	49,64±0,01 ^a	15,41±0,01 ^a	12,91±0,01 ^a

Média \pm desvio padrão (n=3). Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

L^* : totalmente preta (0), totalmente branca (100); a^* : verde (-120), vermelho (+120) e b^* : azul (-120), amarelo (+120).

De acordo com a análise de cor (Tabela 15) as duas amostras se mantiveram no padrão de coloração para produto com morango, apesar da mudança de formulação, mesmo apresentando diferença significativa ($P < 0,05$) para L^* , também demonstrado na Figura 17 pela diferença dos valores. Isso pode ser justificado pela adição de mais componentes na formulação, interferindo na coloração e deixando a formulação visivelmente mais clara. Os maiores valores da coordenada colorimétrica a^* mostram a tendência das amostras ao vermelho, devido à presença de morango na formulação. A amostra modificada apresentou maior valor para a coordenada L^* , apresentando mais clara do que a amostra padrão, podendo-se justificar pela presença de inulina e maltodextrina na formulação.

Figura 17 Gráfico análise de cor das amostras padrão e modificada do sorbet de morango pronto para consumo



Para Silva et al. (2020) a adição de inulina em sorvetes de maracujá não interferiu nos padrões de cor L^* , a^* e b^* , já a adição de polidextrose na amostra

apresentou valores mais baixos de L^* apresentando assim um escurecimento da amostra.

7. Conclusões

- Obteve-se as duas formulações iniciais de *sorbet*, conforme planejamento do projeto, direcionadas aos públicos intolerantes à lactose e ao glúten, diabéticos, veganos, vegetarianos e flexitarianos, bem como portadores de outras comorbidades que exijam alimentação com esta conotação.
- A adequação do processo de mistura permitiu obter um produto em pó homogêneo, com as características desejadas.
- As análises físicas de tamanho de partícula, molhabilidade, ângulo de repouso mostram que os pós para as misturas de *sorbet* estão adequados e de acordo com a literatura, resultando em produtos de qualidade adequados para comercialização.
- As análises físico-químicas (cinzas, umidade, proteínas, carboidratos, fibras e pH) apontaram valores próximos para ambas as amostras, apresentando produtos com valor nutricional agregado.
- As análises de textura, reologia, *overrun* e derretimento mostraram bons valores para os produtos prontos para consumo, demonstrando assim que as formulações são viáveis para produção e comercialização e que a substituição de componentes na formulação não alterou sua estrutura, sendo adequada a substituição da sacarose e possibilitando assim futuras modificações ou adaptações nas formulações.

8. Referências

ABOULFAZLI, Fatemeh et al. Effect of Vegetable Milks on the Physical and Rheological Properties of Ice Cream. **Food Science And Technology Research**, [S.L.], v. 20, n. 5, p. 987-996, 2014. Japanese Society for Food Science and Technology. <http://dx.doi.org/10.3136/fstr.20.987>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277006665_Effect_of_Vegetable_Milks_on_the_Physical_and_Rheological_Properties_of_Ice_Cream. Acesso em: 15 set. 2020.

ABOULFAZLI, Fatemeh et al. Effects of the replacement of cow milk with vegetable milk on probiotics and nutritional profile of fermented ice cream. **Lwt**, [S.L.], v. 70, p. 261-270, jul. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.056>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/296688513_Effects_of_the_replacement_of_cow_milk_with_vegetable_milk_on_the_count_of_probiotics_and_changes_in_sugar_and_amino_acid_contents_in_fermented_ice_creams. Acesso em: 10 set. 2020.

ACAN, Betül Gizem *et al.* Using spray-dried sugar beet molasses in ice cream as a novel bulking agent. **International Journal Of Food Science & Technology**, [S.L.], v. 55, n. 3, p. 1298-1310, 26 out. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.14396>. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ijfs.14396>. Acesso em: 01 out. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC n. 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o Regulamento De Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tomando obrigatória a rotulagem nutricional. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-360-de-23-de-dezembro-de-2003.pdf>. Acesso em 15 de novembro de 2021.

AHMADI, Reza et al. Development and characterization of a novel biodegradable edible film obtained from psyllium seed (*Plantago ovata* Forsk). **Journal Of Food**

Engineering, [s.l.], v. 109, n. 4, p.745-751, abr. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.11.010>.

AKALĎN, A.s. *et al.* Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: structural characteristics and culture viability. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 101, n. 1, p. 37-46, jan. 2018. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13468>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030217309657?via%3Dihub>. Acesso em: 05 out. 2021.

AKBARI, Mehdi; ESKANDARI, Mohammad Hadi; DAVOUDI, Zahra. Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. **Trends In Food Science & Technology**, [s.l.], v. 86, p.34-40, abr. 2019a e b. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.036>.

AKBARI, Mehdi; ESKANDARI, Mohammad Hadi; NIAKOSARI, Mehrdad; BEDELTA VANA, Alireza. The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 57, p. 52-55, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.02.040>

AMINI, Sahar; YOUSEFI, Shima; MOGHARI, Ali Akbarian. Development and quality characterization of liquid Kashk by incorporating psyllium (*Plantago ovata* Forsk) hydrocolloid gel. **Journal Of Food Measurement And Characterization**, [s.l.], v. 12, n. 3, p.1669-1677, 9 abr. 2018. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11694-018-9782-8>.

ANVISA - INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 02, DE 13 DE MAIO DE 2014

ARBUCKLE, W.S.. Classification of ice cream and formulas and recipes. In: W.S.ARBUCKLE. **Ice Cream**. Londres: Avi, 1966a. Cap. 3. p. 19-43.

ARBUCKLE, W.S.. Ingredients. In: W.S.ARBUCKLE. **Ice Cream**. Londres: Avi, 1966b. Cap. 3. p. 19-43.

ARELLANO, Marcela *et al.* Rheological characterisation of sorbet using pipe rheometry during the freezing process. **Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v.

119, n. 3, p. 385-394, dez. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.05.017>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877413002525>. Acesso em: 13 abr. 2021.

Ariyawansa, Sujeewa. (2021). THE EVALUATION OF FUNCTIONAL PROPERTIES OF FISH MEAL.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS E DO SETOR DE SORVETES (São Paulo). **Produção e Consumo de Sorvetes no Brasil: Consumo Per capita.** 2019. Disponível em: <http://www.abis.com.br/estatistica_producaoconsumodesorvetesnobrasil.html>. Acesso em: 11 nov. 2021.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 15.ed. Arlington: AOAC, 1990. P.763-776.

ATALAR, Ilyas *et al.* Improved physicochemical, rheological and bioactive properties of ice cream: enrichment with high pressure homogenized hazelnut milk. **International Journal Of Gastronomy And Food Science**, [S.L.], v. 24, p. 100358, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100358>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878450X21000573#undfig1>. Acesso em: 01 out. 2021.

AYDAR, Elif Feyza; TUTUNCU, Sena; OZCELIK, Beraat. Plant-based milk substitutes: bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 70, p. 103975, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2020.103975>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464620301997>. Acesso em: 22 out. 2020.

BABU, Ayenampudi Surendra; PARIMALAVALLI, Ramanathan; MOHAN, Rangarajan Jagan. Effect of modified starch from sweet potato as a fat replacer on the quality of reduced fat ice creams. **Journal Of Food Measurement And**

Characterization, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 2426-2434, 19 jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11694-018-9859-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-018-9859-4#citeas>. Acesso em: 06 out. 2021.

BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V. et al. Mixing. In: BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V. et al. **Food Powders: Physical Properties, Processing, and Functionality**. New York: Kluwer Academic/plenum Publishers, 2005a. Cap. 9. p. 221-244.

BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V. et al. Separation and Classification. In: BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V. et al. **Food Powders: Physical Properties, Processing, and Functionality**. New York: Kluwer Academic/plenum Publishers, 2005c. Cap. 10. p. 247-269

BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V. et al. Size Reduction: Principles of Size Reduction. In: BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V. et al. **Food Powders: Physical Properties, Processing, and Functionality**. New York: Kluwer Academic/plenum Publishers, 2005b. Cap. 6. p. 157-173.

BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V.; JULIANO, Pablo. Compression and Compaction Characteristics of Selected Food Powders. **Advances In Food And Nutrition Research**, [S.L.], p. 233-307, 2005. Elsevier. [http://dx.doi.org/10.1016/s1043-4526\(05\)49006-3](http://dx.doi.org/10.1016/s1043-4526(05)49006-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043452605490063>. Acesso em: 27 out. 2020.

BENKOVIĆ, Maja et al. Flow Properties of Commonly Used Food Powders and Their Mixtures. **Food And Bioprocess Technology**, [S.L.], v. 6, n. 9, p. 2525-2537, 17 jul. 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-012-0925-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-012-0925-3#citeas>. Acesso em: 27 out. 2020.

BHAT, Suman Vikas; DEVA, Aamir Manan; AMIN, Tawheed. Physicochemical and textural properties of yogurt fortified with psyllium (*Plantago ovate*) husk.

Journal Of Food Processing And Preservation, [s.l.], v. 42, n. 2, p.13425-0, 7 ago. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.13425>.

BILBAO SAINZ, Cristina et al. Functionality of strawberry powder on frozen dairy desserts. **Journal Of Texture Studies**, [s.l.], 25 jul. 2019b. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jtxs.12464>.

BILBAO-SAINZ, Cristina et al. Functionality of freeze-dried berry powder on frozen dairy desserts. **Journal Of Food Processing And Preservation**, [s.l.], v. 43, n. 9, 24 jun. 2019a. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.14076>.

BODNER, Jon; CHOO, Susan Sungsoo. Oat Fiber from Oat Hull. In: CHO, Susan Sungsoo; SAMUEL, Priscilla. **Fiber Ingredientes: Food Aplications and Health Benefits**. New York: Crc Press, 2009. Cap. 11. p. 249-261.

BOLLIGER, S; GOFF, H.D; THARP, B.W. Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 303-309, jan. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946\(00\)00044-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946(00)00044-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694600000443>. Acesso em: 06 out. 2021.

BRAATEN, J T *et al.* Oat beta-glucan reduces blood cholesterol concentration in hypercholesterolemic subjects. **Pub Med**, Usa, v. 7, n. 48, p. 465-474, jul. 1994. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7956987/>. Acesso em: 25 mar. 2021.

BRASIL. **Resolução nº 266, de 22 de novembro de 2005. Regulamento Técnico Para Gelados Comestíveis e Preparados Para Gelados Comestíveis**. Brasil, DISTRITO FEDERAL, 22 nov. 2005. Disponível em: http://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau/legis/anvisa/2005/res0266_22_09_2005.html. Acesso em: 22 out. 2020.

BRASÍLIA. EMBRAPA. (Org.). **Pequenas Frutas: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2012. Editores técnicos: Luís Eduardo Corrêa Antunes, Alexandre Hoffmann. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/101773/1/500perguntaspequenasfrutas.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2019.

C.CHUNG; MCCLEMENTS, Dj. Structure and texture development of food-emulsion products. In: CHEN, Jianshe; ROSENTHAL, Andrew. **Modifying Food Texture**. S.l: Woodhead Publishing, 2015. p. 133-155. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781782423331000073>. Acesso em: 13 set. 2021

CONTIGIANI, Eunice V. *et al.* Ozone washing decreases strawberry susceptibility to *Botrytis cinerea* while maintaining antioxidant, optical and sensory quality. **Heliyon**, [S.L.], v. 6, n. 11, p. 05416-0, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05416>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020322593>. Acesso em: 09 nov. 2020.

CUQ, B.; RONDET, E.; ABECASSIS, J.. Food powders engineering, between knowhow and science: Constraints, stakes and opportunities. **Powder Technology**, [s.l.], v. 208, n. 2, p.244-251, mar. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2010.08.012>.

DAY, L.; GOLDING, M.. Food Structure, Rheology, and Texture. **Encyclopedia Of Food Chemistry**, [S.L.], p. 125-129, 2016. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03412-0>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005965034120>. Acesso em: 13 abr. 2021.

DEMONTE, Aureluce. Carboidratos. In: DUTRA-DE-OLIVEIRA, J.e.; MARCHINI, J. Sérgio. **Ciências Nutricionais: Aprendendo a Aprender**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2008. Cap. 4. p. 93-105.

DIAS, Caroline Odebrecht *et al.* Development and physico-chemical characterization of microencapsulated bifidobacteria in passion fruit juice: a functional non-dairy product for probiotic delivery. **Food Bioscience**, [S.L.], v. 24, p. 26-36, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.006>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429217307678#f0005>.

Acesso em: 29 set. 2021.

DODDS, J.. Techniques to analyse particle size of food powders. **Handbook Of Food Powders**, [S.L.], p. 309-338, 2013. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1533/9780857098672.2.309>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857095138500133>.

Acesso em: 09 nov. 2020.

DU, Qiwei *et al.* Whey protein and maltodextrin-stabilized oil-in-water emulsions: effects of dextrose equivalent. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 339, p. 128094-0, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128094>.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620319567>. Acesso em: 18 fev. 2021.

DUAS RODAS (Brasil). **Indulgência e Saudabilidade: desafio com sabor de oportunidade para a indústria de alimentos e bebidas**. Desafio com sabor de oportunidade para a indústria de alimentos e bebidas. 2018. Infográfico. Disponível em: <https://www.duasrodas.com/blog/tendencias/saudabilidade-carolina-godoy-analisa-e-aponta-caminhos-para-a-industria-de-alimentos/>.

Acesso em: 22 out. 2020.

DURÁN, Elvira *et al.* Análise colorimétrica de açúcar mascavo e sua aceitação no mercado de Viçosa-mg, Brasil. **Temas Agrarios**, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 30-42, 1 jul. 2012. Universidad de Cordoba. <http://dx.doi.org/10.21897/rta.v17i2.700>.

Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/297762622_ANALISE_COLORIMETRICA_DE_ACUCAR_MASCAVO_E_SUA_ACEITACAO_NO_MERCADO_DE_VICOSA-](https://www.researchgate.net/publication/297762622_ANALISE_COLORIMETRICA_DE_ACUCAR_MASCAVO_E_SUA_ACEITACAO_NO_MERCADO_DE_VICOSA-MG-BRASIL_COLORIMETRIC_ANALYSIS_AND_SENSORIAL_ACCEPTANCE_OF_RAW_SUGAR_IN_THE_MARKET_OF_VICOSA-MG_BRAZIL)

[MG-BRASIL_COLORIMETRIC_ANALYSIS_AND_SENSORIAL_ACCEPTANCE_OF_RAW_SUGAR_IN_THE_MARKET_OF_VICOSA-MG_BRAZIL](https://www.researchgate.net/publication/297762622_ANALISE_COLORIMETRICA_DE_ACUCAR_MASCAVO_E_SUA_ACEITACAO_NO_MERCADO_DE_VICOSA-MG-BRASIL_COLORIMETRIC_ANALYSIS_AND_SENSORIAL_ACCEPTANCE_OF_RAW_SUGAR_IN_THE_MARKET_OF_VICOSA-MG_BRAZIL). Acesso em: 28 out. 2021.

E.A Ismail, A.A Al-Saleh e A.A.M Metwalli. **Efeito da suplementação de inulina nas propriedades reológicas de sorvetes com baixo teor de gordura**. *Life*

Sei *J* 2013; 10 (3): 1742 - 1746]. (ISSN: 1097-8135). <http://www.lifesciencesite.com>

EDUARDO, Mércia de Freitas; LANNES, Suzana Caetano da Silva. Use of texture analysis to determine compaction force of powders. **Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 80, n. 2, p. 568-572, maio 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.011>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/248515077_Use_of_texture_analysis_to_determine_compaction_force_of_powders. Acesso em: 20 out. 2020.

FEIZI, Reihaneh; GOH, Kelvin K.T.; MUTUKUMIRA, Anthony N.. Effect of chia seed mucilage as stabiliser in ice cream. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 120, p. 105087, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105087>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694621001151#fig3>. Acesso em: 23 set. 2021.

FELLOWS, P. J.. Freeze drying and freeze concentration: Freeze drying. In: FELLOWS, P. J.. **Food Processing Technology: Principles and practice**. 3. ed. [s.i]: Crc Press, 2009. Cap. 23. p. 687-698.

FELLOWS, P. J.. Mistura e modelagem: Teoria da mistura de sólidos. In: FELLOWS, P. J.. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. Cap. 5. p. 131-151.

FIGUEROLA, Fernando *et al.* Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 91, n. 3, p. 395-401, jul. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.036>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814604003693>. Acesso em: 12 abr. 2021.

FORNY, L.; MARABI, A.; PALZER, S.. Wetting, disintegration and dissolution of agglomerated water-soluble powders. **Powder Technology**, [S.L.], v. 206, n. 1-2, p. 72-78, jan. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2010.07.022>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032591010003694>. Acesso em: 01 out. 2020.

FRANCK, A.. Technological functionality of inulin and oligofructose. **British Journal Of Nutrition**, [S.L.], v. 87, n. 2, p. 287-291, maio 2002. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1079/bjn/2002550>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/technological-functionality-of-inulin-and-oligofructose/EE7396DE95754439E07D70092B598746>. Acesso em: 09 nov. 2020.

FRANCK, Anne; BOSSCHER, Douwina. Inulin. In: CHO, Susan Sungsoo; SAMUEL, Priscilla. **Fiber Ingredientes: Food Aplications and Health Benefits**. New York: Crc Press, 2009. Cap. 4. p. 41-60.

FRATELLI, Camilly et al. Modelling the effects of psyllium and water in gluten-free bread: An approach to improve the bread quality and glycemic response. *Journal Of Functional Foods*, [s.l.], v. 42, p.339-345, mar. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2018.01.015>.

FURLÁN, Laura T. Rodriguez; CAMPDERRÓS, Mercedes E.. The combined effects of Stevia and sucralose as sugar substitute and inulin as fat mimetic on the physicochemical properties of sugar-free reduced-fat dairy dessert. **International Journal Of Gastronomy And Food Science**, [S.L.], v. 10, p. 16-23, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijgfs.2017.09.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878450X17300331>. Acesso em: 09 nov. 2020.

GIBSON, Mark; NEWSHAM, Pat. Rheology. **Food Science And The Culinary Arts**, [S.L.], p. 89-103, out. 2018. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-811816-0.00007-5>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128118160000075#s0010>. Acesso em: 28 set. 2021.

GIJÓN-ARREORTA, Ixchel; TECANTE, Alberto. Mixing time and power consumption during blending of cohesive food powders with a horizontal helical double-ribbon impeller. **Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 149, p. 144-152, mar. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.10.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877414004336>. Acesso em: 09 nov. 2020.

GOFF, H. Douglas. Ice Cream and Frozen Desserts: product types. Reference Module In **Food Science**, [S.L.], 08 out. 2020. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-818766-1.00033-7>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128187661000337>. Acesso em: 27 out. 2020.

GOFF, H. Douglas. Mix ingredients: sweeteners. In: GOFF, H. Douglas. **Ice Cream: mix ingredients**. 7. ed. New York: Springer, 2013a. Cap. 3. p. 45-85.

GOFF, H. Douglas; HARTEL, Richard W.. Analyzing Frozen Desserts. In: GOFF, H. Douglas; HARTEL, Richard W.. **Ice Cream**. 7. ed. New York: Springer, 2013b. Cap. 14. p. 403-436.

GOFF, H. Douglas; HARTEL, Richard W.. Formulations for Specialty Products: sorbet. In: GOFF, H. Douglas; HARTEL, Richard W.. **Ice Cream**. 7. ed. New York: Springer, 2013c. Cap. 15. p. 437-452.

GREMSKI, Leonardo Augusto *et al.* Antioxidants-rich ice cream containing herbal extracts and fructooligosaccharides: manufacture, functional and sensory properties. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 298, p. 125098, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125098>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619312038#b0170>. Acesso em: 06 out. 2021.

HASHIZUME, Chieko; OKUMA, Kazuhiro. Fibersol-2 Resistant Maltodextrin: Functional Dietary Fiber Ingredient. In: CHO, Susan Sungsoo; SAMUEL,

Priscilla. Fiber Ingredientes: **Food Applications and Health Benefits**. New York: Crc Press, 2009. Cap. 5. p. 61-78.

HIPÓLITO, Cátia Vanessa Gonçalves. QUALIDADE DO FRUTO vs. QUALIDADE DO *SORBET*: Estudo do efeito do tempo e temperatura de conservação do *sorbet*.. 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Alimentar, Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em: <<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/5379/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20de%20Mestrado%20-%20C%C3%A1tia%20Hip%C3%B3lito.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

HUA, Tse-chao; LIU, Bao-lin; ZHANG, Hua. Freezing drying of Food. In: TSE-CHAO; LIU, Boa-lin. Hua Zhang: **Freeze-drying of pharmaceutical and food products**. New York: Crc Press, 2010. Cap. 5. p. 141-163.

IBGE. **Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018**: avaliação nutricional da disponibilidade domiciliar de alimentos no brasil. avaliação nutricional da disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil. 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101704.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2021

JAVIDI, Fatemeh *et al*. The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of low fat ice cream. **Food Hydrocolloids**, [S.L.], v. 52, p. 625-633, jan. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.08.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X15300515>. Acesso em: 05 out. 2021.

JIANG, H.; ZHANG, M.; ADHIKARI, B.. Fruit and vegetable powders. **Handbook Of Food Powders**, [S.L.], p. 532-552, 2013. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1533/9780857098672.3.532>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857095138500212?via%3Dihub#bb0120>. Acesso em: 12 abr. 2021.

KALITA, Dipankar *et al.* Characteristics of synbiotic spray dried powder of litchi juice with *Lactobacillus plantarum* and different carrier materials. **Lwt**, [S.L.], v. 87, p. 351-360, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.092>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002364381730662X>. Acesso em: 29 set. 2021.

KARACA, Oya Berkay *et al.* The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. **International Journal Of Dairy Technology**, [S.L.], v. 62, n. 1, p. 93-99, fev. 2009. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1471-0307.2008.00456.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1471-0307.2008.00456.x>. Acesso em: 30 set. 2021.

KURT, Abdullah; ATALAR, Ilyas. Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream. **Food Hydrocolloids**, [S.L.], v. 82, p. 186-195, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X17320751#fig1>. Acesso em: 28 set. 2021.

LAMMERSKITTEN, Alica *et al.* Pulsed electric field pre-treatment improves microstructure and crunchiness of freeze-dried plant materials: case of strawberry. **Lwt**, [S.L.], v. 134, p. 110266-0, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110266>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002364382031255X>. Acesso em: 09 nov. 2020.

LANNES, S.C.S. **Tamises**: física industrial. São Paulo, 2005. [Apostila].

LANNES, Suzana Caetano da Silva; MEDEIROS, Magda Leite. Processamento de achocolatado de cupuaçu por spray-dryer. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, [S.L.], v. 39, n. 1, p. 115-123, mar. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-93322003000100012>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242209713_Processamento_de_achocolatado_de_cupuacu_por_spray-dryer. Acesso em: 24 out. 2020.

LANZERSTORFER, C.. Apparent density of compressible food powders under storage conditions. **Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 276, p. 109897, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109897>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877419305400>. Acesso em: 10 nov. 2020.

LÓPEZ-CÓRDOBA, Alex; GOYANES, Silvia. Food Powder Properties. Reference Module In **Food Science**, [S.L.], p. 0-0, 2017. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21198-0>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005965211980>. Acesso em: 29 set. 2020.

MADGULKAR, Ashwini R.; RAO, Monica R. P.; WARRIER, Deepa. Characterization of Psyllium (*Plantago ovata*) Polysaccharide and Its Uses. Polysaccharides, [S.L.], p. 1-17, 2014. **Springer International Publishing**. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-03751-6_49-1.

MARINHO, Julia Fernanda Urbano. **Desenvolvimento e avaliação de sorbets probióticos e simbióticos elaborados com polpa de juçara (*Euterpe edulis*)**. 2016. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências da Engenharia de Alimentos, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74132/tde-05052016-093018/publico/ME6824330COR.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2019

MEDEIROS, M.L. **Estudo e aplicação de substitutos de cacau**. São Paulo, 2006. 97p. Dissertação de Mestrado- Faculdade de Ciências Farmacêuticas- Universidade de São Paulo.

MILLIATTI, Mariana Carniel. **Estudo reológico de formulações para sorvetes produzidos com diferentes estabilizantes**. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/>. Acesso em: 28 set. 2021.

MILLIATTI, Mariana Carnielli; LANNES, Suzana Caetano da Silva. Impact of stabilizers on the rheological properties of ice creams. **Food Science And Technology**, [S.L.], v. 38, n. 4, p. 733-739, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/fst.31818>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/9tkFgpy8ZSq4M6qZLrJLxd/?lang=en>. Acesso em: 28 set. 2021.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - INSTRUÇÃO **NORMATIVA Nº 51, DE 18 DE SETEMBRO DE 2002.**

NEPA/UNICAMP, Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos:** taco. TACO. 2011. Disponível em: https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 11 nov. 2021.

OLIVEIRA, Verônica Carvalho. **Desenvolvimento de pudim de mel adicionado de Psyllium.** 2015. 21 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Farmácia, Departamento de Farmácia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Sergipe, Sergipe, 2015. Disponível em: <<http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/6864>>. Acesso em: 26 nov. 2019.

ONG, M.y. et al. Characterisation of fast dispersible fruit tablets made from green and ripe mango fruit powders. **Journal Of Food Engineering**, [s.l.], v. 125, p.17-23, mar. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.10.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877413005232>. Acesso em: 05 mar. 2020.

OSAKO, Priscila Fujiwara. Estudo e **Desenvolvimento de Vitamina de logurte e Frutas Liofilizada.** 58. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/p/augusto.neiva/TCC/arquivos/1349295676.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2019.

OSORIO-FIERROS, A.; CRONIN, K.; RING, D.; MÉNDEZ-ZAVALA, A.; MORALES-OYERVIDES, L.; MONTAÑEZ, J.c.. Influence of granulation process parameters on food tablet properties formulated using natural powders (*Opuntia ficus* and *Chlorella* spp.). **Powder Technology**, [s.l.], v. 317, p.281-286, jul. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2017.04.057>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032591017303534>. Acesso em: 05 mar. 2020.

PACHECO, Consuelo et al. Development of dried functional foods: Stabilization of orange pulp powder by addition of biopolymers. **Powder Technology**, [s.l.], p.0-0, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2019.11.116>.

PEJ CZ, Ewa et al. The effect of Plantago seeds and husk on wheat dough and bread functional properties. **Lwt**, [s.l.], v. 96, p.371-377, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.060>

PONHOZI, Isadora Boaventura Sá; GOMES, Raquel Gutierrez. **APLICAÇÃO DE GEL DE PSYLLIUM NA ELABORAÇÃO DE IOGURTE POTENCIALMENTE PROBIÓTICO.** 2017. Disponível em: <<http://www.eaic.uem.br/eaic2017/portal/index.php?op=trabalhos&pagina=8>>. Acesso em: 26 nov. 2019.

RATTI, C.. Freeze drying for food powder production. **Handbook Of Food Powders**, [S.L.], p. 57-84, out. 2013. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1533/9780857098672.1.57>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857095138500030?via%3Dihub>. Acesso em: 09 nov. 2020.

SAIFULLAH, M.; YUSOF, Y.a.; CHIN, N.I.; AZIZ, M.g.. Physicochemical and flow properties of fruit powder and their effect on the dissolution of fast dissolving fruit powder tablets. **Powder Technology**, [s.l.], v. 301, p. 396-404, nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.06.035>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032591016303746>. Acesso em: 18 mar. 2020.

SAKER, A. et al. Powders flowability assessment in granular compaction: what about the consistency of hausner ratio. **Powder Technology**, [S.L.], v. 354, p. 52-63, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2019.05.032>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032591019303729>. Acesso em: 27 out. 2020.

SALMIEN, Seppo; HALLIKAINEN, Anja. Sweetners. In: BRANEN, A. Lary et al. **Food Additives**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2002. Cap. 15. p. 447-475.

SÃO PAULO. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. (org.). PROCEDIMENTOS E DETERMINAÇÕES GERAIS...: resíduo por incineração-cinzas. In: ZENEBON, Odair; PASCUE, Neus Sadocco; TIGLEA, Paulo (org.). **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Núcleo de Informação e Tecnologia - Nit /ial, 2008. Cap. 4. p. 83-153. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 01 out. 2020.

SARAVACOS, George D.; MAROULIS, Zacharias B.. Mechanical Processing Operations: Mixing and Forming. In: SARAVACOS, George D.; MAROULIS, Zacharias B.; OPERATIONS, Food Process Engineering. **Food Process Engineering Operations**. New York: Crc Press, 2011. Cap. 7. p. 184-190.

SATO, Ana Carla Kawazoe; CUNHA, Rosiane Lopes da. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S.L.], v. 27, n. 4, p. 890-896, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20612007000400033>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/JYd66nZnRdqgjZgxQb4yf3D/?lang=pt>. Acesso em: 28 set. 2021.

Saúde, Ministério da. **Rotulagem Nutricional Obrigatória**: manual de orientação às indústrias de alimentos. Manual de Orientação às Indústrias de Alimentos. 2005. Disponível em: [http://antigo.anvisa.gov.br/documents/33916/389979/Rotulagem+Nutricional+Obrigat%C3%B3ria+Manual+de+Orienta%C3%A7%C3%A3o+%C3%A0s+Ind%C3](http://antigo.anvisa.gov.br/documents/33916/389979/Rotulagem+Nutricional+Obrigat%C3%B3ria+Manual+de+Orienta%C3%A7%C3%A3o+%C3%A0s+Ind%C3%A9)

3%BAstrias+de+Alimentos/ae72b30a-07af-42e2-8b76-10ff96b64ca4?version=1.0. Acesso em: 11 nov. 2021.

SEBRAE (Brasil). Serviço de Apoio As Micro e Pequenas Empresas. **CARTILHA DE BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO NA INDÚSTRIA DE GELADOS COMESTÍVEIS.** 2011. Disponível em: <https://bis.sebrae.com.br/bis/download.zhtml?t=D&uid=18e69ee9eca639b33372eefdf6ecfb4e>. Acesso em: 01 jul. 2020.

SEMAN, Suja. Microorganisms and Food Materials: factors affecting growth and survival of microorganisms in foods. In: SEMAN, Suja; MALIK, R. K.; SHILPAVIJ. **FOOD AND INDUSTRIAL MICROBIOLOGY: microorganisms and food materials.** [S.l.]: S,i, 2016. Cap. 2, Disponível em: <http://agrimoon.com/food-and-industrial-microbiology-icar-ecourse-pdf-book/>. Acesso em: 09 out. 2019.

SHENOY, Pooja et al. Effect of powder densities, particle size and shape on mixture quality of binary food powder mixtures. **Powder Technology**, [s.l.], v. 272, p.165-172, mar. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2014.11.023>.

SILVA JUNIOR, Elieste da. **Formulações Especiais Para Sorvete.** 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-22032017-165841/pt-br.php>. Acesso em: 05 out. 2021.

SILVA, Aline R.A.; SILVA, Marselle M.N.; RIBEIRO, Bernardo D.. Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. **Food Research International**, [S.L.], v. 131, p. 108972, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108972>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996919308580>. Acesso em: 27 mar. 2021.

SILVA, Jiuliane Martins da *et al.* Passion fruit-flavored ice cream processed with water-soluble extract of rice by-product: what is the impact of the addition of different prebiotic components. **Lwt**, [S.L.], v. 128, p. 109472, jun. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109472>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643820304618>. Acesso em: 15 out. 2021.

SIMEONE, Mariarosaria; SCARPATO, Debora. Sustainable consumption: how does social media affect food choices? **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 277, p. 124036-0, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124036>. Disponível em: (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620340816>). Acesso em: 27 out. 2020.

SOCIEDADE VEGETARIANA BRASILEIRA. DISPONIVEL EM <https://www.svb.org.br/index.php>: Acesso em: 19/09/2018

SOFJAN, Rosalina P.; HARTEL, Richard W.. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 255-262, mar. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694603001973>. Acesso em: 06 out. 2021.

SOUKOULIS, Christos; LEBESI, Dimitra; TZIA, Constantina. Enrichment of ice cream with dietary fibre: effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 115, n. 2, p. 665-671, jul. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.070>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814608015409>. Acesso em: 30 ago. 2021.

SOUZA, Michelle *et al.* New functional non-dairy mixed tropical fruit juice microencapsulated by spray drying: physicochemical characterization, bioaccessibility, genetic identification and stability. **Lwt**, [S.L.], v. 152, p. 112271, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112271>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643821014249#bib31>. Acesso em: 29 set. 2021.

Suzana Caetano da Silva Lannes and Maria Elena Del Dolores Bernal Gómez (January 24th 2020). Powder Technology, **Food Processing**, Romina Alina Marc, Antonio Valero Díaz and Guiomar Denisse Posada Izquierdo, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.90715. Available from: <https://www.intechopen.com/books/food-processing/powder-technology>

SZULC, Karolina; LENART, Andrzej. Water vapour adsorption properties of agglomerated baby food powders. **Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 109, n. 1, p. 135-141, mar. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.09.023>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877411005176>. Acesso em: 01 out. 2020.

TAPOLA, Niina; SARKKINEN, Essi. Oat B-Glucan. In: CHO, Susan Sungsoo; SAMUEL, Priscilla. **Fiber Ingredientes: Food Aplications and Health Benefits**. New York: Crc Press, 2009. Cap. 13. p. 283-303.

TULIPANI, Sara *et al.* Strawberry intake increases blood fluid, erythrocyte and mononuclear cell defenses against oxidative challenge. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 156, p. 87-93, ago. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.098>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614001307?via%3Dihub>. Acesso em: 09 nov. 2020.

U.S.D.A. **How much (dietary) fiber should I eat?** 2019. Disponível em: <https://ask.usda.gov/s/article/How-much-dietary-fiber-should-I-eat#:~:text=Dietary%20fiber%20intake%20is%20recommended,intake%20should%20be%2028%20grams..> Acesso em: 11 nov. 2021.

VANGA, Sai Kranthi; RAGHAVAN, Vijaya. How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? **Journal Of Food Science And Technology**, [S.L.], v. 55, n. 1, p. 10-20, 2 nov. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-017-2915-y>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5756203/>. Acesso em: 10 set. 2020.

VANWEES, Samantha R.; RANKIN, Scott A.; HARTEL, Richard W.. The microstructural, melting, rheological, and sensorial properties of high-overrun frozen desserts. **Journal Of Texture Studies**, [S.L.], p. 92-100, 11 jul. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jtxs.12461>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jtxs.12461>. Acesso em: 06 out. 2021.

WÄRNBERG, Julia et al. FUNCTIONAL BENEFITS OF PSYLLIUM FIBER SUPPLEMENTATION. **Current Topics In Nutraceutical Research**, [s.l.], v. 7, n. 2, p.55-64, 15 abr. 2009. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/0dd4/1ec6cebe8399a2ff49d5e8494f7b936b02a8.pdf?_ga=2.259967055.418488721.1574789554-975141691.1574789554>. Acesso em: 26 nov. 2019.

WELLMUNE. **Seen One Beta Glucan, Seen Them All?** 2018. Disponível em: https://www.wellmune.com/2018/05/30/seen-one-beta-glucan-seen-them-all/?mkt_tok=MTE3LVRMV/S0yMjIAAAF733XIVbW6HMJgRI-KQChnWJ4ScejI7mgaPNLJNqtS_8C_mGpb40shkgcaEqeUqHyOhbCOkiVAPPmI1ErGCeyYMXwNYpL4a8kwEgr5qtSUBw. Acesso em: 25 mar. 2021.

WILLIAMS, P.A.; PHILLIPS, G.O.. The use of hydrocolloids to improve food texture. **Texture In Food**, [S.L.], p. 251-274, 2003. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1533/9781855737082.2.251>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781855736733500163>. Acesso em: 13 set. 2021.

YAN, Lei *et al.* Microstructure and meltdown properties of low-fat ice cream: effects of microparticulated soy protein hydrolysate/xanthan gum (msph/xg) ratio and freezing time. **Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 291, p. 110291, fev. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110291>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877420303794#fig3>. Acesso em: 05 out. 2021.

YU, Ben *et al.* Preparation of nanofibrillated cellulose from grapefruit peel and its application as fat substitute in ice cream. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 254,

p. 117415, fev. 2021. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117415>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861720315885>. Acesso em: 06 out. 2021.

YUE, Jianxiong *et al.* Impact of defatting treatment and oat varieties on structural, functional properties, and aromatic profile of oat protein. **Food Hydrocolloids**, [S.L.], v. 112, p. 106368, mar. 2021. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106368>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X20317112#bbib3>. Acesso em: 27 mar. 2021.

ZIAI, Seyed Ali. Psyllium. In: CHO, Susan Sungsoo; SAMUEL, Priscilla. **Fiber Ingredientes: Food Applications and Health Benefits**. New York: Crc Press, 2009. Cap. 17. p. 393-42.

Anexos



DRAFTI CHILESA
 KM 44SRUTA 55UR
 PEMUCO
 CHILE

Attention of	Capital Trade/Importacao e
Customer:	Exportac
	Capital Trade Importacao e
Exportacao Ltda	
Av. Coronel Marcos Konder 805	
88301-302 Itajaí	

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Date of shipping	24.06.2019		
Sold to	170660 Sweetmix Ind.Com.Imp.Exp.Ltda.		
Ship to	170660 Sweetmix Ind.Com. Imp.Exp.Ltda.		
Draft order nr	2200600688/21340308		
Your order nr	119310091		
Product	42002100 DRAFTI HSI BAG 25KG(I.T)		
Batch nr	RHQHE9CHE9 (pal. from 1 to 85)		
Best before date	14.06.2024		
Quantity	3.000,00 KG	Date of production	:14.06.2019.

Analysis:			
Ascorbifera	Dry matter (grav)	16.9%	83.0990
Viscos-Chemical (powdered product)	pH	3.3	0.072
Chromatography powder product	Disludm (g/dm)	27	0.250
Microbiology	Moisture (%)	80.4%	88.0100
	Acidose (fructose increase (%DM))	0.6%	0.0120
	Total mesobacteria (g)	0	0.1000
	Yeasts (g)	0	0.20
	Moulds (g)	0	0.20
	Enterobacteriaceae (g)	0	0.1000
	Thermotolerant species (g)	0	0.1000

Customer note:
1) Visual Aspect: powder 2) Odor: odor characteristic for milk 3)
Total mesophilic bacteria (log cfu/g) 1) DCRU /g. 4) Visual color: white
slightly yellow

Customer note or material:
 We hereby confirm that the product complies with the corresponding guarantees listed in its Product Sheet



CARLA MUNOZ SEPULVEDA
 Servicio de Calidad
 Orafiti Chile S.A.

Data sheet

Grade P 95

VITACEL

Psyllium

Description

VITACEL Psyllium husk fiber is a food ingredient for dietary fiber enrichment in foodstuffs - Source of fibre: 3 g/100 g or 1.5 g/100 kcal resp. High fibre: 6 g/100 g or 3 g/100 kcal - according to Annex Nutrition claims and conditions applying to them in Reg. (EC) No 1924/2006 and Codex Alimentarius. To determine the total dietary fiber content in the final food item a cumulative analytics or a recipe-based calculation has to be applied. We recommend the declaration "Psyllium husk fiber".

Please consider country-specific regulations for food.

Chemical and physical properties

Dietary fiber content(acc. to AOAC-method) of which:
insoluble dietary fiber soluble dietary fiber

~	80% i.d.s.
~	14%~
56% max.	9%
max.	3% 5-7 350 g/l-700 g/l 250µm

Loss on drying Qüide ash @50°C, Ash pH-value (10% suspension) Bulk density (in accordance with DIN EN ISO 60) Average particle size/particle range

Microbiological analysis

Total plate count Yeasts and moulds

max.	1x10 ⁵ cfu/g
max.	1x10 ³ cfu/g

Sensory properties

Appearance Flavour/Odour

light brown neutral

Allergen

Please refer to the allergen list of VITACEL P 95.

Storage

Store at room temperature in dry conditions. In original and unopened bags, best before at least 3 years starting with production date.

General remarks

Specifications are based upon typical results from reference samples and because of the nature of the raw material there may occur some natural variations.

Release date 2017-12/01/1 page



J. RETTENMAIER & SÖHNE GMBH & CO. KG
Fibers designed by Nature Holzmühle 1

Telephone: +49 7967 152-0 +49 7967
Telefax: 152-222 food@irs.de www.irs.de
E-Mail: