



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS -
PPGEALI

KATIANE ARAÚJO DO BOMFIM

**QUALIDADE DA POLPA DE ABACATE EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA
DE CONGELAMENTO E SUA APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE UM PÓ
LIOFILIZADO COM LEITE DE CABRA**

CAMPINA GRANDE-PB
2025

KATIANE ARAÚJO DO BOMFIM

**QUALIDADE DA POLPA DE ABACATE EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA
DE CONGELAMENTO E SUA APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE UM PÓ
LIOFILIZADO COM LEITE DE CABRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos como requisito à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Orientadores:

Prof^a. Dra. Ana Paula Trindade Rocha

Dra. Amanda Priscila Silva Nascimento

**CAMPINA GRANDE – PB
2025**

B713q

Bomfim, Katiane Araújo do.

Qualidade da polpa de abacate em função da temperatura de congelamento e sua aplicação na produção de um pó liofilizado com leite de cabra / Katiane Araújo do Bomfim. - Campina Grande, 2025.

58 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2025.

"Orientação: Profa. Dra. Ana Paula Trindade Rocha, Dra. Amanda Priscila Silva Nascimento."

Referências.

1. Liofilização. 2. Maltodextrina. 3. Abacate Breda. 4. Leite de cabra. 5. Qualidade físico-química. I. Rocha, Ana Paula Trindade. II. Nascimento, Amanda Priscila Silva. III. Título.

CDU 664.8.047(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PROGRAMA DE POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, REALIZADA EM 31 DE MARÇO DE 2025.

Aos 31 dias do mês de Março de 2025 às 08:30 horas, em sessão pública no Bloco de Engenharia de Alimentos - LEA, na presença da Banca Examinadora presidida pela professora **Dr^a. Ana Paula Trindade Rocha (Orientadora)**, **Matricula/SIAPE nº 2503922**, o professor **Dra. Amanda Priscila Silva Nascimento -(Coorientadora)**, o professor **Dr. Gilmar Trindade de Araújo (Examinador Interno)**; a professora **Dra. Raquel Alves de Luna Dias (Examinadora Externa)**; o **Dr. Newton Carlos Santos (Examinador Externo)**, a aluna **KATIANE ARAÚJO DO BOMFIM**, Mat. **223173020030**, apresentou a Defesa Da Dissertação, intitulado **"Qualidade da polpa de abacate em função da temperatura de congelamento e sua aplicação na produção de um pó liofilizado com leite de cabra."**, como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Mestrado em Engenharia de Alimentos. Após reunião em sessão reservada, a Banca Examinadora deliberou e decidiu pela **APROVAÇÃO** do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente a aluna e demais presentes e eu, na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais examinadores e pela aluna.



Documento assinado eletronicamente por **ANA PAULA TRINDADE ROCHA, COORDENADOR(A)**, em 28/04/2025, às 09:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Amanda Priscila Silva Nascimento, Usuário Externo**, em 28/04/2025, às 09:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **KATIANE ARAÚJO DO BOMFIM, Usuário Externo**, em 28/04/2025, às 09:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Newton Carlos Santos, Usuário Externo**, em 28/04/2025, às 10:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de](#)

2018.



Documento assinado eletronicamente por **Raquel Alves de Luna Dias, Usuário Externo**, em 28/04/2025, às 10:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **GILMAR TRINDADE DE ARAUJO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/04/2025, às 10:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **5418658** e o código CRC **E980667C**.

Dedico a minha mãe Ana.
Dedico ao meu pai Saturnino (*in
memoriam*) que sempre
incentivaram a conquistar meus
objetivos por meio do estudo.
Amo muito vocês!

Dedico ao meu filho João
Bernardo, que me fez renascer e
me apresentou o amor mais puro
que já senti.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus por me sustentar nos dias difíceis. Por toda força que me concedeu. Por todas as alegrias que me presenteou ao longo de mais uma jornada. Por toda sabedoria, discernimento, compaixão, proteção e amor. Por não me deixar desistir quando os dias mais difíceis chegaram. Obrigada, Deus, por tornar tudo isso possível!

Agradeço aos meus pais, Ana Rufino que tornou possível a realização desse objetivo e por todo apoio emocional de sempre. Sei que sempre posso contar com a senhora minha querida e amada mãe. E ao meu pai Saturnino Olímpio que me deixou o ensinamento de sempre fazer o certo, estudando e trabalhando de forma honesta.

Aos meus irmãos Adriana, Altamirando e Leandro, por todo apoio, ajuda, amor e companheirismo.

Ao meu noivo João Paulo, por ser meu porto seguro. Por me ajudar nessa jornada me incentivando a ser melhor a cada novo desafio, além de ser meu grande amigo, parceiro e um grande pai para nosso presente de Deus João Bernardo.

Aos meus sogros Jaise Bezerra e Paulo Travassos por todo amor, apoio e incentivo.

A minha orientadora e amiga professora Dra. Ana Paula por tantos ensinamentos compartilhados, vivências e tanta compreensão nos momentos necessários. Desejo que sua carreira seja sempre brilhante como você. Ao professor Gilmar Araújo por todo ensinamento dentro e fora da sala de aula. Ele que sempre se fez presente para resolver os problemas nos equipamentos. Sou muito grata a vocês.

Aos demais professores da pós-graduação por todo esforço e dedicação.

As minhas colegas de pós-graduação Fátima, Maria Eduarda, Itamine e Mayana, que vivenciaram comigo todas as dificuldades, mas também as conquistas.

As técnicas de laboratório Renata e Leila por toda ajuda, ensinamentos e amizade.

As alunas de pós-doutorado Amanda, Ana Nery e Rafaela que estiveram comigo desde o início ajudando e ensinando como melhorar a cada nova tentativa.

A todos que de alguma forma ajudaram, direta e indiretamente, minha jornada acadêmica até aqui. Muito obrigada

RESUMO

A liofilização é uma técnica eficaz para a conservação de alimentos, garantindo a estabilidade físico-química e nutricional do produto. Este estudo avaliou a influência da temperatura de armazenamento da polpa de abacate (-60°C e -80°C) e do processo de liofilização em formulações contendo leite de cabra e maltodextrina. Foram liofilizadas três formulações variando a quantidade de polpa, leite e maltodextrina. Foram analisadas propriedades físico-químicas do leite de cabra, da polpa in natura e armazenada, além da caracterização das formulações em pó quanto à densidade aparente e compactada, solubilidade, higroscopicidade e fluidez. O leite de cabra apresentou teores de gordura, proteína e lactose dentro do estabelecido por legislação e o índice crioscópico levemente inferior ao preconizado. Em relação ao armazenamento, os resultados indicaram que a polpa armazenada a -80°C apresentou melhor conservação da coloração e estabilidade estrutural, enquanto a polpa a -60°C demonstrou maior retenção de umidade e redução nos açúcares totais e redutores, além de um aumento expressivo na acidez. Entre as formulações em pó, a análise de microscopia eletrônica de varredura revelou que não houve estado de agregação entre as partículas, além disso, as amostras apresentaram padrões geométricos irregulares e bordas pontiagudas. A formulação 2 contendo 15% de maltodextrina destacou-se com maior solubilidade, baixa absorção de umidade e boa fluidez. Concluiu-se que a liofilização da polpa de abacate combinada com leite de cabra e maltodextrina mostrou-se uma estratégia eficiente para a conservação e melhoria das propriedades físico-químicas do produto.

Palavras-chave: Liofilização; *Persea americana* Mill; Leite de cabra; Maltodextrina; Qualidade físico-química.

ABSTRACT

Freeze-drying is an effective technique for food preservation, ensuring the physicochemical and nutritional stability of the product. This study evaluated the influence of storage temperature of avocado pulp (-60°C and -80°C) and the freeze-drying process in formulations containing goat milk and maltodextrin. Three formulations were freeze-dried, varying the amount of pulp, milk, and maltodextrin. Physicochemical properties of goat milk, fresh and stored pulp were analyzed, along with the characterization of powdered formulations in terms of bulk and compacted density, solubility, hygroscopicity, and flowability. Goat milk showed fat, protein, and lactose contents within the legal standards, while the cryoscopic index was slightly lower than recommended. Regarding storage, results indicated that pulp stored at -80°C maintained better color preservation and structural stability, whereas pulp stored at -60°C retained more moisture, showed a reduction in total and reducing sugars, and had a significant increase in acidity. Among the powdered formulations, scanning electron microscopy analysis revealed no aggregation state among the particles. Additionally, the samples exhibited irregular geometric patterns and sharp edges. The second formulation, containing 15% maltodextrin, stood out with higher solubility, low moisture absorption, and good flowability. It was concluded that freeze-drying avocado pulp combined with goat milk and maltodextrin proved to be an efficient strategy for preservation and improvement of the product's physicochemical properties.

Keywords: Freeze-drying; *Persea americana* Mill; Goat milk; Maltodextrin; Physicochemical quality.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

FIGURA 1- Esquema do diagrama de fases da água12

FIGURA 2- Esquema do processo de liofilização13

ARTIGO

FIGURA 1 - Microscopia eletrônica de varredura..... 42

LISTA DE TABELAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

TABELA 1- Composição parcial do abacate da variedade Breda6

ARTIGO- LIOFILIZAÇÃO DA POLPA DE ABACATE COM LEITE DE CABRA E MALTODEXTRINA: AVALIAÇÃO DA SECAGEM E QUALIDADE DO PRODUTO

TABELA 1- Formulações para obtenção do alimento em pó.....26

TABELA 2- Análises físico-químicas do leite de cabra.....30

TABELA 3- Análises físico-químicas e composição centesimal da polpa de abacate32

TABELA 4- Caracterização da polpa de abacate armazenada a -60°C por 15 e 30 dias 35

TABELA 5- Caracterização da polpa de abacate armazenada a -80°C por 15 e 30 dias 37

TABELA 6- Análise colorimétrica da polpa de abacate armazenada a -60° e -80°C por 15 dias 39

TABELA 7- Análise colorimétrica da polpa de abacate armazenada a -60° e -80°C por 30 dias 41

TABELA 8- Densidade aparente43

TABELA 9- Densidade compactada44

TABELA 10- Fator de Hausner, ângulo de repouso e compressibilidade45

TABELA 11- Solubilidade, higroscopicidade e teor de água46

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 Objetivo Geral	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Abacate	4
2.1.1 Cultivar Breda.....	6
2.1.2 Leite Caprino.	6
2.2 Matodextrina	8
2.2.2 Liofilização	11
REFERÊNCIAS.....	14
ARTIGO I: LIOFILIZAÇÃO DA POLPA DE ABACATE COM LEITE DE CABRA E MALTODEXTRINA: AVALIAÇÃO DA SECAGEM E QUALIDADE DO PRODUTO.	20
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. MATERIAIS E MÉTODOS	24
2.1 Matéria-prima.....	24
2.2 Caracterização físico-química do leite de cabra	24
2.3 Preparação das amostras	24
2.4 Etapa que antecedeu a liofilização.	25
2.5 Caracterização físico-química da polpa de abacate	26
2.6 Formulações.....	26
2.7 Processo de liofilização.....	26
2.8 Caracterização do pó liofilizado.	27
2.8.1 Densidade aparente e compactada	27
2.8.2 Razão de Hausner	28
2.8.3 Índice de compressibilidade	28
2.8.4 Solubilidade	28
2.8.5 Ângulo de repouso	29
2.8.6 Higroscopicidade.....	29
2.8.7 Morfologia	29
2.9 Análise estatística.....	29

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
3.1 Caracterização físico-química do leite de cabra	30
3.2 Caracterização físico-química da polpa de abacate.	32
3.2.1 Caracterização da polpa do abacate após 15 e 30 dias de armazenamento na temperatura a -60°C.....	34
3.2.2 Caracterização da polpa de abacate após 15 e 30 dias de armazenamento a -80°C	37
3.3 Análise colorimétrica	39
3.4 Caracterização do pó obtido por liofilização	41
3.4.1 Microscopia Eletrônica	41
3.4.2 Densidade aparente e compactada	43
3.4.3 Fator de Hausner, Ângulo de repouso e Compressibilidade	45
3.4.4 Solubilidade, Higroscopicidade e Teor de água.....	46
4. CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

O abacate (*Persea americana*) pertencente à família *Lauraceae* é considerado uma fruta importante e de grande relevância comercial no mundo, devido ao seu alto conteúdo nutricional e os efeitos benéficos à saúde. Ele é rico em ácidos graxos monoinsaturados, como o ácido oleico, que contribuem para a saúde cardiovascular, além disso, o abacate contém compostos bioativos, como tocoferóis, carotenoides e fitoesteróis, que possuem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. (ARÁUJO et al., 2018). No Brasil, a produção em 2023 chegou a 422.545 toneladas, com destaque para o estado de São Paulo. Projeções indicam que, até 2030, o abacate será a fruta mais comercializada no mundo, impulsionado pelo seu potencial nutricional e pela crescente demanda por alimentos funcionais. (IBGE, 2023).

Apesar do seu crescente consumo, o abacate apresenta um grande desafio em termos de conservação e aproveitamento. Como fruto climatérico, ele continua amadurecendo após a colheita, tornando-se altamente perecível e sujeito a deterioração. (SILVA et al., 2015). Além disso, seu elevado teor de água, cerca de 73,23% da massa do fruto (USDA, 2020), contribui para sua rápida degradação, acarretando desperdícios consideráveis. Para minimizar essas perdas e aumentar a vida útil do produto, diversas estratégias tecnológicas vêm sendo estudadas, incluindo métodos de conservação, como ultracongelamento e técnicas de secagem como a liofilização (FIJALKOWSKA et al., 2016; ZHANG et al., 2016).

As tecnologias de secagem desempenham um papel fundamental na preservação de alimentos, pois reduzem o teor de água e inibem reações químicas e bioquímicas que levam à deterioração. A liofilização, em particular, é uma técnica de secagem a frio que remove a água por sublimação, sem causar perturbações significativas na estrutura ou função, preservando melhor as propriedades nutricionais e sensoriais do alimento em comparação com outros métodos (SANTOS, 2020). Além disso, esse processo resulta em produtos em forma de pó, flocos ou grânulos, cuja estabilidade e facilidade de armazenamento são vantajosas para a indústria de alimentos (VINICIUS, 2022).

Outro alimento que, assim como o abacate, apresenta alta perecibilidade e um potencial nutricional elevado é o leite de cabra. Rico em proteínas, minerais e compostos bioativos, e tem ganhado crescente atenção no meio científico devido à sua atividade funcional, incluindo propriedades antibacterianas e antifúngicas (MANN et al., 2019;

SOLOSHENKO et al., 2020; LUZ et al., 2020). No entanto, a produção de leite de cabra no Brasil ainda é pouco explorada, apresentando um grande potencial para inovação na indústria de alimentos. Sua transformação, em conjunto com o abacate, em pó por meio da liofilização permite aumentar a vida útil e criar produtos com propriedades nutracêuticas, ampliando suas possibilidades de aplicação (LOPES et al., 2012; PULINA et al., 2018).

A combinação de tecnologias como o ultracongelamento e a liofilização com matérias-primas de alta qualidade é essencial tanto do ponto de vista econômico quanto tecnológico e social. O desenvolvimento de alimentos liofilizados à base de abacate e leite de cabra podem representar uma solução inovadora para a conservação desses produtos, garantindo maior disponibilidade ao longo do ano e reduzindo as perdas pós-colheita. Neste contexto, a variedade Breda e o leite de cabra foram escolhidos para a realização desta pesquisa. Cultivada no Brasil, o Breda se destaca por seu sabor levemente adocicado, alta concentração de ácidos graxos monoinsaturados e uma excelente relação entre teor de água e lipídios. Sua textura cremosa e qualidade nutricional a tornam uma opção promissora para a formulação de novos produtos alimentícios. Além disso, o desenvolvimento de um produto em pó a partir do abacate e do leite de cabra pode agregar valor às matérias-primas e contribuir para a sustentabilidade da cadeia produtiva, promovendo alternativas viáveis para reduzir o desperdício e expandir o mercado de ingredientes funcionais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o impacto do congelamento em diferentes temperaturas (-60° e -80°C) nas propriedades físico-químicas da polpa de abacate, seguido por liofilização das formulações elaboradas com abacate, leite de cabra e maltodextrina.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar as propriedades físico-químicas do leite de cabra;
- Realizar a caracterização e a análise colorimétrica da polpa in natura e armazenada a temperatura de -60° e -80°C por 15 e 30 dias;
- Preparar as formulações contendo diferentes concentrações de polpa de abacate, leite de cabra e maltodextrina;
- Realizar a liofilização das formulações e caracterizar os pós obtidos quanto as suas características físicas e morfológicas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ABACATE

O abacateiro (*Persea americana Mill*) é uma planta frutífera originária do continente americano, especialmente México, América Central e Antilhas. No Brasil, a produção de abacates encontra-se distribuída por todo o território nacional (TANGO, TURATTI, 1992). O Sudeste é responsável por 80% da produção nacional, o Sul, por 10% e o Nordeste, por 8%. Apesar de o Sudeste se destacar, a produção nordestina é a que mais cresce. Segundo levantamento feito pelo IBGE, no ano de 2021, o Ceará – região que se destaca como sendo o maior produtor do Nordeste - produziu 19.647 toneladas com uma área colhida representando 1368 hectares. Enquanto a Paraíba produziu 549 toneladas e uma área colhida referente a 80 hectares, com destaque para as cidades de Alagoa Nova e Lagoa Seca. No cenário mundial, o Brasil é o 7º maior produtor e 20º maior exportador (IBGE,2021).

O fruto apresenta diferença em tamanho, forma e peso. Isso ocorre devido a atividades metabólicas que podem ser afetadas por condições edafoclimáticas e práticas agrícolas durante o crescimento, além das variedades existentes. O fruto é formado pelo pedúnculo, semente, endocarpo, mesocarpo (polpa) e, finalmente, pelo epicarpo (casca). O mesocarpo representa cerca de 69 % da massa total do fruto, com uma variação de 52,9 a 81,3 %, de acordo com a variedade analisada (TANGO, CARVALHO, SOARES, 2004).

O abacate é uma estrutura complexa, formada por uma grande variedade de compostos e passou a ser conhecido por seu elevado conteúdo nutricional e benefícios à saúde, pois, o fruto é uma fonte de nutrientes e/ou fitoquímicos lipossolúveis (ARAÚJO et al., 2018; SIDDIQ, 2012). Apenas uma unidade de abacate, com peso médio de 300 gramas, pode conter um aporte energético de aproximadamente 2000 kJ, além de fornecer quantidades significativas de vitaminas, minerais e ácidos graxos (ARAÚJO et al., 2018, SIDDIQ, 2012).

A polpa de abacate contém quantidades significativas de proteínas e fibras insolúveis e solúveis (COWAN, WOLSTENHOLME, 2015), além de ser uma rica fonte de vitaminas e compostos bioativos, que são de grande importância para a saúde e bem-estar geral (DREHER, DAVENPORT, 2013). O conteúdo lipídico é um dos fatores mais

importantes no abacate, uma vez que contém uma grande quantidade de ácidos graxos monoinsaturados, oléico e palmitoléico, em comparação com outras frutas (DABAS et al., 2013, RANADE, 2015). Além do aspecto nutritivo, o fruto possui capacidade de aumentar a absorção de nutrientes de outros alimentos pelo organismo, o que favorece sua aplicação em suplementação dietética (UNLU et al., 2005).

O tempo de duração da fruta in natura é bastante instável, devido à presença de enzimas oxidativas, como a polifenoloxidase (PPO) e lisil oxidase (LOX), que afetam as frações lipídicas e aquosas e podem ter sua atividade iniciada e acelerada durante a cadeia de processos, quando em alguma etapa, o fruto sofre perfurações e/ou traumas em sua estrutura (ELEZ-MARTÍNEZ et al., 2005). Desse modo, as perdas pós-colheita são consideráveis, cerca de 40 % das frutas colhidas são perdidas nas etapas de transporte, processamento, comercialização e/ou maturação (FAO, 2011).

Portanto, a busca por métodos de conservação e processamento do abacate, torna-se interessante, do ponto de vista tecnológico e econômico visto que favorece o aproveitamento da produção excedente e reduz as perdas pós-colheita, além de favorecer um aumento do valor da safra. Outro ponto positivo, é a oferta de produtos derivados do abacate, como o alimento em pó a base de abacate, que poderá ser encontrado durante todo o ano, visto que os períodos de safra influenciam na disponibilidade da fruta in natura (BRASIL,2023).

2.1.1 CULTIVAR BREDÁ

A variedade Breda teve sua origem na década de 1930, quando Antônio Breda, funcionário da Estação Experimental de Limeira do Instituto Agrônomo de Campinas, semeou várias sementes em seu pomar. Seu filho, Natalino Breda, também funcionário público e viveirista, acompanhou a produção inicial das plantas ao longo de vários anos e selecionou uma que se destacava pela produção de frutos tardios, com casca lisa e verde, que obteve boa aceitação no mercado. Anos depois, Natalino começou a disponibilizar mudas para alguns produtores, resultando na multiplicação da variedade nos últimos três anos, o que a consolidou como uma das principais opções de abacate tardio atualmente (SAMPAIO; WHATELY, 2022).

O abacate Breda é um híbrido das raças Antilhana e Guatemalense. Seus frutos são pequenos, pesando entre 150 e 250 g, a polpa é amarela e sem fibras, e o caroço aderente à polpa. Possui formato elíptico, sem alongamento proeminente. É uma das principais variedades tardias de abacate e com alternâncias de produção, ou seja, caracteriza-se por um ano de elevada carga de frutos, seguido de outro ano com produção muito baixa ou nula (BRASIL, 2023). Na tabela 1 podem ser observados alguns valores de sua composição físico-química.

Tabela 1- Composição parcial do abacate da variedade Breda

COMPOSIÇÃO DA VARIEDADE BREDÁ	
Umidade (%)	77,5
Lipídios (%)	12,2
Sólidos solúveis	9,4
Potencial hidrogeniônico	6,0
Polpa (%)	69
Casca (%)	12,6
Caroço (%)	17,5

Fonte: (Oliveira, 2019; Silva et al., 2014)

2.1.2 LEITE CAPRINO

A caprinocultura brasileira está distribuída por todo o país, mas com uma forte concentração no Nordeste, do total de estabelecimentos com caprinos cerca de 89% estão localizados nessa área (CARVALHO, 2019). Esse modelo de criação e produção se destaca como uma atividade tradicional, principalmente nos pequenos estabelecimentos

rurais e impacta diretamente na renda financeira e modo de subsistência de algumas famílias (FEITOSA et al.,2020).

De acordo com uma pesquisa realizada pela Embrapa (2022), o Nordeste detém 13.053 propriedades produtoras, e a Paraíba 2677, correspondendo a uma produção nacional de 69,9% e 21,1% respectivamente. Ainda segundo essa pesquisa, de acordo com um levantamento realizado no município de Cabaceiras em conjunto com 15 municípios do Cariri Paraibano, o lucro anual pode chegar até 8.843 reais quando uma produção de 100L/dia é atingido. Nesse sentido, sob uma ótica legislativa, é necessário mais investimento em capacitação, comercialização, linhas de crédito e pesquisa de modo a contribuir para o aumento nas margens de lucro e como resultado, um maior desenvolvimento regional (EMBRAPA, 2022).

O leite de cabra, assim como os seus derivados no Brasil, possui um alto valor agregado devido às características sensoriais particulares (OLIVEIRA,2023). Os seus parâmetros de qualidade e as exigências de produção estão contidos na Instrução Normativa nº 37 de 31 de outubro de 2000, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que regulamenta, além das condições de produção, a identidade e os requisitos mínimos de qualidade do leite de cabra destinado ao consumo humano em âmbito nacional (PÁDUA et al., 2019).

Ainda nessa perspectiva, mesmo que padrões de qualidade existam, é comum encontrar pessoas que, de acordo com Nobre (2014), acham que o leite de cabra apresenta aroma e paladar diferenciado, tido como um alimento com características sensoriais indesejáveis. Contudo é importante verificar que em muitos casos o leite possui odor, não o cheiro característico do alimento, devido às más condições de higiene e de manejo do rebanho. O Nordeste e a Paraíba mais especificamente, enfrentam um grande desafio que é a produção de um leite de cabra de qualidade, mesmo sendo destaque na pecuária de leite caprino (CRUZ et al., 2019).

Em relação ao consumo, grande parte é consumido líquido principalmente como meio de subsistência das famílias produtoras. Os derivados lácteos desse leite representam uma pequena porcentagem do consumo total, sendo 2% a 3% como queijos, iogurtes, sorvetes, doces e cosméticos e 3 a 4% em forma de pó (ALVES, 2018).

Quando se trata da composição nutricional, o leite de cabra é considerado um alimento com elevado potencial funcional e com benefícios imprescindíveis à saúde

humana, além de ser uma alternativa segura, é nutricionalmente indicada para o consumo de crianças em virtude de seu baixo potencial alergênico e por sua contribuição na diminuição de incidências como osteoporose, síndromes de má-absorção e gastrite (LUCENA et al., 2018). É um alimento de alto valor nutritivo proporcionado por sua vasta biodisponibilidade de nutrientes como carboidratos, proteínas, aminoácidos essenciais e lipídeos, sendo este em sua maioria os triglicerídeos, colesterol e ácidos graxos de cadeia média e ácidos graxos de cadeia curta. Bem como cálcio, cobre, zinco, ferro, magnésio, selênio, riboflavina e niacina (SLAČANAC et al., 2010, RAMOS 2021).

Ainda nessa perspectiva, sua elevada capacidade tamponante, torna-o um alimento completo e mais rico nutricionalmente quando comparado ao leite de vaca ou de outro animal (NOBRE, 2014). É melhor absorvido pelo nosso organismo, rico em proteína, possuindo até 30% menos colesterol que o leite de vaca, baixo teor de açúcar e grande quantidade de vitamina A (SHIBATA, 2018). De acordo com um estudo de Golinelli et al. (2014), suas moléculas de gordura são menores em comparação aos de outras espécies animais, tornando-o altamente digestível. Outro aspecto que melhora sua digestibilidade é a ausência da substância aglutinina em sua composição, além de ter em quantidade menor a caseína (20%) o que influencia na redução do processo alérgico nos seres humanos (MADUREIRA et al., 2017, PARK, 2017). O leite caprino também é rico em CLA (ácido linoleico conjugado) o que dificulta a criação de placas de gordura nas artérias, facilitando a diminuição dos níveis de açúcar no sangue, contribuindo para a redução dos níveis sanguíneos de colesterol e triglicerídeos sem alterar o HDL (conhecido por ser o colesterol bom), além de ser um ótimo antioxidante (TAYLOR & MACGIBBON, 2011, LIMA et al., 2018).

Portanto, é necessário explorar o potencial tecnológico com o processamento do leite de cabra e de seus derivados. Mesmo com o avanço no ramo da ciência, tecnologia de alimentos e cadeia produtiva, sobretudo de lácteos, nos últimos anos o mercado consumidor tem se tornado cada vez mais exigente quanto ao desenvolvimento de inovações tecnológicas sustentáveis, saudáveis, funcionais e seguras (SIQUEIRA, 2019).

2.2 MALTODEXTRINA

As moléculas de amido, como todas as outras moléculas de polissacarídeos, são despolimerizadas, ou seja, sofrem degradação em suas estruturas de modo a reduzi-los a monômeros, por ácidos a quente. Eles são chamados de amidos modificados por ácidos ou de cocção rápida. Despolimerizações mais intensas do amido, com ácidos, produzem

dextrinas. Em concentrações iguais, as dextrinas produzem viscosidade mais baixa que os amidos de cocção rápida, podendo ser usadas em altas concentrações em alimentos processados (FENNEMA et al., 2010).

A hidrólise incompleta de dispersões de amidos cozidos em pasta, tanto com ácidos como com enzimas, produz misturas de malto-oligossacarídeos, as quais são conhecidos industrialmente como maltodextrina, (composta por moléculas de D-glicose conectadas por ligações α -(1,4)). Uma das aplicações da maltodextrina, é sua utilização em processos de secagem por pulverização dos alimentos ricos em açúcar, uma vez que são frequentemente usados como auxiliares de secagem (ADHIKARI et., 2004). Estas são classificadas de acordo com sua equivalência em dextrose (DE). A DE é relacionada ao DP por meio da seguinte equação:

$$DE = \frac{100}{DP} \quad (1)$$

onde DE corresponde a dextrose equivalente e DP são valores médios das populações de moléculas. O DE está inversamente relacionado à massa molecular média. As maltodextrinas são definidas como produtos com valores de DE que são mensuráveis, porém <20 , ou seja, suas DPs médias são >5 . As de menor DE, ou seja, com massa molecular média maior, não são higroscópicas, enquanto as de maior DE tendem a absorver umidade (FENNEMA et al., 2010).

Sob a perspectiva de sua utilização como agente encapsulante na secagem de frutas, esse polímero contribui para minimizar alguns problemas associados aos pós de frutas, entre eles a pegajosidade, que está relacionado a baixa temperatura de transição vítrea (T_g) em virtude da presença dos açúcares de baixo peso molecular como a frutose, comumente encontrado em frutas, e dos ácidos orgânicos em sua composição. A elevada higroscopicidade e solubilidade em água resulta em produtos muito viscosos e difíceis de secar, o que pode prejudicar a qualidade da secagem e do produto (GOULA et al., 2010; PHISUT, 2012; SOUSA, 2015; PUI et al., 2020).

Portanto, a incorporação da maltodextrina como agente carreador faz-se necessário do ponto de vista tecnológico por que promove o aumento da T_g , evitando a aglomeração, reduzindo a higroscopicidade e melhorando a estabilidade física (JAYA; DAS, 2004).

A maltodextrina é amplamente utilizada na indústria alimentícia devido às suas diversas vantagens como:

- Agente de textura e espessante: A maltodextrina é frequentemente usada para melhorar a textura dos alimentos. Ela pode atuar como um espessante, proporcionando uma sensação de cremosidade sem adicionar um sabor excessivo. Isso a torna ideal para produtos lácteos, molhos e sopas (Kim et al., 2017).
- Encapsulante: Devido à sua capacidade de formar filmes, é utilizada como agente encapsulante em processos como a liofilização e a secagem por pulverização. Isso ajuda a proteger compostos sensíveis, como aromas e vitaminas, prolongando a vida útil dos produtos e melhorando a estabilidade (Xiao et al., 2022).

Fonte de Carboidratos: Fornece uma fonte rápida de energia, sendo frequentemente utilizada em produtos para atletas e suplementos energéticos. Ela é facilmente digestível e rapidamente absorvida pelo corpo, tornando-se uma opção popular em bebidas esportivas (Wilburn et al., 2020).

Redução da Aglomeração: Como mencionado anteriormente, ajuda a reduzir a pegajosidade e a aglomeração em pós alimentares, melhorando a fluidez e a manuseabilidade dos produtos em pó. Isso é especialmente importante na produção de produtos em pó, como leite em pó e pós de frutas (Goula & Adamopoulos, 2010).

Versatilidade e Personalização: Pode ser produzida com diferentes graus de desagregação (DE), permitindo que os fabricantes escolham a fórmula mais adequada para atender às necessidades específicas do produto. Isso a torna uma opção versátil para uma ampla gama de aplicações (Fennema et al., 2010).

Em resumo, a maltodextrina é uma adição valiosa à indústria alimentícia, contribuindo para a textura, estabilidade e eficiência dos produtos.

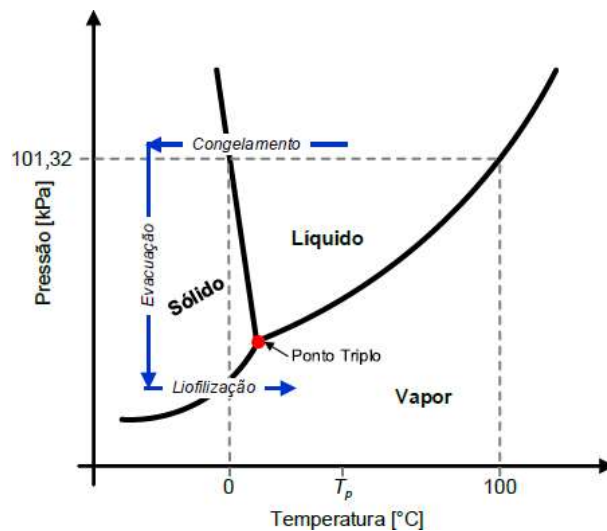
2.2.2 LIOFILIZAÇÃO

A liofilização, também conhecida como criodesidratação, é uma operação unitária com diversas finalidades, incluindo a conservação de alimentos e materiais biológicos. Este método é amplamente utilizado na indústria alimentícia devido à sua capacidade de preservar as propriedades nutricionais e sensoriais dos alimentos. A liofilização remove a água do produto sem causar perturbações significativas na sua estrutura ou função, resultando em formulações estáveis que mantêm sabor, textura e valor nutricional (FERNANDEZ-MOURE et al., 2018; DAL-BÓ, 2021).

Suas aplicações incluem a produção de cafés instantâneos, onde a liofilização é utilizada para preservar os compostos aromáticos e saborosos do café, e a fabricação de sopas e molhos desidratados, que podem ser reidratados rapidamente antes do consumo. A liofilização também é utilizada para criar alimentos leves e de fácil transporte, ideais para trekking e atividades ao ar livre (Oyinloye; Yoon, 2020).

O principal objetivo desse método de secagem na indústria de alimentos é a fabricação de um produto que permaneça estável durante o armazenamento, com seu volume pouco diminuído e com suas características sensoriais e nutritivas quase intactas após a reconstituição com água (ROBERTO *et al.*, 2020). O processo de liofilização ocorre em três etapas: congelamento, secagem primária (sublimação) e secagem secundária (dessorção). A sublimação é um fenômeno físico onde ocorre a conversão direta do solvente no estado sólido para o gasoso, sem passar pela fase líquida. A Figura 1 mostra um esquema do processo de remoção de água na liofilização, por meio do diagrama de fases da água.

Figura 1: Esquema do diagrama de fases da água



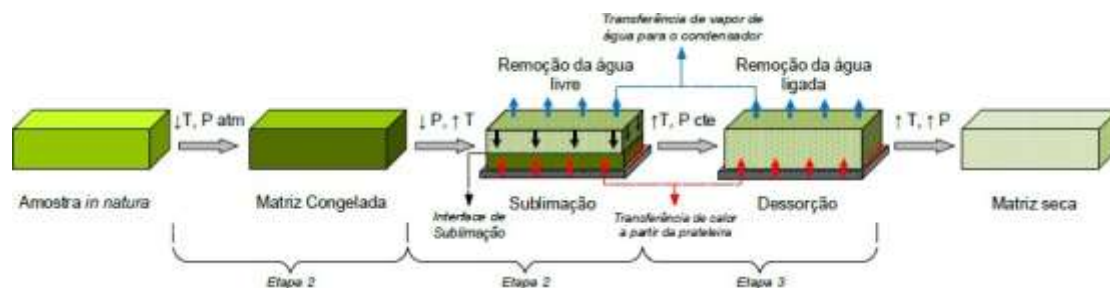
Fonte: DAL-BÓ,2021

Primeiro ocorre o congelamento, por meio da redução da temperatura e sob pressão constante. Nessa etapa são formados os poros no material a ser desidratado e essa é a etapa mais importante, pois a formação correta dos poros (tamanho e distribuição) é essencial para garantir a qualidade final após a liofilização, influenciando a consistência, a cor e a retenção de aroma. Os cristais de gelo devem possuir tamanhos e dispersão homogêneos para que a taxa de transferência de massa seja mais alta e, conseqüentemente, o produto desidrate de modo mais acelerado. Para tanto, o ideal é que o produto cristalize por meio do congelamento rápido (ROBERTO *et al.*,2020).

Posteriormente, inicia-se a fase de secagem primária, em que a água é removida pelo processo de sublimação e o vapor de água produzido é transportado por difusão e convecção através dos poros, percorrendo o caminho para a câmara de secagem do liofilizador. A fase de secagem secundária tem início após a remoção de todo o gelo e é realizada por meio de um pequeno aumento da temperatura, ainda abaixo da temperatura de degradação do produto, com o objetivo de remover a água residual e o vapor de água para evitar a reabsorção na superfície cristalina do produto (BOSS, 2004), (ROBERTO *et al.*, 2020).

A figura 2 esboça de maneira ilustrativa como ocorre o processo de liofilização.

Figura 2: Esquema do processo de liofilização



Fonte: DAL-BÓ, 2021

REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, B; HOWES, T; BHANDARI, B.R; TROUNG, V. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modelling. *Journal Of Food Engineering*, [S.L.], v. 62, n. 1, p. 53-68, mar. 2004. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0260-8774\(03\)00171-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0260-8774(03)00171-7).
- ALVES, L. S. Composição físico-química e contagem de células somáticas em leite de cabrasno município de Gurjão/PB. 2018. 35 p. *Ciências Biológicas*. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.
- ARAÚJO, R. G. et al. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. Trends in *Food Science and Technology*, v. 80, n. July, p. 51–60, 2018.
- BRASIL. Ibge (org.). Produção de abacate: valor da produção. Valor da produção. 2021. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abacate/pb>. Acesso em: 17 ago. 2023.
- BRASIL,. Abacates do Brasil: variedades de abacate. Variedades de abacate. 2023. *Associação abacates do Brasil*. Disponível em: <https://abacatesdobrasil.org.br/abacates-do-brasil/#variedades>. Acesso em: 19 ago. 2023.
- BOSS, E. A. Modelagem e otimização do processo de liofilização: aplicação para leite desnatado e café solúvel. 2004. 129 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – *Faculdade de Engenharia Química*, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus Betacyanin* Pigments. *Journ. of Food Scien.*; v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.
- CARVALHO, Glauco Rodrigues (ed.). Caprinocultura de leite no Brasil: perfil, estrutura de produção. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199540/1/ArtigoGomideWorkshopCaprinos2019.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- COWAN, A. K.; WOLSTENHOLME, B. N. Avocado. *Encyclopedia of Food and Health*, p. 294–300, 2015.
- CRUZ, G. R. B., de BARROS, J. R. L., dos SANTOS, D. G., de LIMA, A. M., & da SILVA, A. C. R. Aspectos sanitários na produção de caprinos e ovinos de produtores familiares no semiárido paraibano. *Revista Conexão UEPG*, v. 15, n. 2, p. 129-134, 2019
- DAL-BÓ, Vanessa. ESTUDO DA SECAGEM DA POLPA O ABACATE. 2021. 177 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-Sp, 2021.

DABAS, D. et al. Avocado (*Persea americana*) Seed as a Source of Bioactive Phytochemicals. *Current Pharmaceutical Design*, v. 19, n. 34, p. 6133–6140, 2013.

DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 53, n. 7, p. 738–750, 2013.

ELEZ-MARTÍNEZ, P. et al. Natural antioxidants preserve the lipid oxidative stability of minimally processed avocado purée. *Journal of Food Science*, v. 70, n. 5, 2005.

FAO. Global food losses and food waste. 2011. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/pt/>. Acesso em: 18 ago. 2023.

FERNANDEZ-MOURE, Joseph; MAISHA, Nuzhat; LAVIK, Erin B; CANNON, Jeremy W. The chemistry of lyophilized blood products. *Bioconjugate Chemistry*, [S. l.], v. 29, n. 7, p. 2150–2160, 1 jan. 2018. DOI 10.1021/acs.bioconjchem.8b00271. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.bioconjchem.8b00271>. Acesso em: 20 dez. 2024.

FENNEMA, Owen. R.; PARKIN, Kirk L.; DAMODARAN, Srinivasan. *Química de Alimentos de Fennema*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 875 p.

FEITOSA, J. F. DE F.; CAMPOS, T. I. L.; LEITE, D. C. CAPRINOCULTURA LEITEIRA NO SEMIÁRIDO. *Revista Científica Agropampa*, v. 1, n. 1, p. 29-49, 1 jul. 2020.

FIJALKOWSKA, A. et al. Ultrasound as a Pretreatment Method to Improve Drying Kinetics and Sensory Properties of Dried Apple. *Journal of Food Process Engineering*, v. 39, n. 3, p. 256–265, 2016.

GOLINELLI, L.P., CARVALHO, A.C., CASAES, R.S., LÓPEZ, C.S.C., DELIZA, R., PASCHOALIN, V.M.F. Sensory analysis and species-specific PCR detect bovine milk adulteration of frescal (fresh) goat cheese. *Journal of Dairy Science*, n.97, p. 6693-6699, 2014.

GOULA, A.; KARAPANTSIOS, T. D.; ACHILIAS, D. S.; ADAMAPOULOS, K. G. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. *Journal of Food Engineering*, v.85, p.73-83, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em: 07 de jun. de 2024.

GOULA, A. M; ADAMAPOULOS, K. G. Spray drying of food flavors: Effect of wall materials on microencapsulation. *Journal of Food Engineering*, v. 96, n. 2, p. 242-249, 2010.

JAYA, S.; DAS, H.. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. *Journal Of Food Engineering*, [S.L.], v. 63, n. 2, p. 125-134, jun. 2004. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0260-8774\(03\)00135-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0260-8774(03)00135-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877403001353>. Acesso em: 19 ago. 1992.

KIM, Yong-Hwan; KIM, Sung-Gun; YOO, Byoungseung. Effect of Maltodextrin on

Physical Properties of Granulated Xanthan Gum Prepared by Fluidized-Bed Granulator. *International Journal of Food Engineering*, [S. l.], v. 13, n. 8, maio 2017. DOI <https://doi.org/10.1515/ijfe-2017-0069>. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/ijfe-2017-0069/html>. Acesso em: 20 dez. 2024.

LIMA, R.N. de; LEITE, J.H.G.M; GALVÃO JUNIOR, J.G.B.; MOURA, A.K.B.; LIMA, A.F.; LIMA, P. de O. Importância do ácido linoleico conjugado (CLA) em produtos de origem animal. *Rev.Agro. Amb.*, v. 11, n. 4, p. 1307-1331, 2018. Disponível em: <DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n4p1307-1331>> Acesso em: 22 ago. 2023.

Lopes, F. B., Da Silva, M. C., Miyagi, E. S., Fioravanti, M. C. S., Facó, O., Guimarães, R. F., Júnior, O. A. d. C., & McManus, C. M. (2012). Spatialization of climate, physical and socioeconomic factors that affect the dairy goat production in Brazil and their impact on animal breeding decisions. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 32(11), 1073–1081.

LUCENA, Cicero Cartaxo de. Custos de produção do Leite de Cabra. 2022. *EMBRAPA*. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/caprinos-e-ovinos/2022/66a-ro-14-06-2022/custos-de-producao-de-leite-de-cabra.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2023.

MADUREIRA, K. M., GOMES, V.; DE ARAÚJO, W. P. Características físico-químicas e celulares do leite de cabras Saanen, Alpina e Toggenburg. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, v. 24, n. 1, 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 76: Instrução Normativa. *Brasília: Imprensa Nacional*, 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN%2076. Acesso em: 17 dez. 2024.

NOBRE, P.T. Caracterização e modelagem dos sistemas de produção de caprinos leiteiros. 2014, 68p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, Macaíba, 2014.

OYINLOYE, Timilehin Martins; YOON, Won Byong. Effect of Freeze-Drying on Quality and Grinding Process of Food Produce: A Review. *Processes*, v. 8, n. 3, jan. 2020. 354, p. 1-23. DOI 10.3390/pr8030354. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/8/3/354>. Acesso em: 20 dez. 2024.

OLIVEIRA, Christean Santos de. Atividade antioxidante e caracterização do perfil metabolômico da casca, semente e polpa das variedades Margarida, Breda e Geada do abacate (*Persea americana*). 2019. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

OLIVEIRA, Felipe França de. AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE DE CABRA CRU INTEGRAL E PASTEURIZADO PRODUZIDO NO CARIRI PARAIBANO. 2023. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de

Biotecnologias e Bioprocessos, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2023. Cap. 3.

PÁDUA, F. S.; COUTO, E. P.; NERO, L. A.; FERREIRA, M. A. Qualidade físico-química e microbiológica de leite de cabra produzido no Distrito Federal. *Ciência Animal Brasileira*, v. 20, 2019.

PHISUT, N. “The effect of maltodextrin concentration on the properties of spray-dried fruit powders.” *International Journal of Food Engineering*, V.8, n.4, 1299-1308, 2012.

PHISUT, H. Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. *International Food Research Journal*, v. 19, n. 4, p. 1297-1306, 2012. Disponível em: Acesso em 07 de jun. de 2024.

PUI, Liew Phing; SALEENA, Lejaniya Abdul Kalam. Effects of spray-drying parameters on physicochemical properties of powdered fruits. *Foods and Raw Materials*, v. 10, n. 2, p. 235-251, 23 jun. 2020. DOI 10.21603/2308-4057-2022-2-533. Disponível em: <https://jfrm.ru/issues/20341/20338/>. Acesso em: 20 dez. 2024.

PULINA, G., MILÁN, M. J., LAVÍN, M. P., THEODO RIDIS, A., MORIN, E., CAPOTE, J., THOMAS, D. L., FRANCESCONI, A. H. D., & CAJA, G. Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n.8, 2018.. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14015>.

RANADE, S. S.; THIAGARAJAN, P. A review on Persea Americana Mill. (Avocado)-Its fruit and oil. *International Journal of PharmTech Research*, v. 8, n. 6, p. 72–77, 2015.

ROBERTO, Consuelo Domenici; TEIXEIRA, Luciano José Quintão; CARVALHO, Raquel Vieira de. Tópicos Especiais em ciência e tecnologia de alimentos. Vitória: Edufes, 2020. 334 p. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/server/api/core/bitstreams/20e28557-8979-47d6-9199-25447a757cd8/content#page=233>. Acesso em: 15 jul. 2024.

SANTOS, Gustavo; NERY, Tatiana. OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE PROCESSO DE SECAGEM DE POLPAS DE FRUTAS COM ALTO TEOR DE AÇÚCAR. 2017. Disponível em: <https://doity.com.br/media/doity/submissoes/5cd9b9c6-69e0-4dda-9aa6-1cf743cda1d7-resumoreenviopdf.pdf>. Acesso em: 08 set. 2023.

SANTOS, T. ESTUDO DA SECAGEM DE POLPA DE JUÁ (*Ziziphus joazeiro*) EM LEITO DE JORRO E SUA APLICAÇÃO EM BARRAS DE CEREAIS. CAMPINA GRANDE – PB 2020. Tese—UFCG: [s.n.].

SAMPAIO, Aloísio Costa; WHATELY, Maria Cecília (org.). *Abacaticultura sustentável*. Ponta Grossa: Atena, 2022. 194 p. Disponível em: <https://doi.org/10.22533/at.ed.643222704>. Acesso em: 06 jun. 2024.

SANTHALAKSHMY, Swaminathan; BOSCO, Sowriappan John Don; FRANCIS, Sneha; SABEENA, Mallela. EFFECT OF INLET TEMPERATURE ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF SPRAY-DRIED JAMUN FRUIT JUICE POWDER. *Powder Technology*, [S.L.], v. 274, p. 37-43, abr. 2015. Elsevier BV. [dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2015.01.016](https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.01.016).

SIDDIQ, M. (ED.). Tropical and Subtropical Fruits: Postharvest physiology, processing and packaging. West Sussex, UK: Wiley-Blackwell, 2012.

SILVA-ESPINOZA, Marilú Andrea; AYED, Charfedinne; CAMACHO, María del Mar; FOSTER, Timothy; MARTÍNEZ-NAVARRETE, Nuria. IMPACT OF MALTODEXTRIN, GUM ARABIC, DIFFERENT FIBRES AND STARCHES ON THE PROPERTIES OF FREEZE-DRIED ORANGE PUREE POWDER. *Food Biophysics*, [S.L.], v. 16, n. 2, p. 270-279, 11 mar. 2021. Springer Science and Business Media LLC. [http://dx.doi.org/10.1007/s11483-021-09667-x](https://doi.org/10.1007/s11483-021-09667-x).

SIQUEIRA, K. B. O mercado consumidor de leite e derivados. Circular Técnica *Embrapa*, v. 120, p. 1-17, 2019.

SILVA, Fábio Oseias dos Reis; RAMOS, José Darlan; OLIVEIRA, Marcelo Caetano de; RUFINI, José Carlos Moraes; RAMOS, Patrícia de Siqueira. Fenologia reprodutiva e caracterização físico-química de abacateiros em Carmo da Cachoeira, Minas Gerais. *Revista Ceres*, [S.L.], v. 61, n. 1, p. 105-111, fev. 2014. FapUNIFESP (SciELO). [http://dx.doi.org/10.1590/s0034-737x2014000100014](https://doi.org/10.1590/s0034-737x2014000100014).

SILVA, J. A. 2019. 44 p. Monografia (Nutrição). *Universidade Federal de Pernambuco*. Vitoria de Santo Antão, 2019.

SHIBATA, L. W. T. 2018, 33. *Monografia*. (Graduação em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2018.

SOUSA, Sanyelle Lima. APLICAÇÃO DO PROCESSO DE SECAGEM EM LEITO DE JORRO PARA OBTENÇÃO DE SUCO DE CAJU EM PÓ. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, *Universidade Federal do Ceará, Fortaleza*, 2015. Cap. 2.

SLAČANAC, V.; BOZANIC, R.; HARDI, J.; SZABO, R. J.; LUCAN, M.; KRSTANOVIC, V. Nutritional and therapeutic value of fermented caprine milk. *International Journal of Dairy Technology*, v. 63, n. 2, p. 171-189, 2010.

TANGO JS, TURATTI JM. Óleo de abacate. In: Abacate – cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL, p. 156-192, 1992.

TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B. Physical and chemical characterization of avocado fruits aiming its potencial for oil extraction. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 26, n. 1, p. 17-23, 2004.

TAYLOR, M. W.; MACGIBBON, A. K. H. Milk Lipids: General Characteristics. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, p.649-654, 2011.

UNLU, N. Z. et al. Carotenoid Absorption from Salad and Salsa by Humans Is Enhanced by the Addition of Avocado or Avocado Oil. *The Journal of Nutrition*, v. 135, n. 3, p. 431– 436, 2005.

Vinicius, D. SECAGEM DE FOLHA DE BRÓCOLIS PARA OBTENÇÃO DE EXTRATO SECO. *Dissertação-UFCG*: [s.n]. – PB 2022-.

WILBURN, Dylan T.; MACHEK, Steven B.; CARDACI, Thomas D.; HWANG, Paul S.; WILLOUGHBY, Darryn S. Acute Maltodextrin Supplementation During Resistance Exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, v. 19, p. 282-288, fev. 2020.

XIAO, Zuobing; XIA, Jiayi; ZHAO, Qixuan; NIU, Yunwei. Maltodextrin as wall material for microcapsules: A review. *Carbohydrate Polymers*, [S. l.], v. 298, p. 120113. 2022. DOI 10.1016/j.carbpol.2022.120113. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861722010189>. Acesso em: 20 dez. 2024.

ZHANG, L. et al. Effects of Drying Methods on the Aroma Components and Quality of *Capsella Bursa-Pastoris* L. *Journal of Food Process Engineering*, v. 39, n. 2, p. 107– 120, 2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos serviram de base para a elaboração de um artigo científico intitulado:

ARTIGO I: QUALIDADE DA POLPA DE ABACATE EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DE CONGELAMENTO E SUA APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE UM PÓ LIOFILIZADO COM LEITE DE CABRA

RESUMO

A liofilização é uma técnica eficaz para a conservação de alimentos, garantindo a estabilidade físico-química e nutricional do produto. Este estudo avaliou a influência da temperatura de armazenamento da polpa de abacate (-60°C e -80°C) e do processo de liofilização em formulações contendo leite de cabra e maltodextrina. Foram liofilizadas três formulações variando a quantidade de polpa, leite e maltodextrina. Foram analisadas propriedades físico-químicas do leite de cabra, da polpa in natura e armazenada, além da caracterização das formulações em pó quanto à densidade aparente e compactada, solubilidade, higroscopicidade e fluidez. O leite de cabra apresentou teores de gordura, proteína e lactose dentro do estabelecido por legislação e o índice crioscópico levemente inferior ao preconizado. Em relação ao armazenamento, os resultados indicaram que a polpa armazenada a -80°C apresentou melhor conservação da coloração e estabilidade estrutural, enquanto a polpa a -60°C demonstrou maior retenção de umidade e redução nos açúcares totais e redutores, além de um aumento expressivo na acidez. Entre as formulações em pó, a análise de microscopia eletrônica de varredura revelou que não houve estado de agregação entre as partículas, além disso, as amostras apresentaram padrões geométricos irregulares e bordas pontiagudas. A formulação 2 contendo 15% de maltodextrina destacou-se com maior solubilidade, baixa absorção de umidade e boa fluidez. Concluiu-se que a liofilização da polpa de abacate combinada com leite de cabra e maltodextrina mostrou-se uma estratégia eficiente para a conservação e melhoria das propriedades físico-químicas do produto.

Palavras-chave: Liofilização; *Persea americana* Mill; Leite de cabra; Maltodextrina; Qualidade físico-química.

ABSTRACT

Freeze-drying is an effective technique for food preservation, ensuring the physicochemical and nutritional stability of the product. This study evaluated the influence of storage temperature of avocado pulp (-60°C and -80°C) and the freeze-drying process in formulations containing goat milk and maltodextrin. Three formulations were freeze-dried, varying the amount of pulp, milk, and maltodextrin. Physicochemical properties of goat milk, fresh and stored pulp were analyzed, along with the characterization of powdered formulations in terms of bulk and compacted density, solubility, hygroscopicity, and flowability. Goat milk showed fat, protein, and lactose contents within the legal standards, while the cryoscopic index was slightly lower than recommended. Regarding storage, results indicated that pulp stored at -80°C maintained better color preservation and structural stability, whereas pulp stored at -60°C retained more moisture, showed a reduction in total and reducing sugars, and had a significant increase in acidity. Among the powdered formulations, scanning electron microscopy analysis revealed no aggregation state among the particles. Additionally, the samples exhibited irregular geometric patterns and sharp edges. The second formulation, containing 15% maltodextrin, stood out with higher solubility, low moisture absorption, and good flowability. It was concluded that freeze-drying avocado pulp combined with goat milk and maltodextrin proved to be an efficient strategy for preservation and improvement of the product's physicochemical properties.

Keywords: Freeze-drying; *Persea americana* Mill; Goat milk; Maltodextrin; Physicochemical quality.

1. INTRODUÇÃO

O abacate (*Persea americana* Mill.) é um alimento amplamente consumido e valorizado por seu alto teor de ácidos graxos saudáveis e compostos bioativos. No entanto, sua alta taxa respiratória e elevado teor de água resultam em uma curta vida útil, dificultando sua comercialização em larga escala. A liofilização surge como uma alternativa promissora para aumentar sua estabilidade e diversificar suas aplicações industriais. A liofilização é um dos métodos mais eficientes para a preservação de alimentos, pois permite a manutenção da integridade estrutural, das propriedades sensoriais e do perfil nutricional dos produtos desidratados (SANTOS et al., 2023). Esse processo envolve a remoção da água por sublimação, sob condições controladas de temperatura e pressão, reduzindo significativamente a atividade de água e prolongando a estabilidade de compostos bioativos e antioxidantes presentes nas matrizes alimentares (ZHAO et al., 2020).

Dentre os produtos de origem vegetal, o abacate (*Persea americana* Mill.) destaca-se pelo seu elevado valor nutricional e funcional, sendo uma fonte rica de ácidos graxos monoinsaturados, fibras, vitaminas e compostos bioativos, como tocoferóis e fitosteróis, que proporcionam benefícios à saúde cardiovascular e metabólica (DREHER & DAVENPORT, 2013). No entanto, sua alta perecibilidade – decorrente do elevado teor de água e da intensa atividade enzimática – reduz sua vida útil e dificulta a comercialização em larga escala. Nesse contexto, a transformação da polpa de abacate em pó por meio da liofilização surge como uma alternativa promissora, possibilitando a redução do desperdício pós-colheita e ampliando suas aplicações na indústria (ARAÚJO et al., 2018).

Apesar das vantagens desse processo, a estabilidade e a qualidade do pó obtido podem ser influenciadas pela formulação utilizada. A adição de leite de cabra e maltodextrina pode conferir maior solubilidade, melhor textura e aprimoradas propriedades tecnológicas ao produto. O leite de cabra, além de ser uma fonte proteica de alto valor biológico, possui menor proporção de α s1-caseína, proporcionando melhor digestibilidade e menor potencial alergênico em comparação ao leite de vaca (PARK et al., 2009). Além disso, estudos recentes indicam que frações bioativas do leite de cabra podem auxiliar na modulação da microbiota intestinal e na redução da inflamação sistêmica, tornando-o um ingrediente funcional relevante (PETRELLA et al., 2024).

A maltodextrina, por sua vez, é amplamente utilizada como agente carreador em processos de secagem, reduzindo a higroscopicidade do pó e minimizando problemas de aglomeração e oxidação lipídica durante o armazenamento (JAYA et al., 2004). Sua aplicação na liofilização de frutas tem sido associada à maior estabilidade dos compostos bioativos e à melhoria das propriedades reológicas e sensoriais dos pós obtidos (GOULA et al., 2005). Suas propriedades de barreiras, alta solubilidade em água, sabor, cheiro e cor neutros são características vantajosas desse agente carreador que possui alta capacidade encapsulante que ajuda a minimizar a pegajosidade de pós secos por liofilização (MOSQUEIRA, et al. 2010).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

O estudo utilizou abacates (*Persea americana* Mill.) da variedade Breda, adquiridos no ceasa em Campina Grande, selecionados visualmente para garantir qualidade, integridade e nível de maturação adequado. O leite caprino pasteurizado foi fornecido por uma cooperativa de produtores da região de Queimadas (Município da região metropolitana de Campina grande), enquanto a maltodextrina foi adquirida da Adicel Ingredientes.

2.2 Caracterização físico-química do leite de cabra

Foram analisados os seguintes parâmetros no leite de cabra pasteurizado: Teor de gordura, proteínas, lactose e índice crioscópico. As análises foram realizadas em um analisador de leite Modelo Master Classic Complete, da AKSO. O índice de gordura, proteína e lactose, são expressos em percentagem (%). O índice crioscópico em graus Hortvet (°H).

2.3 Preparação das amostras:

A higienização dos abacates foi realizada por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 1% por 20 minutos. Após esse procedimento, os frutos foram descascados manualmente com faca de cozinha convencional e cortados longitudinalmente. Para minimizar o escurecimento enzimático e preservar as características sensoriais da polpa, as fatias passaram por um processo de branqueamento a vapor por 5 minutos, seguido de congelamento ultrarrápido com nitrogênio líquido a -196°C. Esse pré-tratamento foi adotado com o objetivo de inativar enzimas oxidativas e garantir maior estabilidade da polpa durante o armazenamento e posterior liofilização.

Em seguida a polpa foi separada em dois grupos:

Grupo 1: Polpa destinada as formulações com adição do leite de cabra e maltodextrina armazenadas em freezer comum.

Grupo 2: Polpa a ser armazenada nas temperaturas de -60°C e -80°C para análises ao longo de 15 e 30 dias.

Após o congelamento ultrarrápido, as amostras separadas no grupo 2, foram acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade e armazenadas em temperaturas controladas de -60°C e -80°C. Durante esse período, foram realizadas análises físico-químicas após 15 e 30 dias para monitorar eventuais alterações nas propriedades da polpa.

A escolha das temperaturas de pré-tratamento e armazenamento antes da liofilização foi baseada em fatores que influenciam a preservação da qualidade da polpa de abacate e a eficiência do processo de secagem, consultadas em literatura. Essas temperaturas foram selecionadas com base nos seguintes critérios: Minimização do escurecimento enzimático: O congelamento em temperaturas ultrabaixas reduz a atividade enzimática e oxidativa, fatores determinantes para a estabilidade de frutas climatéricas como o abacate. A literatura aponta que o armazenamento abaixo de -50°C retarda significativamente reações enzimáticas responsáveis pelo escurecimento (VIEITES et al., 2012). Preservação da estrutura celular: O congelamento rápido e a manutenção em temperaturas abaixo de -60°C reduzem a formação de grandes cristais de gelo, preservando a integridade celular da polpa e minimizando danos estruturais (LEE et al., 2017). Retenção de compostos bioativos: Estudos demonstram que temperaturas inferiores a -60°C auxiliam na preservação de compostos bioativos, como tocoferóis e fitosteróis, que podem ser degradados por oxidação em temperaturas mais elevadas (SALAZAR-GONZÁLEZ et al., 2018).

2.4 Etapa que antecedeu a liofilização:

Antes da liofilização, as formulações foram transferidas para -40°C e mantidas por 48 horas. Essa etapa foi necessária para equilibrar a temperatura e garantir uma transição gradual para o processo de sublimação. A justificativa para essa escolha inclui: Evitar choque térmico: A transição direta de temperaturas extremamente baixas para a câmara de liofilização pode causar tensões estruturais no material, resultando em alterações na textura e colapso das células (ROSA et al., 2021). Facilidade na remoção do teor de água: A redução da temperatura para -40°C permite que a polpa alcance um equilíbrio térmico adequado para a sublimação eficiente da água durante a liofilização. Esse controle térmico evita a formação de aglomerados e melhora a fluidez do pó obtido (SANTOS et al., 2023).

Após a liofilização, o pó foi armazenado em embalagens laminadas para caracterização físico-química, garantindo a preservação de suas propriedades reológicas e nutricionais. Essa abordagem possibilitou uma melhor compreensão da influência das temperaturas de armazenamento e processamento na qualidade final do produto.

2.5 Caracterização físico-química da polpa de abacate

Para avaliar as propriedades da polpa de abacate foram realizadas as seguintes análises: Teor de água, determinado por gravimetria; Cinzas, quantificadas por incineração; Açúcares redutores e totais, mensurados pelo método do DNS; Lipídios, determinados pelo método Soxhlet; pH e acidez titulável, avaliados por potenciometria e titulação. Sólidos solúveis (° Brix) e totais por Refratometria; Proteínas pelo método de Lowry; Cor medido por colorímetro (Minolta, CR-5). As análises foram realizadas de acordo com as metodologias do Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.6 Formulações

As formulações foram definidas considerando diferentes proporções de abacate, leite caprino e maltodextrina, conforme apresentado na Tabela 1. Após a preparação, as misturas foram processadas em liquidificador industrial a 800 rpm por 10 minutos para garantir a homogeneização e armazenadas em embalagens de polietileno de baixa densidade.

Tabela 1. Formulações para obtenção do alimento em pó instantâneo à base de abacate com leite de cabra.

Constituintes (%)	F0	F1	F2	F3
Abacate	100	30	15	22,5
Leite caprino	0	60	70	65
Maltodextrina	0	10	15	12,5

2.7 Processo de liofilização

A liofilização foi realizada por 48 horas em um liofilizador de bancada, modelo Alpha 1-2 LD plus, permitindo a remoção da umidade por sublimação sob vácuo controlado. Após o processo, os pós foram acondicionados em embalagens laminadas

próprias para alimentos.

2.8 Caracterização do pó liofilizado

Para avaliação da qualidade do pó obtido, foram realizadas as seguintes análises:

2.8.1 Densidade aparente e compactada

A densidade aparente foi determinada despejando 30g da amostra em um cilindro graduado de 100 mL, registrando-se o volume ocupado. Já a densidade compactada foi obtida compactando-se a amostra por impacto repetido (30 vezes) até alcançar um volume estável. As densidades foram calculadas de acordo com as Equações 1 e 2.

Densidade aparente

$$\rho_a = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Em que: ρ_a - densidade aparente; m - massa do sólido em g; e V - Volume total em cm^3 .

Densidade compactada

$$\rho_c = \frac{m}{V_a} \quad (2)$$

Em que: ρ_c - densidade compactada; m- massa da amostra em pó em g; e V_a – Volume da amostra em pó após compactação em cm^3 .

2.8.2 Razão de Hausner

A razão de Hausner foi calculada de acordo com a Equação 3:

$$\text{Razão de Hausner} = \frac{\rho_c}{\rho_a} \quad (3)$$

Em que, ρ_c indica densidade compactada e ρ_a indica densidade aparente. Valores superiores a 1,4 indicam baixa fluidez e maior coesividade.

2.8.3 Índice de compressibilidade

O índice de compressibilidade foi calculado a partir dos valores individuais de densidade compactada e densidade aparente, de acordo com a Equação 4:

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_a}{\rho_c} \times 100 \quad (4)$$

2.8.4 Solubilidade

A solubilidade foi determinada pelo método de Cano-Chauca et al. (2005). Um grama de pó foi adicionado em 100 mL de água destilada agitando-se com o auxílio de um agitador magnético, durante 5 min. O pó disperso em água foi centrifugado a 2.600 rpm por 5 min. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferido para uma cápsula de alumínio, previamente tarada e submetida à secagem em estufa a 105 °C por 24 h. A solubilidade foi calculada pela Equação 5:

$$S = \left[\left(\frac{M_s}{M_a} \right) \times 4 \right] \times 100 \quad (5)$$

2.8.5 Ângulo de repouso

Foi determinado usando o método da pilha onde o material é introduzido em um funil e acomoda-se formando uma pilha no formato de um triângulo. Com o auxílio de uma régua é possível medir a base e a altura, calculando o ângulo de repouso de acordo com a Equação 6.

$$\sigma_e = \arctan \frac{h}{b} \quad (6)$$

2.8.6 Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada segundo Goula & Adamopoulos (2010) com modificações.

2.8.7 Morfologia

A morfologia do pó foi analisada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), utilizando um TESCAN VEGA 3, operado a 5 kV e com ampliação de 250x. Nenhum revestimento foi aplicado às amostras.

2.9 Análise Estatística

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando ANOVA seguida pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias, com auxílio do software Statistica 13.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das caracterizações do leite de cabra, da polpa in natura e da polpa armazenada nas temperaturas de -60°C e -80°C, e do produto em pó seguem abaixo:

3.1 Caracterização físico-química do leite de cabra

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise físico-química do leite de cabra.

Tabela 2. Análises físico-químicas do leite de cabra

Análises	Leite de cabra pasteurizado	Legislação*
Teor de gordura (%)	3,55	> 2,9
Teor de proteína (%)	4,56	≥ 2,8
Teor de lactose (%)	3,25	≥ 4,3
Índice crioscópico (°H)	-0,540	-0,550 a -0,585

Referência: Parâmetros de qualidade do leite de cabra, segundo a Instrução Normativa nº 37, de 31 de outubro de 2000, do Ministérios da Agricultura e Pecuária (Mapa).

No presente estudo, o teor de gordura encontrado foi de 3,55%, e está em conformidade com os padrões legais. Ao passo que Santos *et al.*, (2019) ao analisarem amostras de leite de cabra em uma propriedade no município de Monteiro-PB relataram valores entre 2,94 e 4,20%. Fatores como a raça, a sazonalidade, a alimentação, o período de lactação e a região podem influenciar no conteúdo lipídico (LIU *et al.*, 2020). A gordura é um importante componente do leite, e pode afetar a textura, o aroma e o sabor. Para a indústria de laticínios o teor de gordura é um fator determinante para o preço, além de fornecer indicadores de possível deficiência na saúde do animal quando são encontrados baixos teores (FORCATO *et al.*, 2005) (SANCHES,2023). Outro fator importante é a respeito da fácil digestão do leite de cabra em relação ao leite de vaca pois a gordura contida no leite caprino é composta por glóbulos menores e mais dispersos, tornando mais rápido a ação das lipases, conferindo alta digestibilidade (RIOS, 2014).

Em relação a proteína, o valor encontrado foi de 4,56%, valor acima do preconizado pela legislação que estabelece o mínimo de 2,8%. Lima *et al.*, (2021) ao analisar amostras de leite de cabra submetidos a diferentes períodos de congelamento encontraram valores que variaram entre 3,28 e 3,38%, valores abaixo quando comparado

com o presente estudo. Ao compararmos as legislações vigentes que estabelecem os padrões de identidade e qualidade do leite de cabra e de vaca, vamos encontrar um valor de proteína mínima no leite de vaca de 2,9g a cada 100g, valor semelhante ao estabelecido para leite de cabra (MAPA,2018).

Entre as proteínas que constituem o leite, 80% são representadas pelas caseínas e 20% pelas proteínas do soro. Um aspecto que vai diferir o leite de cabra do leite de vaca são as proporções dos tipos de caseínas presente. Em geral, o leite caprino contém maiores frações de β -Caseína, enquanto o leite de vaca apresente maiores frações da α -Caseína, essa diferença tem um impacto muito importante sobre a estrutura, mas também nas diferenças nutritivas, como uma maior digestibilidade porque a protease do leite de cabra no estômago é mais rápida, devido à sua menor quantidade da fração α s1-caseína. Isso vai influenciar em um grau menor de alergias quando se compara o leite bovino com o leite de cabra, uma vez que essa diferença entre as estruturas proteicas são as causas de alergia devido sua digestibilidade. (CENACI, *et al.*,2011) (LIMA *et al.*,2021).

A respeito da lactose, o valor encontrado foi de 3,25%, um valor inferior ao estabelecido pela legislação onde o valor mínimo é 4,3%. Ao passo que Santos *et al.*, (2019) ao analisarem amostras de leite de cabra em uma propriedade no município de Monteiro-PB obtiveram valores que variaram entre 4,56 e 4,99%. Lima *et al.*, (2021) também obtiveram valores superiores ao presente estudo, com índices oscilando entre 5,05% e 5,20%. A discrepância encontrada pode ser explicada devido a diferença entre raças, alimentação e a outros fatores ambientais no manejo, como o clima que influencia diretamente na disponibilidade e oferta de alimentos, que podem alterar a composição química e as características físico-químicas do leite (Cavalcanti *et al.*, 2021).

Nesse sentido, o baixo teor de lactose do presente trabalho também pode ser explicado pela relação inversa que existe entre a produção de lactose e o teor de gordura. Em outras palavras, a concentração de gordura é inversamente proporcional a produção de leite, ou seja, quanto maior a produção de leite, menor é o teor de gordura contida nele. Logo, o baixo teor de lactose está associado a uma alta produção de gordura (ROTA *et al.*, 1993). Não foram encontrados na literatura atual, artigos que discutam mais a fundo a respeito.

O índice crioscópico é uma das análises físico-químicas realizada no intuito de detectar fraudes. É um parâmetro que corresponde ao ponto de congelamento das

substâncias, uma vez que essa temperatura de congelamento é relativa à concentração dos componentes que formam o extrato seco e indica se houve adição de água, sendo seus parâmetros de referências estabelecidos por legislações (ZENEBO *et al.*, 2008) (SANDOVAL *et al.*, 2021).

O valor encontrado no presente estudo foi de -0,540 graus Horvet (°H) um pouco abaixo do estabelecido na legislação que compreende os valores de -0,550 a -0,585 °H. Lima *et al.*, (2021) após estudarem amostras submetidas a diferentes períodos de congelamento, encontraram valores compreendidos entre -0,570 e -0,608°H. Santos *et al.*, (2019) ao analisarem amostras de leite de cabra em uma propriedade no município de Monteiro-PB obtiveram valores entre -0,526 a -0,582°H. Os dois autores identificaram valores acima do estudo atual. Por fim, o leite analisado no estudo realizado apresentou um índice crioscópico semelhante ao preconizado indicando sua qualidade.

3.2 Caracterização físico-química da polpa de abacate

Os resultados da caracterização da polpa de abacate estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Análises físico-químicas e composição centesimal da polpa de abacate.

Análises	Resultados
Teor de água (%)	86,82 ± 0,0011
Lipídeos (%)	12,49 ± 0,1254
Sólidos solúveis (°Brix)	6,1 ± 0,0000
Açúcares totais (%)	5,68 ± 0,1145
Açúcares redutores (%)	3,26 ± 0,0339
pH	5,62 ± 0,1722
Acidez (%)	0,47 ± 0,0004
Cinzas (%)	0,52 ± 0,0141

O teor de água na polpa de abacate foi de 86,82%, um valor superior ao reportado em estudos anteriores, como os de Krumreich (2018) e Oliveira (2019), que encontraram 78,18% e 76,15%, respectivamente. Em comparação com outras variedades, Ramos *et al.* (2020) registraram um teor de água de 70,50% para a variedade Hass, enquanto Tlay *et al.* (2024) relataram 70% para a variedade Fuertes. Essa discrepância pode estar relacionada ao teor de lipídios, uma vez que há uma relação inversamente proporcional

entre a umidade e o conteúdo lipídico do fruto. No presente estudo, o teor de lipídios na variedade Breda foi de 12,49%, enquanto Ramos et al. (2020) encontraram 17,73% para a variedade Hass.

Os sólidos solúveis apresentaram um valor de 6,1°Brix, inferior aos relatados por Krumreich (2018) (8,12°Brix) e Oliveira (2019) (9,84°Brix). Essa diferença pode impactar a aplicação do abacate em formulações que requerem maiores concentrações de sólidos, como em produtos industrializados e bebidas.

Os açúcares totais foram quantificados em 5,68%, um valor relativamente baixo em comparação com os 6,36% relatados por Krumreich (2018). Enquanto o teor de açúcares redutores foi 3,26%, superior ao encontrado por Krumreich (2018) (2,37%). Essa diferença pode estar associada ao estágio de maturação e às condições de cultivo, que afetam diretamente o sabor e o potencial de processamento do fruto. O valor encontrado no presente estudo também foi abaixo do relatado pelos autores Aquino et al. (2020) na variedade Geada (6,09%) e por Ramos et al. (2020) para a variedade Hass (6,7%).

O valor de pH da polpa de abacate da variedade Breda foi de 5,62, ligeiramente inferior ao reportado por Oliveira (2019) (6,03) e Ramos et al. (2020) para a variedade Hass (6,88). A análise do pH é fundamental para avaliar a estabilidade do fruto, pois alterações nesse parâmetro podem indicar processos de deterioração enzimática e oxidativa, impactando a vida de prateleira e o conteúdo nutricional.

A acidez titulável foi quantificada em 0,47%, um valor superior ao encontrado por Ramos et al. (2020) para a variedade Hass (0,11%) e inferior ao relatado por Tlay et al. (2024) para a variedade Fuertes (0,89%). Essa variação pode estar associada ao grau de maturação dos frutos, já que os ácidos orgânicos são convertidos em açúcares durante o amadurecimento. Além disso, os ácidos orgânicos desempenham um papel essencial na respiração dos frutos climatéricos, como o abacate, influenciando diretamente sua estabilidade pós-colheita (VIEITES et al., 2012).

O teor de cinzas foi de 0,52 um indicativo do conteúdo mineral presente na polpa. Esse valor foi inferior ao relatado por Ramos et al. (2020) para a variedade Hass (3,14%), sugerindo uma variação na composição mineral entre as variedades de abacate. Os minerais presentes podem incluir óxidos metálicos, sulfatos, fosfatos, nitratos, cloretos e outros halogenatos, elementos essenciais para a composição nutricional do fruto e seu potencial de aplicação na indústria alimentícia e farmacêutica.

Os valores obtidos nesta pesquisa reforçam a importância de considerar fatores ambientais e de cultivo ao analisar a composição centesimal do abacate. Índices pluviométricos, estação do ano, manejo agrícola, tipo de solo e práticas de pós-colheita influenciam diretamente os parâmetros físico-químicos do fruto, impactando sua aplicabilidade no processamento industrial.

3.2.1 Caracterização da polpa do abacate após 15 e 30 dias de armazenamento na temperatura a -60°C.

Os resultados da caracterização da polpa do abacate armazenado estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Caracterização da polpa do abacate armazenada a -60°C por 15 e 30 dias.

Análises	-60°C após 15 dias	-60°C após 30 dias	Diferença percentual final em relação a polpa in natura (%)
Teor de água (%)	86,99 ± 0,0070	87,49 ± 0,0113	+0,77
Sólidos solúveis	1,31 ± 0,0743	1,26 ± 0,1179	-5,9
Açúcares totais (%)	5,09 ± 0,0205	4,63 ± 0,0169	-18,48
Açúcares redutores (%)	2,97 ± 0,0175	2,68 ± 0,0143	-17,79
pH	4,89 ± 0,0300	4,22 ± 0,0080	-24,91
Acidez (%)	0,82 ± 0,0001	1,14 ± 0,0009	+142,55
Cinzas (%)	0,41 ± 0,0143	0,25 ± 0,0140	-51,92
Sólidos solúveis (°Brix)	6,1 ± 0,0000	6,0 ± 0,0000	-1,64
Lipídeos	12,48 ± 0,0132	12,45 ± 0,2541	-0,32
Proteína (%)	5,11 ± 0,0042	5,10 ± 0,0032	-0,58

Durante esse período, observou-se que o teor de água sofreu uma variação mínima, com um aumento de apenas 0,77% em comparação à polpa in natura, o que indica que o armazenamento a -60°C, precedido por congelamento ultrarrápido, não promoveu um aumento significativo no teor de água. Esse resultado é importante, uma vez que a formação de cristais de gelo durante o congelamento pode influenciar a retenção de água na polpa. Como consequência desse leve aumento no teor de água, houve uma redução de 5,9% nos sólidos solúveis, refletindo o impacto da maior concentração de água nas amostras congeladas.

Em relação aos açúcares totais, a polpa armazenada por 15 e 30 dias apresentou valores de 5,09% e 4,63%, respectivamente, em comparação aos 5,68% da polpa in

natura, representando uma variação de 18,48%. Essa redução pode estar associada à degradação de carboidratos durante o armazenamento, influenciando a doçura e a textura do fruto. Para os açúcares redutores, a diminuição foi de 17,79%, com valores de 2,97% após 15 dias e 2,68% após 30 dias, demonstrando um comportamento semelhante ao observado nos açúcares totais.

A diferença mais expressiva foi registrada na análise de pH, com uma queda significativa de 24,91%, resultando em um valor final de 4,22, em comparação ao pH da polpa in natura. Essa alteração no pH levou a um aumento substancial na acidez titulável, que passou de 0,47% para 1,14%, representando um acréscimo de 142,55%. Esse aumento na acidez pode ser atribuído à degradação de compostos orgânicos durante o congelamento, impactando diretamente as propriedades sensoriais e a estabilidade da polpa durante o armazenamento.

Na análise de cinzas, observou-se uma redução acentuada de 51,92% nos valores da polpa in natura em comparação às amostras armazenadas a -60°C por 15 e 30 dias, indicando uma possível perda de minerais durante o processo de congelamento. Quanto aos sólidos solúveis, o valor final foi de 6,0°Brix, representando uma variação pouco expressiva, corroborando o impacto limitado do congelamento ultrarrápido sobre esse parâmetro.

Em relação aos lipídeos, houve uma pequena variação de 0,32%, indicando que o teor dessas moléculas permaneceu estável durante o armazenamento, o que é relevante para a indústria, uma vez que os lipídeos são um dos principais componentes nutricionais e funcionais do abacate. Da mesma forma, o teor de proteínas apresentou uma variação mínima de 0,58% após 30 dias de armazenamento, sugerindo que as proteínas são pouco afetadas pelo congelamento a -60°C.

3.2.2 Caracterização da polpa de abacate após 15 e 30 dias de armazenamento a -80°C.

Os resultados da caracterização da polpa do abacate armazenado estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Caracterização da polpa do abacate armazenada a -80°C por 15 e 30 dias.

Análises	-80°C após 15 dias	-80°C após 30 dias	Diferença percentual final em relação a polpa in natura (%)
Teor de água (%)	86,89 ± 0,0023	87,01 ± 0,0003	+0,21
Açúcares totais (%)	5,12 ± 0,0305	4,73 ± 0,0109	-16,72
Açúcares redutores (%)	2,92 ± 0,0075	2,61 ± 0,0023	-19,94
Cinzas (%)	0,46 ± 0,0253	0,32 ± 0,0002	-38,46
pH	4,99 ± 0,0200	4,85 ± 0,0124	-13,70
Acidez (%)	0,78 ± 0,0071	0,98 ± 0,0019	+108,51
Sólidos solúveis (%)	1,32 ± 0,0003	1,29 ± 0,1079	-3,73
Sólidos solúveis (°Brix)	6,1 ± 0,0000	6,1 ± 0,0000	0
Lipídeos	12,46 ± 0,0929	12,40 ± 0,1038	-0,72
Proteína	5,11 ± 0,0042	5,10 ± 0,0032	-0,58

O teor de água mostrou um leve aumento, passando de 86,89% após 15 dias para 87,01% após 30 dias, representando um aumento percentual de 0,21% em relação à polpa fresca. Esse aumento sutil sugere uma retenção de umidade durante o armazenamento, o que pode ser atribuído à formação de cristais de gelo em condições de baixa temperatura.

No que diz respeito aos açúcares totais, houve uma diminuição de 5,12% para 4,73% após 30 dias, resultando em uma redução percentual de 16,72%. De forma semelhante, os açúcares redutores também diminuíram de 2,92% para 2,61%,

correspondendo a uma variação percentual de 19,94% para menos. Essas reduções são indicativas de reações bioquímicas, como a quebra de carboidratos, que podem ocorrer mesmo em baixas temperaturas, impactando o sabor e a textura do abacate ao longo do tempo.

A quantidade de cinzas na polpa apresentou uma queda acentuada, passando de 0,46% após 15 dias para 0,32% após 30 dias, o que corresponde a uma redução percentual de 38,46%. Essa redução significativa sugere uma possível perda de minerais durante o armazenamento, o que pode afetar o valor nutricional da polpa. O pH também sofreu uma leve diminuição, de 4,99 para 4,85, após 30 dias, resultando em uma diminuição percentual de 13,70%, indicando uma leve acidificação do produto ao longo do tempo.

Um dos aspectos mais notáveis foi o aumento expressivo da acidez, que subiu de 0,78% para 0,98%, representando um aumento de 108,51%. Esse aumento acentuado na acidez pode ter implicações importantes para a estabilidade do produto e sua percepção sensorial, visto que a acidez é um dos fatores-chave para a conservação de frutas durante o armazenamento prolongado.

Quanto aos sólidos solúveis, houve uma ligeira diminuição de 1,32% para 1,29%, resultando em uma variação percentual de 3,73% para menos, o que indica uma leve redução na concentração de componentes dissolvidos, como açúcares e minerais. No entanto, os sólidos solúveis medidos em °Brix mantiveram-se constantes em 6,1 ao longo dos 30 dias de armazenamento, sugerindo que, apesar das variações em outros parâmetros, a concentração de sólidos solúveis relacionados ao paladar permaneceu estável.

Em relação aos lipídeos, observou-se uma diminuição de 12,46% para 12,40% após 30 dias, representando uma variação de -0,72%. Isso demonstra que o teor de gordura do abacate se manteve relativamente estável, o que é importante considerando o alto valor nutricional dos lipídeos presentes na fruta. Da mesma forma, a quantidade de proteínas apresentou uma variação mínima, passando de 5,11% para 5,10%, com uma diferença percentual de apenas 0,58%, indicando que o armazenamento a -80°C não impactou significativamente a composição proteica da polpa.

Esses resultados demonstram que o armazenamento a -80°C mantém grande parte das características físico-químicas da polpa de abacate, com variações mínimas em alguns parâmetros, como proteínas e lipídeos, mas com reduções mais expressivas em componentes como açúcares e cinzas.

3.3 Análise colorimétrica

Na tabela 6 encontra-se os parâmetros colorimétricos da polpa do abacate quanto a polpa in natura e a polpa armazenada durante 15 dias nas temperaturas de -60 e -80°C.

Tabela 6. Análise colorimétrica da polpa do abacate armazenada a -60°C e -80°C por 15 dias.

Polpa	L*	a*	b*
In natura	24,73 ± 0,65	-5,42 ± 0,82	21,24 ± 0,49
-60° durante 15 dias	21,83 ± 1,85	-5,22 ± 1,02	22,12 ± 0,66
-80° durante 15 dias	22,53 ± 0,95	-5,39 ± 0,02	22,01 ± 1,05

Para a polpa fresca, o parâmetro L, que representa a luminosidade (0 totalmente negro e 100 totalmente branco), ficou em torno de 24,73, indicando uma luminosidade mais escura. No parâmetro a*, que define a transição do verde (-a*) para o vermelho (+a*), a amostra tende para a cor verde, com um resultado de -5,42. Quanto ao parâmetro b*, que representa a transição da cor azul (-b*) para amarelo (+b*), o abacate fresco apresenta um valor de 21,24, sugerindo uma coloração tendendo para o amarelo. Portanto, a polpa fresca exibe uma coloração entre a cor verde e amarela. De acordo com estudos realizados por Oliveira (2019), os valores encontrados para a variedade Breda foram de 29,56 para o parâmetro L, 4,45 para a* e 24,32 para b*, sendo assim a diferença mais significativa para o parâmetro a* e os demais parâmetros ficaram bem próximos ao encontrado na literatura.

Com relação à cor da polpa após 15 dias de armazenamento nas duas temperaturas, nota-se que ocorreu uma pequena variação nos parâmetros quando comparados com os da polpa fresca, indicando que a polpa ficou mais escura. No entanto, o armazenamento na temperatura de -80°C apresentou uma variação menor, ou seja, teve um escurecimento menos perceptível. Quanto ao parâmetro a*, foi apresentado o valor de -5,22 para o armazenamento a -60°C e -5,39 para o armazenamento a -80°, esse valor é mais próximo se comparado a polpa in natura sugerindo uma melhor preservação da cor verde na temperatura mais baixa. E por fim, o parâmetro b* apresentou o valor de 22,12 para o

armazenamento a -60°C e 22,01 para o armazenamento a -80°C . Em relação a polpa in natura a temperatura de -80°C minimiza o aumento da tonalidade amarela preservando mais a aparência original. Logo, a -80°C se destaca como a melhor temperatura para conservar tanto a luminosidade quanto a tonalidade verde da polpa. Além disso, ajuda a limitar o aumento da tonalidade amarela.

Na tabela 7 encontra-se os parâmetros colorimétricos da polpa do abacate quanto a polpa in natura e a polpa armazenada durante 30 dias nas temperaturas de -60 e -80°C .

Tabela 7. Análise colorimétrica da polpa do abacate armazenada a -60°C e -80°C por 30 dias.

Polpa	L*	a*	b*
In natura	$24,73 \pm 0,65$	$-5,42 \pm 0,82$	$21,24 \pm 0,49$
-60° durante 30 dias	$20,66 \pm 0,54$	$-5,02 \pm 0,55$	$23,04 \pm 0,60$
-80° durante 30 dias	$22,01 \pm 0,62$	$-5,35 \pm 0,98$	$23,18 \pm 0,81$

Analisando os resultados da Tabela 7, que expressam os parâmetros colorimétricos quanto a polpa in natura e a polpa armazenada durante 30 dias nas temperaturas de -60 e -80°C , é possível perceber que a polpa in natura apresenta maior luminosidade, sendo mais clara. Após 30 dias, a luminosidade diminui em ambas as temperaturas, com maior redução a -60° . Isso sugere que o armazenamento a -80°C preserva melhor o brilho da polpa. Em relação ao parâmetro a^* , o valor é negativo em todos os casos, confirmando a presença da tonalidade verde. A redução do valor em ambas as temperaturas indicam uma ligeira perda da tonalidade verde ao longo do tempo, com menor alteração em -80°C . E por fim no parâmetro b^* houve um aumento nos valores com o armazenamento ($23,04$ a -60°C e $23,18$ a -80°C), indicando que a polpa se torna mais amarelada durante o período, especialmente em -80°C . Dessa forma, conclui-se que o armazenamento a -80°C preserva melhor as características visuais da polpa de abacate em termos de luminosidade e tonalidade verde, enquanto ambos os tratamentos levam a um aumento na tonalidade amarela. A temperatura de -80°C é mais eficaz na conservação da aparência original da polpa.

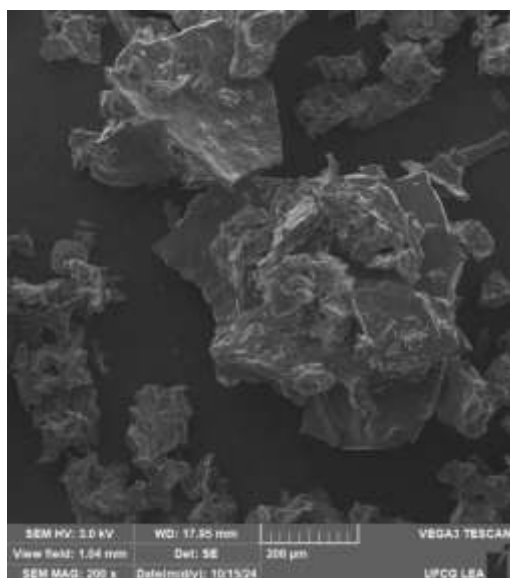
3.4 Caracterização do pó obtido por liofilização

3.4.1 Microscopia Eletrônica

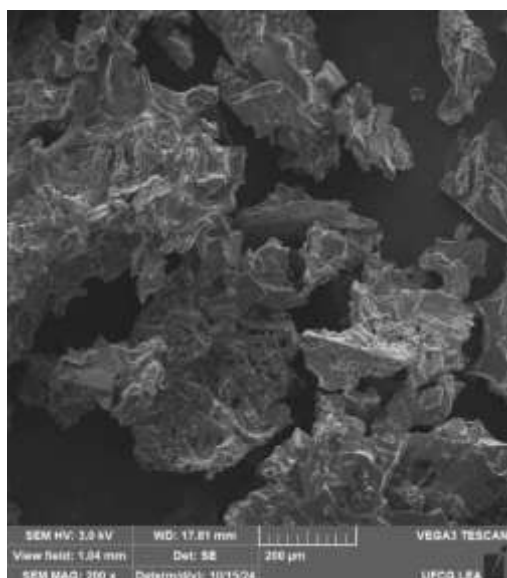
Após o processo de liofilização, as amostras foram avaliadas quanto à morfologia. A partir da análise microscópica foi possível verificar, (Figura 1), os impactos estruturais ocasionados pelo processo da liofilização.

As formulações avaliadas apresentaram padrões geométricos irregulares com formatos distorcidos de vários tamanhos, bordas pontiagudas e rugas visíveis (aspecto de estrutura amassada). As partículas não apresentaram estado de agregação considerável, isso pode ser explicado devido a utilização da maltodextrina, agente carreador que possui capacidade encapsulante e que age reduzindo a aglomeração por meio do aumento da temperatura de transição vítrea. Resultado semelhante foi encontrado por Ledari *et al.*, (2024), ao analisar clorofila em pó obtida por meio da liofilização contendo maltodextrina. A amostra do autor apresentou estrutura com aspecto de rachadura e fratura além de estrutura irregular. Ainda sob essa ótica, Hay *et al.*, (2025), ao analisar a estabilidade da cor de pós ricos em antocianinas, obtidos da *Antidesma erostre* (alimento tradicional na Austrália), usando a técnica da liofilização descreve a amostra como sendo irregular com aspecto semelhante a flocos. Essa descrição pode ser explicada devido ao fato de pós liofilizados frequentemente fornecerem uma área de superfície maior, porém podem estar associadas a uma menor eficiência de encapsulamento em comparação com as formas lisas e esféricas tipicamente observadas em pós secos por pulverização (STABRAUSKIENE et al., 2024) (HAY et al., 2025).

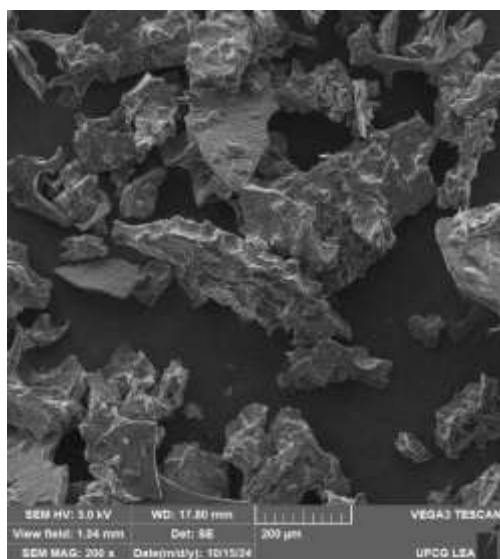
Figura 1 - Microscopia eletrônica de varredura com ampliação de 200 vezes.



(F1)



(F2)



(F3)

*F1: Formulação 1 (30% abacate; 60% leite; 10% maltodextrina). F2: Formulação 2 (15% abacate; 70% leite; 15% maltodextrina). F3: Formulação 3 (22,5% abacate; 65% leite; 12,5% maltodextrina) Fonte: A Autora (2025).

3.4.2 Densidade aparente e densidade compactada

Os pós obtidos por meio do processo de liofilização foram avaliados quanto às suas densidades aparente e compactada, e os seus valores estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Densidade aparente.

Formulação	Densidade aparente
F0	0,5000 ^a
F1	0,2022 ^b
F2	0,2266 ^b
F3	0,2269 ^b

*F1: Formulação 1 (30% abacate; 60% leite; 10% maltodextrina). F2: Formulação 2 (15% abacate; 70% leite; 15% maltodextrina). F3: Formulação 3 (22,5% abacate; 65% leite; 12,5% maltodextrina).

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As densidades aparentes e compactadas permitem analisar os espaços livres entre as partículas. De acordo com a Tabela 8 é possível observar uma diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade entre a formulação F0 e as formulações 1, 2 e 3. Estas não diferem entre si e apresentam valores semelhantes, o que permite classificar o resultado como positivo tendo em vista que, valores de densidade aparente mais altos inferem uma acomodação maior do material liofilizado em recipientes menores uma vez que esse parâmetro é inversamente proporcional ao volume. Além disso, a adição de leite de cabra e maltodextrina influenciaram diretamente em seus valores de densidade de forma vantajosa.

Silva *et al.*, (2021) ao analisarem a influência da maltodextrina nas propriedades físicas do pó de jambo liofilizado relataram valores de densidade aparente variando entre 0,320 e 0,411g/cm³ com maior resultado exposto na formulação que possuía a maior quantidade de maltodextrina em sua formulação. Nesse estudo, mesmo com a adição de 15% de maltodextrina não houve diferença estatística. Stavra *et al.*, (2021) ao analisarem suco de limão em pó liofilizado encontraram valores oscilando entre 0,23 g/cm³, valor semelhante ao descrito no trabalho em questão, e 0,28 g/cm³.

Tabela 9. Densidade compactada.

Formulação	Densidade compactada
F0	0,5800 ^a
F1	0,2477 ^c
F2	0,2676 ^b
F3	0,2725 ^b

*F1: Formulação 1 (30% abacate; 60% leite; 10% maltodextrina). F2: Formulação 2 (15% abacate; 70% leite; 15% maltodextrina). F3: Formulação 3 (22,5% abacate; 65% leite; 12,5% maltodextrina).

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ainda sob a mesma ótica, a Tabela 9 expõe os valores de densidade compactada. Nota-se que os valores encontrados são superiores se comparados com a densidade aparente o que é justificado devido o batimento permitir que as partículas menores ocupem os vazios entre partículas maiores e atinjam uma condição de empacotamento. De acordo com Maciel *et al.* (2020), a adição da maltodextrina aumenta o peso molecular das partículas, e quanto mais pesado o material, mais facilmente esse se acomoda nos espaços entre as partículas, ocupando menor volume e resultando em maior densidade (SILVA *et al.*, 2021).

Os valores encontrados seguem a semelhança com a densidade aparente no que diz respeito ao aumento em seu valor quando há o aumento na concentração de maltodextrina. A formulação 1 por apresentar apenas 10% de maltodextrina possui o menor valor de densidade compactada diferindo estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade das formulações 2 e 3 respectivamente. As formulações F2 e F3 com 15% e 12,5% de maltodextrina não diferem entre si. Saibert *et al.*, (2023) também constataram esse aumento na densidade compactada ao analisarem casca de jabuticaba liofilizada encontrando o valor de 0,82 g/cm³ enquanto sua densidade aparente apresentou o valor de 0,49 g/cm³ com resultados numéricos superiores ao presente trabalho. Resultado semelhante também foram relatados por Stavra *et al.*, (2021) ao analisarem suco de limão em pó liofilizado com valores oscilando entre 0,42 e 0,46 g/cm³.

3.4.3 Fator de Hausner (FH), Ângulo de repouso (AR) e Compressibilidade

Tabela 10. Fator de Hausner, Ângulo de repouso e Compressibilidade.

Formulações	FH	AR	Compressibilidade
F0	1,16 ^d	48 ^a	13,79 ^d
F1	1,22 ^a	42 ^b	18,37 ^a
F2	1,18 ^c	36 ^d	15,32 ^c
F3	1,21 ^b	37 ^c	17,49 ^b

*F1: Formulação 1 (30% abacate; 60% leite; 10% maltodextrina). F2: Formulação 2 (15% abacate; 70% leite; 15% maltodextrina). F3: Formulação 3 (22,5% abacate; 65% leite; 12,5% maltodextrina).

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O fator de Hausner foi calculado por meio dos valores de densidades acima discutidos. Através dele é possível entender o comportamento de fluidez do material, ou seja, como as partículas se movem em relação as partículas vizinhas. Segundo Santhalakshmy et al., (2015) pós que apresentam fator de Hausner (HF) < 1,2 são classificados como de baixa coesividade, HF entre 1,2 e 1,4 são de coesividade intermediária e HF > 1,4 são considerados de alta coesividade.

Os resultados obtidos no presente estudo variaram entre 1,16 e 1,22 com o maior valor obtido para a formulação 1, classificando a coesividade dos pós como baixa e intermediária. Paiva *et al.*, (2023) ao analisarem uma mistura de frutas tropicais, acerola, goiaba e pitanga, submetidas a secagem em camada de espuma obtiveram valores que variaram entre 1,25 e 1,40 evidenciando que os pós obtidos das formulações apresentaram coesividade intermediária. Stavra *et al.*, (2021) ao analisarem suco de limão em pó liofilizado adicionado de maltodextrina como agente carreador, encontraram valores oscilando entre 1,7 e 2,0 o que implica em pós com baixa capacidade de fluir livremente e consequentemente alta coesividade, sendo assim, uma maior capacidade de se aglomerar comprometendo por exemplo, o seu transporte em tubulações.

Em relação ao ângulo de repouso, os valores encontrados variaram entre 36 e 48°, com uma diferença significativa ao nível de 5% entre as formulações. Silva *et al.*, (2021) ao analisarem o impacto da maltodextrina nas propriedades do pó de purê de laranja liofilizado, obtiveram valores variando entre 37 e 38° classificando as amostras

com boa fluidez. Segundo Choi *et al* (2010) quanto menor o ângulo de repouso, mas fácil é a fluidez do pó, logo, valores altos indicam um pior comportamento de escoamento. Nesse sentido, é possível observar que, tanto no trabalho de Silva *et al.*, (2021) quanto no presente estudo, foi possível concluir por meio dos resultados que a maltodextrina influenciou diretamente para uma melhor fluidez do pó, tendo em vista que a formulação F2 possuía a maior concentração de maltodextrina e com isso o pó obteve o menor ângulo de repouso.

Ainda sob essa ótica, os valores de compressibilidade diferiram entre si ao nível de 5%, com valores variando entre 15,32 e 18,37. Kapoor *et al.* (2021) ao realizarem uma análise comparativa de pó de beterraba liofilizada e seca por spray dryer encontraram valores entre 12,11 e 13,27. As amostras que indicam boa fluidez deram uma indicação clara de que apresentam uma diminuição em seus valores de compressibilidade, ângulo de repouso e razão de Hausner tanto no presente estudo quanto na literatura citada. E isso pode ser comprovado ao analisar os valores das formulações F1, F2 e F3, onde a formulação 2 apresentou os menores valores em relação a todas as análises, indicando que o pó possui boa capacidade de fluir.

3.4.5 Solubilidade, Higroscopicidade e Teor de água

Tabela 11. Solubilidade, Higroscopicidade e Teor de água.

Formulações	Solubilidade	Higroscopicidade	Teor de água
F0	65,0 ^d	15,2 ^a	10,2 ^a
F1	75,4 ^c	12,8 ^b	9,25 ^d
F2	83,7 ^a	10,5 ^d	10,0 ^b
F3	80,1 ^b	11,2 ^c	9,65 ^c

*F1: Formulação 1 (30% abacate; 60% leite; 10% maltodextrina). F2: Formulação 2 (15% abacate; 70% leite; 15% maltodextrina). F3: Formulação 3 (22,5% abacate; 65% leite; 12,5% maltodextrina).

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de solubilidade variaram entre 65,0 e 83,7. A formulação controle (F0) demonstrou o menor valor numérico em relação as demais formulações, assim como a

formulação (F2) evidenciou o maior valor, sugerindo dessa forma que tal formulação é a que possui a melhor solubilidade. Além disso todas as formulações diferiram entre si estatisticamente. Bogusz *et al.*, (2024) ao realizarem um estudo sobre a liofilização em esteira de espuma da polpa de kiwi, obtiveram valores oscilando entre 62,68 e 67,55. Os valores do autor são inferiores aos valores encontrados no presente trabalho e, no caso dele a explicação se deve ao uso de temperaturas elevadas e podem ser devidos à porosidade total e às mudanças estruturais, que ocorreram durante a secagem. (BOGUSZ *et al.*, 2024). Em geral, alimentos liofilizados permitem uma maior adsorção de água, aumentando assim a solubilidade de compostos solúveis em água (BOGUSZ *et al.*, 2024) como por exemplo açúcares, presentes tanto no abacate quanto no leite de cabra, além disso, a quebra das ligações moleculares em açúcares devido à diminuição do teor de água também influencia para um aumento na solubilidade (WATHARKAR *et al.*, 2021).

A respeito da higroscopicidade, vale salientar que essa está ligada à capacidade de absorver água de um ambiente e afetar a estabilidade física, química e microbiológica dos materiais secos. O conhecimento das propriedades higroscópicas de alimentos em pó é importante principalmente quando se trata de estabelecer a secagem, o tipo de embalagem e as alterações no produto durante o armazenamento (SEERANGURAYAR *et al.*, 2017) (FRANCO *et al.*, 2016).

Para o presente estudo, os valores variaram de 10,5 a 15,2 e todas as formulações diferiram entre si estatisticamente. A formulação (F2) por possuir a maior concentração de maltodextrina apresentou o menor valor de higroscopicidade. De acordo com os valores, os pós podem ser classificados como ligeiramente higroscópicos ($\leq 10\%$) e higroscópicos (15,1-20%) (Laboratório de Pesquisa GEA Niro, 2024). Moura *et al.*, (2024) ao estudarem o comportamento higroscópico de pós de bacuri adicionado de goma arábica, albumina e maltodextrina em suas formulações obtiveram valores variando entre 3,64 e 6,02 com o menor valor sendo a formulação que continha maltodextrina, e classificando-as como não higroscópicas. Logo, é possível notar uma semelhança entre os trabalhos no que diz respeito a influência positiva do uso da maltodextrina de modo que reduz a absorção de água nas amostras analisadas.

O teor de água está diretamente ligado com a estabilidade do produto de modo que, um teor de água mais alto pode contribuir para a pegajosidade das partículas, reduzindo a fluidez (AREPALLY *et al.*, 2019) (ALAM *et al.*, 2025).

O teor de água nas amostras diferiu entre si estatisticamente. Os valores encontrados variaram entre 9,25 e 10,2. Houve um aumento no teor de água de acordo com o aumento da concentração de maltodextrina. Paiva *et al.*, (2023) ao estudarem a maltodextrina como adjuvante de secagem na liofilização de mistura de frutas vermelhas tropicais encontraram valores oscilando entre 5,42 e 18,11 e relataram que o aumento na concentração de maltodextrina influenciou na redução do teor de água das amostras. Essa relação inversa entre o trabalho do autor e o presente estudo pode estar ligada com a diferença entre a matéria prima estudada, tendo em vista que o abacate possui um teor de água acima de 80% tal fator pode ter influenciado nos resultados. Alam *et al.*, (2025) ao estudarem o pó de casca de kinnow encapsulado usando liofilização e os efeitos das concentrações de maltodextrina e goma arábica nas propriedades físico-químicas, funcionais e térmicas, encontraram valores entre 2,39 e 4,34 sendo a formulação com maior concentração de maltodextrina a que apresentou maior teor de água, resultados semelhantes aos encontrados nesse estudo.

4. CONCLUSÃO

A liofilização da polpa de abacate combinada com leite de cabra e maltodextrina mostrou-se uma estratégia eficiente para a conservação e melhoria das propriedades físico-químicas do produto. A polpa armazenada a -60°C manteve a estabilidade no teor de água devido ao pré-tratamento adotado, evitando a formação excessiva de cristais de gelo. No entanto, observa-se que, apesar da retenção de umidade, houve alterações nos teores de açúcares totais e redutores, impactando a textura e doçura. Ademais, o pH e a acidez demonstraram variações decorrentes da degradação de compostos orgânicos, enquanto sólidos solúveis, lipídios e proteínas mantiveram-se praticamente inalterados.

A polpa armazenada a -80°C apresentou discreto aumento na umidade, mesmo após o pré-tratamento, devido à formação de cristais de gelo que impactaram os teores de açúcares totais e redutores, favorecendo a degradação de carboidratos estruturais. A redução significativa no teor de cinzas indica a perda de minerais, o que pode impactar o valor nutricional da polpa. Entretanto, os demais parâmetros se mantiveram estáveis, evidenciando que o armazenamento a -80°C conserva grande parte das propriedades físico-químicas do produto. No que diz respeito à coloração, a temperatura mais baixa e o menor tempo de armazenamento apresentaram os melhores resultados, minimizando alterações na tonalidade verde e na intensidade da tonalidade amarela, contribuindo para a preservação visual da polpa.

Quanto à formulação liofilizada, observou-se que todas as amostras passaram pelo processo de secagem de forma satisfatória. A análise morfológica indicou que não houve agregados consideráveis, o que pode ser atribuído ao uso da maltodextrina como agente estabilizante. A formulação F2 (15% de maltodextrina) apresentou melhor desempenho em relação à fluidez, conforme indicado pelos resultados de densidade aparente e compactada, fator de Hausner, ângulo de repouso e compressibilidade. Além disso, essa formulação destacou-se por apresentar maior solubilidade e menor capacidade de absorção de umidade, tornando-se a mais indicada para produção em larga escala.

Dessa forma, a liofilização da polpa de abacate associada ao leite de cabra e maltodextrina demonstrou potencial para a obtenção de um produto estável, com boa qualidade nutricional e propriedades físico-químicas adequadas para aplicação na

indústria de alimentos. Os resultados sugerem que a otimização das formulações pode contribuir para aprimorar ainda mais as características do produto, garantindo maior estabilidade e ampliação de seu potencial de mercado.

Os achados deste estudo indicam que a liofilização da polpa de abacate combinada com leite de cabra e maltodextrina melhora sua estabilidade físico-química, preservando cor, umidade e propriedades estruturais. Estudos futuros podem explorar a influência de diferentes agentes carreadores e tempos de armazenamento na estabilidade do produto, ampliando suas possibilidades de aplicação na indústria alimentícia.

REFERÊNCIAS

ALAM, Masud; SID, Saurabh; GIRI, Souvik; DAS, Rahul; KISHORE, Anand; KUMAR, Nitin. Encapsulated kinnow peel powder using freeze drying: effect of maltodextrin and gum arabic concentrations on physiochemical, functional and thermal properties. *Food And Humanity*, [S.L.], v. 4, p. 1-12, maio 2025. *Elsevier BV*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100546>.

ARAÚJO, R. G. et al. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science and Technology*, v. 80, p. 51–60, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>.

AREPALLY, Divyasree; GOSWAMI, Tridib Kumar. Effect of inlet air temperature and gum Arabic concentration on encapsulation of probiotics by spray drying. *Lwt*, [S.L.], v. 99, p. 583-593, jan. 2019. *Elsevier BV*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.022>.

AQUINO, Aureluci Alves de; RODRIGUES, Rafaela da Silva; DONATO, Iael Aquino; BRANDÃO, Milton Ricardo Silveira; MOREIRA, Edinilda de Souza; COSTA, Mérida Layara Xavier; SANTOS, Herlândia Cotrim; SILVA, Silva nia Lopes da. Revestimento à base de amido extraído da semente de manga palmer com adição de extrato de própolis na conservação de abacate geada, [S.L.], v. 6, n. 9, p. 71116-71135, 2020. *Brazilian Journal of Development*. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n9-526>.

BOGUSZ, Radosław; NOWACKA, Małgorzata; RYBAK, Katarzyna; WITROWA-RAJCHERT, Dorota; GONDEK, Ewa. Liofilização em esteira de espuma de polpa de kiwi (*Actinidia arguta*): cinética de secagem, principais propriedades e microestrutura. Departamento de Engenharia de Alimentos e Gestão de Processos, Instituto de Ciências Alimentares, *Universidade de Ciências da Vida de Varsóvia*, Varsóvia, v. 14, n. 13, p. 1-6, 27 jun. 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/13/5629>. Acesso em: 23 fev. 2025.

Cavalcanti, N. S. H., Pimentel, T. C., Magnani, M., Pacheco, M. T. B., Alves, S. P., Bessa, R. J. B., Sant'ana, A. M. da S., & Queiroga, R. de C. R. do E. (2021). Leite de burra e leite de burra fermentado: existem diferenças no valor nutricional e nas características físico-químicas LWT 111239. *In Press, Journal Pre-proof*.

CENACI, DANIELLE & FURTADO, MARCO ANTÔNIO & BELL, MARIA JOSÉ & PEREIRA, MÔNICA & AMIGO, LOURDES & PINTO, MIRIAM. Aspectos Composicionais, Propriedades Funcionais, Nutricionais E Sensoriais Do Leite De Cabra: Uma Revisão. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*. 66. 12, 2011

CHOI, Kyeong-Ok; RYU, Jina; KWAK, Hae-Soo; KO, Sanghoon. SPRAY-DRIED CONJUGATED LINOLEIC ACID ENCAPSULATED WITH MAILLARD REACTION PRODUCTS OF WHEY PROTEINS AND MALTODEXTRIN. *Food Science And Biotechnology*, [S.L.], v. 19, n. 4, p. 957-965, ago. 2010. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10068-010-0134-7>.

DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 53, n. 7, p. 738–750, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>.

FRANCO, Talita Szlapak *et al.* Efeitos da secagem em esteira de espuma nas propriedades físico-químicas e microestruturais do pó de suco de yacon. *Lwt - Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Suíça, v. 66, n. 6, p. 503-513, mar. 2016.

FORCATO, D. O. et al. Milk fat content measurement by a simple UV spectrophotometric method: An alternative screening method. *Journal of Dairy Science*, v. 88, n. 2, p. 478– 481, 2005.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on the powder properties. *Journal of Food Engineering*, v. 66, n. 1, p. 35-42, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.025>.

HAY, Thomas Owen; NASTASI, Joseph Robert; PRAKASH, Sangeeta; FITZGERALD, Melissa Anne. Comparison of Gidyea gum, gum Arabic, and maltodextrin in the microencapsulation and colour stabilisation of anthocyanin-rich powders using freeze- drying and spray-drying techniques. *Food Hydrocolloids*, [S.L.], v. 163, p. 111023, jun. 2025. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.111023>.

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. *Journal of Food Engineering*, v. 63, n. 2, p. 125-134, 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00135-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00135-3).

KAPOOR, Niharika *et al.* Análise comparativa de pó de beterraba liofilizado e seco por pulverização de acordo com propriedades físico-químicas, funcionais e de cor. Boletim da *Universidade Transilvânia de Brasov*. Série Ii: Silvicultura, Indústria Madeireira, Engenharia Agrícola de Alimentos, Transilvânia, v. 14, n. 1, p. 2-10, jun. 2021. Semestral. Disponível em: https://webbut.unitbv.ro/index.php/Series_II/article/view/321/260. Acesso em: 23 fev. 2025.

LEE, D. S.; KIM, J. G.; LEE, S. K. Effect of Freezing Temperature on the Microstructure and Quality of Fruits and Vegetables: A Review. *Food Science and Biotechnology*, v. 26, p. 123-135, 2017.

LIMA, L. R. N.; NEGREIROS, I. F. L.; SILVA, E. F.; RAMOS, L. S. N. Características físicas-químicas do leite de cabra patenteadas a diferentes períodos de congelamento. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 10, n. 4, 2021.

LIU, H.; GUO, H.; ZHAO, Q.; QIN, Y.;ZHANG, J. Lipidomics analysis for identifying the geographical origin and lactation stage of goat milk. *Food Chemistry*, v. 309, p. 125765, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125765.

LEDARI, Shahrbanoo Ahmadi; MILANI, Jafar M.; SHAHIDI, Seyed-Ahmad; GOLKAR, Abdolkhaleg. Comparative analysis of freeze drying and spray drying methods for encapsulation of chlorophyll with maltodextrin and whey protein isolate. *Food Chemistry: X*, [S.L.], v. 21, p. 101156, mar. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101156>.

MAPA. Instrução Normativa. 2000. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/defesa-agropecuaria/suasa/regulamentos-tecnicos-de-identidade-e-qualidade-de-produtos-de-origem-animal-1/rtiq-leite-e-seus-derivados>. Acesso em: 12 dez. 2024.

MACIEL, R. M. G.; DE LIMA, S. B.; DA COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Influência da maltodextrina nas propriedades de escoamento do pó da polpa de cupuaçu/Influence of maltodextrin on the flow properties of the cupuaçu pulp powder. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.2, p.5829-5839, 2020.

Mosquera, LH; Moraga, G.; Martínez-Navarrete, N. Efeito da maltodextrina na estabilidade do pó de borojó liofilizado (*Borojoa patinoi* Cuatrec.). *J. Food Eng.* 2010, 97, 72–78.

MOURA, Tháila Pimentel Albuquerque; AQUINO, Andréa Cardoso de; RODRIGUES, Sueli; AFONSO, Marcos Rodrigues Amorim. Hygroscopic behavior of bacuri powders. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, s, v. 59, n. 1, p. 1-9, maio 2024. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2024.v59.03503>.

PAIVA, Yaroslávia Ferreira; FIGUEIRÊDO, Rossana Maria Feitosa de; QUEIROZ, Alexandre José de Melo; AMADEU, Lumara Tatiely Santos; REIS, Carolaine Gomes dos; SANTOS, Francislaine Suelia dos; LIMA, Antônio Gilson Barbosa de; SILVA, Wilton Pereira da; GOMES, Josivanda Palmeira; LEITE, Daniela Dantas de Farias. TROPICAL RED FRUIT BLEND FOAM MAT DRYING: EFFECT OF COMBINATION OF ADDITIVES AND DRYING TEMPERATURES. *Foods*, [S.L.], v. 12, n. 13, p. 2508, 28 jun. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/foods12132508>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/13/2508#B41-foods-12-02508>. Acesso em: 19 fev. 2025.

PARK, Y. W. et al. Functional and Speciality Beverage Technology. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, 2009.

PETRELLA, L. et al. Goat Milk Supplementation Modulates the Mitochondrial Metabolic Flexibility and Orexin-A Levels Influencing the Inflammatory Pattern in Rats. *Antioxidants*, v. 13, n. 9, p. 1054, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/13/9/1054>.

RAMOS, J. A.; MARIANO-NASSER, F. A. de C.; FURLANETO, K. A.; NASSER, M. D.; VIEITES, R. L. elaboração de um produto funcional à base de abacate e cacau. *energia na agricultura*, [S. l.], v. 35, n. 4, p. 627–639, 2021. DOI: 10.17224/EnergAgric.2020v35n4p627-639. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/3236>. Acesso em: 16 set. 2023.

RIOS, Edson Antonio. CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE CRU DE CABRA PRODUZIDO NO ESTADO DO PARANÁ. 2014. 69 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Animal, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, *Universidade Estadual de Londrina*, Londrina, 2014. Disponível em: <https://repositorio.uel.br/srv-c0003-s01/api/core/bitstreams/ad687bda-5e36-457a-8283-7294d521a36c/content>. Acesso em: 18 dez. 2024.

ROSA, R. M.; SILVA, M. R.; FREITAS, R. J. S. Advances in Freeze-Drying Technology for Food Preservation: Impact on Physical and Nutritional Properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 45, n. 2, p. e15123, 2021.

ROOS, Y.H. Water activity and physical state effects on amorphous food stability. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 16, n. 6, p. 433-447, 1993.

SANTOS, João Victor Ínacio dos et al. avaliação da qualidade do leite de cabra em uma propriedade no município de monteiro – PB. *Revista Craibeiras de Agroecologia*, Sumé, v. 4, n. 1, 2019. 25949152.

SANTOS, A. L. M. et al. Influence of ethanol pretreatment in foam-mat drying of avocado pulp: impact on physicochemical properties and bread formulation. *Food Research International*, v. 170, p. 113-122, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113122>.

SANTOS, P. H. S. et al. Advances in Freeze-Drying Technology for High-Quality Food Powders. *Food and Bioprocess Technology*, v. 16, n. 3, p. 567–583, 2023.

SAIBERT, Claudinei Luiz; SCALCON, Araceli; KLAUCK, Jéssica Angela Pandini; RICARDO, Letycia Lopes; SCHMITZ, Jones Erni. Evaluation of different methods of drying jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) peel for the preservation of bioactive compounds. *The Journal Of Engineering And Exact Sciences*, Minas Gerais, v. 9, n. 6, p. 1-12, 02 ago. 2023. Trimestral. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/16295/8076>. Acesso em: 23 jan. 2025.

SANDOVAL, Vanessa Luiza; RIBEIRO, Laryssa Freitas. qualidade do leite: sua influência no processamento, requisitos obrigatórios e sua importância para o produto. Getec, Minas Gerais, p. 41-49, out. 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2387.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2024.

SANCHES, Nathália. QUALIDADE DO LEITE E SUAS ANÁLISES: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. 2023. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2023.

SALAZAR-GONZÁLEZ, C.; SAN MARTÍN-GONZÁLEZ, M. F.; LÓPEZ-MALO, A.; SANNINO, G. Effect of Freezing on Bioactive Compounds in Fruits and Vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 58, n. 9, p. 1580-1594, 2018.

SANTOS, P. H. S.; SILVA, J. A.; VASCONCELOS, I. F. Advances in Freeze-Drying Technology for High-Quality Food Powders: Applications and Future Perspectives. *Food and Bioprocess Technology*, v. 16, n. 3, p. 567-583, 2023.

STABRAUSKIENE, Jolita; PUDZIUVELYTE, Lauryna; BERNATONIENE, Jurga. Optimizing Encapsulation: comparative analysis of spray-drying and freeze-drying for sustainable recovery of bioactive compounds from citrus x paradisi l. peels. *Pharmaceuticals*, [S.L.], v. 17, n. 5, p. 596, 7 maio 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ph17050596>.

STAVRA, Katholiki; PLATI, Fotini; PAVLIDOU, Eleni; PARASKEVOPOULOU, Adamantini. Characterization of lemon juice powders produced by different drying techniques and carrier materials. *Drying Technology*. Londres, p. 1923-1934. 18 fev. 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373937.2021.1894168>. Acesso em: 23 jan. 2025.

SILVA, Virgínia Mirtes de Alcântara; SANTOS, Newton Carlos; ALMEIDA, Raphael Lucas Jacinto; RIBEIRO, Victor Herbert de Alcântara; SANTIAGO, Ângela Maria; MOTA, Mércia Melo de Almeida. Influência da maltodextrina nas propriedades físicas do pó de jambo (*Syzygium malaccensis*) LIOFILIZADO. Campina Grande: *Portal Tecnológico*, 2021. 51 p.

SEERANGURAYAR, T.; MANICKAVASAGAN, A.; AL-ISMAILI, Abdulrahim M.; AL-MULLA, Yaseen A.. Effect of carrier agents on physicochemical properties of foam-mat freeze-dried date powder. *Drying Technology*, [S.L.], v. 36, n. 11, p. 1292-1303, 15 dez. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2017.1400557>.

TLAY, Rawaa H.; AL-BAIDHANI, Alaa M.s.; ABOUYOUNES, Ahed E.. A Study of the Physical, Chemical, and Biologically Active Properties of Avocado Pulp (*Persea americana*), and Its Use in the Preparation of Some Functional Dairy Products. *Basrah Journal Of Agricultural Sciences*. Basrah, p. 1-19. maio 2024.

VIEITES, R. L.; OLIVEIRA, R. C.; PEREIRA, M. C. Postharvest Physiology of Climacteric Fruits: The Role of Organic Acids and Respiration Rate. *Scientia Horticulturae*, v. 140, p. 76-84, 2012.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. Leite e derivados. In: ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. MÉTODOS FÍSICO-QUÍMICOS PARA ANÁLISE DE ALIMENTOS. São Paulo: *Instituto Adolfo Lutz*, 2008. Cap. 27, p. 823-881.

ZHAO, Y. et al. Freeze drying of fruit and vegetable products: Principles and applications. *Food Engineering Reviews*, v. 12, p. 1-16, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09209-2>.

WATHARKAR, Ritesh Balaso; CHAKRABORTY, Sourav; SRIVASTAV, Prem Prakash; SRIVASTAVA, Brijesh. CARACTERÍSTICAS DE FORMAÇÃO DE ESPUMA E SECAGEM EM ESTEIRA DE ESPUMA DA POLPA DE BANANA MADURA [MUSA BALBISIANA (BB)]. *Food Process Engineering Magazine*, Ohio, v. 44, n. 8, p. 6-11, 28 jun. 2021