UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA – CT

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA - DEQ

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO IOGURTE EM PÓ OBTIDO POR SPRAY DRYER

LUIZ HENRIQUE REIS DO NASCIMENTO

JOÃO PESSOA

2023

LUIZ HENRIQUE REIS DO NASCIMENTO

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO IOGURTE EM PÓ OBTIDO POR SPRAY DRYER

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Curso de Engenharia Química, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, como requisito para a obtenção do título de bacharelado em Engenharia Química.

Orientadora : VERUSCKA ARAUJO SILVA

JOÃO PESSOA

2023

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

N244cc Nascimento, Luiz Henrique Reis.
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO IOGURTE EM PÓ OBTIDO POR SPRAY DRYER / Luiz Henrique Reis Nascimento. - João Pessoa, 2023.
49 f. : il.

Orientação: Veruska Araujo Silva.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. atomização. 2. agente carreador. 3. iogurte em pó. I. Silva, Verusca Araujo. II. Título.

UFPB/CT/BSCT CDU 66.01(043.2)

Elaborado por ONEIDA DIAS DE PONTES - CRB-15/198

LUIZ HENRIQUE REIS DO NASCIMENTO

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO IOGURTE EM PÓ OBTIDO POR SPRAY DRYER

Trabalho Final Do Curso Apresentado À Coordenação De Engenharia Química Do Centro De Tecnologia Da Universidade Federal Da Paraíba Em Cumprimento Aos Requisitos Para Obtenção Do Título Do Bacharel Em Engenharia Química

Aprovada em 26/01/2023

Banca Examinadora

Prof. Veruscka Araujo Silva

Orientadora

Prof. Karla Silvana Menezes Gadelha de Sousa

Examinadora

Prof. Genaro Zenaide Clericuzi

Examinadora

AGRADECIMENTOS

Quero expressar meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha dedicada professora, Veruscka, cujo apoio e orientação foram inestimáveis. Sua paixão pelo ensino e profundo conhecimento no assunto foram fontes de inspiração para mim durante toda essa jornada acadêmica.

Agradeço do fundo do coração aos meus pais, cujo amor incondicional e apoio constante foram a força motriz por trás de todas as minhas conquistas. Seu encorajamento e crença em mim nunca vacilaram, e por isso, cada passo dado neste trabalho é também um reflexo do amor e apoio de vocês.

À minha família e amigos, que estiveram ao meu lado em todos os momentos, compartilhando as alegrias e me apoiando nos desafios, meu mais profundo agradecimento. Suas palavras de incentivo e gestos de carinho foram fundamentais para manter minha determinação e perseverança.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho, o meu muito obrigado. Cada palavra de encorajamento, cada conversa inspiradora, e cada gesto de apoio foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Este trabalho não é apenas meu, mas de todos vocês que estiveram ao meu lado ao longo desta jornada. Mais uma vez, obrigado por fazerem parte desta conquista.

“O impossível reside nas mãos inertes daqueles que não tentam.”

Epicuro de Samos.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES VI
RESUMO VI
1 INTRODUÇÃO 11
2 OBJETIVOS 12
2.1 OBJETIVO GERAL 12
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 12
3 REVISÃO DE LITERATURA 13
3.1 IOGURTE 13
3.2 SECAGEM 13
3.3 AGENTE CARREADOR 14
3.3.1 MALTODEXTRINA 14
3.3.2 GOMA ARÁBICA 14
3.4 CARACTERIZAÇÃO FISICO-QUÍMICA 15
3.4.1 SÓLIDOS TOTAIS 15
3.4.2 UMIDADE 15
3.4.3 ATIVIDADE DE ÁGUA 16
3.4.4 PH 17
3.4.5 °BRIX 17
3.4.6 CINZAS 18
3.4.7 FRX 18
3.4.8 GRANULOMETRIA 19
4 METODOLOGIA 20
4.1 MATERIAIS 20
4.1.1 Preparação do iogurte Natural com adição dos agentes carreadores 21
4.1.2 Sólidos Totais do iogurte 21
4.1.3 Armazenamento do iogurte em pó 24
4.1.4 Etapas do processamento 24
4.1.5 Rendimento do processo 25
4.2 CARACTERIZAÇÃO FISICO-QUÍMICA 26
4.2.1 UMIDADE 26
4.2.2 ATIVIDADE DE ÁGUA 27
4.2.3 pH 28
4.2.4 °Brix 28

4.2.5 CINZAS 29
4.2.6 FRX 29
4.2.7 GRANULOMETRIA 30
5 RESULTADO E DISCUSSÕES 31
5.1 SÓLIDOS TOTAIS 31
5.2 RENDIMENTO 31
5.3 UMIDADE 32
5.4 ATIVIDADE DE ÁGUA 33
5.5 PH 34
5.6 ºBRIX 35
5.7 CINZAS 37
5.8 FRX 38
5.9 GRANULOMETRIA 39
6 CONCLUSÕES 42
7 REFERÊNCIAS 43

LISTA DE FIGURA

FIGURA 1 - PREPARO DA SOLUÇÃO PARA SECAGEM COM AGITADOR MECÂNICO DE LABORATÓRIO 22

FIGURA 2 - SPRAY DRYER 23

FIGURA 3 - MEDIDOR DE ATIVIDADE DE ÁGUA LABMASTER-AW 27

FIGURA 4 - PHMETRO ANALYSER 28

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - SOLUÇÕES PARA SECAGEM COM ADIÇÃO DOS AGENTES CARREADORES 22

TABELA 2 - CONDIÇÕES DE SECAGEM DO SPRAY DRYER 23

TABELA 3 - DESCRIÇÃO DE AMOSTRAS 24

TABELA 4 - COMPOSIÇÃO DAS REIDRATAÇÕES 26

TABELA 5 - TRIPLICATA DO TEOR DE SÓLIDOS TOTAIS DO IOGURTE NATURAL 31

TABELA 6 - TEOR DE UMIDADE DOS PÓS OBTIDO APÓS A SECAGEM EM SPRAY DRYER DAS SOLUÇÕES 1, 2, 3 E RESÍDUO 32

TABELA 7 - ATIVIDADE DE ÁGUA DOS PÓS OBTIDO APÓS A SECAGEM EM SPRAY DRYER DAS SOLUÇÕES 1, 2, 3 E RESÍDUO 33

TABELA 8 - VALOR DO PH DAS AMOSTRAS 34

TABELA 9 - VALORES DE °BRIX DAS AMOSTRAS 36

TABELA 10 - VALORES DO TEOR DE CINZAS DAS AMOSTRAS EM PÓ DAS SOLUÇÃO 1, SOLUÇÃO 2 E SOLUÇÃO 3 37

TABELA 11 - COMPOSIÇÃO QUALITATIVA DAS AMOSTRAS EM PÓ DAS SOLUÇÃO 1, SOLUÇÃO 2 E SOLUÇÃO 3 38

TABELA 12 - TABELA COM DIÂMETRO MÉDIO DE PARTÍCULA DAS SOLUÇÕES 1, 2, 3 E RESÍDUO DA SOLUÇÃO 1 APRESENTADO PELO CILAS 1090LD 40

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS EM PÓ: (A) SOLUÇÃO 1, (B) SOLUÇÃO 2, (C) SOLUÇÃO 3 E (D) RESÍDUO 39

GRÁFICO 2 - GRÁFICO COMPARATIVO DIAMETRO MÉDIO E SÓLIDOS TOTAIS 40

RESUMO

O iogurte natural é um produto lácteo comum na dieta dos brasileiros. Com o objetivo de prolongar a sua vida útil, existem várias técnicas de conservação disponíveis, incluindo refrigeração, desidratação, aditivos e outros métodos. A desidratação é um dos principais meios para aumentar a durabilidade de alimentos, incluindo produtos em forma de pó. O iogurte em pó é um derivado lácteo desidratado que pode ser utilizado como ingrediente ou suplemento alimentar. O propósito deste estudo foi produzir iogurte em pó usando uma combinação de agentes carreadores (maltodextrina e goma arábica) por meio da técnica de spray drying e avaliar as propriedades físico-químicas do produto resultante. A metodologia empregada consistiu na secagem por atomização usando um equipamento de laboratório modelo LM – SD 5.0, com uma temperatura de entrada de 150ºC. Foram testados vários parâmetros de solução, variando as quantidades dos agentes carreadores nas soluções de iogurte, e os efeitos dessas variáveis na qualidade do produto foram analisados. As análises físico-químicas realizadas para o iogurte natural incluíram medições de pH e ºBrix, enquanto para o produto em pó foram avaliados a umidade, atividade de água, pH, ºBrix, cinzas, minerais (FRX) e granulometria. Para as caracterizações fisico-químicas de umidade, atividade de água, pH, ºBrix e cinzas foram feitos o teste Tukey. Os resultados demonstraram um rendimento de 61,46% no produto em pó. O iogurte em pó exibiu propriedades físico-químicas satisfatórias, incluindo o diâmetro de partícula ideal para o processo de spray drying, indicando que a goma arábica e a maltodextrina são aditivos excelentes para a produção de iogurte em pó. Portanto, a técnica de spray drying mostrou-se eficaz e viável para a produção de iogurte em pó de alta qualidade e com valor agregado.

Palavras-chave: atomização, agente carreador, iogurte em pó.

ABSTRACT

Natural yogurt is a common dairy product in the diet of Brazilians. With the aim of extending its shelf life, there are various preservation techniques available, including refrigeration, dehydration, additives, and other methods. Dehydration is one of the primary means to increase the durability of foods, including powdered products. Powdered yogurt is a dehydrated dairy derivative that can be used as an ingredient or dietary supplement. The purpose of this study was to produce powdered yogurt using a combination of carrier agents (maltodextrin and gum arabic) through the spray drying technique and to evaluate the physicochemical properties of the resulting product. The methodology employed involved spray drying using a laboratory-scale LM – SD 5.0 equipment with an inlet temperature of 150°C. Various solution parameters were tested by varying the quantities of carrier agents in the yogurt solutions, and the effects of these variables on product quality were analyzed. Physicochemical analyses conducted for natural yogurt included measurements of pH and ºBrix, while for the powdered product, moisture, water activity, pH, ºBrix, ash content, minerals (XRF), and particle size distribution were studied using Tukey method. The results showed a yield of 61.46% in the powdered product. The powdered yogurt exhibited favorable physicochemical properties, including the ideal particle diameter for the spray drying process, indicating that gum arabic and maltodextrin are excellent additives for powdered yogurt production. Therefore, the spray drying technique proved to be efficient and feasible for the production of high-quality powdered yogurt with added value.

Keywords: Atomization, Carrier Agent, Powdered Yogurt

1 INTRODUÇÃO

O iogurte é um produto lácteo fermentado amplamente consumido em todo o mundo, notório por seus benefícios à saúde, valor nutricional e facilidade de digestão. Siqueira (2019), em seus estudos o comércio consumidor de leite e derivados, o mercado de produtos lácteos vem se desenvolvendo de maneira firme nos últimos anos e não se sabe quando isso vai cessar, pois a oportunidade de ampliar o mercado é muito atraente e lucrativa, em relação a outros ramos.

Nesse contexto, a desidratação é empregada com o propósito de estender a durabilidade do iogurte, que, quando mantido em ambiente refrigerado, possui um prazo de conservação de 14 a 21 dias (NGUYEN et al., 2017; AL-KADAMANY et al., 2002). Uma das técnicas utilizadas para secagem é a atomização que, em um trabalho proposto por Santos (2017), durante seus estudos sobre atomização e liofilização de iogurte natural, consegue concluir que “A presença de maltodextrina e goma arábica melhorou a viabilidade das bactérias lácticas durante o armazenamento”.

De acordo Silva (2020) o objetivo principal do mercado é atrair o consumidor, e para isso terão que estar sempre renovando e acompanhando as novas demandas de mercado que está cada vez mais rigoroso, transformando o setor alimentício e, para isso ser possível o conhecimento das propriedades físico-químicas do iogurte atomizado se torna fundamental na elaboração de inovações em produto e qualidade dos lácteos oferecidos ao público.

Além disso, o Spray drying vem se tornando popular devido o produto atomizado conter as suas propriedades sensoriais, pois a secagem é feita em pouco tempo, como acontece com os produtos lácteos. (GHARSALLAOUI et al., 2007; AUNDHIA et al., 2011; JAIN et al., 2011). Teodoro (2016), com resultados que corroboram o estudo realizado por Jafari et al. (2008), indica que devem ser considerados os parâmetros como a temperatura do ar de entrada e saída, temperatura de alimentação, tipo e condições de atomização, vazão de fluxo, umidade do ar de secagem e tamanho de partícula.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo geral obter o pó do iogurte através da secagem por spray dryer com diferentes concentrações do agente carreador, maltodextrina e goma arábica e realizar as análises físico-químicas do pó processado.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Obter o pó do iogurte natural;
- Obter a caracterização físico-química dos pós de iogurte;
- Realizar o teste Tukey das amostras em triplicata (Iogurte Natural, Solução com aditivos, Reidratação do iogurte atomizado).

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 IOGURTE

O iogurte natural é um alimento lácteo fermentado amplamente consumido, até mesmo internacionalmente, onde é destacado por seus benefícios à saúde, valor nutricional e facilidade de digestão (NGUYEN et al., 2017). Nos estudos produzidos Desobry-Banon et al. (1999), a respeito dos benefícios do consumo de iogurte, conclui-se que o leite apresenta uma composição de macronutrientes equilibrada, com quantidades semelhantes de proteínas, gorduras e carboidratos. Além disso, o leite é rico em micronutrientes, sendo uma fonte eficaz de cálcio, fósforo, magnésio e zinco, é notório portanto que muitas pessoas possuam o iogurte natural como alimento regular.

3.2 SECAGEM

De acordo com a Embrapa (2010), a secagem é reconhecida como um dos métodos mais ancestrais empregados pela humanidade para preservar alimentos, visto que produtos provenientes da agricultura são suscetíveis à deterioração com relativa facilidade.

Entre os diferentes tipos de secagem, existe a secagem por spray dryng ou atomização, que permite que o produto em processo de secagem não seja exposto a temperaturas que possam prejudicar consideravelmente suas qualidades sensoriais e características biológicas. A atomização, portanto, pode-se definir como o processo de converter substâncias líquidas em forma de pó, usando um sistema centrífugo ou de alta pressão. As pequenas gotículas atomizadas entram imediatamente em contato com um fluxo de ar aquecido, resultando na rápida evaporação da água. (SANTOS, 2017)

Consequentemente, a comunidade acadêmica apresenta diversos estudos sobre iogurte em pó obtido por atomização, como no caso de Dittrich (2014) e Santos (2017) e até mesmo de outros alimentos como no caso de Nunes (2019), onde estuda o armazenamento do suco do tomate em pó obtido por spray dryer.

3.3 AGENTE CARREADOR

Os estudos de Rascón-díaz et al., (2012), apontam que ao decorrer da etapa de secagem do alimento, ocorrem alterações na estrutura do alimento que resultam em danos devido às elevadas temperaturas utilizadas na atomização e às baixas temperaturas empregadas na liofilização, portanto, para minimizar esses danos, é possível incorporar substâncias como a maltodextrina e a goma arábica, que desempenham um papel protetor contra os efeitos nocivos ou ajudam a reduzir as tensões osmóticas que podem afetar negativamente a microbiota presente no iogurte.

De acordo com Peres (2009), o comportamento alimentar das pessoas não se limita apenas aos seus hábitos alimentares, mas também inclui as práticas de escolha, compra, armazenamento e preparo de alimentos, e para o preparo saber os aditivos utilizados pode influenciar os hábitos alimentares.

3.3.1 MALTODEXTRINA

A maltodextrina é frequentemente utilizada como agente carreador na secagem por atomização devido às suas propriedades de baixa absorção de umidade, elevada capacidade de dissolução em água fria e custo reduzido. Devido suas boas propriedades organolépticas, a maltodextrina tem se tornado alvo de estudo para artigos sobre secagem de alimentos (BHANDARI et al., 1997; SANTOS, 2017; NUNES, 2019)

3.3.2 GOMA ARÁBICA

De acordo com Santos (2017), a goma arábica é amplamente empregada no processamento do iogurte devido ao seu papel fundamental na preservação da consistência e viscosidade do produto reconstituído.

Dentre as diversas gomas empregadas na técnica de microencapsulação, a goma arábica se sobressai graças às suas notáveis habilidades emulsificantes, o que a torna uma escolha comum na prática (CASTRO-CISLAGHI et al., 2012).

É interessante notar que, além do iogurte, a comunidade acadêmica tem apresentado estudos com outros alimentos das propriedades físico-quimicas de

produtos derivados de spray drying, utilizando a goma arábica como aditivo. (DANTAS et al., 2018; SANTOS, 2017; NUNES, 2019)

3.4 CARACTERIZAÇÃO FISICO-QUÍMICA

A caracterização físico-química é um conjunto de métodos que analisam as propriedades físicas e químicas de substâncias e materiais. Essas análises são essenciais para diversas áreas, desde pesquisa científica até controle de qualidade industrial, proporcionando insights cruciais sobre a composição e estrutura de materiais.

3.4.1 SÓLIDOS TOTAIS

Os sólidos totais englobam todas as substâncias que subsistem após a secagem completa de uma amostra (SABESP,1999). Em outras palavras, incluem todos os constituintes das matérias-primas que não desaparecem quando expostos a uma temperatura de 105°C.

A matéria seca, ou sólidos totais, constitui uma combinação complexa de elementos que incluem proteínas, lipídios, glicídios, sais minerais, vitaminas, ácidos orgânicos, pigmentos e outras substâncias (CHAVES et al., 2004).

3.4.2 UMIDADE

A umidade de um produto é a quantidade de moléculas de água presentes no mesmo, incluindo aquelas que estão ligadas e as que não estão. Essa propriedade é extremamente importante para a estabilidade, qualidade e composição dos alimentos. Segundo Santos (2017), a análise da umidade pode ajudar a determinar a possibilidade de facilitar uma atividade excessivas de microrganismos. Ambros (2013), apresenta argumentos que reforçam como a atividade microbiológica é influenciada pela umidade e que o crescimento microbiano e a deterioração química dos alimentos estão intimamente ligados com a atividade de água destes.

Consoante Chaves et al. (2004), é importante destacar que a umidade também pode afetar processos de armazenamento, embalagem e processamento de

alimentos. A medição e o controle adequados da umidade são, portanto, essenciais. para garantir a qualidade e a segurança dos produtos alimentícios.

Alimentos que contêm umidade excessiva podem favorecer o crescimento de microrganismos e deterioração, o que pode afetar negativamente sua qualidade e segurança. Por outro lado, alimentos com umidade insuficiente podem ter vida útil reduzida e perder sua aparência e sabor desejados. Segundo Iyota *et al.* (2008), durante seus estudos sobre efeitos do perfil de umidade em uma esfera de amido, percebeu que o perfil de umidade afeta a variação de massa e propriedades dos produtos. A umidade também pode ter um impacto significativo no armazenamento e processamento de alimentos.

Importante ressaltar que é possível garantir que os alimentos estejam em conformidade com as normas de segurança alimentar e com os padrões de qualidade esperados pelos consumidores, a partir do estudo de Schuck *et al.* (2009), é possível concluir que para determinar mais precisamente os parâmetros de secagem por pulverização, como a temperatura do ar e a taxa do fluxo de massa é importante levar em consideração os parâmetros termodinâmicos iniciais de secagem, como a umidade do ar, sólidos totais e temperatura do concentrado.

3.4.3 ATIVIDADE DE ÁGUA

Segundo Park (2006), em um alimento, a água pode estar na forma livre ou na forma ligada a outras moléculas. A atividade de água mede a proporção de água livre que pode participar de diversas reações. Esse parâmetro é chamado de a ‘a’ ou ‘aw’ e é determinado pela relação entre a pressão de vapor de água do alimento e a pressão de vapor da água pura, na mesma temperatura.

Park (2006) destaca a importância crucial da atividade de água na preservação ou deterioração dos alimentos. A quantidade de água livre, aquela que não está vinculada às moléculas constituintes do produto, desempenha um papel fundamental ao desencadear reações de natureza física, química e biológica. A desidratação de alimentos por meio de tratamento térmico é um processo que resulta na diminuição da atividade de água. Esse decréscimo tem um impacto significativo, pois ele inibe tanto a atividade enzimática quanto o crescimento microbiano. Em outras

palavras, a dessecação do produto é responsável por reduzir sua atividade de água, o que, por sua vez, contribui para a conservação do alimento.

De acordo com uma resposta técnica elaborada pelo Sebrae (2018), que conduz uma explicação sobre o que influencia a atividade de água nos alimentos, a atividade de água é um parâmetro importante para identificar o tipo de deterioração ao qual um alimento é mais suscetível. Essa informação pode então ser usada para estudar e definir os processos, embalagens e condições de armazenamento mais adequados para preservar o alimento.

3.4.4 PH

Um artigo produzido por Silva et al. (1999) sobre Análise microbiológica e química de iogurtes comercializados em Lavras – MG, ressalta a importância do estudo do pH para o iogurte comercializado, ressaltando o controle da qualidade do iogurte, incluindo a análise do pH e da acidez. De acordo com o artigo, o valor de pH pode afetar a atividade metabólica das bactérias presentes no iogurte, favorecendo o crescimento de certos grupos em detrimento de outros. Além disso, o artigo também menciona que os valores de pH dos iogurtes podem variar entre diferentes lotes e tipos de iogurte.

De acordo com o artigo acadêmico realizado por Aroutcheva (2001), é destacado que a bactéria Lactobacilli, que é comum em iogurtes, cresce melhor em ambientes com pH iguais ou acima de 4,5. Valores de pH muito baixos ou muito altos podem inibir o crescimento ou a sobrevivência dessas bactérias, o que pode ter um impacto negativo nos efeitos probióticos do produto.

3.4.5 °BRIX

O °BRIX é uma medida da quantidade de sólidos solúveis em uma solução e pode ser utilizado como um indicador da quantidade de açúcar e outros sólidos presentes em uma amostra de iogurte atomizado.

Além disso, o °BRIX também pode ser utilizado para avaliar a consistência da amostra. Uma amostra com um °BRIX mais alto tende a ser mais espessa e viscosa do que uma amostra com um °BRIX mais baixo, o que é importante para garantir que

o iogurte atomizado possa ser reconstituído adequadamente quando adicionado de volta à água. Um estudo relevante sobre a revitalização das propriedades físico-químicas do iogurte é o Monsalve-Atencio (2021), onde o estudo investigou o efeito do método de secagem (Convecção, spray-drying e freeze-drying) nas propriedades do iogurte reconstituído a partir do pó, o observado foi de resultados satisfatórios na secagem por spray drying quando comparamos os diferentes métodos de secagem em relação as propriedades físico-químicas do produto.

3.4.6 CINZAS

De acordo com Lutz (2008), a quantidade de minerais presentes nos alimentos é representada pela composição das cinzas. De acordo com Fujil (2015), a determinação da porcentagem de cinzas é de grande valor, principalmente em alimentos, pois contém fins de consumo. A análise de cinzas fornece informações prévias sobre o valor nutricional do alimento, em relação ao seu conteúdo em minerais e é o primeiro passo para análises subsequentes de outros componentes.

A determinação de cinzas permite verificar a adição de matérias inorgânicas ao alimento. A perda de peso fornece o teor de matéria orgânica do alimento. A diferença entre o peso original da amostra e o peso de matéria orgânica fornece a quantidade de cinza presente no produto. Em outras palavras, a análise de cinzas pode acrescentar informações nutricionais referentes à qualidade, sabor, aparência e aos constituintes do produto. (FUJIL, 2015)

3.4.7 FRX

O FRX (Fluorescência de Raios X) é uma técnica analítica usada em laboratórios para determinar a composição química de uma amostra (ISMAIL et al., 2019). A técnica funciona expondo a amostra a um feixe de Raios X, que causa a emissão de Raios X fluorescentes pelos átomos presentes na amostra. O espectrômetro FRX mede a energia desses Raios X e, a partir disso, é possível determinar quais elementos químicos estão presentes na amostra e em que quantidades.

De acordo com Vieira (2021), “o sistema de Fluorescência de Raios X, acoplado ao microscópio eletrônico de varredura, apresenta-se como uma alternativa viável, considerando sua rapidez e capacidade de análise”, dessa forma, o equipamento utilizado ao decorrer do trabalho poderá fazer uma boa descrição dos valores quantitativos do FRX das amostras.

3.4.8 GRANULOMETRIA

Segundo Ferreira (2005), a análise granulométrica por difração de laser é uma técnica que se baseia no princípio de dispersão de partículas associado à medição óptica por difração de laser, amplamente empregada na caracterização de distribuições de tamanho de partículas em diferentes áreas, como na indústria farmacêutica, de alimentos e de materiais. É um método simples e rápido que permite a determinação das distribuições de tamanho de partículas a partir da relação proporcional entre a difração do laser e a distribuição de tamanhos de partículas. Essa técnica é conhecida por apresentar facilidade de operação e ampla faixa de tamanhos de partículas analisadas, sendo útil para a caracterização de diferentes tipos de materiais, incluindo nanopartículas, micropartículas e partículas de tamanho intermediário.

Reforçando a importância do estudo da granulometria, existe um artigo feito por Setha et al. (2017) a respeito da influência das condições de processamento para a secagem de iogurte atomizado em spray drying, aponta que a reconstituição e as propriedades de fluxo do pó dependem em grande parte do tamanho das partículas no iogurte em pó.

4 METODOLOGIA

A pesquisa da obtenção do iogurte em pó foi realizada no laboratório de Purificação e Aspersão de Materiais Argilosos (LAPAMA) do departamento de Engenharia de materiais e a caracterização físico-químicas do produto em pó foram realizadas nos laboratórios de Termodinâmica e Biotecnologia do departamento de Engenharia química, presente no Campus I – UFPB em João Pessoa/PB.

4.1 MATERIAIS

O iogurte foi obtido comercialmente utilizando o iogurte natural parcialmente desnatado da marca ISIS e o leite integral Natville foram compradas no Assaí atacadista na cidade de João Pessoa-PB. Foram adquiridos dois agentes carreadores a maltodextrina 20 DE e a goma arábica da marca Pryme Foods, ambas compradas na loja online SO INSUMOS, distribuidora de matéria-prima, presente em Socoraba-SP.

A produção do iogurte natural utilizado como matéria-prima para a atomização foi realizada de forma cuidadosa e precisa para assegurar a qualidade final do produto. O processo começou com a mistura de 1 litro de leite fresco e um copo de iogurte natural, que foram misturados e preparados em uma iogurteira.

A mistura dentro da iogurteira foi mantida em uma temperatura controlada de 37 graus Celsius, que foi mantida por 5 a 6 horas. Este período de incubação permitiu que ocorresse a fermentação do leite, transformando-o em iogurte. Após esse período, o iogurte foi transferido para a geladeira para esfriar e estabilizar antes do processo de atomização.

A preparação do iogurte natural foi realizada um dia antes do experimento, garantindo assim que o iogurte estivesse pronto e de boa qualidade para ser utilizado na produção de iogurte em pó. Esta etapa foi fundamental para o sucesso do processo de atomização e para a obtenção do produto com as características desejadas.

4.1.1 PREPARAÇÃO DO IOGURTE NATURAL COM ADIÇÃO DOS AGENTES CARREADORES

Para a obtenção das diferentes soluções foi necessário realizar a mistura entre diferentes porcentagens de maltodextrina, goma arábica e iogurte natural. Inicialmente urgiu a necessidade de realizar o cálculo dos sólidos totais do iogurte natural e adicionar os agentes carreadores, com o objetivo de obter uma solução que contenha uma porcentagem de sólidos totais em torno de 25%, para que, então, seja possível realizar a secagem de forma satisfatória com as soluções desejadas no Spray Dryer (SANTOS et al., 2014).

4.1.2 SÓLIDOS TOTAIS DO IOGURTE

Para determinar qual o valor dos sólidos totais do iogurte natural, foram separadas 10 gramas do iogurte natural em 3 Beckers identificados e colocados em uma estufa durante o período de 24 horas a uma temperatura de 105ºC. O que foi obtido é uma matéria que não contenha água e outros componentes voláteis à uma temperatura inferior a pré-fixada na estufa, resultando em um conjunto de substâncias fisiológicas ativas ou não ativas como proteínas, lipídeos, sais minerais, entre outros (CHAVES et al., 2004).

A determinação da concentração de componentes sólidos presentes no iogurte natural foi conduzida utilizando a metodologia desenvolvida pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Primeiramente, o peso das amostras líquidas de iogurte natural foi determinado e, em seguida, estas foram submetidas à secagem completa em uma estufa modelo SP-102/27 da marca SPLABOR, mantida à temperatura constante de 1055°C por um período de 26 horas. A porcentagem de sólidos totais foi então obtida por meio da aplicação da Equação 2.

$$Sólidos\ totais = \frac{massa\ da\ solução}{massa\ pós\ estufa}\% \qquad (1)$$

Foram adicionados os agentes carreadores (goma arábica e maltodextrina) ao iogurte natural e logo em seguida agitado com o agitador mecânico FISATAM de acordo com a porcentagem de sólidos totais (10,38% iogurte ± 15,01% de agentes

carreadores; 10,38% iogurte ± 16,01% de agentes carreadores; 10,38% iogurte ± 16,81% de agentes carreadores) previamente determinados. A Tabela 1 apresenta as informações referentes às condições das soluções utilizadas e as porcentagens dos agentes carreadores empregados baseado no trabalho de Santos (2017).

TABELA 1 - Soluções para secagem com adição dos agentes carreadores

Condição	**Sólidos Totais do Iogurte Natural**	**Maltodextrina**	**Goma Arábica**	**% Sólidos Totais***
I*n Natura*	10,38%	-	-	-
Solução 1	10,38%	14,61%	0,40%	25,39%
Solução 2	10,38%	15,61%	0,32%	26,31%
Solução 3	10,38%	16,61%	0,20%	27,19%

*Percentual de sólidos totais ideais para inicial o processo de secagem

Fonte: Autor

As soluções com iogurte, maltodextrina e goma arábica foram preparadas com o auxílio de agitador mecânico Fisatom modelo 713D em uma rotação de 880 rpm até que toda a maltodextrina e goma arábica fossem dissolvidas totalmente, como mostra a Figura 1.

FIGURA 1 - Preparo da solução para secagem com agitador mecânico de laboratório

Fonte: Autor

Portanto, ao decorrer deste trabalho, sempre que comentarmos sobre soluções estamos falando sobre as citadas na (Tabela 1).

Para a secagem em Spray Dryer foram utilizadas as soluções citadas na Tabela 1, com as seguintes condições operacionais citadas na Tabela 2, de acordo com as condições referente ao trabalho de (Almeida;Silva; Sivini, 2021).

TABELA 2 - Condições de secagem do spray dryer

Condições De Operação	**Valores**
Temperatura Do Iogurte (ºc)	20
Vazão Do Soprador (M^3/Min)	2,9
Vazão Do Pulverizador De Ar Comprimido (L/Min)	35
Vazão De Alimentação (L/H)	1
Temperatura De Entrada (ºc)	150
Pressão (Bar)	2,5

Fonte: Autor

No processo de secagem, optou-se por empregar o equipamento de secagem por pulverização em escala piloto, conhecido como Spray dryer, com o modelo específico denominado LM – SD 5.0, a fim de assegurar resultados laboratoriais otimizados.

FIGURA 2 - Spray dryer

Fonte: Autor

4.1.3 ARMAZENAMENTO DO IOGURTE EM PÓ

O iogurte em pó foi armazenado em potes de plástico com tampa, etiquetados e guardados sob congelamento a uma temperatura média de -18ºC para seguir para a etapa da caracterização físico-química.

4.1.4 ETAPAS DO PROCESSAMENTO

É importante distinguirmos as diferentes variáveis do trabalho, com o objetivo de não gerar confusão entre os diferentes tipos de amostras obtidos. Sempre que estivermos falando de **Iogurte natural**, é referente ao iogurte sem nenhuma adição laboratorial de agentes carreadores. Ao comentarmos sobre **Soluções** é referente a uma mistura entre o iogurte natural e os agentes carreadores maltodextrina e goma arábica. **Iogurte em pó**, por outro lado, é o iogurte atomizado após passar pelo Spray dryer. Ao citar **iogurte reidratado** é quando homogeneizamos o **iogurte atomizado** com água destilada de modo que fique com a mesma quantidade de água que o iogurte natural, ou seja, reidratar o iogurte em pó de modo que adquira a mesma quantidade de água que o iogurte líquido . A Tabela 3 mostra a descrições citadas acima.

TABELA 3 - Descrição de amostras

Amostras	**Descrição**
Iogurte Natural	Iogurte natural sem agente carreador
Solução 1	Iogurte natural com agente carreador (14,61% maltodextrina e 0,40% de goma arábica)
Solução 2	Iogurte natural com agente carreador (15,61% maltodextrina e 0,32% de goma arábica)
Solução 3	Iogurte natural com agente carreador (16,61% maltodextrina e 0,20% de goma arábica)
Pó 1	Iogurte natural em pó com agentes carreadores da Solução 1
Pó 2	Iogurte natural em pó com agentes carreadores da Solução 2

Pó 3	Iogurte natural em pó com agentes carreadores da Solução 3
Pó Resíduo	Iogurte natural em pó com agentes carreadores da Solução 1 obtido da raspagem do equipamento
Iogurte Reidratado 1	Iogurte em pó obtido da (Solução 1) e reidratado com 74,61% de água destilada.
Iogurte Reidratado 2	Iogurte em pó obtido da (Solução 2) e reidratado com 73,69% de água destilada.
Iogurte Reidratado 3	Iogurte em pó obtido da (Solução 3) e reidratado com 72,81% de água destilada.
Resíduo Reidratado	Resíduo do Iogurte em pó obtido da (Solução 1) e reidratado com 74,61% de água destilada.

Fonte: Autor

4.1.5 RENDIMENTO DO PROCESSO

Para calcular o rendimento utilizou-se como base as massas do iogurte atomizado obtida, divido pela quantidade em massa de sólidos totais das soluções, conforme mostrado na seguinte equação:

$$Rendimento = \frac{massa\ total\ atomizada}{massa\ solidos\ totais\ solução}\% = \frac{m_{ta}}{m_{st}}\% \qquad (2)$$

Com isso, podemos obter o resultado do rendimento do iogurte atomizado, esse passo é importante na indústria para calcular o controle de custos, a garantia de qualidade e realizar o planejamento de produção. Importante resaltar que o rendimento foi calculado apenas para a solução 1.

4.1.5.1 IOGURTE EM PÓ REIDRATADO

Para a reidratação das amostras foi necessário conhecer inicialmente os sólidos totais do iogurte da ordem de 10,38% (acrescido de 14,61%, 15,61% e 16,61% de maltodextrina) e goma arábica (0,40%, 0,32% e 0,20%), respectivamente, resultando em teores de sólidos totais de 25,39%, 26,31% e 27,19%, conforme mostra

a Tabela 4. O iogurte reidratado é obtido colocando água destilada no iogurte em pó até restaurar a água perdida no processo de secagem. A reidratação foi realizada utilizando o teor de sólidos totais do iogurte natural 10,38%, acrescido de 14,61% de maltodextrina e 0,40% de goma arábica, resultando na amostra "Iogurte reidratado 1" com 25,39% de sólidos totais e 74,61% de água destilada. Os “Iogurte reidratado 2 e 3” foram obtidos a partir do mesmo procedimento, resultando em teores de sólidos totais de 26,31% e 27,19%, respectivamente, e adição de água destilada de 73,69% e 72,81%. Além disso, também foi realizada a reidratação do resíduo da atomização da ‘’solução 1’’, que apresentou teor de sólidos totais de 25,39% e adição de água destilada de 74,61%.

TABELA 4 - Composição das reidratações

	% De Sólidos Totais Do Iogurte Com Agentes Carreadores	**% Água**
Iogurte Reidratado 1	25,39%	74,61%
Iogurte Reidratado 2	26,31%	73,69%
Iogurte Reidratado 3	27,19%	72,81%
Resíduo Reidratado	25,39%	74,61%

Fonte: Autor

4.2 CARACTERIZAÇÃO FISICO-QUÍMICA

As amostras em pó foram utilizadas para o estudo das características físico-químicas. As análises físico-químicas determinadas foram sólidos totais, umidade, atividade de água, pH, °Brix, cinzas, FRX e Granulometria, realizadas em triplicata, com exceção do FRX e granulometria. Desta forma, as que foram realizadas em triplicata foram analisados estatisticamente através do teste Tukey, com nível de confiança de 95% ($p \leq 0,05$) através do programa computacional Origin Pro® 2022. Os dados foram expressos como médias seguidas por letras que quando localizadas na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si.

4.2.1 UMIDADE

A Umidade foi realizada segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), pelo método gravimétrico em estufa a 105ºC, durante 26 horas até o peso ficar

constante. Foram pesadas 1 grama de cada amostras e anotadas as massas tanto de entrada quanto de saída da estufa, e assim, a partir da diferença entre as amostras é possível identificar a quantidade de água que foi evaporada durante o processo. Este processo foi realizado em triplicata para todas as amostras. Após retiradas da estufa as amostras foram resfriadas até atingir temperatura ambiente em dessecador com sílica em gel e pesadas em balança analítica.

O teor de umidade foi determinado de acordo com a Equação 3.

$$\%\, umidade\ = \frac{N}{P}\ x\ 100 \quad (3)$$

Onde *N* é a massa em gramas de umidade (perda de massa) e P é a massa em gramas da amostra.

4.2.2 ATIVIDADE DE ÁGUA

Para obter um resultado quantitativo da atividade de água foi necessária a utilização de um medidor Novasina LabMaster-aw High Presicion Water Activity, em uma temperatura média de 30ºC com os valores corrigidos pela temperatura.

FIGURA 3 - Medidor de atividade de água labmaster-aw

Fonte: Próprio autor

4.2.3 pH

Um excelente aferidor de pH é o pHmetro Analyser, de modelo pH 300, que foi o utilizado para determinar os valores de acidez das amostras analisadas. O instrumento determinou o pH do iogurte natural, das Soluções 1, 2 e 3 e, até mesmo, dos Iogurtes reidratados 1, 2 e 3 e também do Resíduo reidratado da Solução 1.

FIGURA 4 - PHmetro analyser

Fonte: Autor

4.2.4 °BRIX

Para a aferição do °Brix foi utilizado o refratômetro Abbe digital de bancada Nova WYA – 2S. O instrumento determinou os sólidos solúveis do iogurte natural, das soluções e, até mesmo, dos reidratados.

A aferição do °Brix foi realizada em várias amostras, de acordo com Lutz (1985), devemos utilizar 9 ml de água destilada acrescidos de 1 g de iogurte em pó,

formando uma mistura homogênea e , após a homogeneização, as leituras dos °Brix das amostras foram realizadas e, devido à diluição, os resultados foram multiplicados por 10. Este procedimento foi repetido três vezes, garantindo a precisão dos resultados obtidos através de uma análise triplicada e a segunda metodologia realizada através das reidratações das amostras em pó descrito na Tabela 4.

Além disso, foram determinados o °Brix do iogurte natural, das Soluções 1, 2 e 3 e, até mesmo, dos Iogurtes reidratados 1, 2 e 3 e do resíduo reidratado da Solução 1.

4.2.5 CINZAS

Para a análise das Cinzas, seguimos a metodologia delineada pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Nesse processo, foram coletados cinco gramas de cada solução, que foram subsequentemente inseridos em um forno mufla, mantido a uma temperatura constante de 550ºC por um período de 4 horas. Após esse procedimento, aguardamos um intervalo de 24 horas para permitir o resfriamento das amostras e sua remoção da estufa.

A determinação da quantidade de cinzas presentes foi realizada calculando-se a diferença entre a massa inicial e a massa final das amostras após o tratamento na mufla.

A pesagem das amostras foi conduzida com o auxílio de uma balança analítica de laboratório da marca EVEN, modelo PQWT-PQA.

$$\%cinzas = \frac{1-(massa\ entrada - massa\ de\ saída)}{massa\ de\ entrada} * 100 \quad (4)$$

4.2.6 FRX

Para realizar a análise dos elementos minerais presentes no iogurte em pó, utilizou-se a técnica de Fluorescência de Raios X. Para isso, foi necessário preparar

as amostras utilizando uma prensa hidráulica da marca Shimadzu, que permitiu a formação de pastilhas compactas e homogêneas.

A técnica de Fluorescência de Raios X (FRX) é baseada na irradiação de uma amostra com um feixe de Raios X primário, o que causa a emissão de Raios X fluorescentes com energias características dos elementos presentes na amostra. Isso possibilita a análise qualitativa e quantitativa dos elementos presentes. Para realizar essa análise, utilizou-se o Espectrômetro Sequencial de Fluorescência de Raios X por Comprimento de Onda XRF-180.

4.2.7 GRANULOMETRIA

A técnica de análise granulométrica por difração de laser utiliza o método de dispersão de partículas e medida óptica por difração de laser, conforme apontado por Ferreira (2005) e Nunes (2019). Nessa abordagem, a difração do laser é diretamente proporcional à distribuição de tamanhos de partículas, o que torna esse método popular para a caracterização de distribuições de tamanho de partículas dispersas tanto em meio líquido quanto em forma de pó seco. Além disso, essa técnica é de fácil operação e oferece rápida análise, além de ter uma ampla faixa de tamanhos.

Para realizar as análises, utilizou-se o equipamento CILAS 1090LD, que opera no modo seco e emprega uma calha com vibração mecânica (55 Hz e ciclo de trabalho de 55%) para escoar os pós, que são, em seguida, dispersos por jato de ar comprimido com 2500 mb de pressão, durante um período de 15 segundos. A coleta de dados dura 5 segundos e a análise abrange a faixa de 0,1 a 500 mícrons, sendo realizada em todas as amostras.

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

5.1 SÓLIDOS TOTAIS

Os resultados referentes ao percentual de sólidos totais encontrados no iogurte in natura são de extrema importância para saber o quanto de sólidos totais referente ao agente carreador será adicionado para obter o iogurte em pó em spray dryer. A Tabela 5 apresenta os valores do teor de sólidos totais do iogurte natural, com ela podemos determinar a quantidade de aditivos a serem utilizados. Segundo o estudo de (Almeida;Silva; Sivini, 2021) considerando o mínimo necessário para a secagem em spray dryer de 22% de sólidos totais, é fundamental realizar uma análise cuidadosa dos resultados para garantir a eficácia do processo.

TABELA 5 - Triplicata do teor de sólidos totais do Iogurte natural

Amostras	Massa da Solução	Massa da Solução Após Estufa	% Sólidos Totais
Amostra A	10,0093	1,0372	10,36%
Amostra B	10,0049	1,0376	10,37%
Amostra C	10,0496	1,0446	10,39%

Fonte: Autor

Foi, portanto, realizado uma média dos valores de sólidos totais das amostras e determinamos 10,38% de sólidos totais no iogurte natural. Monsalve-Atencio (2021), obteve durante seus estudos do efeito de aditivos para o iogurte em pó uma quantidade de sólidos totais de aproximadamente 10%, corroborando com os resultados obtidos dos sólidos totais do iogurte in natura.

5.2 RENDIMENTO

O rendimento obtido no processo de secagem doi realizado apenas para o iogurte da Solução 1 (que incluiu 14,61% de maltodextrina e 0,40% de goma arábica), atingiu 61,46%. No estudo realizado por Dittrich (2014), que continha diferentes condições iniciais de secagem, obteve um resultado de 76,6% do iogurte natural, se aproximando do obtido neste experimento. Teodoro (2016), deixa explicito que os

aditivos utilizados e as condições podem explicar a diferença entre o rendimento de Dittrich (2014) e o deste trabalho.

5.3 UMIDADE

A umidade dos pós foi obtida após a secagem em spray dryer para as Soluções 1, 2, 3 e Resíduo, onde obtivemos os seguintes resultados de umidade que variaram de 1,4735 ± 0,4053% a 3,0477 ± 0,1550% mostrados na Tabela 6.

TABELA 6 - Teor de umidade dos pós obtido após a secagem em spray dryer das Soluções 1, 2, 3 e resíduo

Pós	Umidade (%)
Solução 1	$1,4735 \pm 0,4053^{C}$
Solução 2	$1,6340 \pm 0,1159^{B,C}$
Solução 3	$3,0477 \pm 0,1550^{A}$
Resíduo	$2,3436 \pm 0,2530^{A,B}$

Médias seguidas por mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si (p>0,05) pelo teste de Tukey

Fonte: Autor

Pode-se notar através da Tabela 6 que à medida que a composição dos agentes carreadores das Soluções (1, 2 e 3) vão aumentando os teores de umidade das Soluções (1, 2 e 3) também aumentaram e o resíduo, proveniente da raspagem da secagem da Solução 1, apresentou um teor de umidade maior que ao pó da Solução 1. Perceba que, de a cordo com Teodoro (2016), devido as soluções terem diferentes parâmetros como tamanho de partícula decorrente das diferentes quantidades de agentes carreadores, a umidade das amostras se apresentou diferente em cada caso.

Santos (2017) obteve uma umidade para um iogurte atomizado (0,6 % de goma arábica, 15 % de maltodextrina), do valor de 2,94 ± 0,57. Em nosso experimento obtivemos resultados próximos que ficam dentro da estimativa que Santos (2017) apresentou, reforçando assim a umidade obtida nas soluções de iogurte atomizada deste trabalho.

Em resumo, com base nos resultados do teste Tukey e nos valores de umidade fornecidos na Tabela 6, podemos concluir que a umidade da Solução 3 é significativamente diferente (p≥0,05) das umidades das Soluções 1 e 2, enquanto o Resíduo também difere significativamente (p≥0,05) das Soluções 1 e 2, e para a Solução 3 não apresenta diferenças significativas (p>0,05). No entanto, não há diferença estatisticamente (p>0,05) significativa entre as umidades das Soluções 1 e 2. A abertura do spray dryer para raspagem do resíduo pode ter afetado a umidade da amostra e, portanto, resultando em um efeito quantitativo diferente estatisticamente das outras soluções, principalmente da solução 1.

5.4 ATIVIDADE DE ÁGUA

Os valores da atividade de água para os pós obtidos das Soluções 1, 2, 3 e o Resíduo apresentam resultados de 0,150 ± 0,006 a 0,271 ± 0,001, conforme meticulosamente detalhados na Tabela 7, esses experimentos apresentam valores ideais para estabilidade e conservação do produto em pó. De acordo com uma resposta Técnica realizada pelo SENAI (2013), somente a diminuição de água livre não é suficiente para prolongar a vida-de-prateleira de um alimento, por exemplo: pode-se reduzir a atividade de água (aw) até 0,6 para impedir a atividade de fungos, leveduras e bactérias.

TABELA 7 - Atividade de água dos pós obtido após a secagem em spray dryer das Soluções 1, 2, 3 e Resíduo

Pós	Atividade De Água
Solução 1	$0,150 \pm 0,006^{A}$
Solução 2	$0,089 \pm 0,000^{B}$
Solução 3	$0,113 \pm 0,009^{C}$
Resíduo	$0,271 \pm 0,001^{D}$

Médias seguidas por mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si (p>0,05) pelo teste de Tukey

Fonte: Autor

Ao analisar a Tabela 7 de atividade de água, observamos que é um comportamento sem padrão definido, ou seja, à medida que a umidade é alterada entre as Soluções 1, 2 e 3, Tabela 6, a atividade de água não acompanha a mudança.

De acordo com Ambros (2018), à medida que a atividade de água aumenta, a umidade da solução também tende a aumentar, no entanto, esse comportamento não foi observado nas Soluções 1, 2 e 3. Teodoro (2016) explica que as mínimas variações na solução de entrada em parâmetros como temperatura de entrada, tipos e condições de atomização podem ter afetado as características do pó atomizado.

Em um estudo conduzido por Felfoul et al. (2020) o qual estuda o impacto das condições de secagem por pulverização nas propriedades físico-químicas e capacidade de reidratação do leite de dromedário desnatado e leite em pó de vaca, obteve-se uma atividade de água de 0,4 quando seco por atomização à 75ºC, se aproximando do que obtivemos no iogurte natural a partir do leite de vaca.

Analisano estatisticamente a Tabela 7 é possível observar que todas as amostras divergem estatisticamente (p≥0,05) entre si.

5.5 PH

A Tabela 8 apresenta os resultados do pH que variam entre 4,4266 ± 0,0155A e 5,3733 ± 0,1171A entre o iogurte natural, as Soluções 1, 2 e 3 e resíduo com adição dos agentes carreadores e do iogurte em pó reidratado. Perceba que, de forma curiosa, as soluções de iogurte com agentes carreadores foram os únicos casos em que obtivemos um pH mais ácido, contendo uma diferença positiva em relação ao iogurte natural.

TABELA 8 - Valor do pH das amostras

	PH Das Amostras
Natural	$4,6630 \pm 0,0410^{A1}$
Solução 1	$4,4366 \pm 0,0321^{A1}$
Solução 2	$4,4266 \pm 0,0155^{A1}$
Solução 3	$4,4566 \pm 0,0208^{A1}$
Iogurte Reidratado 1	$5,1966 \pm 0,0665^{A2}$
Iogurte Reidratado 2	$4,9433 \pm 0,0602^{B2}$
Iogurte Reidratado 3	$4,9466 \pm 0,0305^{C2}$

Resíduo Reidratado	$4,9100 \pm 0,0435^{B2}$

Os indices1, 2 e 3 na tabela representam os testes Tukey para cada amostras: Solução1, Metodologia2 e Reidratado3. Médias seguidas por mesma letra na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si (p≥0,05) pelo teste de Tukey

Fonte: Autor

Rathi et al. (1990) observou nos seus estudos sobre liofilização de iogurte, onde reconstituíram numa proporção de 5g de pó para 20ml de água possuía um pH próximo à 4,37. Em comparação, a metodologia de reidratação que fizemos conseguimos obter valores entre 4,9100 e 5,1966, ou seja, próximos aos praticados neste estudo.

O estudo conduzido por Rodas et al. (2001) analisou 136 amostras de iogurtes com frutas de 8 diferentes marcas, a fim de determinar os valores de pH presentes nesses produtos. Segundo os resultados, verificou-se que os iogurtes apresentaram pouca variação no pH, sendo o menor valor de 3,89 e o maior valor de 4,08. No entanto, todos os valores estavam dentro do limite adequado de pH para o crescimento normal das bactérias lácticas, que é entre 3,6 a 4,3, sem prejuízo para a qualidade do produto.

Durante o teste Tukey, as amostras foram comparadas conforme seu índice numérico, ou seja, a percepção se as amostras diferem estatisticamente são agrupadas por fase de aferição. Nesse contexto, o Iogurte Natural e as Solução 1, 2 e 3 não diferem estatísticamente (p≥0,05). Enquanto que, ao comparar teste tukey das amostras de Iogurte Reidratado todas diferem estatisticamente (p>0,05).

5.6 ºBRIX

A Tabela 9 mostra os valores de °Brix obtidos para o Iogurte Natural, Solução 1, 2 e 3 com adição dos agentes carreadores e do iogurte em pó reidratado através de duas metodologias (chamada de metodologia para a solução 1,2, 3 e resíduo e Iogurte em pó Reidratado 1, 2 , 3 e Resíduo Reidratado) perceba que a tabela apresentou resultado de 7,2 para o iogurte natural e de 19,3333 até 25,9000 compreendendo entre as Soluções e o produto em pó reidratado e resíduo. Pode-se observar que as soluções 1, 2 e 3 com adição de agentes carreadores, quando submetido a secagem em spray dryer para obter o produto em pó, apresentam

pequenas diferenças nos resultados do °Brix quando comparado com o iogurte reidratado 1, 2 e 3. Segundo (Costa, 2017) comparando os iogurtes reidratados provenientes dos dois processos: *cast-tape drying* e o liofilizado, com o iogurte natural (matéria prima), verifica-se que os iogurtes reconstituídos se encontram dentro dos parâmetros mínimos definidos pela legislação brasileira.

TABELA 9 - Valores de °Brix das amostras

	°Brix das amostras				
	Natural	1	2	3	Resíduo
Solução	7,2000 ± 0,0000^{A1}	20,3000 ± 0,0000^{B1}	19,3333 ± 0,4041^{C1}	22,5000 ± 0,5196^{D1}	
Metodologia		87,7666 ± 1,0785^{A2}	93,0000 ± 0,0000^{B2}	96,0000 ± 0,0000^{C2}	88,0000 ± 2,0000^{C2}
Reidratado		23,5333 ± 0,1527^{A3}	24,2333 ± 0,6027^{B3}	25,9000 ± 0,0000^{B3}	22,6333 ± 0,1154^{C3}

Os indices1, 2 e 3 na tabela representam os testes Tukey para cada amostras: Solução1, Metodologia2 e Reidratado3. Médias seguidas por mesma letra na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si (p≥0,05) pelo teste de Tukey

Fonte: Autor

Os resultados obtidos neste estudo, que abrangem as Soluções 1, 2, 3 e Resíduo, variando de 87,7666 a 96,0000, estão em consonância com pesquisas anteriores conduzidas por (Almeida;Silva; Sivini, 2021), evidenciando que a inclusão de maltodextrina pode notavelmente ampliar o conteúdo de sólidos solúveis em amostras atomizadas.

Durante o teste Tukey, as amostras foram comparadas conforme seu índice numérico, ou seja, a percepção se as amostras diferem estatisticamente são agrupadas por fase de aferição. Nesse contexto, é possível dizer que o iogurte natural difere estatisticamente (p≥0,05) de todas as soluções com aditivos de iogurte e que elas também diferem entre si. Perceba, também, que para a metodologia de aferição °Brix, as Metodologias 1 e 2 diferem estatísticamente (p≥0,05) enquanto que, entre a metodologia 3 e resíduo não apresentam diferença estatística (p>0,05). Para as amostras reidratadas, o Reidrato 1 diferem estatísticamente (p≥0,05) das outras amostras. Por outro lado, comparando o iogurte Reidratado 2 e 3 não apresentam diferença estatística (p>0,05).

5.7 CINZAS

A Tabela 10 mostras os resultados obtidos para as cinzas referente as amostras do pó obtido após a secagem em spray dryer das Soluções 1, 2 e 3. Perceba que os valores de Cinzas contemplaram valores entre 4,25 ± 0,0104 % e 5,04 ± 0,0171 %.

TABELA 10 - Valores do teor de cinzas das amostras em pó das soluções 1, 2 e 3

Amostras em pó	**Solução 1**	**Solução 2**	**Solução 3**
Cinzas (%)	$4,25 \pm 0,0104^{A}$	$5,04 \pm 0,0171^{A}$	$4,60 \pm 0,0053^{A}$

Fonte: Autor

Esses resultados dos teores das cinzas obtidos no presente trabalho em que os sólidos totais de 10,38% do próprio iogurte in natura para cada solução (acrescido de 14,61%, 15,61% e 16,61% de maltodextrina) e goma arábica (0,40%, 0,32% e 0,20%), respectivamente, estão parecidos com os resultados encontrados no estudo de Santos (2017) na secagem de iogurte por atomização e liofilização foi observado que para o iogurte atomizado sem aditivos o teor de cinzas foi de 6,15 ± 0,20, para o iogurte atomizado com adição de agentes carreadores de (0,6 % de goma arábica, 15 % de maltodextrina) foi 3,06 ± 0,31, o iogurte liofilizado sem aditivos foi de 5,92 ± 0,26 e para o iogurte liofilizado com aditivos de (0,6 % de goma arábica, 15% de maltodextrina) foi de 3,10 ± 0,18.

Krasaekoopt; Bhatia (2012) comentam que a média de cinzas encontradas em iogurte em pó comercial é de 8,0% de cinzas, se aproximando aos valores que obtivemos entre os intervalos de 4,24% e 5,04%.

Perceba que, analiticamente falando, não houve uma mudança expressiva nas cinzas encontradas entre as diferentes amostras. Isto sugere que a quantidade dos aditivos utilizados nas soluções não obteve diferença significativa estatística ($p>0,05$) para alterar as cinzas do iogurte atomizado.

5.8 FRX

A espectrometria de Fluorescência de Rios-X (FRX) foi realizada para determinação de minerais para as amostras em pó obtida através da secagem em spray dryer das Soluções 1, 2 e 3, onde a Tabela 11 a seguir demostra os resultados obtidos.

TABELA 11 - Composição qualitativa das amostras em pó das soluções 1, 2 e 3

Analito	**Solução 1**	**Solução 2**	**Solução 3**
Na_2O	46,9759%	46,1866%	46,8139%
CaO	17,1191%	17,6569%	15,9683%
K_2O	13,7995%	13,8081%	12,9577%
P_2O_5	12,3460%	10,9005%	12,1988%
SO_3	4,0981%	4,1488%	4,4487%
SiO_2	1,0916%	1,6124%	2,8724%
Fe_2O_3	0,1724%	0,2365%	0,3176%
CuO	0,0795%	0,0209%	0,0163%
ZnO	0,0440%	0,0437%	0,0384%
Br	0,0230%	0,0323%	0,0192%
CO_2	0,0000%	0,0000%	0,0000%
Ta_2O_5	0,0000%	0,3143%	0,2888%
PF (%)	95,7490%	94,9609%	95,9400%

Fonte: Autor

Para as três amostras de pós foram encontrados um maior percentual de óxido de sódio Na_2O (entre 46,9759% e 46,1866%), óxido de cálcio CaO(entre 15,9683% e 17, 6569% e), óxido de potássio K_2O (entre 12,9577% e 13, 8081%) e fosfato P_2O_5 (entre 10,9005% e 12,3460%).

Segundo Robert (2008) entre os minerais presentes no iogurte, podem ser citados: cálcio, fósforo, cloro, sódio, potássio e magnésio em teores consideráveis, e ferro, alumínio, bromo, zinco e manganês em baixos teores. Em um estudo realizado por Nilva et al. (2001), onde é feito a aferição das composições minerais do iogurte natural e saborizados, são encontrados em maior quantidade o potácio K, o cálcio Ca

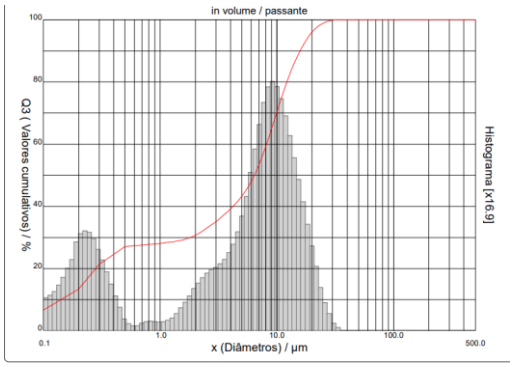
e o fósforo P enquanto que, para as amostras deste trabalho a maior concentração é de óxido de sódio Na_2O.

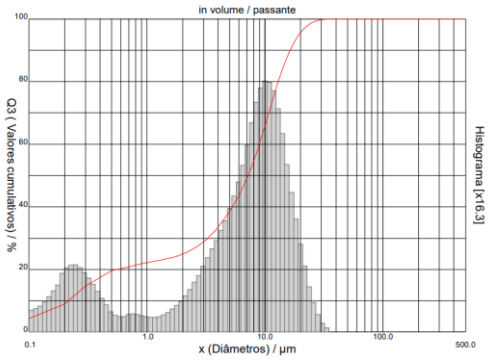
Para comparação dos minerais encontrados, Marcovecchio et al. (2016) em seus estudos sobre os elementos minerais em alimentos, monta uma tabela descritiva dos minerais encontrados no leite de vaca e outros animais, é perceptível, portanto, que o mineral que se encontra em maior concentração no leite de vaca é o potássio K, cálcio Ca e fósforo P enquanto que, para a Solução 1 a maior concentração é de o óxido de sódio Na_2O, óxido de cálcio CaO e óxido de potássio K_2O.

5.9 GRANULOMETRIA

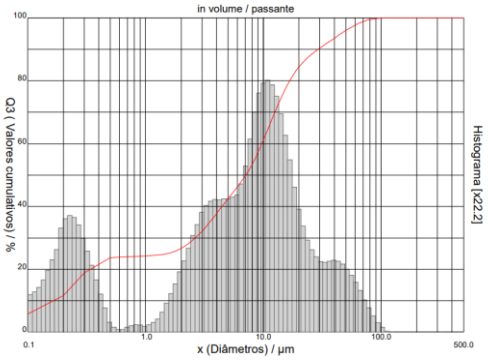
O Gráfico 1 (a), (b), (c) e (d) mostram os gráficos das análises granulométricas das amostras em pó das Soluções 1, 2, 3 e Resíduo.

GRÁFICO 1 - Granulometria das amostras em pó: (a) Solução 1, (b) Solução 2, (c) Solução 3 e (d) Resíduo

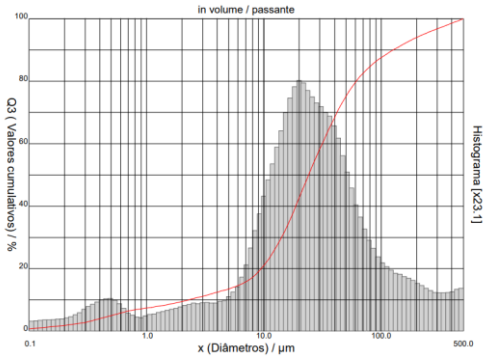




(b)



(c)



(d)

Fonte: autor

Os gráficos resultantes da análise granulométrica revelam um padrão bimodal na distribuição de partículas, exibindo dois picos maiores distintos que representam as predominâncias de tamanhos de partículas diferentes. O primeiro pico corresponde às partículas menores, enquanto o segundo maior pico representa as partículas maiores, demonstrando a predominância de cada categoria de tamanho, respectivamente. O mesmo comportamento de gráfico foi observado no estudo de Triboli (2014) na secagem do iogurte com adição de agentes carreadores em Spray dryer de disco em escala piloto quando utilizado na temperatura de 160°C verificou também uma tendência na formação de distribuição bimodal.

A predominância do tamanho dos diâmetros para as partículas dos pós das Soluções 1, 2, 3 e Resíduo da Solução 1 são apresentados na Tabela 12 os diâmetros a 10% foram de aproximadamente 0,14 a 2,29 µm, enquanto os diâmetros a 50% foram 6,38 a 24,07 µm e os diâmetros a 90% foram de 15,78 a 126,40 µm. Os diâmetros médios das partículas, onde variam entre 7,04 µm e 51,53 µm. Santos (2017) com seu iogurte atomizado aditivado (0,6 % de goma arábica, 15 % de maltodextrina) apresentou 90% das partículas com tamanho ≤ 28,09 µm e diâmetro médio de 19,53 µm, para o estudo atual entre as soluções 1, 2 e 3 foram observados o menor diâmetro médio com distribuição de partículas com tamanho variando de 7,04, 7,77 e 11,55 µm.

O tamanho médio das partículas também corrobora com o estudo de Ray et al. (2016), sobre uma visão geral da encapsulação de compostos ativos usados em alimentos produzidos por tecnologia de secagem (Spray drying e outros), onde ele aponta que os valores obtidos neste estudo (entre 7,04 µm e 51,53 µm) estão dentro da faixa de valores ideais para spray drying (tamanho da partícula 3-100 µm).

TABELA 12 - Tabela com diâmetro de 10%, 50%, 90% e médio de partícula das Soluções 1, 2, 3 e resíduo da Solução 1 apresentado pelo CILAS 1090LD

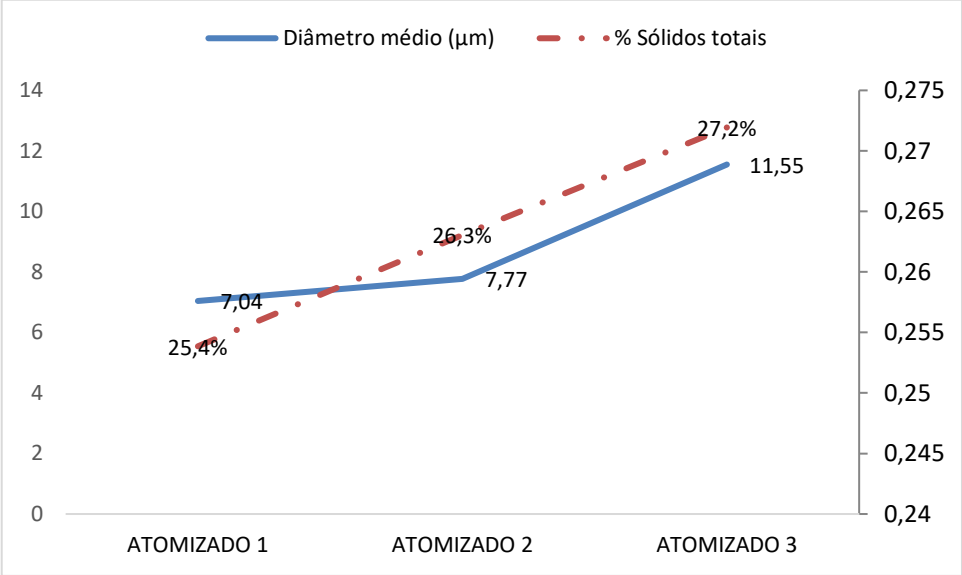
Amostras em Pó	Diâmetro a 10%	Diâmetro a 50%	Diâmetro a 90%	Diâmetro médio (µm)
Solução 1	0,14	6,38	15,78	7,04
Solução 2	0,22	7,17	16,34	7,77

Solução 3	0,16	7,07	29,07	11,55
Resíduo da Solução 1	2,29	24,07	126,40	51,53

Fonte: Autor

Realizando um comparativo entre o diâmetro médio e os sólidos totais apresentados na Tabela 01, obtemos o seguinte gráfico:

GRÁFICO 2 - GRÁFICO COMPARATIVO DIAMETRO MÉDIO E SÓLIDOS TOTAIS



Fonte: Autor

Perceba que, em suas devidas proporções, à medida que os sólidos totais vão crescendo, o diâmetro médio das partículas também aumenta de maneira singela. Teodoro (2016), elabora sobre como pequenas discrepâncias na formulação inicial, como o diâmetro da partícula, podem ter conduzido a desfechos distintos em comparação com os encontrados na literatura.

6 CONCLUSÕES

- A produção de iogurte em pó por meio da técnica de spray drying em escala piloto com temperatura de entrada de 150ºC, vazão de alimentação 1L/h e vazão do soprador 2,9 m3/min foi concluída com sucesso, resultando em diâmetros de partícula ideais para o equipamento.
- As propriedades físico-químicas do iogurte atomizado (pH, granulometria, FRX, cinzas, ºBRIX, Atividade de água, umidade e sólidos totais) foram obtidas com sucesso.
- Os agentes carreadores utilizados (maltodextrina e goma arábica) são aditivos indicados para o iogurte natural, já que, não fizeram efeitos significativos nos parâmetros físico-químicos (pH, granulometria, FRX, cinzas, Atividade de água, umidade e sólidos totais) do iogurte atomizado.

A secagem por spray dryer é uma técnica indicada para produzir iogurte em pó, já que, com um rendimento de 61,46% e adição dos aditivos maltodextrina e goma arábica foi uma escolha sugerida, uma vez que as propriedades físico-químicas obtidas confirmam a manutenção de parâmetros como pH (entre 4,91 e 5,19), granulometria (diamêtro médio entre 7,04 e 51,53 µm), FRX (maior percentual de Na_2O entre 46,18% e 46,97% e CaO entre 15,96% à 17,65%), cinzas (entre 4,25% e 5,04%), atividade de água (entre 0,089 e 0,271), umidade (entre 1,47% e 3,04%), sólidos totais (10,38%), °Brix das amostras reidratadas (entre 22,63 e 25,90). Essa constância nessas características essenciais torna o produto atraente para o mercado de inovação em produtos lácteos, reforçando a qualidade e consistência do produto final.

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T. C de; SILVA, V. A.; FERREIRA, H. S. Efeito do agente carreador na obtenção e caracterização do suco da laranja (citrussinensis) por atomização. Research, Society and Development, v. 10, n. 2, e49410212739, 2021.

AMBROS, L. Isotermas de sorção de farinha de jabuticaba: determinação experimental e avaliação de modelos matemáticos. Trabalho de Diplomacia em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

AROUTCHEVA, A. et al. Defense factors of vaginal lactobacilli. American Journal of Obstetrics and Gynecology, v. 185, n. 2, p. 375-379, 2001. DOI: 10.1067/MOB.2001.115867.

Archivos Latinoamericanos de Nutrición versión impresa ISSN 0004-0622versión On-line ISSN 2309-5806ALAN v.51 n.2 Caracas jun. 2001

AUNDHIA, C. J. et al. Spray drying in the pharmaceutical industry - A review. Indo American Journal of Pharmaceutical Research, v. 2, n. 1, p. 125-138, 2011.

BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; HOWES, T. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. Drying Technology, Philadelphia, v. 15, n. 2, p. 671-684, 1997. DOI: http://dx.doi.org/10.1080/07373939708917253.

C HAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco de acerola. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 4, n. 2, Paraíba, 2004.

ALMEIDA, Thais Cartaxo de. Efeito do agente carreador na obtenção e caracterização do suco da laranja (Citrus sinensis) por atomização. 2021. Research, Society and Development, v. 10, n. 2, e49410212739, 2021 DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12739

CASTRO-CISLAGHI, Fabiane Picinin de; FRITZEN-FREIRE, Carlise Beddin; SANTANNA, Ernani Sebastião. Potencial do soro de leite líquido como agente encapsulante de Bifidobacterium Bb-12 por spray drying: comparação com goma arábica, 2012.

COSTA, Josimária Dantas. Secagem de iogurte natural por cast-tape sob vácuo. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2017. 103p.

DANTAS, Priscylla Ventura de Sena. Influência do congelamento do suco e do fruto da laranja (Citrus sinensis) nas propriedades físico-químicas dos pós de suco obtidos por spray dryer. Universidade Federal da Paraíba, 2018.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS. Division of Food Science and Technology Fact Sheet CSIRO. 1995. Disponível em: [pathogen modeling program (pmp) online: water activity in food (usda.gov)]. Acesso em: 09/2023.

DESOBRY-BANON, S.; VETIER, N.; HARDY, J. Health benefits of yogurt consumption. A review. International Journal of Food Properties, v. 2, n. 1, p. 1-12, 1999.

DITTRICH, Paola. Estudo de secagem de iogurte com adição de fibras alimentares em atomizador semi-industrial, 2014. Disponível em: https://www.conic-semesp.org.br/anais/files/2015/trabalho-1000020618.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.

EMBRAPA. Princípios de secagem de alimentos. Documentos 276. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.

FELFOUL, I. et al. Impact of spray-drying conditions on physicochemical properties and rehydration ability of skim dromedary and cow's milk powders. Drying Technology, v. 40, p. 665-677, 2020. DOI: 10.1080/07373937.2020.1828448.

FELLOWS, P. J. Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FERREIRA, H. S. Obtenção de argilas organofílicas purificadas para uso em fluidos de perfuração base óleo. 2005. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2005. Disponível em: http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/10740?show=full.

PERES, Frederico; POLÔNIO, Maria Lúcia Teixeira. Consumo de aditivos alimentares e efeitos à saúde: desafios para a saúde pública brasileira. 2009.

FUJIL, I. A. Determinação de umidade pelo método do aquecimento direto – técnica gravimétrica com emprego do calor, 2005. Disponível em: <https://docplayer.com.br/11600781-1-determinacao-de-umidade-pelo-metodo-do-aquecimento-direto-tecnica-gravimetrica-com-emprego-do-calor.html>

GHARSALLAOUI, A. et al. Applications of spray drying in microencapsulation of food ingredients: an overview. Food Research International, v. 40, p. 1107-1121, 2007.

ISMAIL, A. F.; KHULBE, K. C.; MATSUURA, T. RO membrane characterization. In: Reverse Osmosis; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2019.

IYOTA, H.; INOUE, T.; YAMAGATA, J.; NISHIMURA, N. Effect of time-dependent humidity profiles from air to superheated steam on drying of a wetted starch sphere. Drying Technology, v. 26, p. 211-221, 2008. DOI: 10.1080/07373930701831598.

JAFARI, S. M. et al. Encapsulation Efficiency of Food Flavors and Oils during Spray Drying. Drying Technology, New York, v. 26, n. 7, p. 816–835, 2008.

JAIN, M.; LOHARE, G. B.; BARI, M. M.; CHAVAN, R. B.; BARHATE, S. D.; SHAH, C. B. Spray drying in pharmaceutical industry: A review. Research Journal of Pharmaceutical Dosage Forms and Technology, v. 4, n. 2, p. 74-79, 2011.

KRASAEKOOPT, W.; BHATIA, S. Production of yogurt powder using foam-mat drying. AU Journal of Technology, v. 15, n. 3, 2012.

LIEVENSE, L.; VAN'T RIET, K. Convective drying of bacteria. In: (Ed.). Biotechnics/Wastewater: Springer, 1994. p.71-89. LUTZ, I. A. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: ANVISA, 2008.

MARCOVECCHIO, J. Handbook of Mineral Elements in Food. John Wiley & Sons, 2015.

MONSALVE-ATENCIO, R. et al. Effect of the drying method and texture improvers on reconstitution behavior of yogurt powder: physical and microbiological properties. Vitae, v. 28, n. 2, e4, 2021. DOI: 10.17533/udea.vitae.v28n2a344985.

NGUYEN, P. T. et al. Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yogurt. Food Hydrocolloids, 2017.

NORMA TECNICA INTERNA SABESP. Sólidos – Método de ensaio. Revisão 1, São Paulo, 1999.

NUNES, Iara. Estudo do Armazenamento do Suco do Tomate (Lycopersicon esculentum Mill) em Pó Obtido por Spray Dryer. 2019. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25357. Acesso em: 01 ago. 2023.

PARK, K. J.; ANTÔNIO, G. C. Análises de Materiais Biológicos. Universidade Estadual de Campinas, 2006.

RASCÓN-DÍAZ, M. P. et al. Spray drying yogurt incorporating hydrocolloids: structural analysis, acetaldehyde content, viable bacteria, and rheological properties. Food and Bioprocess Technology, v. 5, n. 2, p. 560-567, 2012.

RATHI, S. et al. Studies on the physico chemical properties of freeze dried dahi. Indian Journal of Dairy Science, v. 43, n. 2, p. 249-251, 1990.

RAY, S.; RAYCHAUDHURI, U.; CHAKRABORTY, R. An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. Food Bioscience, v. 13, n. 1, p. 76-83, 2016. DOI: 10.1016/J.FBIO.2015.12.009.

ROBERT, Noely Forlin. Processos de produção de iogurte. Dossiê técnico. Rede De Tecnologia Do Rio De Janeiro – Redetec, 2008.

RODAS, M. A. B.; RODRIGUES, R. M. M. S.; SAKUMA, H.; TAVARES, L. Z.; SGARBI, C. R.; LOPES, W. C. C. Caracterização físico-química, histológica e viabilidade de bactérias lácticas em iogurtes com frutas. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 21, n. 3, p. 304-309, 2001.

SANTOS, A. A. C. de; FLORÊNCIO, A. K. G. D.; ROCHA, E. M. de F. F.; COSTA, J. M. C. da. Avaliação físico-química e comportamento higroscópico de goiaba em pó obtida por spray-dryer. Revista Ciência Agronômica, v. 45, n. 3, p. 508-514, jul-set, 2014.

SANTOS, Geânderson. Secagem de iogurte por atomização ou liofilização: efeitos sobre a viabilidade microbiana e características físicas, químicas e sensoriais. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017.

SANTOS, L. M. L.; MUNIZ, J. L.; PIRES, A. P. M.; ARAÚJO, R. S. Microencapsulação de ácido ascórbico em pó de acerola verde obtido por spray dryer. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química – Florianópolis, 2014.

SCHUCK, P.; DOLIVET, A.; MÉJEAN, S.; ZHU, P.; BLANCHARD, E.; JEANTET, R. Drying by desorption: a tool to determine spray drying parameters. Journal of Food Engineering, v. 94, p. 199-204, 2009. DOI: 10.1016/J.JFOODENG.2008.08.014.
SEBRAE. Atividade de água em alimentos. Brasília: Sebrae, 2018.

SENAI. Atividade de água em alimentos. Resposta técnica. RS: Senai, 2013. Disponível em:<https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/SBRT/pdfs/24843_59178.pdf> Acesso em: 01/11/2023.

SETHA, D.; MISHRA, H. N.; DEKA, S. C. Functional and reconstitution properties of spray-dried sweetened yogurt powder as influenced by processing conditions. International Journal of Food Properties, v. 20, n. 7, p. 1603-1611, 2017. Disponível: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2016.1214965> doi: 10.1080/10942912.2016.1214965.

SILVA, A. L. et al. Análise microbiológica e química de iogurtes comercializados em Lavras - MG. Food Science and Technology, Campinas, v. 23, n. 2, p. 131-135, 1999.

SILVA, Isadora Stecca Caires da; PANDOLFI, Marcos Alberto Claudio. Análise das principais tendências no mercado brasileiro de iogurtes, 2020.

SIQUEIRA, K. B. O Mercado Consumidor de Leite e Derivados. Revista Circular Técnica. Juiz de Fora, v. 120, jul. 2019. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199791/1/CT-120-MercadoConsumidorKennya.pdf. Acesso em: 17 ago. 2022.

TEODORO, R. A. R. Microencapsulação do óleo essencial de cravo-da-índia por secagem por atomização. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2016.

TRIBOLI, Edison Paulo de Ros. Estudo e Otimização de Processos de Secagem de Iogurte por Atomização com Secador em Escala Piloto. 2014.

VIEIRA, Maria Eduarda Martins; SILVA, Mariana Leite Simões; OLIVEIRA, Luiz Fernando Cappa; PERRONE, Ítalo Tuler; STEPHANI, Rodrigo. Espectroscopia de energia dispersiva de raios-X (EDS) acoplada ao microscópio eletrônico de varredura (MEV)(2021): fundamentos e aplicações em produtos lácteos. Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e262101018622, 2021. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18622. Acesso em: 14 mar. 2023. DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18622.