



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

JUCENIR DOS SANTOS

**IOGURTE EM BARRA:
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO**

SÃO CRISTÓVÃO

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

JUCENIR DOS SANTOS

IOGURTE EM BARRA:
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Alessandra Almeida Castro Pagani
Coorientador: Prof^o Dr^o Irinaldo Diniz Basilio Junior

SÃO CRISTÓVÃO/ SE

2021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

S237i Santos, Jucenir dos.
Iogurte em barra: desenvolvimento e caracterização / Jucenir dos Santos ; orientadora Alessandra Almeida Castro Pagani. – São Cristóvão, SE, 2021.
68 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Sergipe, 2020.

1. Iogurte. 2. Refrigeração. 3. Secagem por congelamento. I. Pagani, Alessandra Almeida Castro, orient. II. Título.

CDU 637.146.34

JUCENIR DOS SANTOS

**IOGURTE EM BARRA:
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO**

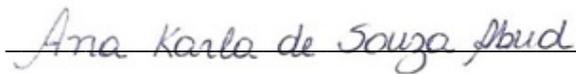
Dissertação de mestrado aprovada no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos em 26 de fevereiro de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Alessandra Almeida Castro Pagani

Orinetador(a)/PROCTA-UFS



Ana Karla de Souza Abud

1º. Examinador/UFS



Tatiana Pacheco Nunes

2º. Examinador/UFS

São Cristóvão/SE

2021

Dedico esta dissertação a minha família, professores e amigos que sempre me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todo cuidado e proteção que exerce em minha vida. Sem a confiança do seu amor eu não chegaria a lugar nenhum.

Aos meus pais, Jurandir dos Santos e Maria José Santos, por terem sido meus primeiros professores e incentivadores a buscar a maior riqueza que eu poderia acumular na vida, o conhecimento. Aos meus irmãos Juranir dos Santos, Jucelir dos Santos e Cleyton dos Santos por todo suporte técnico, meu ajudando com meu computador, pelas longas conversas, pelo companheirismo de vida.

Ao meu companheiro, melhor amigo e amor Melquisedec dos Santos Ferreira, sem sombra de dúvidas, essa conquista também é sua, obrigada por esta sempre ao meu lado, por me fazer tão bem, por me ajudar a ser uma pessoa melhor.

A minha orientadora Alessandra Almeida Castro Pagani, por confiar no meu trabalho e está comigo desde a graduação, serei eternamente grata por todo ensinamento dedicado a mim. Sua forma de trabalhar é admirável, revelando sempre o que há de melhor nos seus alunos. Que Deus te abençoe sempre.

Ao meu coorientador Irinaldo Diniz Basílio Júnior, por também confiar no meu trabalho, por toda contribuição e ajuda nos momentos mais tensos do liofilizador (kkkkk), obrigada por esta sempre presente.

Agradeço a contribuição de duas queridas professoras Ana Karla de Souza Abud e Tatiana Pacheco Nunes, obrigada por contribuírem na construção da minha formação desde a graduação, eu tenho muito respeito, admiração e carinho por vocês.

A professora Cristina Delgado e seu técnico Cantídio por terem me acolhido e cedido o espaço para realizar as análises microbiológicas. Ao Professor Carlos Eduardo e suas alunas Maira e Francine por terem me ajudado na análise de proteínas. Ao professor Jonathan do IFAL, pela análise de microscopia. Ao Valdemir, meu colega de laboratório, por toda contribuição na análise de DSC e pelas conversas. A Mônica pela grande ajuda na análise cromatográfica, muitíssimo obrigada.

As técnicas do DTA, Patricia, Aline, Celeste, Grazi e Cris, por mesmo na pandemia, terem retornado ao trabalho. Obrigada por viabilizarem meu trabalho.

A Republica Realeza, nas pessoas de Dayane, Natalia, Tauane, Janaina, Tassiana e Sabrina. Vocês são minha família que eu conheci em Maceió e levarei por uma vida inteira, obrigada pelas conversas, por se entusiasmarem junto comigo no meu projeto.

Aos meus colegas de classe, aos meus amigos pessoais, aos desconhecidos que me ouviram falando do meu projeto (sim, eu falo dele para todo mundo), que minha gratidão se converta em bênçãos na vida de cada um de vocês.

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

SANTOS, J. Iogurte em Barra: Desenvolvimento e Caracterização [Dissertação]. São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe; 2021.

RESUMO

O iogurte é o leite fermentado mais consumido no mundo, mas sua vida útil é relativamente curta se comparado a outros derivados lácteos. E, embora a secagem do iogurte aumente sua vida de prateleira e reduza seus custos operacionais no que se refere à manutenção da cadeia do frio, transporte e armazenamento, o seu uso na forma original de iogurte ainda requer do consumidor uma água refrigerada para reidratação do mesmo. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma forma sólida de iogurte, para pronto consumo e sem necessidade de refrigeração desde o transporte até consumidor final. Com enorme caráter inovador, o iogurte em barra é uma alternativa no setor de lácteos que busca solucionar a problemática de redução dos custos operacionais de manutenção da cadeia do frio ao mesmo tempo que oferece praticidade para o consumidor final. Inicialmente foi desenvolvido o iogurte natural, após produção foi preparado 4 formulações: F1: Apenas os ingredientes provenientes da fermentação do iogurte; F2: ingredientes de F1, acrescida de 10% de maltodextrina; F3: ingredientes de F1, acrescida de 0,2% de lecitina e F4: ingredientes de F1, acrescida de 10% de maltodextrina e 0,2% de lecitina. Foi realizada a secagem de todas as formulações em liofilizador de bandeja por 48 horas. Em seguida, foram trituradas e moldadas em forma de barra. Após a elaboração do iogurte em barra, foi realizada a caracterização física (Solubilidade, extrato seco total, umidade e Microscopia eletrônica de varredura), química (acidez, pH, cinzas, DSC, compostos voláteis, proteínas, lipídios, carboidratos, valor energético) e microbiológica (bactérias lácticas, bolores e leveduras, *Salmonella*, coliformes termotolerantes). Os experimentos foram realizados em triplicata, e os resultados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o software Sisvar. No que se refere as análises físicas e químicas, houve diferença significativa ($p < 0,05$) para todos os parâmetros avaliados, com exceção do pH e do teor de lipídios. Os resultados demonstraram que o iogurte em barra é um alimento com alto teor de proteínas e lipídios. Baixo teor de umidade quando comparado com alimentos em barra, e teor calórico inferior ao iogurte convencional. Todas as formulações apresentaram contagem de bactérias lácticas superior a 10^7 UFC/g classificando-as como iogurte. Nenhuma formulação apresentou contagem de *Salmonella*, *E. coli* e bolores e leveduras acima do estabelecido pela RDC 331/2019, evidenciando ausência de contaminação. A adição de

maltodextrina e lecitina na formulação melhorou parâmetros de solubilidade e estabilidade térmica mostrando efeitos positivos na sua adição. A formulação 4 foi considerada a mais indicada para trabalhos futuros e produção em larga escala.

Palavra-chave: Iogurte, secagem, liofilização.

SANTOS, J. Yogurt Bar: Development and Characterization [Dissertation]. São Cristóvão: Graduate Program in Food Science and Technology, Federal University of Sergipe; 2021.

ABSTRACT

Yogurt is the most consumed fermented milk in the world, but its shelf life is relatively short compared to other dairy products. And although drying the yogurt increases its shelf life and reduces its operating costs in terms of maintaining the cold chain, transport and storage, its use in the original form of yogurt still requires the consumer to use chilled water to rehydrate the yogurt. same. In this way, the present work had as objective the development of a solid form of yogurt, for ready consumption and without the need for refrigeration from transport to final consumer. With a huge innovative character, yogurt bars are an alternative in the dairy sector that seeks to solve the problem of reducing operational costs of maintaining the cold chain while offering convenience to the end consumer. Initially, natural yogurt was developed, after production 4 formulations were prepared: F1: Only the ingredients from the yogurt fermentation; F2: F1 ingredients, plus 10% maltodextrin; F3: F1 ingredients, plus 0.2% lecithin and F4: F1 ingredients, plus 10% maltodextrin and 0.2% lecithin. All formulations were dried in a tray freeze dryer for 48 hours. Then they were crushed and shaped into a bar. After the elaboration of yogurt bar, physical characterization (Solubility, total dry extract, humidity and scanning electron microscopy), chemical (acidity, pH, ash, DSC, volatile compounds, proteins, lipids, carbohydrates, energy value) were carried out and microbiological (lactic acid bacteria, molds and yeasts, Salmonella, thermotolerant coliforms). The experiments were carried out in triplicate, and the results obtained were evaluated by analysis of variance (ANOVA) and the means compared by the Tukey test at 5% probability, using the Sisvar software. With regard to physical and chemical analysis, there was a significant difference ($p < 0.05$) for all parameters evaluated, with the exception of pH and lipid content. The results showed that yogurt bar is a food with a high content of proteins and lipids. Low moisture content when compared to bar food, and lower caloric content than conventional yogurt. All formulations had a lactic acid bacteria count of more than 10^7 UFC / g, classifying them as yogurt. No formulation presented a count of Salmonella, E. coli and molds and yeasts above that established by RDC 331/2019, showing no contamination. The addition of maltodextrin and lecithin in the formulation improved parameters of solubility and thermal stability showing positive effects on their

addition. Formulation 4 was considered the most suitable for future work and large-scale production.

Keyword: Yogurt, drying, freeze drying.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1- Principais bactérias do iogurte: (A) <i>L. bulgaricus</i> e (B) <i>S. thermophilus</i> | 21 |
| Figura 2 – Formação de acetaldeído (A) e ácido lático (B) durante o desenvolvimento de culturas de <i>Lactobacillus bulgaricus</i> e <i>Streptococcus thermophilus</i> em crescimento associativo 1:1 e crescimento isolado. | 22 |
| Figura 3- Localização do ponto triplo da água, assim como, suas mudanças de fase (sólido, líquido e gasoso) em função da temperatura (°C) e pressão atmosférica (mmHg). | 29 |
| Figura 4 – Inovações globais em iogurte..... | 32 |
| Figura 5- Fluxograma das etapas do procedimento experimental..... | 34 |
| Figura 6- Sequência de diluições seriadas..... | 41 |
| Figura 7- Etapas para obtenção do iogurte em pó (A: Iogurte formulação padrão; B- Iogurte formulação padrão após secagem; C- Iogurte em pó triturado) | 44 |
| Figura 8- Amostras de iogurte em pó acondicionadas em embalagem primária de polietileno laminada e secundária de polietileno transparente sob vácuo (F1: Formulação padrão; F2: Formulação com 10% de Maltodextrina; F3: Formulação com 0,2% de Lecitina; F4: Formulação com 0,2% de Lecitina e 10% de Maltodextrina) | 44 |
| Figura 9- Iogurte em barra..... | 45 |
| Figura 10- Microscopia eletrônica de varredura (MEV) para amostras de iogurte padrão (A, B e C), com 0,2% de lecitina de soja (D, E e F), 10% de Maltodextrina (G, H e I), e 0,2% de Lecitina + 10% de Maltodextrina (J, K e L) para aumentos de 300× (A, D, G e J), 2500x (B, E, H e K) e 10000× (C, F, I e L). | 51 |
| Figura 11 - Compostos voláteis identificados das amostras de iogurte in natura (A) e na formulação padrão do iogurte em barra (B) | 52 |
| Figura 12- Percentual de área de diferentes classes encontradas nos iogurtes..... | 54 |
| Figura 13- Área total dos compostos voláteis das amostras de iogurte..... | 55 |
| Figura 14- Gráfico comparativo entre as 4 formulações de iogurte em pó, da lecitina e da maltodextrina..... | 57 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Características do iogurte | 18 |
| Tabela 2 - Análises realizadas e respectivos métodos para o iogurte natural e para o iogurte em barra. | 36 |
| Tabela 3 - Caracterização físico-química das 4 formulações de iogurte em barra..... | 45 |
| Tabela 4 - Análise microbiológica de bactérias lácticas em UFC/g do iogurte natural e das 4 formulações de iogurte em barra. | 47 |
| Tabela 5 - Análise microbiológica de bolores e leveduras, E. coli e Salmonella (Padrão: RDC nº 331/2019). | 49 |
| Tabela 6 - Compostos voláteis identificados e porcentagem de área das amostras de iogurte natural e do iogurte em barra formulação padrão (continua) | 53 |

SUMÁRIO

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 1. | INTRODUÇÃO | 15 |
| 2. | OBJETIVOS | 17 |
| 2.1. | Geral | 17 |
| 2.2. | Específico..... | 17 |
| 3. | REVISÃO DE LITERATURA..... | 18 |
| 3.1. | Iogurte | 18 |
| 3.2. | Propriedades Nutricionais e Benefícios a Saúde..... | 19 |
| 3.3. | Processo Produtivo do Iogurte | 20 |
| 3.3.1. | Matérias primas..... | 20 |
| 3.3.2. | Cultura láctea..... | 21 |
| 3.3.3. | Tratamento térmico do leite | 23 |
| 3.3.4. | Fermentação..... | 23 |
| 3.3.5. | Resfriamento | 24 |
| 3.3.6. | Acondicionamento e embalagem..... | 24 |
| 3.4. | Mercado e Consumo de Iogurte | 25 |
| 3.5. | Iogurte x Cadeia do Frio | 26 |
| 3.6. | Secagem de Alimentos | 28 |
| 3.7. | Obtenção do Iogurte em pó | 29 |
| 3.8. | Inovação no setor de lácteos | 31 |
| 4. | METODOLOGIA..... | 33 |
| 4.1. | Matérias-primas | 33 |
| 4.2. | Processamento do Iogurte em pó | 33 |
| 4.2.1. | Processamento do Iogurte Natural | 33 |
| 4.2.2. | Secagem do Iogurte | 33 |
| 4.3. | Formulação do Iogurte em barra..... | 35 |

| | |
|---|-----------|
| 4.4. Modulação do Iogurte em barra | 35 |
| 4.5. Caracterização das amostras..... | 35 |
| 4.5.1. Física | 36 |
| 4.5.2. Química | 37 |
| 4.5.3. Microbiológica | 40 |
| 4.6. Análise Estatística..... | 42 |
| 5.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 42 |
| 5.1. Caracterização físico-química das 4 formulações de iogurte m pó..... | 44 |
| 5.2. Caracterização microbiológica das 4 formulações do iogurte em pó e do iogurte natural..... | 46 |
| 5.3. Caracterização microscópica das 4 formulações de iogurte em pó..... | 49 |
| 5.4. Caracterização dos compostos voláteis do iogurte natural versus iogurte em pó (formulação padrão) | 51 |
| 5.5. Análise de calorimetria exploratória diferencial- DSC..... | 53 |
| 6.0. CONCLUSÃO..... | 59 |
| 6.1. Sugestões para trabalhos futuros..... | 59 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 60 |

1. INTRODUÇÃO

O iogurte é o leite fermentado mais consumido no mundo, sendo reconhecido pelo seu valor nutricional e efeito benéfico à saúde. Entretanto, sua vida útil é relativamente curta se comparado a outros derivados lácteos. No Brasil, ele é responsável por 76% do total de produtos lácteos produzidos e a ampliação do mercado deste laticínio nos últimos 20 anos se deve, em parte, à adição de polpas de frutas (OLIVEIRA et al., 2013; ADITIVOS & INGREDIENTES, 2020).

O mercado de produtos lácteos busca desenvolver produtos inovadores que possam trazer benefícios à saúde. Dentre eles, os leites fermentados são os principais representantes desta inovação, com destaque para o iogurte (GALLINA, 2010).

Embora o iogurte seja uma alternativa de conservação do leite, sua vida útil ainda é relativamente pequena se comparada a outros derivados lácteos como alguns tipos de queijo. Além de sua riqueza nutricional, parâmetros intrínsecos como pH e atividade de água também tornam o produto propício para o desenvolvimento de alguns microrganismos deteriorantes (SENAR, 2015).

Durante o armazenamento dos produtos lácteos alguns cuidados são observados como, por exemplo, o controle da temperatura, a velocidade do ar, a disposição dos produtos dentro da câmara de refrigeração, a identificação e o armazenamento. A manutenção da cadeia do frio e o controle da qualidade são de fundamental importância para assegurar que as propriedades dos produtos não sejam alteradas, acarretando em problemas relativos à segurança dos alimentos e dos consumidores (AGAPITO; PRUDÊNCIO, 2018).

O maior agravante no que se refere a manutenção da cadeia do frio é o elevado custo de implementação, e uma alternativa para reduzir esse custo é a secagem. A redução da quantidade de água contribui para maior preservação do iogurte, além de facilitar o transporte e acomodação do mesmo, devido à redução de massa do produto; Outra grande vantagem econômica obtida é a redução com gastos de energia, já que o mesmo, não precisará ser conservado em temperaturas de refrigeração (MEDEIROS, 2013).

Uma das principais técnicas utilizadas para obtenção do iogurte em pó, é a secagem por liofilização, este processo de desidratação ocorre em condições especiais de pressão e temperatura, possibilitando que a água seja removida por sublimação. Os alimentos que passam pelo processo de liofilização apresentam alta retenção das características sensoriais e qualidade nutricional e apresentam uma vida de prateleira maior quando corretamente embalados (GARCIA, 2009).

Embora a secagem do iogurte aumente sua vida de prateleira e reduza seus custos operacionais no que se refere à manutenção da cadeia do frio, transporte e armazenamento; o seu uso na forma original de iogurte ainda requer do consumidor uma água refrigerada para reidratação do mesmo.

As indústrias de laticínios vêm buscando alternativas no desenvolvimento de lácteos que não necessitem de refrigeração. Em 2016 a General Brands lançou o iogurte em pó CAMP, o 1º iogurte em pó produzido no Brasil. A embalagem de 180 g rende 1 L da bebida. Outro exemplo é a indústria de produtos lácteos Betânia, que lançou em 2019 uma bebida à base de iogurte que não precisa ficar em geladeira, o Yogi & Leve. Segundo a empresa, trata-se da primeira bebida láctea com essas características a ser lançado no Brasil e na América Latina (MILKPOINT, 2016; BETANIA LACTEOS, 2019).

Se por um lado a Betânia resolveu o problema de refrigeração durante o transporte e comercialização, por outro, o consumidor ainda necessitará da refrigeração antes do consumo, uma vez que a principal forma de consumo deste lácteo é gelada.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma forma sólida de iogurte pronto para consumo e que não necessite de refrigeração desde o transporte até consumidor final.

Com enorme caráter inovador, o iogurte em barra é uma alternativa no setor de lácteos que busca solucionar a problemática de redução dos custos operacionais de manutenção da cadeia do frio ao mesmo tempo que oferece praticidade para consumidor final.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Desenvolver um iogurte em barra, pronto para o consumo e que não necessite de refrigeração desde a produção ao consumidor final.

2.2. Específico

- Produzir um Iogurte Natural;
- Secar o Iogurte Natural pela técnica de liofilização;
- Preparar diferentes formulações de iogurte em pó com adição de 10% de maltodextrina e 0,2% de lecitina;
- Desenvolver um iogurte natural em barra;
- Analisar os compostos voláteis (cromatografia gasosa) do iogurte natural e do iogurte natural em pó;
- Realizar análise microbiológica do iogurte natural;
- Realizar a caracterização física, química e microbiológica do iogurte em barra.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Iogurte

O iogurte é um dos produtos lácteos fermentados mais antigos e populares do mundo, com origem estipulada em 4000 anos atrás em países do Oriente Médio, a partir dos resultados da fermentação espontânea do leite por bactérias, influenciada pelas condições climáticas e manipulação do leite (GALLINA, 2010; SANTOS, 2012).

Segundo a Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), entende-se por iogurte o leite fermentado cuja fermentação se realiza com cultivos protossimbóticos de *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*, podendo ser acompanhado de outras bactérias ácido-lácticas. Esta Instrução Normativa (IN) preconiza, ainda, que estes microrganismos específicos devam ser viáveis, ativos e abundantes no produto final durante seu prazo de validade (BRASIL, 2007).

O leite é o ingrediente básico no preparo do iogurte e é considerado ingrediente obrigatório pela legislação de leites fermentados. Todavia, a composição do iogurte pode ser modificada para atender os aspectos econômicos, práticos e de aceitação do consumidor. O segundo ingrediente obrigatório no desenvolvimento de lácteos são as bactérias lácticas que, segundo a legislação, é item específico para cada classe de fermentado. Na Tabela 1 são apresentados os padrões de identidade e qualidade do iogurte (FERREIRA, 2008; BRASIL, 2007).

Tabela 1 - Características do iogurte

| Constituinte | Quantidade |
|--|---------------------|
| Proteínas lácticas (g/ 100 g) | 2,9 mín |
| Matéria gorda láctea (g/100 g) | 15 máx |
| Ácido láctico, medido por acidez titulável (g/100 g) | 0,6 mín a 1,5 máx |
| Total de bactérias lácticas (Unidade Formadoras de Colônias, UFC/ g) | 10 ⁷ mín |
| Outros microrganismos adicionados como suplemento (UFC/ g) | 10 ⁶ mín |

Fonte: Brasil, (2007)

Segundo a legislação de lácteos (BRASIL, 2007), e o dossiê técnico sobre a produção de iogurte (ROBERT, 2008), o mesmo pode ser classificado:

- De acordo com o processo de elaboração, consistência e textura:
 - Iogurte tradicional: o processo de fermentação ocorre dentro da própria embalagem;

- Iogurte batido: o processo de fermentação ocorre em fermentadeiras ou incubadoras com posterior quebra do coágulo;
- Iogurte líquido: o processo de fermentação é realizado em tanques;
- De acordo com a presença de *flavor*:
 - Iogurte natural: ausência de *flavor*;
 - Iogurte com frutas;
 - Iogurte com aromas: presença de flavorizantes;
- De acordo com o teor de matéria gorda:
 - Com creme: matéria-gorda mínima de 6g/100 g;
 - Integrais: matéria-gorda mínima de 3g/100 g;
 - Parcialmente desnatados: matéria-gorda máxima de 2,9g/100 g;
 - Desnatados: matéria-gorda máxima de 0,5g/100 g.

3.2. Propriedades Nutricionais e Benefícios a Saúde

O iogurte é um alimento funcional, rico em proteínas, ácido fólico, vitamina A, vitaminas do complexo B e sais minerais, cujo consumo pode trazer diversos benefícios para a saúde e, em razão da busca por uma alimentação mais saudável, seu consumo tem tido aumentos consideráveis (SOUZA, 2019).

Ferreira et al. (2016) afirmam que esse consumo também pode ser atribuído à preocupação crescente das pessoas em consumirem produtos naturais e os benefícios que o iogurte traz ao organismo, que incluem facilitar a ação das proteínas e enzimas digestivas no organismo humano, facilitar a absorção de cálcio, fósforo e ferro, ser fonte de galactose (importante na síntese de tecidos nervosos e cerebrosídeos em crianças), bem como ser uma forma indireta de se consumir leite. Esse efeito benéfico também é atribuído, em parte, às bactérias ácido-lácticas, utilizadas na elaboração do produto e dotadas de propriedades terapêuticas (ALVES et al., 2009).

Os elementos contidos no iogurte têm mecanismo de ação que não se baseia no combate às bactérias nocivas e parasitas, mas em um conjunto complexo de ações que incluem a produção de metabólitos ativos, a estimulação do movimento intestinal e a diminuição do pH dentro do lúmen intestinal. Também são citados em estudos efeitos anticolesterolêmicos, anticarcinogênicos, inibitórios de agentes patógenos, bem como para regulação do hábito intestinal, entre outros (SOUZA, 2019).

Além da alta densidade nutricional, estudos revelam que o consumo frequente de iogurte (\geq três vezes por semana) contribui para a perda de peso e redução da circunferência da cintura (WANG et al., 2014)

O iogurte natural tem uma composição nutricional semelhante à do leite a partir do qual é feito e, por isso, é uma excelente fonte de proteínas de alta qualidade. No entanto, devido ao processo de fermentação, sua composição pode sofrer ligeiras modificações seja pela síntese ou liberação de nutrientes, como também outras substâncias em função das culturas de bactérias “starter”, além da adição de outros ingredientes durante a produção como o leite em pó desnatado, frutas ou suco de fruta, e também por condições de armazenamento (GALLINA, 2010).

Um exemplo de como a composição nutricional é modificada pela fermentação refere-se ao açúcar do leite, a lactose. Durante a fermentação, 20-30% de lactose do leite é hidrolisada pela cultura *starter* em glicose e galactose, o que faz com que a quantidade de lactose no iogurte seja mais baixa do que no leite, trazendo benefícios às pessoas intolerantes a este componente do leite (GALLINA, 2010; ASSUMPCÃO, 2008).

De acordo com Bruttriss (1997), há uma maior proporção de aminoácidos livres no iogurte devido à atividade proteolítica da cultura bacteriana, que digere parcialmente a proteína durante a fermentação. Também há evidências de que o consumo regular de iogurte contribui para a redução do colesterol e para a duração da diarreia em condições de infecção por rotavírus e que o coalho de caseína promove a digestibilidade e melhora a utilização de cálcio e outros minerais

3.3. Processo Produtivo do Iogurte

As etapas de produção do iogurte incluem, de modo geral, verificação das características do leite original, padronização do teor de gordura, tratamento térmico, semeadura, incubação e embalagem do produto final. Na elaboração do iogurte de leite de vaca, o elevado teor de sólidos totais no leite (entre 14 e 18%) é desejável para proporcionar um produto de boa qualidade (GIESE et al., 2010)

3.3.1. Matérias-primas

O leite é a matéria-prima essencial e obrigatória na fabricação de derivados lácteos. Todavia, é permitida a adição de outros ingredientes como frutas, corantes, aromatizantes, emulsificantes, estabilizantes, espessantes, conservantes e/ou geleificantes, de acordo com quantidades permitidas pela IR nº46/2007. Adicionalmente, ainda podem ser utilizados

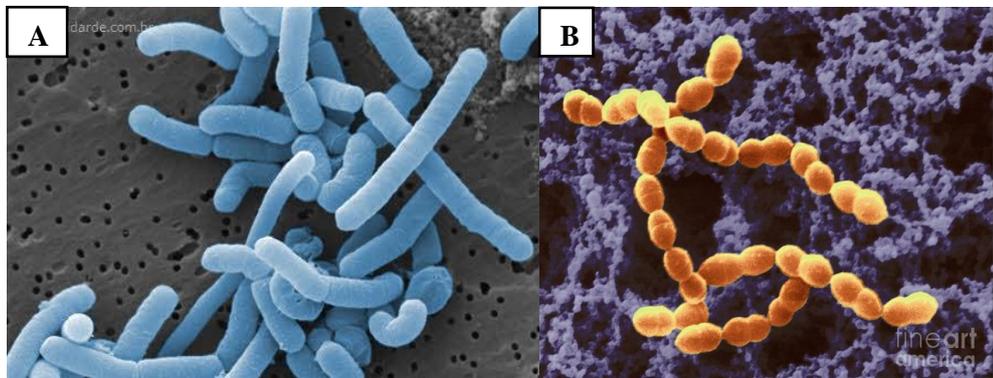
ingredientes para melhorar a consistência e a viscosidade do produto, é o no caso do leite em pó. O aumento do teor de sólidos também pode ser obtido por meio de evaporação ou mediante filtração por membrana, concentrando, assim, o produto (ORDOÑEZ-PEREDA et al., 2005).

Entre outras coisas, o leite deve ser de boa procedência, levando em consideração as etapas que vão desde o manejo animal até o transporte do produto. Além disso, deve ser submetido ao tratamento térmico (pasteurização ou UHT), com o intuito de diminuir a carga patogênica e microbiota natural do leite, o que vai facilitar o desenvolvimento dos microrganismos posteriormente inoculados (MEDEIROS; 2013).

3.3.2. Cultura láctea

A produção do iogurte envolve, basicamente, uma cultura láctica mista composta por *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (Figura 1). As duas espécies de bactérias convivem em simbiose, com a liberação de fatores estimulantes durante o período de incubação através do fenômeno denominado protocooperação (SILVA et al., 2010).

Figura 1- Principais bactérias do iogurte: (A) *L. bulgaricus* e (B) *S. thermophilus*.



Fonte: POLIZELI, (2019)

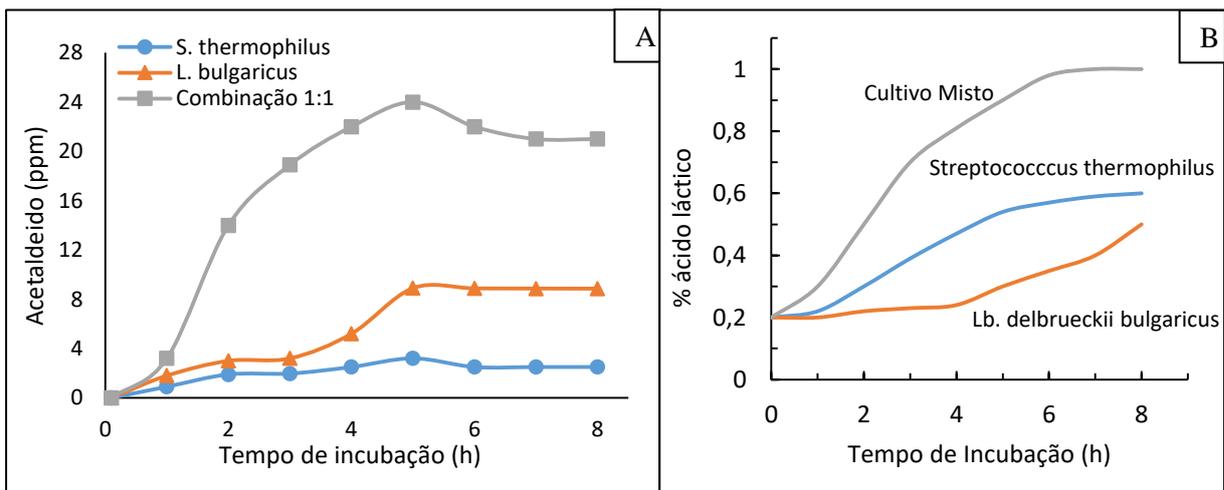
Segundo Bezerra (2010), geralmente a inoculação de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus* ocorre na proporção de 1:1. No entanto, Ferreira (2005) afirma que proporções 2:1, 3:1 e 3:2 também podem ser utilizadas.

Esses microrganismos, quando inoculados no leite, mantêm-se em crescimento associado, prevalecendo efeitos de simbiose no início e antibiose no final do processo. No início da fermentação, o pH do leite favorece o desenvolvimento do *S. thermophilus*. Com o acúmulo de ácido láctico no meio crescem os *L. bulgaricus*, os quais liberam, a partir das proteínas lácteas, diversos aminoácidos como valina, ácido glutâmico, triptofano, metionina e alguns

peptídeos, que estimulam o crescimento do *S. thermophilus* e que por sua vez, estimulam o crescimento dos lactobacilos, com a produção de formiato durante o metabolismo da lactose e gás carbônico a partir da ureia presente no leite (ORDÓÑEZ-PEREDA et al., 2005). Ao final do processo começam a prevalecer efeitos de antibiose, quando o pH torna-se suficientemente ácido para inibir o crescimento de *S. thermophilus*, ao passo que *L. bulgaricus*, mais resistente a condições ácidas, prossegue seu desenvolvimento (BEAL et al., 2001).

O crescimento associado das bactérias é fundamental para o desenvolvimento das características finais do iogurte, tendo em vista que, durante o cultivo conjunto, a produção de ácido láctico e acetaldeído são maiores que as obtidas pelas culturas isoladamente (Figura 2) (BEZERRA, 2010; ORDÓÑEZ-PEREDA et al., 2005).

Figura 2 – Formação de acetaldeído (A) e ácido láctico (B) durante o desenvolvimento de culturas de *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* em crescimento associativo 1:1 e crescimento isolado.



Fonte: TAMINE; ROBINSON, 1999; ORDÓÑEZ-PEREDA et al., 2005.

A relação ótima entre cocos e bacilos para o desenvolvimento e sabor e aroma característicos do produto é aproximadamente 1:1, sendo a predominância de qualquer uma das espécies fator que pode acarretar em defeitos para o produto final. Os principais fatores que podem afetar o balanço adequado entre os dois microrganismos são o tempo e a temperatura de incubação, bem como a porcentagem de inóculo. Um tempo menor de incubação, por exemplo resultaria em um produto com maior proporção de cocos e sabor fraco. Por outro lado, um tempo maior de incubação ou um resfriamento inadequado favoreceria a predominância de bacilos resultando num produto de sabor amargo (ROBERT, 2008).

Lucey (2004) cita que, quando ocorre uma associação entre o *S. thermophilus* e o *L. bulgaricus* a temperatura ótima de crescimento fica entre 40 e 45 °C e a coagulação pode

demorar mais de 4 h, dependendo da porcentagem de inóculo adicionada. Após o iogurte ter atingido o pH desejável (geralmente pH 4,6), o iogurte é resfriado a uma temperatura inferior a 10 °C.

Para que um microrganismo possa ser usado como probiótico, ele deve ser capaz de expressar suas atividades benéficas no corpo do hospedeiro, resistindo ao trato digestivo (ácidos clorídricos e biliares) e colonizando o intestino (OLIVEIRA; SILVA, 2011).

As bactérias tradicionais utilizadas na fermentação de iogurtes, *L. bulgaricus* e *S. thermophilus*, não pertencem à microbiota intestinal, não são resistentes à bile e, conseqüentemente, não sobrevivem à passagem através do trato gastrointestinal sendo, portanto, consideradas como não probióticas. No entanto, essas bactérias possuem efeitos positivos, como ação inibidora contra bactérias patogênicas no trato gastrointestinal e melhoramento da digestão da lactose (ROBERT, 2008).

Outra característica interessante dessas culturas é a função de secretar exopolissacarídeos que contribuem beneficemente na textura do leite fermentado. *S. thermophilus* é muito aplicado na indústria de lácteos devido às suas boas características sensoriais e de textura, as quais são responsáveis pela estabilidade do corpo do leite fermentado durante o armazenamento (CASAROTTI, 2009).

3.3.3. Tratamento térmico do leite

O tratamento térmico é indispensável à elaboração de derivados lácteos, tendo em vista que suas características intrínsecas (elevada atividade de água, pH próximo à neutralidade e alta quantidade de nutrientes) fazem do leite um excelente meio de cultura para os microrganismos. Esse tratamento tem como objetivo eliminar bactérias patogênicas não esporuladas e substâncias inibidoras como as lactininas, de forma a aumentar a vida útil do produto e melhorar a ação da cultura láctea utilizada, ajudando na uniformização final do derivado (PEARCE et al., 2012).

É desejável que o tratamento térmico promova certo grau de desnaturação das proteínas lácteas já que, quando desnaturadas, essas liberam compostos nitrogenados de baixo peso molecular que estimulam o desenvolvimento dos microrganismos iniciadores (ORDOÑEZ-PEREDA et al., 2005) e participam de reações que facilitam a formação do iogurte em etapas subsequentes. Segundo Ferreira (2008), o calor facilita a formação de um coágulo estável.

3.3.4. Fermentação

Para que o processo de fermentação do leite leve ao bom desenvolvimento das culturas para a produção de iogurte é necessário que a atividade simbiótica dos microrganismos seja satisfatória, levando em consideração que cada um possui uma temperatura ótima de desenvolvimento (ORDÓÑEZ-PEREDA et al., 2005).

Durante o processo de fermentação, que normalmente ocorre em um tempo de 4 a 5 h de incubação em temperaturas de 40 a 44 °C, o leite líquido tem sua consistência alterada em virtude da coagulação das proteínas (KOMATSU et al., 2008). A redução do pH é resultado da produção de ácido lático durante a fermentação, causando a desestabilização das micelas de caseína, e a coagulação completa ocorre a um pH de 4,6. Quando o pH desejado é atingido, o leite coagulado é resfriado para que a fermentação seja praticamente interrompida (MAZO et al., 2009).

As proteínas, as gorduras e a lactose do leite, durante a fermentação, sofrem hidrólise parcial, tornando o produto facilmente digerível, sendo considerado um agente regulador das funções digestivas (OLIVEIRA; SILVA, 2011). Muitos parâmetros influenciam o *flavor*, o corpo e a textura do iogurte, como a cultura iniciadora ou *starter*, a temperatura de incubação, as condições de processo, o tratamento térmico, a homogeneização e a composição do leite (MORAES et al., 2012). Alguns autores consideram o valor de pH desejável para todas as variações de *flavor* entre 4,5 e 4,7. Em pesquisa envolvendo trabalhos que citavam a temperatura ideal de incubação da cultura láctea, *S. thermophilus* e *L. bulgaricus*, foi observada temperatura ótima entre 37 e 42 °C (MAZO et al., 2009).

Para a produção do iogurte, a precipitação das proteínas deve ocorrer sem a eliminação do soro pois, caso contrário, será produzido queijo ao invés de iogurte (FERREIRA, 2008).

3.3.5. Resfriamento

O resfriamento é uma etapa crítica na produção de iogurte e tem a função de reduzir a atividade metabólica da cultura iniciadora para que o limite de acidez do derivado não ultrapasse o permitido para o consumo. Essa etapa do processo deve ser realizada gradualmente, com o intuito de evitar a ocorrência de um choque térmico, já que o resfriamento rápido pode provocar o encolhimento da massa e danos ao coágulo, afetando a capacidade de retenção de água (BEZERRA, 2010; ORDÓÑEZ-PEREDA et al., 2005).

Conforme Bezerra (2010), o iogurte pode ser resfriado na câmara de refrigeração com temperatura entre 5 e 10 °C.

3.3.6. Acondicionamento e embalagem

Devido ao risco de contaminação no produto final, essa etapa também tem seu grau de importância dentro do processo de elaboração do iogurte. Segundo Azevedo (2012), as embalagens interferem na qualidade do alimento, sendo importante considerá-las como parte integrante de um sistema que engloba produto, embalagem e ambiente. As alterações dentro desse sistema levam à redução gradativa da qualidade do produto e por consequência, reduzem sua vida de prateleira (MEDEIROS, 2013).

Além disso, cada derivado lácteo tem suas peculiaridades e exigências em seu acondicionamento, de forma que alguns critérios devem ser levados em consideração. As embalagens devem ser impermeáveis aos corantes, sabores, odores do ambiente, oxigênio e contaminação externa, resistentes à acidez do iogurte, à umidade, e a golpes mecânicos que o produto está sujeito durante o armazenamento, além de não permitir exposição à luz (ORDÓÑEZ-PEREDA et al., 2005).

A facilidade de manuseio e estocagem que as embalagens fornecem para o consumidor permitem a adequação às diferentes ocasiões e quantidades de consumo. No entanto, tem-se notado que os designs de algumas embalagens podem interferir no desperdício do produto, geralmente por causar a retenção deste (FERREIRA et al., 2016).

Em estudo sobre o desperdício de iogurte por embalagens, Ferreira et al. (2016) observaram que, quando questionados quanto à característica que considerava mais importante em uma embalagem, cerca de 50% dos julgadores declararam a praticidade de uso e a forma como a embalagem conserva o produto após aberto. Os demais consideraram, em ordem crescente de importância, tamanho, desperdício e estética da embalagem. Esse resultado demonstra a questão da inovação tecnológica fazer frente à praticidade e estética e representa uma preocupação quando se nota que, muitas vezes, essa frente pode estar prejudicando aspectos como redução de desperdício de alimentos e sustentabilidade.

3.4. Mercado e Consumo de Iogurte

O Brasil representa o maior mercado de lácteos da América Latina, com 37% das receitas totais de produtos lácteos na região, e seu consumo está associado a um melhor estilo de vida da população brasileira (MILKPOINT, 2018).

O perfil de consumidores de iogurte foi analisado por Possa, Corrente e Fisberg (2017), em São Paulo, e os dados encontrados demonstram que os consumidores de iogurte são, principalmente, mulheres, com nível de educação elevado (mais de 8 anos de estudos), fisicamente ativas e com menor consumo de álcool quando comparado à pessoas que não consomem iogurte. Este resultado foi encontrado também em estudos nos Estados Unidos e na

França. Tal padrão de consumo pode indicar que há um interesse destes consumidores no aspecto de saudabilidade do iogurte (SAMARA et al., 2013; WANG et al., 2014; FISBERG; MACHADO, 2015).

Apesar da variedade e da composição nutricional, o consumo per capita desse produto no Brasil é de apenas 7 kg por ano, valor ainda baixo quando comparado com países como França e Holanda, onde esse valor representa menos de um quarto do que uma pessoa ingere no mesmo ano nesses países, mas o dobro do que se consumia no Brasil há 15 anos atrás. O consumo foi elevado, em boa parte, pela ascensão de milhões à classe média (SINDILAT, 2016).

O consumo de lácteos e derivados no Brasil também sofre grande influência de fatores socioeconômicos e demográficos. Quando a economia do país não vai bem, os derivados lácteos são os primeiros itens a serem retirados do carrinho de comprar (POSSA et al., 2017)

O estudo do perfil dos consumidores e dos fatores envolvidos no processo de compra do iogurte é uma ferramenta importante na identificação dos diferentes segmentos desse mercado e de suas potencialidades (RIBEIRO et al., 2010). De acordo com Blackwell et al., (2005), o processo decisório dos consumidores é composto por seis etapas básicas, sendo elas reconhecimento de uma necessidade, procura por informações, avaliação de alternativas, compra, consumo e avaliação do produto adquirido.

A avaliação da relação de consumo entre aceitação do produto e consumidor é influenciada por diversos fatores internos e externos, como psicológicos, sensoriais e de marketing. Outros fatores como disponibilidade, preço e valor nutricional também possuem a capacidade de atrair ou não o consumidor a testar este produto mas, além destes, atualmente as novas tecnologias de produção e obtenção de alimentos podem estar atraindo consumidores ou reduzindo sua popularidade com consumidores que não estão familiarizados ou informados sobre o produto (DANTAS et al., 2005).

3.5. Iogurte x Cadeia do Frio

A temperatura é o fator mais importante para a conservação da qualidade e manutenção da vida útil dos lácteos, sendo a refrigeração um dos métodos mais amplamente utilizados para retardar o desenvolvimento de vários fatores que conduzem a sua deterioração. A gestão da cadeia do frio é caracterizada pelas atividades de manuseio, transporte, armazenagem, embalagem, movimentação e manutenção das propriedades qualitativas de produtos sensíveis à temperatura (SPAGNOL et al., 2018; SILVA, 2019).

A logística é de extrema importância para as operações das cadeias de alimentos perecíveis, como carnes, peixes, lácteos, frutas e produtos hortícolas, assim como para determinados produtos da indústria farmacêutica, como vacinas, biomedicamentos e hemoderivados, que necessitam do uso da cadeia do frio devido a sua perecibilidade (SPAGNOL et al., 2018).

Segundo Spagnol et al. (2018), dentre os desafios para a melhoria de incertezas da cadeia do frio, existem os riscos de ruptura da mesma. Sabe-se que há variações inevitáveis das condições de conservação dos produtos durante as etapas da cadeia de frio, as quais causam alteração da vida útil de alimentos perecíveis. Seja no transporte ou nas câmaras frias de armazenagem, há flutuação de temperatura em torno da condição ideal, sendo que, ainda hoje, na maioria dos sistemas, o monitoramento da temperatura é realizado por pouquíssimos sensores.

Baixas temperaturas são a chave para manter a qualidade de bens perecíveis, porém não é a única condição necessária. O controle adequado de temperatura e umidade nas etapas de armazenagem e transporte representa um desafio operacional cujo desempenho implica diretamente na qualidade do produto (SILVA, 2019).

O armazenamento dos alimentos refrigerados e/ou congelados durante a exposição deve ser adequado para que a cadeia de frio seja mantida, preservando a segurança, as características sensoriais e a vida de prateleira desses alimentos. Segundo a RDC nº 46 de 23 de outubro de 2007, os leites fermentados devem ser conservados e comercializados à temperatura não superior a 10 °C (BRASIL, 2007). Devido à necessidade de refrigeração, a distribuição de iogurte no Brasil é dominada por supermercados e hipermercados, que possuem extensas instalações de refrigeração (MILKPOINT, 2018).

Diversos estudos demonstram que a manutenção da cadeia do frio para derivados lácteos vem sendo afetada, principalmente, nos supermercados, gerando impactos negativos que podem comprometer a qualidade do alimento. Maciel (2007) observou que os produtos lácteos expostos nas gôndolas dos supermercados nas regiões Central e Norte do Rio de Janeiro, apresentavam temperaturas acima dos valores determinados pela legislação.

Rocha et al. (2014), estudando a conservação de produtos refrigerados e congelados expostos à venda em supermercados da cidade de Palmas-TO, observaram que a temperatura média do produto nas regiões Norte e Sul, ficaram acima do permitido pela legislação. Na região central, eles constataram que 57% das amostras se encontravam inadequadas.

Esses resultados insatisfatórios podem ter ocorrido por falta de manutenção dos equipamentos, acúmulo de gelo, superlotação dos equipamentos de refrigeração, não

respeitando o limite máximo, ou até mesmo por eventual desligamento do equipamento para economia de energia (Rocha et al., 2014).

3.6. Secagem de Alimentos

O principal propósito da desidratação é aumentar a estabilidade dos alimentos, através da diminuição da atividade de água, promovendo a inibição do crescimento microbiano e a atividade enzimática. Este processo confere inúmeras vantagens, como o aumento da vida útil de alimentos, a redução de massa e volume, com conseqüente redução de embalagens em tamanhos e quantidades, transporte e estocagem, bem como o aumento da concentração de nutrientes. (FELLOWS, 2019; COSTA, 2017).

O processo de secagem ocorre devido ao desequilíbrio entre a pressão de vapor da água contida em um material sólido e a pressão de vapor da água no ar ambiente. A umidade do material sólido possui uma pressão de vapor que depende de como a água está ligada, da estrutura do material sólido e da temperatura. O ar ambiente possui pressão parcial de vapor dependente da sua umidade relativa e da sua temperatura. Assim, durante a secagem, o material sólido irá perder umidade para o ambiente até que a pressão parcial de vapor de água no mesmo se iguale à pressão parcial no ambiente (GEANKOPLIS, 2018).

Entre os diferentes tipos de secagem, tem-se a liofilização, processo no qual uma substância é previamente congelada e, então, a quantidade de solvente (geralmente água) é reduzida, primeiro por sublimação e, posteriormente, por dessorção para valores tais que impeçam a atividade biológica e as reações químicas. É indicada para produtos que tenham elementos sensíveis ao calor, como proteínas, vitaminas e microrganismos (MARQUES et al., 2015).

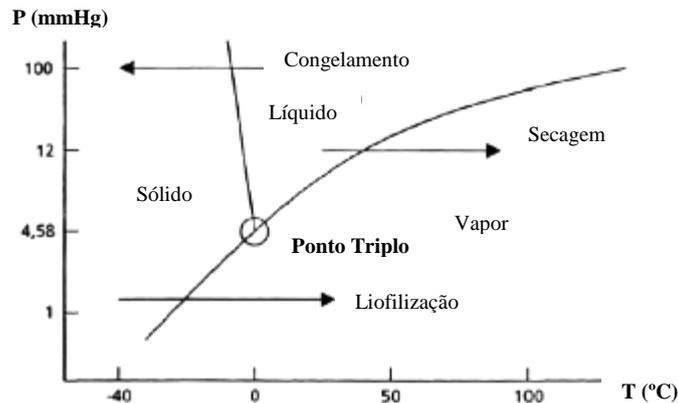
A liofilização conserva as propriedades nutritivas, pois as membranas das células não se rompem com a perda do vapor de água. Praticada em pequena escala no Brasil há mais de dez anos, passa, atualmente, para a produção de alimentos disponíveis em supermercados, como frutas, legumes e verduras, carnes, sopas e sucos em pó (TERRONI et al., 2013).

O passo prévio à liofilização é o congelamento dos alimentos. Este pode ser realizado a parte ou no próprio recinto do liofilizador. Ao longo da secagem ocorrem duas etapas: (1) desidratação primária, onde ocorre a maior retirada do conteúdo de água; e (2) desidratação secundária, que visa retirar uma certa quantidade de água ligada (RODRIGUES, 2019).

Se a etapa de congelamento for realizada adequadamente, a água congelada muda de fase sem alterar as paredes celulares do alimento. A liofilização ocorre no ponto onde a pressão

de vapor e a temperatura da camada de gelo estão abaixo do ponto triplo da água, que é $0,0099^{\circ}\text{C}$ e $610,50\text{ Pa}$ (Figura 3) (ORDÓÑEZ-PEREDA, 2005; BOSS, 2007).

Figura 3- Localização do ponto triplo da água, assim como, suas mudanças de fase (sólido, líquido e gasoso) em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e pressão atmosférica (mmHg).



Fonte: Adaptado de Costa, (2017)

Estudando a sobrevivência das bactérias lácticas e probióticas durante o processamento de leite de soja fermentado em pó, por liofilização e atomização, Wang et al. (2014) concluíram que o processo de liofilização mantém uma quantidade de células bacterianas viáveis maior do que a atomização imediatamente após o processo.

Contudo, o alto custo de investimento com equipamentos e o alto gasto com energia elétrica para a desidratação a partir da liofilização são vistas como desvantagens do processo (BOSS, 2007; MARQUES; COSTA, 2015).

3.7. Obtenção do Iogurte em pó

O principal objetivo da obtenção do iogurte na forma de pó é conseguir um produto desidratado de alta qualidade, com maior vida útil e sem necessidade de refrigeração. Há, também, a economia em embalagens, transporte e armazenagem por causa da remoção de grande volume de água do produto, favorecendo seu manuseio (KOC et al., 2010; SANTOS et al., 2018).

O produto obtido pela secagem do iogurte pode ter diversas aplicações em confeitarias, em sobremesas geladas, no preparo de sopas, na fabricação de molhos, pastas e emulsões, em misturas para alimentação de atletas ou idosos, como iogurte instantâneo e até mesmo como cultura de iniciação na produção de iogurte (KEARNEY et al., 2009; SANTOS et al., 2018).

O número de células viáveis no iogurte em pó é um bom índice para avaliar o grau de dano exercido pelo calor durante secagem, bem como para a otimização das condições de processamento (COSTA, 2017). Spagnol et al. (2018) liofilizaram iogurtes para verificar a viabilidade das bactérias lácticas durante o processo e avaliaram a possibilidade de reconstituí-los posteriormente. Este resultado também foi observado por Santos (2012), Santos (2017) e Santos et al. (2018).

Durante o congelamento (etapa inicial da liofilização), as bactérias lácticas são expostas a condições estressantes, como a redução da quantidade de água livre no meio, aumentando assim, a concentração de soluto e a pressão osmótica, fatores extremamente desfavoráveis ao seu crescimento e viabilidade (SANTOS et al., 2018). Beal et al. (2001) constataram uma diminuição no número de bactérias lácticas decorrentes do congelamento.

Algumas substâncias, como a maltodextrina e a goma arábica, podem ser adicionadas para atenuar esses danos, exercendo efeito crioprotetor ou aliviando as tensões osmóticas, prejudiciais à microbiota do iogurte. Outra contribuição da maltodextrina é sua capacidade de preservar a atividade microbiológica após a liofilização e durante o armazenamento (RASCÓN-DÍAZ et al., 2012).

Um problema decorrente da desidratação de derivados lácteos é a dificuldade de solubilização do pó devido ao alto teor de gordura. Em função disso, Fonseca et al. (2011) sugerem que a lecitina seja adicionada ao leite concentrado antes do processo de secagem, para facilitar a solubilidade do pó. Isto porque a lecitina tem propriedades hidrófilas e lipofílicas, podendo ser usada para cobrir a superfície da partícula de pó, melhorando sua dispersibilidade e sua aceitação para o consumo. A IR nº53/2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) permite 5g/kg de lecitina para leite em pó (BRASIL, 2018; VISSOTTO et al., 2006).

Santos (2017) estudando a estabilidade microbiológica do iogurte liofilizado após 45 dias de armazenamento, observou que o iogurte se manteve dentro dos padrões estabelecidos pela legislação (10^7 UFC/g) durante os 45 dias. Além disso, a secagem do iogurte conferiu maior segurança microbiológica ao produto, uma vez que foi reduzida a atividade de água a valores não viáveis à multiplicação microbiana (BRASIL, 2007).

Santos et al. (2018), avaliando a influência de aditivos sobre as características físicas e microbiológicas do iogurte em pó por liofilização, observaram que a interação entre a maltodextrina e a goma arábica contribuiu para a conservação das células de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* durante o processo de liofilização, bem como o efeito linear da adição da maltodextrina.

3.8. Inovação no setor de lácteos

O aumento do poder de consumo dos brasileiros, aliados à crescente preocupação em viver mais, melhor e com satisfatória qualidade de vida, bem como à falta da ingestão de frutas, legumes e verduras, vem consolidando um cenário promissor para o mercado de alimentos funcionais, entre os quais está o iogurte, em todos os grupos de indivíduos. O setor lácteo possibilita um extenso mercado de desenvolvimento de novos produtos devido aos inúmeros derivados que podem ser produzidos do leite (MORAES et al., 2012; MONTEIRO et al., 2014).

Segundo Zegler (2019), os consumidores estão cada vez mais buscando inovações em alimentos e bebidas, isto é, que sejam sustentáveis durante todo o estilo de vida do produto, ofereçam soluções de envelhecimento saudáveis em qualquer estágio da vida e ofereçam conveniência atualizada.

Focar no consumo é um grande passo para direcionar o crescimento de iogurte no Brasil; Essa categoria de lácteos pode ganhar espaço e direcionar seu crescimento, oferecendo opções convenientes para diversas ocasiões de consumo, como café da manhã e lanches à tarde, educando os consumidores sobre novas possibilidades de uso, com ações que estimulem a saudabilidade quando comparada a outras opções de lanches e sobremesas (FOOD INGREDIENTS, 2019).

O iogurte é consumido com frequência no café da manhã, segundo o relatório sobre tendências globais de alimentos e bebidas de 2019, onde 46% dos brasileiros consomem iogurte no café da manhã sem acompanhamentos e 28% como parte do café da manhã, mostrando que o iogurte tem o potencial de substituir o pão nessa refeição (ZEGLER, 2019).

Além disso, produtos com apelo saudável, como iogurtes probióticos, prebióticos e simbióticos, vêm sendo disponibilizados no mercado há alguns anos. Mais recentemente, o interesse por alimentos de grande aporte nutricional vem trazendo o desenvolvimento de iogurte com alto teor proteico e sem lactose, destinados àqueles que buscam ganho de massa muscular, diminuição de apetite e/ou prevenção da atrofia muscular, como no caso de idosos e pessoas com intolerância à lactose (MARQUESAN, 2012; DOUGLAS et al., 2013).

As indústrias de lácteos vem inovando bastante nessas categorias de consumo, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Inovações globais em iogurte



Fonte: Food Ingredients, (2019)

4. METODOLOGIA

Este projeto foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Alimentos (LAA) do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), na cidade de São Cristóvão-SE. Também no Laboratório de Tecnologia e Controle de Qualidade de Medicamentos (LABTCOM), do Instituto de Ciências Farmacêuticas, no Laboratório de Microbiologia de Alimentos (LMA), da Faculdade de Nutrição e no Laboratório de Tecnologia de Bebidas e Alimentos (LTBA), todos da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), na cidade de Maceió-AL, e no Laboratório de Microscopia do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), na cidade de Maceió-AL.

Visando melhorar a qualidade durante o armazenamento e reduzir as reações oxidativas, o iogurte em barra foi armazenado em embalagem de polietileno laminada a vácuo.

4.1. Matérias-primas

Para formulação do iogurte foram utilizadas as seguintes matérias-primas: leite integral UHT, leite em pó integral, açúcar cristal e fermento lácteo probiótico Bio Rich®.

4.2. Processamento do Iogurte em pó

4.2.1. Processamento do Iogurte Natural

O iogurte natural foi processado utilizando-se 1 L de leite integral tipo UHT. O leite foi transferido para um liquidificador industrial e misturado a 4,0% (m/v) de leite em pó desnatado, e 6,0% (m/v) de açúcar. Após homogeneização foi transferido para um recipiente de inox e aquecido a 95 °C por 5 min para pasteurização dos ingredientes. A seguir, a mistura foi resfriada até 43 °C para adição de 0,04% (m/v) do inóculo.

Após a adição do inóculo o leite foi transferido de forma asséptica para um recipiente plástico estéril, e incubado em uma iogurteira (Cadence Naturalle) a temperatura de 43 °C por aproximadamente 5 h (até o leite fermentado atingir valores de pH entre 4,5 e 4,6). Em seguida foi levado a geladeira, a 5 °C, onde o mesmo permaneceu por 24 h para diminuir o processo fermentativo e o iogurte adquirir sabor, odor e textura característicos.

4.2.2. Secagem do Iogurte

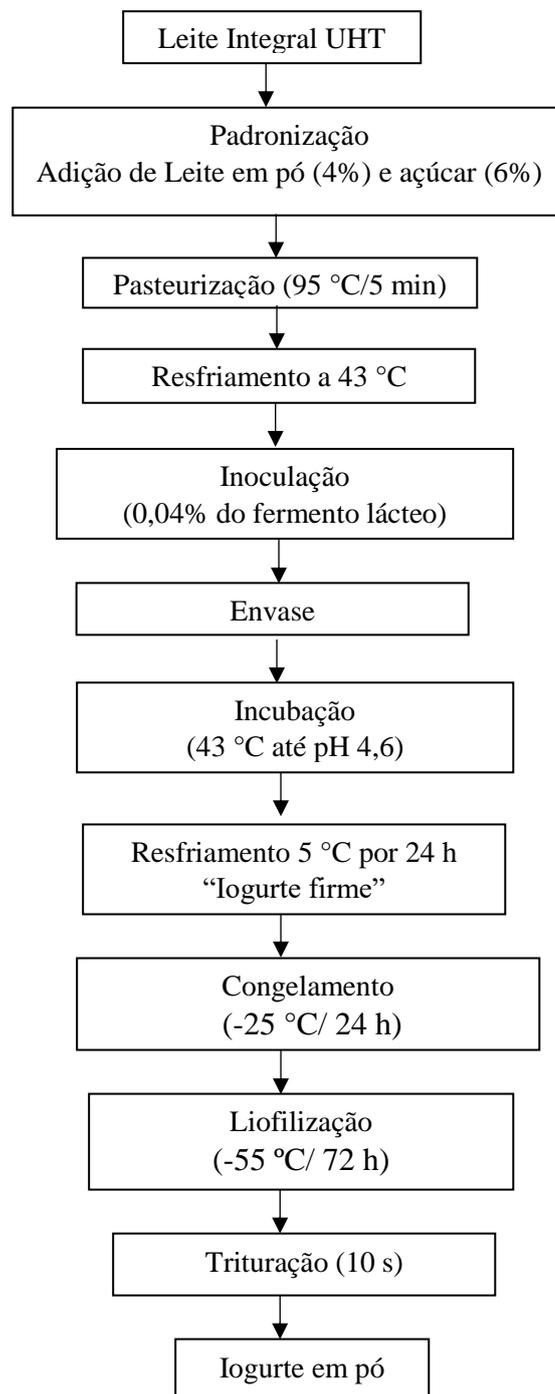
As amostras de iogurte foram depositadas em bandejas de aço inoxidável e congeladas em freezer (Electrolux Modelo FE 26) a temperatura de $-25 \pm 2^\circ\text{C}$, por 24 h. Em seguida foram inseridas no liofilizador (LÍOTOP LS300) (temperatura na câmara de condensação – 55 °C e vácuo a uma pressão mínima de 79µHg por 48 h). Depois de desidratadas as amostras foram

trituras em Moedor Original Coffee Flavor POLESPRESSO por cerca de 10 s para obtenção de um pó fino e homogêneo.

Este iogurte em pó foi armazenado em embalagem de polietileno laminado, selado á vácuo (seladora TEC MAQ, Modelo AP 500) até o momento de sua utilização como principal matéria-prima para elaboração do iogurte em barra.

O fluxograma geral, das etapas de produção do iogurte em pó, pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5. Fluxograma das etapas do procedimento experimental.



4.3. Formulação do Iogurte em barra

Com o objetivo de atenuar os impactos causados pelo processo de secagem e melhorar as características tecnológicas do iogurte, foi testada a influência da adição de dois aditivos (maltodextrina e lecitina).

A IR nº53/2018 permite a utilização de lecitina de soja no leite em pó como emulsionante, para a elaboração de leites instantâneos, em uma proporção máxima de 0,5% (BRASIL, 2018). Porém, estudos revelam que a utilização em torno de 0,3% é suficiente para obtenção de melhores condições de solubilidade (VISSOTTO et al., 2006). Também é sabido que a indústria de leite em pó utiliza em torno de 0,2% (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2020). Assim, foi adotado a concentração de 0,2% para teste na formulação do iogurte em barra.

Para a maltodextrina, a IN nº 46/2007, que estabelece os padrões de identidade e qualidade para leites fermentados, indica o limite máximo de 30% (BRASIL, 2007). De igual forma, é relatado na literatura que a adição de 10 a 15% é suficiente para obtenção de melhores aspectos tecnológicos sobre as características físicas e viabilidade microbiológica (SANTOS et al., 2018). Assim, o presente trabalho adotou a concentração de 10% na elaboração da formulação do iogurte em barra.

As formulações foram:

F1 (Formulação padrão): Apenas os ingredientes provenientes da fermentação do iogurte (leite UHT, leite em pó, açúcar cristal e fermento lácteo);

F2: formulação composta por todos os ingredientes de F1, acrescida de 10% de maltodextrina;

F3: formulação composta por todos os ingredientes de F1, acrescida de 0,2% de lecitina.

F4: formulação composta por todos os ingredientes de F1, acrescida de 10% de maltodextrina e 0,2% de lecitina.

4.4. Modulação do Iogurte em barra

O iogurte em barra foi moldado em uma forma metálica, formando barras de iogurte de 13,0 g cada. A compactação da formulação do iogurte em pó foi realizada por meio de uma prensa manual, sendo a força de compactação adequada ao estudo.

4.5. Caracterização das amostras

As análises físicas, físico-químicas, microbiológicas e nutricional realizadas nas amostras de iogurte natural e nas 4 formulações do iogurte em barra, assim como os métodos utilizados, estão resumidos na Tabela 2.

Tabela 2. Análises realizadas e respectivos métodos para o iogurte natural e para o iogurte em barra.

| Análise | Método | Iogurte natural | Iogurte em barra |
|---|----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Solubilidade | Gravimétrico | | ✓ |
| Extrato seco | Gravimétrico | ✓ | ✓ |
| Umidade | Gravimétrico | ✓ | ✓ |
| Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) | Microscópico | ✓ | ✓ |
| Acidez | Titulométrico | ✓ | ✓ |
| pH | Potenciométrico | ✓ | ✓ |
| Cinzas | Gravimétrico | ✓ | ✓ |
| Análise térmica | Calorimetria | ✓ | ✓ |
| Proteínas | Digestão, destilação e titulação | ✓ | ✓ |
| Lipídios | Extração e gravimetria | ✓ | ✓ |
| Carboidratos | Diferença | ✓ | ✓ |
| Valor energético | Soma | ✓ | ✓ |
| Bactérias lácticas | Semeadura | ✓ | ✓ |
| Coliformes | Tubos múltiplos | ✓ | ✓ |
| Termotolerantes | | | |
| Bolores e leveduras | Semeadura | ✓ | ✓ |
| <i>Salmonella</i> ssp | Semeadura | ✓ | ✓ |
| Sensorial | Aceitação | | ✓ |

4.5.1. Física

A solubilidade foi determinada para as 4 formulações de iogurte em barra pelo método gravimétrico (CANO-CHAUCA et al., 2005). O método consiste na adição de 1 g de amostra a um recipiente contendo 100 mL de água destilada, operando com agitação magnética a alta velocidade por 5 min, seguida por uma centrifugação a 3000 rpm, também por 5 min. Posteriormente, uma alíquota de 25 mL do sobrenadante é retirada e levada à estufa a 105 °C, até peso constante.

O extrato seco total foi determinado pesando 5 g da amostra e secando-a em estufa (103±2 °C) até peso constante. Para o cálculo do extrato seco total foi utilizada a Equação 1, (IAL, 2008).

$$\text{Extrato seco total (g/100g)} = \frac{P}{A} \times 100 \quad \text{(Equação 1)}$$

onde P é a massa do resíduo (g) e A é o volume da amostra (mL)

A umidade das amostras de iogurte (natural e em barra), foi determinada por secagem direta em estufa. Foram pesadas 3g da amostra em cápsula de porcelana, previamente tarada,

as quais foram previamente aquecidas por 3 horas e mantidas em dessecador. As amostras foram levadas à estufa regulada à 105°C, sendo acompanhado o processo de perda de umidade por pesagem, até peso constante. Para o cálculo foi utilizado à Equação 2, (IAL, 2008).

$$\text{Umidade (g/100g)} = \frac{N}{P} \times 100 \quad \text{(Equação 2)}$$

onde N é a massa de água perdida (g) e P é a massa da amostra (g)

A caracterização por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi realizada no Laboratório de Microscopia do Instituto Federal de Alagoas. Uma pequena quantidade da amostra foi fixada com fita adesiva de carbono dupla face condutiva e montada em um suporte metálico. Este material foi transferido para um metalizador QUORUM Q150R ES para ser coberto com uma camada de ouro. Uma corrente de 45 mA foi aplicada por 200 s. O material foi analisado em MEV modelo TESCAN VEGA3 com distância de trabalho de 8,8 mm e com aceleração de tensão igual a 10 kV (NASCIMENTO et al., 2019).

4.5.2. Química

Para o percentual de acidez em ácido láctico nas 4 formulações de iogurte, inicialmente foram pesadas 10g da amostra em um béquer de 50 mL, adicionado com pipeta graduada aproximadamente 10 mL de água isenta de gás carbônico. Em seguida, foi adicionado 5 gotas da solução de fenolftaleína e realizada a titulação com uma solução de hidróxido de sódio 0,1 M, utilizando bureta de 25 mL, até o aparecimento de uma coloração rósea. O cálculo foi realizado conforme a Equação 3 (IAL, 2008).

$$\text{Acidez (g/100g)} = \frac{V \times f \times 0,9}{P} \quad \text{(Equação 3)}$$

onde V é o volume de hidróxido de sódio 0,1 M gasto na titulação (mL), P massa/ volume da amostra (g/mL), 0,9 é fator de conversão para o ácido láctico e f é o fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 M

O pH foi determinado para todas as amostras de iogurte. Foi preparada uma solução a 10% (m/v) em água destilada. Com o auxílio do potenciômetro (DEL LAB, Modelo DLA - pH), previamente calibrado, foram obtidos os valores correspondentes ao potencial hidrogeniônico das amostras (IAL, 2008).

Foi utilizado o método de incineração em mufla para obtenção do resíduo mineral fixo das amostras de iogurte em pó, o qual consistiu em pesar cerca de 5 g das amostras em cadinhos de porcelana previamente tarados. Logo após, as amostras foram carbonizadas e em seguida levadas à mufla (GP, científica – Modelo, 2000-83) para serem incineradas a 550 °C, até que não restasse nenhum resíduo preto de matéria orgânica. Após esse período, o conjunto (amostra + cadinho) foi retirado da mufla e colocado num dessecador para esfriar e foi pesado até a obtenção de peso constante. A diferença entre os pesos do conjunto e os pesos do cadinho vazio representou a quantidade de cinza nas amostras. Para o cálculo foi utilizado a Equação 4 (IAL, 2008).

$$\text{Cinzas (g/100g)} = \frac{(P2-P1)}{Pa} \times 100 \quad \text{(Equação 4)}$$

onde $P1$ é a massa do cadinho vazio (g), $P2$ é a massa do cadinho com cinzas (g) e Pa é a massa da amostra (g)

O estudo termoanalítico do iogurte foi realizado por calorimetria exploratória diferencial (DSC- *Differential Scanning Calorimetry*). As curvas DSC foram obtidas na faixa de temperatura entre 25 e 600 °C, em célula calorimétrica modelo DSC 50 da marca Shimadzu, sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (50 mL/min), razão de aquecimento de 10 °C/min e utilizando cápsulas de alumínio parcialmente fechadas contendo aproximadamente 2 mg de amostra.

A célula DSC foi calibrada antes dos ensaios no eixo de temperatura, utilizando padrões de índio ($T_{\text{fusão}} = 156,6$ °C) e zinco ($T_{\text{fusão}} = 419,5$ °C) metálicos, com pureza de 99,99%. Para o fluxo de calor empregou-se o $\Delta H_{\text{fusão}}$ do índio metálico (28,7 J/g). As curvas DSC foram obtidas em atmosfera de nitrogênio devido à sensibilidade do sensor calorimétrico a atmosfera oxidante (ARAÚJO et al., 2006).

A quantificação dos compostos voláteis foi efetuada no iogurte natural e no iogurte em pó reconstituído. A quantidade de água adicionada foi o suficiente para atingir o brix do iogurte natural.

Os compostos foram extraídos utilizando a técnica de microextração em fase sólida (SPME- *Solid Phase Micro-Extraction*) seguindo a metodologia de Terpou et al. (2017) com adaptações. Em um *vial* foram pesados 7 g de amostra e 3 g de NaCl e uma barra de agitação magnética foi adicionada. O *vial* foi selado com um septo de silicone e imerso em um banho de

água a temperatura constante de 50 °C. A amostra foi mantida sob agitação (750 rpm) durante 3 min para atingir o equilíbrio. Em seguida, a fibra DVB/CAR/PDMS (Divinilbenzene/Carboxen/Polidimetilsiloxane) foi exposta ao *headspace* da amostra por 45 min para extração dos compostos. Os compostos foram dessorvidos no cromatógrafo a gás por 5 min.

A análise dos compostos voláteis foi realizada em cromatógrafo a gás (Agilent Modelo 7890B) acoplado a um espectrômetro de massa (Agilent, Series 5977A, USA). Foi utilizada uma coluna capilar polar VF 23-MS (Agilent, USA) (60 m x 0,25 mm x 0,25 µm), gás de arraste hélio a uma vazão de 1,0 mL/min, modo de injeção sem divisão. O forno foi programado para temperatura inicial de 40 °C (mantida durante 3 min), sendo aumentado 3°C/min até 100°C (permanecendo 1 min). Em seguida, elevou-se 3°C/min até atingir 130°C (permaneceu por 10 min) e, por fim, aumentou-se para 250°C à 10°C/min, permanecendo nesta temperatura por 3 min. Os compostos voláteis foram determinados a partir da comparação dos espectros de massa dos compostos da amostra com o banco de dados do NIST (National Institute of Standards & Technology) e o Índice de Retenção linear (IRL) com base numa série de padrão de n-alcenos (C8-C24), dos compostos das amostras com a literatura e outros bancos de dados (Flavornet, NIST).

O teor de proteína presente nas amostras foi determinado pelo método de Kjeldahl, através da pesagem quantitativa em tubo de digestão com aproximadamente 0,5 g de amostra, sendo adicionados 2 g da mistura catalisadora e 10 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄). Os tubos foram levados para o bloco digestor e aquecidos até atingir 350 °C, para a digestão da amostra, até que o conteúdo dos tubos ficasse da cor verde-azulado. Os tubos foram resfriados por cerca de 30 min e adicionados aproximadamente 10 mL de água destilada por tubo. Em seguida, o tubo foi posto no destilador para que fosse feita a neutralização com NaOH 40%. Durante a destilação foi recolhido o destilado em Erlenmeyer com 20 mL H₃BO₃ 2% adicionado de indicador misto. A destilação foi encerrada após serem recolhidos cerca de 100 mL do destilado. O destilado foi titulado usando HCl 0,02 ou 0,1 N até que retornasse à cor inicial, o que equivale a um ponto de viragem no pH ao redor de 4,5. Para o cálculo foi utilizada a Equação 5. (IAL, 2008).

$$\text{Proteínas (g/100g)} = \frac{V1x Mx 0,014x 100}{\text{Peso da amostra}} x 6,25 \quad \text{(Equação 5)}$$

onde V_I é o volume de ácido clorídrico gasto na titulação (mL) e M é a concentração do ácido clorídrico usado na titulação (M)

O teor de lipídeos das amostras de iogurte foi analisado pelo método de extração contínua Goldfish. Foram pesados 2 g da amostra (amostra proveniente da análise de umidade) em papel de filtro. O papel filtro foi fechado e inserido no cesto do extrator que foi fixado no condensador. Após montagem do sistema, foi realizada a extração a 90°C durante 3 h. Após o processo de extração, foi recuperado o solvente a 130°C e o tubo com o resíduo extraído foi transferido para uma estufa a 105 °C até peso constante, o resultado foi expresso em porcentagem em massa de gordura conforme a Equação 6 (IAL, 2008).

$$\text{Lipídeos (g/100g)} = \frac{N}{P} \times 100 \quad \text{(Equação 6)}$$

onde N é a massa da gordura (g) e P é a massa da amostra (g)

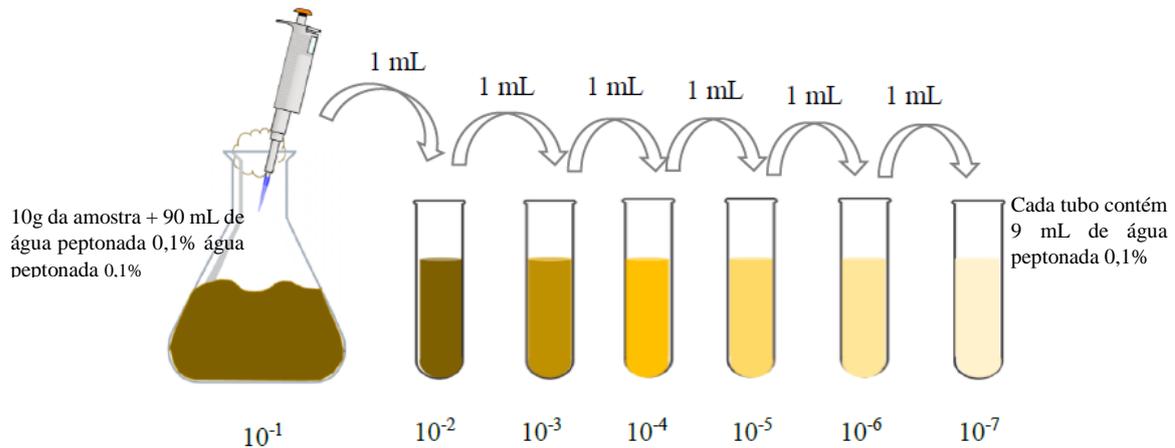
O teor de carboidrato (g/100g) foi obtido pelo valor da diferença de 100 e a somatória dos níveis de proteína, lipídeos, umidade e cinzas (IAL, 2008).

O valor energético (kcal/100g) foi obtido considerando-se os fatores de conversão de Atwater, tabela TACO. Para o cálculo foi utilizada a Equação 7 (TACO, 2011).

$$\text{Valor energético (kcal/100g)} = (4 \times \text{proteína}) + (4 \times \text{carboidratos}) + (9 \times \text{total lipídios}) \quad \text{(Equação 7)}$$

4.5.3. Microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos (FANUT/UFAL). Inicialmente foi realizada a diluição seriada das amostras pesando 10g do iogurte e adicionando 90 mL de água peptonada 0,1% (m/v), sendo considerada a primeira diluição (10^{-1}). Em seguida foi retirada uma alíquota de 1 mL da diluição 10^{-1} e adicionada em um tubo de ensaio contendo 9 mL de água peptonada 0,1% (m/v), obtendo-se assim, a diluição 10^{-2} . De igual forma foram preparadas sucessivas diluições até a diluição 10^{-7} (Figura 8), a fim de se garantir que após a incubação das placas o número de UFC/g estivesse entre 25 e 250.

Figura 6. Sequência de diluições seriadas

Fonte: Arcevo da autora (2019).

Feitas as diluições, foi realizada as análises de bactérias lácticas, bolores e levedura, *E. coli* e *Salmonella*, conforme estabelece a legislação (BRASIL, 2007, 2019)

A contagem de bactérias lácticas foi realizada através de semeadura por profundidade com sobrecamada, em duplicata de placas, em meios de cultivo M17 Agar base (33,25 g/L, HIMEDIA) e MRS (67,15 g/L, HIMEDIA) acidificado com ácido acético até pH 5, para determinação de *Streptococcus termophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, respectivamente.

Na determinação de *Streptococcus termophilus* as placas com M17 foram incubadas em estufa a 37°C por 48h sob aerobiose, enquanto para *Lactobacillus bulgaricus* as placas com MRS acidificado foram incubadas a 37°C por 72h sob aerobiose (APHA, 2001)

Para a contagem de bolores e leveduras, foi empregado o meio Potato Dextrose Ágar (PDA). Foi utilizado o método de plaqueamento em superfície “spread plate”, onde foram inoculadas alíquotas de 0,1 mL da amostra diluídas (10^{-1} a 10^{-3}), com auxílio da alça de Drigalsky, em duplicata de placas, seguida de incubação à 25°C por 48 h. Após este período foi realizada a contagem dos bolores e leveduras nas placas, e obtida da média em UFC/mL (APHA, 2001).

Foi utilizado o método dos tubos múltiplos para determinação de *E. coli* (FDA, 2002).

Foi utilizada a metodologia para a detecção da presença ou ausência da *Salmonella* ssp da International Organization for Standardization (ISO 6579, 2017), sendo divididas em três etapas: Pré-enriquecimento em Caldo não Seletivo, enriquecimento em Caldo Seletivo, plaqueamento Seletivo Diferencial.

4.6. Análise Estatística

Os experimentos foram realizados seguindo o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os resultados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o software Sisvar.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O iogurte em pó é um derivado lácteo com características que transitam entre o leite em pó e o iogurte natural. Trata-se de um alimento vivo, com características intrínsecas que favorecem uma maior segurança frente aos iogurtes tradicionais.

Partindo de 1 L de leite líquido integral, padronizado com leite em pó integral, açúcar e fermentado por 5 h com fermento lácteo probiótico, foi obtido uma massa de iogurte de 1252,83 g. Após secagem foi obtido um rendimento de 20,47% de iogurte natural em pó (F1), 19,4% para o iogurte com adição de 0,2% de lecitina (F2), 29,7% para o iogurte com 15% de maltodextrina (F3) e 32,44% para o iogurte acrescido de 0,2% de lecitina e 15% de Maltodextrina (F4) composto por sólidos que não sofreram sublimação e por alguma porcentagem de água residual.

O rendimento encontrado no presente trabalho foi superior ao relatado por Santos et al. (2018) que, estudando o desenvolvimento e aceitação de iogurte em pó por liofilização, obtiveram rendimento de 18%, e por Matos et al. (2015) que encontraram rendimento de 16,7% para o iogurte em pó obtido por liofilização. Tal diferença pode ser explicada pelo tipo de fermento lácteo utilizado, pois os autores citados utilizaram o fermento lácteo contendo *Lactobacillus delbrueckii* sp. *Bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* enquanto o presente estudo utilizou um fermento lácteo probiótico contendo *Lactobacillus delbrueckii* sp. *Bulgaricus*, *Lactobacillus acidófilos* LA-5, *Bifidobacterium* BB-12 e *Streptococcus thermophilus*. Segundo Oliveira e Damin (2003), a utilização de culturas probióticas aumentam a firmeza e o teor de sólidos totais, gerando maior rendimento após secagem.

Como pode ser visualizado na Figura 7-A, o iogurte obteve uma textura muito espessa, semelhante à textura do tradicional iogurte grego. Após secagem, o que se pode notar (Figura 7-B) é que a liofilização gera um produto seco em forma de flocos, sendo necessária a trituração para obtenção do pó. Tal aspecto também foi observado por Matos et al. (2015). Na Figura 7-C tem-se o iogurte em pó após trituração em moinho elétrico (Di Grano; Cadence).

Figura 7- Etapas para obtenção do iogurte em pó (A: Iogurte formulação padrão; B- Iogurte formulação padrão após secagem; C- Iogurte em pó triturado)

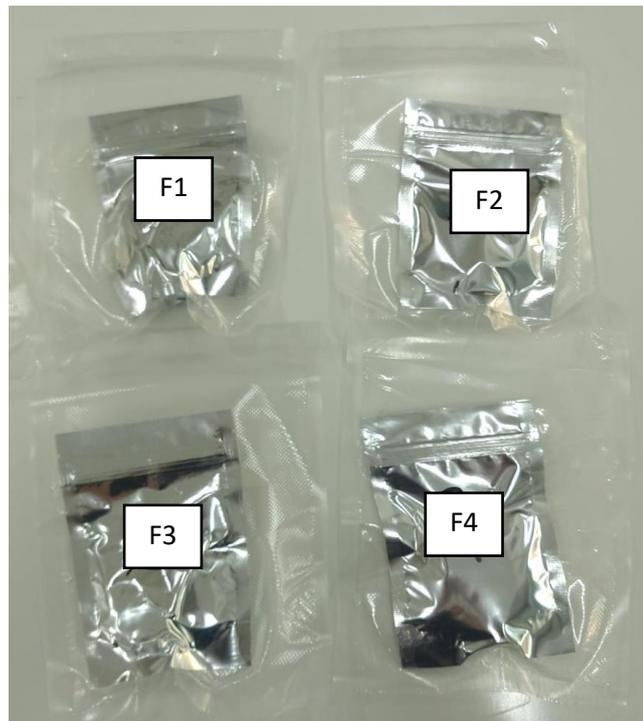


Fonte: Acervo da autora (2019).

Antes do congelamento, etapa pré-liofilização, além da adição dos aditivos, lecitina e maltodextrina, fez-se necessária a adição de 25 mL de água destilada para facilitar o congelamento da amostra.

Após secagem e trituração, as amostras foram acondicionadas em embalagem primária de polietileno laminada e seladas a vácuo em embalagem secundária de polietileno transparente (Figura 8). Armazenadas a temperatura ambiente até o momento da análise.

Figura 8- Amostras de iogurte em pó acondicionadas em embalagem primária de polietileno laminada e secundária de polietileno transparente sob vácuo (F1: Formulação padrão; F2: Formulação com 10% de Maltodextrina; F3: Formulação com 0,2% de Lecitina; F4: Formulação com 0,2% de Lecitina e 10% de Maltodextrina)



Fonte: Acervo da autora (2019).

Após produção do iogurte em pó o mesmo foi prensado em molde de barra dando origem ao iogurte em barra Figura 9.

Figura 9- Iogurte em barra



Fonte: Acervo da autora (2019).

A produção do iogurte em barra resultou no pedido de patente sob registro: BR 10 2019 024676 6.

5.1. Caracterização físico-química das 4 formulações de iogurte em barra

Conhecer as características intrínsecas do alimento além de fornecer informações relevantes e obrigatórias aos consumidores e influir no desenvolvimento de uma embalagem mais segura e apropriada, ajuda na escolha do melhor plano de conservação para aumentar a sua vida útil. Os resultados da caracterização físico-química das 4 formulações do iogurte em pó encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3- Caracterização físico-química das 4 formulações de iogurte em barra

| Análise | Formulações* | | | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | F1 | F2 | F3 | F4 |
| Umidade (g/100 g) | 6,46±0,23 ^b | 4,91±0,16 ^c | 7,90±0,50 ^a | 6,46±0,45 ^b |
| Extrato seco (g/100 g) | 93,54±0,23 ^b | 95,09±0,16 ^a | 92,10±0,50 ^c | 93,54±0,45 ^b |
| Cinzas (g/100 g) | 5,97±0,01 ^a | 4,60±0,01 ^d | 5,89±0,01 ^b | 5,23±0,01 ^c |
| Acidez (g ácido láctico/100 g) | 2,39±0,12 ^b | 1,50±0,01 ^c | 2,88±0,05 ^a | 2,36±0,14 ^b |
| pH | 5,03±0,08 ^a | 4,98±0,01 ^a | 4,86±0,03 ^a | 4,87±0,01 ^a |
| Solubilidade (g/100 g) | 35,6±0,21 ^d | 76,4±0,14 ^a | 65,7±0,24 ^c | 74,9±0,19 ^b |
| Proteínas (g/100 g) | 17,73±0,27 ^a | 16,30±0,02 ^b | 11,49±0,10 ^c | 12,00±0,02 ^c |
| Lipídios (g/100 g) | 12,42±0,25 ^a | 12,12±0,045 ^a | 12,70±0,56 ^a | 13,43±0,33 ^a |
| Carboidratos (g/100 g) | 58,44±0,29 ^b | 63,06±0,10 ^a | 63,28±0,97 ^a | 63,88±2,16 ^a |
| Valor energético (kcal/100 g) | 416,39±2,19 ^b | 426,59±0,90 ^a | 406,69±12,5 ^c | 423,08±3,49 ^{ab} |

Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

*F1: Iogurte Padrão; F2: Iogurte com adição de 10% de Maltodextrina; Formulação 3: Iogurte com adição de 0,2% de lecitina e F4: Iogurte com adição de 0,2% de lecitina e 10% de maltodextrina.

Como se pode visualizar na Tabela 3, o teor de umidade diferiu significativamente ($p < 0,05$) entre as formulações 1, 2 e 3. A formulação 4 apresentou teor de umidade igual à F1, comportamento também observado para os valores de extrato seco. Estes parâmetros se relacionam de forma inversamente proporcional, sendo F3 a que apresentou maior umidade e F2 a que apresentou maior teor de extrato seco. Resultado similar foi encontrado por Matos et al. (2015) que, estudando a estabilidade físico-química de iogurtes liofilizados obtiveram umidade de 5,56%. Por sua vez, Koç et al. (2014) estudaram iogurte atomizado e obtiveram um pó com umidade de 6,08%.

Quanto ao teor de cinzas, houve diferença significativa ($p < 0,05$) para as 4 formulações avaliadas, sendo que os valores variaram de 4,6 g/100g para a F2, a 5,97 g/100g para a F1. Santos (2017), estudando iogurte em pó liofilizado encontrou teor de cinzas de 5,92% para a formulação padrão e 3,10% para o iogurte em pó com adição de 0,6 % de goma arábica e 15% de maltodextrina. Ergün et al. (2013) obtiveram valores próximos, variando de 2,60 a 6,85 % de cinzas, para iogurte liofilizado.

As formulações apresentaram acidez média entre 1,50 a 2,88 g/100g (Tabela 3) havendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre todas as formulações. Esse estudo se equipara ao realizado por Matos et al. (2015), que verificaram acidez média de 2,14 g/100g para o iogurte em pó liofilizado. Comportamento contrário à acidez foi encontrado para o pH, onde não houve variação significativa entre as 4 formulações. Valores similares foram reportados por Matos et al. (2015) e Abreu et al. (2018) que obtiveram 4,88 e 4,62 para o iogurte liofilizado em pó de vaca e ovelha, respectivamente.

No tocante à solubilidade, nota-se na Tabela 3 uma diferença significativa, para 4 formulações. A adição de lecitina e de maltodextrina influenciou de forma positiva tornando o iogurte em pó mais solúvel. Na indústria de leite em pó, devido as suas qualidades emulsionantes, antioxidantes e dispersantes, a lecitina aumenta a estabilidade e o tempo de vida útil do leite. O leite em pó comum torna-se instantâneo com a utilização da lecitina de soja em torno de 0,20% (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2020). Koç et al. (2012) avaliando as propriedades do iogurte em pó seco por pulverização, encontraram médias de 65,0-72,75% para solubilidade, corroborando com o presente estudo.

A presença de aditivos provocou variações significativas na composição centesimal do iogurte em pó, com exceção do teor de lipídios que se manteve inalterado para as 4 formulações. Valor próximo ao do presente trabalho foi reportado por Matos et al. (2015), reportaram 16,01

g/100g de lipídios para o iogurte liofilizado em pó. A presença de gordura é determinante para a qualidade do produto devido à possibilidade de rancificação, que compromete nutricional e sensorialmente o produto (CHITRA, DEB e MISHRA, 2015).

O teor de proteínas variou de 11,49 a 17,73 g/100 g, não sendo observada variação significativa entre as formulações 3 e 4. Valores superiores foram reportados por Krasaekoopt e Bhatia (2012) para iogurtes em pó comerciais de leite de vaca obtidos por liofilização (33 a 36g/100g). Tal variação pode ter ocorrido devido ao congelamento lento do iogurte antes da secagem. Segundo Ribeiro e Severalli (2007), quanto mais rápido for o congelamento, menor será a desnaturação das proteínas.

Ergün et al. (2013) afirmaram que o aumento do teor de carboidratos contribui para o aumento da solubilidade de amostras liofilizadas de iogurte com castanhas. Como observado na Tabela 3, houve variação significativa para o teor de carboidratos entre a formulação 1 e as formulações 2, 3 e 4; e esse aumento acarretou maiores índices de solubilidade para as formulações com aditivos.

Segundo a RDC nº 376 de 23 de dezembro de 2003, da ANVISA para rotulagem nutricional de alimentos embalados, indicar o valor energético é item obrigatório. Na indústria de alimentos, o valor energético é determinado através da aplicação de um método empírico conhecido como Regra 4-9-4 (SANTOS, 2010). Fazendo uso desse método, foram obtidos diferentes valores energéticos para as 4 formulações, encontrando um resultado similar ao de Santos, (2012) (414,28 kcal/100g) para o iogurte liofilizado em pó.

5.2. Caracterização microbiológica das 4 formulações de iogurte em barra e do iogurte natural

Para ser considerado iogurte, o derivado lácteo deve apresentar ao menos dois tipos de bactérias lácticas (*Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*), ambas nas concentrações mínimas de 10^7 (BRASIL, 2007). Dessa forma, a caracterização microbiológica das bactérias lácticas é de suma importância, pois revela a que grupo de derivado lácteo o iogurte em barra pertence.

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos da análise de bactérias lácticas do iogurte natural antes da secagem e das 4 formulações de iogurte em pó.

Tabela 4- Análise microbiológica de bactérias lácticas em UFC/g do iogurte natural e das 4 formulações de iogurte em barra.

| Bactérias láticas | Iogurte natural | Formulações | | | |
|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | F1 | F2 | F3 | F4 |
| <i>Streptococcus thermophilus</i> | 2,5x10 ^{8a} | 3,1x10 ^{8a} | 3,3x10 ^{7b} | 3,0x10 ^{7b} | 2,3x10 ^{7b} |
| <i>Lactobacillus bulgaricus</i> | 5,0x10 ^{8a} | 5,6x10 ^{7b} | 4,8x10 ^{7b} | 2,0x10 ^{7b} | 4,0x10 ^{7b} |
| Totais | 7,5x10 ^{8a} | 3,6x10 ^{8b} | 8,1x10 ^{7c} | 5,0x10 ^{7c} | 6,3x10 ^{7c} |

Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o iogurte natural e o iogurte em pó de todas as formulações (Tabela 4) à exceção dos *Streptococcus thermophilus* que foi significativamente igual entre o iogurte natural e F1 (iogurte sem aditivos). Entre as formulações, a que apresentou maior contagem de bactéria lácticas totais foi a formulação 1, sendo as demais iguais estatisticamente. Apesar dessa diferença, todas as formulações apresentaram contagem microbiológica no limite do estabelecido pela legislação, podendo ser classificadas como iogurte.

Avaliando o impacto da secagem, (Iogurte natural x F1) observa-se que a liofilização contribuiu de forma positiva para permanência das bactérias lácticas, sendo os *Lactobacillus bulgaricus* mais sensíveis ao processo do que os *Streptococcus thermophilus*. Os estudos de Kearney et al. (2009) também comprovaram uma maior sensibilidade do gênero Lactobacilos durante a desidratação do iogurte. Krasaekoopt e Bhatia, (2012) constataram redução de $9,8 \times 10^8$ para $5,6 \times 10^7$ UFC/g de bactéria lácticas totais na desidratação de iogurte.

Entre as formulações desenvolvidas, a formulação padrão foi a que apresentou a maior contagem de bactérias lácteas totais e essa maior contagem foi favorecida pela maior sobrevivência dos *Streptococcus thermophilus*. A adição de lecitina e maltodextrina não contribuiu positivamente quanto à concentração dessas bactérias, tendo em vista que sua concentração foi reduzida. Isso pode ser explicado pelo fato de que nessas formulações (2, 3 e 4) há uma massa total maior, reduzindo a concentração final de bactéria lácticas. Santos, (2017) não observou diferença entre iogurte liofilizado com e sem a adição de maltodextrina a 15%.

Segundo RDC nº331/2019, para ser considerado seguro ao consumo humano, os produtos lácteos fermentados devem apresentar ausência de *Salmonella*/25 mL e um limite máximo de 3 UFC/mL de *E. coli* e 10^2 UFC/mL de bolores e leveduras/mL (BBRASIL, 2019). Tais microrganismos, além de indicarem contaminação patogênica, também surgem em condições higiênico-sanitárias de fabricação. A presença de *E. coli* é um indicativo da manipulação incorreta, de falta da aplicação de procedimentos de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e

indicativo de contaminação de origem fecal, evidenciando risco para a saúde dos consumidores (Pinto et al., 2011).

O resultado dessas análises encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5- Análise microbiológica de bolores e leveduras, *E. coli* e *Salmonella* (Padrão: RDC nº 331/2019).

| Análise | Limite máx. | Iogurte natural | Formulações | | | |
|----------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | F1 | F2 | F3 | F4 |
| Bolores e Leveduras/ | 10 ² UFC/g | <10 ² |
| <i>E. coli</i> / | 3 NMP/g | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 |
| <i>Salmonella</i> | Ausência | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |

A partir da Tabela 5, pode-se inferir que a fabricação do iogurte natural, assim como o processo de secagem, seguiu as normas de boas práticas de fabricação, gerando um alimento seguro, livres de patógenos e de contaminação externa e/ou de origem fecal.

5.3. Caracterização microscópica das 4 formulações de iogurte em barra

A morfologia dos pós obtidos por liofilização é apresentada na Figura 10. De acordo com Man et al. (1999), o tipo de processo de secagem influencia na estrutura dos grânulos do pó. Triboli (2014) estudou a secagem do iogurte por atomização e encontrou partículas esféricas com estrutura lisa. Tal resultado difere do apresentado no presente trabalho, onde as partículas apresentam superfície irregular, o que pode ser explicado pelo processo de secagem e também pelo fato do pó ter sido moído.

Quando observadas com um aumento de 300 vezes, F1 (Figura 10.A), apresentou pequenas partículas dispersas e irregulares, F3 (Figura 10.D), por sua vez, mostrou-se mais aglomerada e com tamanho similar a F1. Já em F2 (Figura 10.G), o iogurte em pó apresentou partículas maiores e com arestas proeminentes, similar à F4 (Figura 10.J).

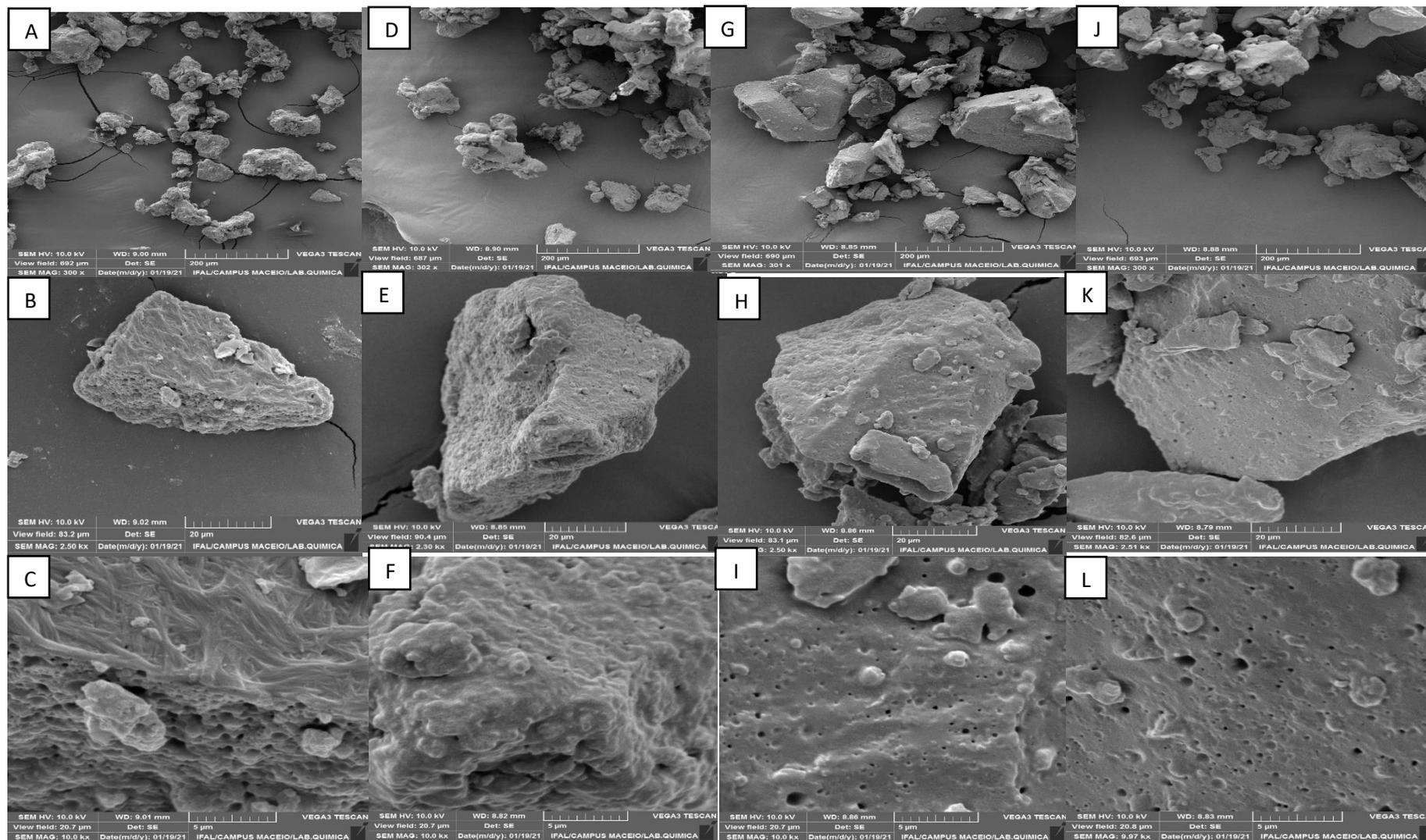
Nas micrografias com aumento de 2500 vezes, vê-se com maior notoriedade o tamanho de cada partícula, assim como a forma irregular dos grânulos (Figuras 10.B, 10.E, 10.H e 10.K).

O aumento de 10000 vezes permite visualizar a superfície de cada granulo, onde se nota que F1 (Figura 10.C), possui uma diferença morfológica no granulo, sendo constituído por uma superfície fibrosa em forma de rede e uma outra parte porosa, característica não observada nas demais formulações. F3 (Figura 10.F) destaca-se por apresentar uma superfície rugosa,

diferente de todas as demais. Por sua vez, F2 e F4 (Figuras 10.I e 10.J, respectivamente), apresentaram superfícies escamosas similares, marcada pela presença de poros.

Pós que possuem uma superfície escamosa apresentam menor área superficial em relação às partículas esféricas (CAPARINO et al., 2012) o que reduz a suscetibilidade à oxidação dos compostos, sendo importante em produtos com elevado teor lipídico (SOUZA, 2015).

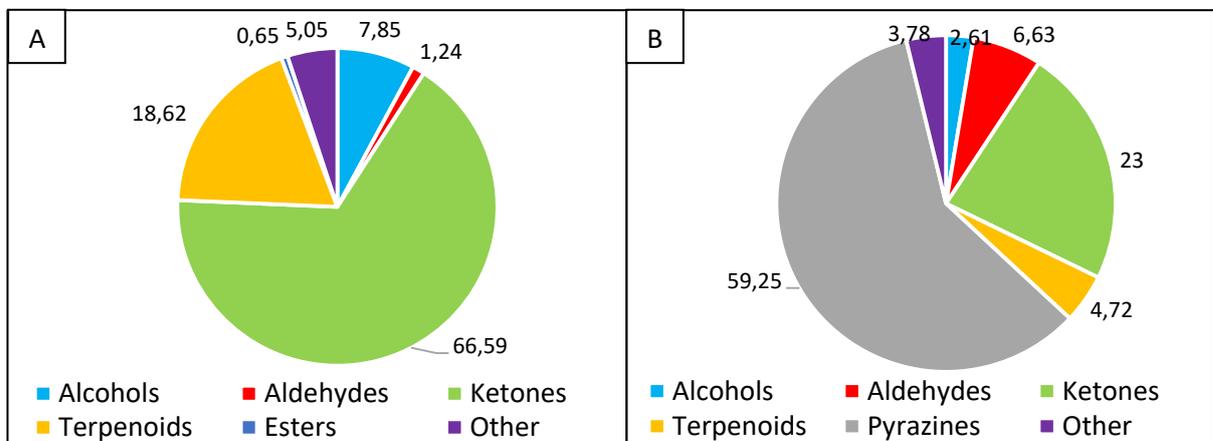
Figura 10- Microscopia eletrônica de varredura (MEV) para amostras de iogurte padrão (A, B e C), com 0,2% de lecitina de soja (D, E e F), 10% de Maltodextrina (G, H e I), e 0,2% de Lecitina + 10% de Maltodextrina (J, K e L) para aumentos de 300× (A, D, G e J), 2500× (B, E, H e K) e 10000× (C, F, I e L).



5.4. Caracterização dos compostos voláteis do iogurte natural *versus* iogurte em barra

A fim de se verificar a influência da secagem no atributo sensorial de odor, identificando possíveis alterações nos compostos voláteis, foi realizada a análise por cromatografia gasosa dos compostos voláteis do iogurte natural e do iogurte em pó. Nessa análise, foram identificados um total de 39 compostos voláteis, dos quais 9 foram álcoois, 8 aldeídos, 7 cetonas, 5 pirazinas, 5 terpenos, 2 ésteres, e 3 outros compostos (Figura 11).

Figura 11 - Compostos voláteis identificados das amostras de iogurte in natura (A) e na formulação padrão do iogurte em barra (B)



A Tabela 6 apresenta os compostos que foram identificados e a porcentagem de área que cada composto representa para cada amostra.

Tabela 6- Compostos voláteis identificados e porcentagem de área das amostras de iogurte natural e do iogurte em barra formulação padrão (**continua**)

| Compostos | RI _{Lit} ^a | RI _{cal} | Área (%) [*] | | Descritores de Odor ^b |
|----------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|----------------------------------|
| | | | Iogurte Natural | Iogurte em barra | |
| Álcool | | | | | |
| 1-Pentanol | 1231 | 1227 | 1.93 ± 0.14 | 0.42 ± 0.07 | picante, fermentado |
| 1-Hexanol | 1355 | 1342 | 0.47 ± 0.04 | | frutado, doce |
| 2-Octanol | 1421 | 1418 | 0.75 ± 0.02 | 0.38 ± 0.01 | fresco, picante, verde |
| 1-Heptanol | 1457 | 1456 | 0.72 ± 0.02 | | verde, mofado |
| 2-Nonanol | 1528 | 1543 | | | ceroso, queijo |
| 1-Octanol | 1561 | 1551 | 1.12 ± 0.12 | 0.58 ± 0.03 | ceroso, verde, frutado |
| 2-Furanmethanol | 1658 | 1628 | 0.72 ± 0.20 | 0.73 ± 0.03 | doce, caramelo |
| 1-Nonanol | 1676 | 1655 | 0.44 ± 0,23 | 0.49 ± 0.01 | floral, rosa |
| Benzyl alcohol | 1899 | 1917 | 1.70 ± 0.17 | | floral, frutado |
| Total | | | 7,85 | 2,61 | |
| Aldeído | | | | | |
| Octanal | 1272 | 1265 | | 0.46 ± 0.02 | aldeídico, ceroso |
| Nonanal | 1388 | 1381 | | 0.42 ± 0.03 | aldeídico, cítrico |
| Decanal | 1499 | 1497 | | 0.95 ± 0.02 | doce, aldeídico |
| Furfural | 1495 | 1515 | | | caramelo |
| Benzaldehyde | 1568 | 1560 | 1.24 ± 0.24 | 1,62 ± 0.03 | amêndoa, frutado |
| Undecanal | 1622 | 1614 | | 2.12 ± 0.07 | ceroso, floral, cítrico |
| 5-Methyl-2-furfural | 1610 | 1646 | | | doce, caramelo |
| Benzeneacetaldehyd e | 1671 | 1663 | | 1.07 ± 0.04 | doce, fermentado |
| Total | | | 1,24 | 6,63 | |
| Cetonas | | | | | |
| 2,3-Butanedione | 1000 | 1008 | 14.55±0.65 | 1.94 ± 0.27 | amanteigado, doce |
| 2-Heptanone | 1189 | 1178 | 8.63 ± 0.33 | 3.64 ± 0.38 | queijo, cetônico |
| Acetoin | 1309 | 1318 | 18.35±0.15 | 2.06 ± 0.01 | leite, amanteigado, leitoso |
| 2-Nonanone | 1394 | 1409 | 15.44±0.17 | 8.56 ± 0.12 | frutado, queijo |
| 2-Dodecanone | 1698 | 1711 | 7.38 ± 0.42 | 5.02 ± 0.54 | frutado, cítrico, floral |
| 2-Tetradecanone | 1893 | 1935 | 2.24 ± 0.12 | 1.78 ± 0.43 | |
| 2-Acetylpyrrole | 1986 | 2023 | | | mofado, nozes |
| Total | | | 66,59 | 23,00 | |
| Terpenoides | | | | | |
| β-(E)-Ocimene | 1241 | 1234 | 1.42 ± 0.05 | | |
| α-Ocimene | 1250 | 1256 | 1.06 ± 0.07 | | frutado, floral |
| p-Cymene | 1280 | 1304 | 2.59 ± 0.60 | | fresco, cítrico, terpeno |
| Caryophyllene | 1617 | 1638 | 11.81±0.13 | 4.12 ± 0.25 | picante, cravo, amadeirado |
| Humulene | 1689 | 1727 | 1.74 ± 0.06 | 0.60 ± 0.05 | amadeirado |
| Total | | | 18,62 | 4,72 | |

Tabela 6- Compostos voláteis identificados e porcentagem de área das amostras de iogurte natural e do iogurte em barra formulação padrão (**conclusão**)

| Compostos | RI _{Lit} ^a | RI _{cal} | Área (%) [*] | | Odor Description ^b |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|-------------------------------|
| | | | Iogurte Natural | Iogurte em barra | |
| Esters | | | | | |
| Ethyl hexanoate | 1258 | 1286 | 0.65 ± 0.04 | | doce, frutado, ceroso |
| Methyl salicylate | 1804 | 1828 | | | doce, aromático |
| Total | | | 0,65 | 0.00 | |
| Pirazinas | | | | | |
| Methylpyrazine | 1288 | 1287 | | 0.47 ± 0.00 | nozes, torrado |
| 2,6-Dimethylpyrazine | 1353 | 1359 | | 13.41±0.63 | cacau, torrado, nozes |
| 2,3-Dimethylpyrazine | 1372 | 1389 | | | noz, cacau, torrado |
| Pyrazine, trimethyl- | 1418 | 1447 | | 41.42±1.18 | noz, mofo |
| Pyrazine, 3-ethyl-2,5-dimethyl- | 1471 | 1486 | | 3.96 ± 0.03 | noz, cacau |
| Total | | | 0,0 | 59,25 | |
| Outros | | | | | |
| Maltol | 1988 | 2015 | | | doce, caramélico |
| Octanoic acid | 2055 | 2046 | 0.74±0.041 | | queijo, gorduroso |
| δ-Decalactone | 2196 | 2197 | 4.31 ± 0.24 | 3.78 ± 1.00 | cremoso, leitoso |
| Total | | | 5,05 | 3,78 | |

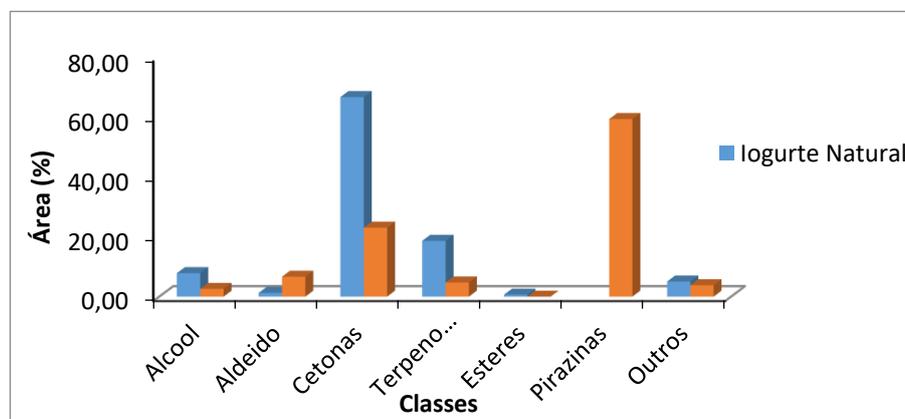
*Values expressed as Means ± Standard Deviation;

^aNIST Web (<https://www.nist.gov/>)

^bGood Scents (<http://www.thegoodscentscompany.com>)

Na Figura 12 é possível verificar de forma objetiva a porcentagem de área de cada classe química de compostos para cada amostra.

Figura 12- Percentual de área de diferentes classes encontradas nos iogurtes.

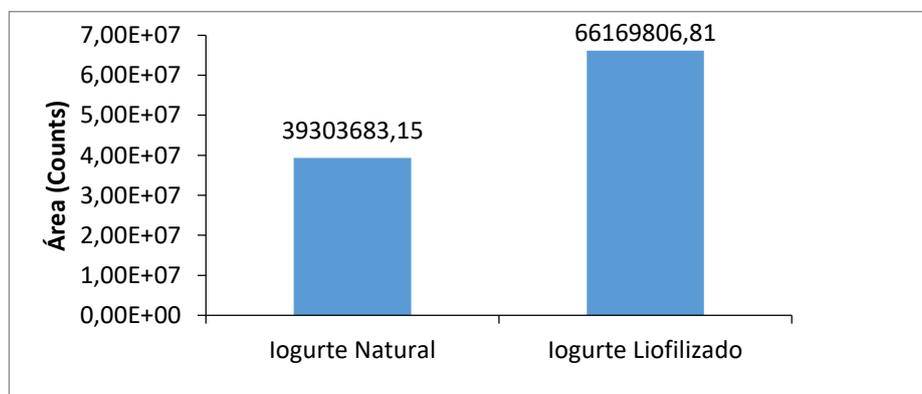


Dentre os 39 compostos identificados, 23 deles foram identificados no iogurte natural, destacando-se as classes dos álcoois, cetonas e terpenos com 8, 6 e 5 compostos respectivamente. Quanto à porcentagem de área, observou-se que a classe majoritária foi a das cetonas, correspondendo à 66,59% da área total dos compostos identificados no iogurte natural, com destaque para o composto acetoin (odor característico amanteigado e leitoso) com 18,35% de área.

Quanto ao iogurte liofilizado reidratado, 24 compostos foram identificados, sendo que classes dos aldeídos, cetonas e álcoois com maiores números de compostos. Já considerando a porcentagem de área dos compostos, observou-se que as classes majoritárias foram as das pirazinas e cetonas com respectivamente, 59,25 e 23% da área dos compostos nos iogurtes obtidos por liofilização.

Observou-se ainda que, como mostrado na Figura 13, o iogurte em pó apresentou área total de compostos identificados maiores quando comparado à amostra de iogurte natural. Esse fato pode ser justificado pela presença das pirazinas, responsáveis por 59,25% da área dos compostos no iogurte obtido por liofilização.

Figura 13- Área total dos compostos voláteis das amostras de iogurte.



As pirazinas são compostos aromáticos contendo dois átomos de nitrogênio nas posições 1 e 4 de um anel de seis membros. Elas podem ser geradas diretamente por reação de "Maillard", por degradação de "Strecker" ou ainda por pirólise de hidróxi-aminoácidos. As pirazinas contribuem apreciavelmente para as características sensoriais dos alimentos. Esses componentes apresentam propriedades sensoriais bem peculiares, sendo considerados flavorizantes importantes para a indústria de produtos alimentícios (MARIA; MOREIRA; TURGO, 1999).

A reação de Maillard ocorre entre açúcares redutores e grupamentos amínicos, sendo um processo de escurecimento não-enzimático que produz rearranjo complexo de açúcar-proteína que influencia a cor e o sabor do produto. Diversos fatores influenciam na reação de Maillard, como temperatura, pH, atividade de água, tipo do açúcar redutor (CHEVALIER et al., 2001; QIU et al., 2005, FENNEMA, 2010).

A presença de pirazinas no iogurte em pó pode ser proveniente da reação de Maillard, devido às características do alimento, como baixa concentração de lactose associado à presença de glicose e redução da atividade de água durante a secagem.

Segundo Troise et al. (2016), os tratamentos térmicos e o armazenamento influenciam a qualidade do leite, particularmente no leite com baixo teor de lactose, pois a maior concentração de açúcares redutores pode levar ao aumento da formação de produtos da reação de Maillard. Em estudo sobre o avanço da formação de cor pela reação Maillard com misturas de dois açúcares (glicose ou lactose) Brião et al (2011) constataram que a glicose evidenciou possuir maior reatividade que a lactose.

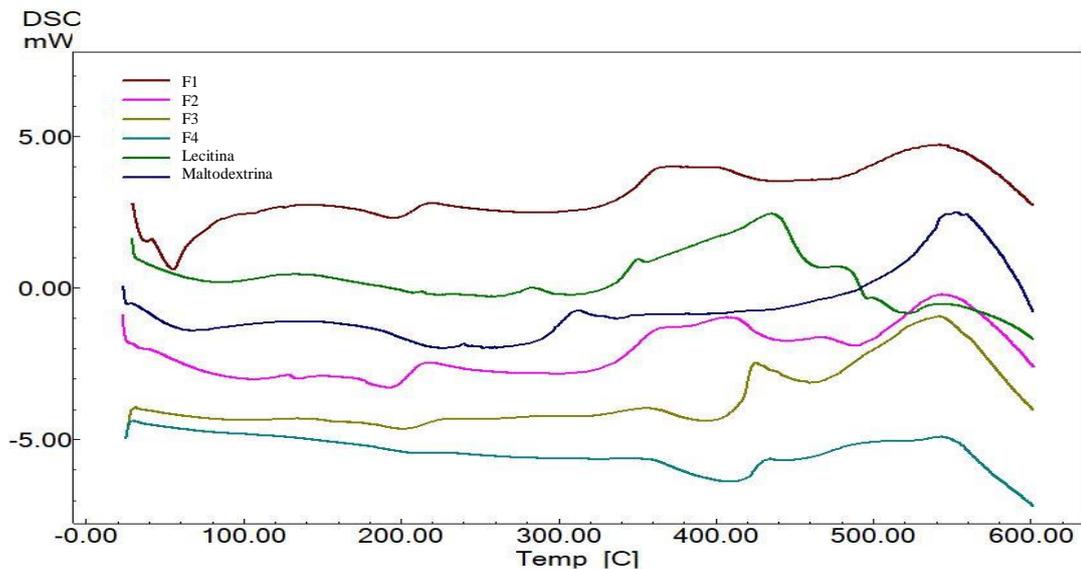
Além disso, segundo Fennema (2010) essa reação acontece com maior ênfase nos valores intermediários de atividade de água (0,5 e 0,8). Isto porque em baixa atividade de água ($< 0,20$), a velocidade tende a zero por uma diminuição de solvente, e em altos valores ($> 0,9$), os reagentes se encontram muito diluídos, o que diminui a velocidade de escurecimento. Isso pode justificar porque o iogurte in natura, apesar de também ter baixa concentração de lactose e presença de glicose, não sofre tal reação.

5.5. Análise de Calorimetria Exploratória Diferencial - DSC

Análise térmica é um termo que abrange um grupo de técnicas nas quais uma propriedade física ou química de uma substância, ou de seus produtos de reação, é monitorada em função do tempo ou temperatura. São utilizadas para caracterizar a decomposição e estabilidade térmica dos materiais, bem como para examinar as cinéticas dos processos físico-químicos que ocorrem na amostra (Bernal et al., 2002).

A Figura 14 mostram os resultados da análise de DSC para as amostras das 4 formulações de iogurte em pó, da lecitina e da maltodextrina.

Figura 14- Gráfico comparativo entre as 4 formulações de iogurte em pó, da lecitina e da maltodextrina.



A análise de DSC permitiu medir a variação de entalpia das amostras em função da temperatura. Analisando as curvas de DSC dos aditivos e da formulação padrão, observa-se a ocorrência de diferentes eventos térmicos. Inicialmente, foram identificados eventos endotérmicos (picos de mínimo) que podem estar associados à perda de água adsorvida nas amostras. A temperatura de transição vítrea (T_g) para a formulação padrão (F1), lecitina e maltodextrina ocorreu respectivamente a 55,29, 88,8 e 66,4 °C. A curva calorimétrica da maltodextrina é marcada com o segundo evento, um amplo pico característico de fusão a 239,9 °C, seguido de eventos que representam a degradação de polissacarídeos em temperaturas mais elevadas (LUO et al., 2012). O perfil da curva de DSC da lecitina mostra que no primeiro evento além da perda umidade, sugere-se a ocorrência da evaporação inicial de parte dos compostos oleosos insaturados. O segundo evento térmico foi observado na faixa de temperatura de 150 - 220 °C com um pico agudo representando a evaporação dos compostos oleosos insaturados remanescentes. Os eventos subsequentes da lecitina, com picos exotérmicos representam a auto oxidação e decomposição de cadeias insaturadas (Szécsény et al., 2007).

Quando avaliado o perfil da curva de DSC da formulação padrão (F1), nota-se que o primeiro evento térmico apresenta um pico duplo endotérmico, associado à perda de água e desnaturação de proteínas. Estudos na literatura que avaliaram o perfil térmico através da técnica DSC do soro de leite bovino e caprino mostram a ocorrência da desnaturação de proteínas em temperaturas próximas a 57 e 75,9°C. O segundo evento térmico ocorreu em um pico endotérmico a 194,81°C sugerindo a decomposição de compostos lipídicos. O terceiro e quarto picos foram exotérmicos, acontecendo respectivamente em temperaturas de 375,07 e

541,22 °C indicando uma degradação oxidativa de compostos que necessitam de maior energia durante o processo de degradação.

As curvas calorimétricas das formulações contendo aditivos foram avaliadas. A formulação que contém apenas o aditivo lecitina (F3), apresentou perfil térmico semelhante à formulação padrão (F1). No entanto, percebe-se que houve maior amplitude no primeiro evento térmico, ocorrendo a 107,4 °C, possivelmente em função da desnaturação de proteínas, evaporação da água adsorvida na matriz da amostra e compostos oleosos presentes na lecitina. As formulações contendo os aditivos maltodextrina (F2) ou maltodextrina + lecitina (F4) apresentaram semelhança quanto o perfil térmico. A priori, as formulações com maltodextrina após o processo de secagem por liofilização, resultaram em menor adsorção de água como observado no primeiro evento térmico, em especial na amostra associada com lecitina (F3), sugerindo que a porção lipídica da lecitina pode repelir moléculas de água e diminuir o percentual de água adsorvido na amostra que contém lecitina. O segundo evento térmico foi marcado com o pico endotérmico característico da fusão da maltodextrina a 200 °C (formulação com maltodextrina- F2) e 156,75 °C (formulação maltodextrina + lecitina- F4) com deslocamento para a esquerda, acelerando a decomposição de cadeias do polissacarídeo.

Santos (2013) encontrou um Tg de 56 °C em estudo de um microencapsulado probiótico em pó. O aumento de Tg indica uma maior estabilidade do produto pois a temperatura de transição vítrea é considerada uma temperatura de referência, onde abaixo desta o alimento é mais estável. A diferença entre a Tg e a temperatura de estocagem é a responsável pelo controle das taxas de mudanças físico-químicas e biológicas (JULIANO; BARBOSA -CÁNOVAS, 2010).

A presença de aditivos na formulação do iogurte em pó aumentou a estabilidade do produto (Figura 13). Estudos indicam que a utilização de maltodextrina como agente encapsulante pode aumentar a Tg de microcápsulas de bactérias do gênero *Lactobacillus* (YANG et al., 2012).

Por sua vez, a adição de lecitina e maltodextrina diminuiu a incidência de eventos (menor número de picos). Produtos alimentícios em pó que venham a conter carboidratos amorfos podem passar por mudanças físicas que estão diretamente ligadas à temperatura de transição vítrea (Tg), como em processos de pegajosidade e compactação durante a estocagem (ROOS, 2010).

Após 200°C visualiza-se a ocorrência de eventos exotérmicos (picos de máxima) que podem estar associados à decomposição dos constituintes da amostra. Tal comportamento também foi observado por Santos (2013).

6. CONCLUSÃO

Com grande caráter inovador, o desenvolvimento de um iogurte em barra visou ampliar o portfólio de derivados lácteos, com forte alegação de produto saudável, sem a necessidade de refrigeração desde o produtor até o consumidor final.

Os resultados obtidos neste trabalho indicam a viabilidade técnica no seu desenvolvimento, marcada pela comprovação da sobrevivência das bactérias lácticas assim como manutenção da composição centesimal dentro dos limites estabelecidos pela legislação em todas as formulações estudadas.

A adição de maltodextrina e lecitina na formulação melhorou parâmetros de solubilidade e estabilidade térmica mostrando efeitos positivos na sua adição.

Houve maior quantitativo e concentração de compostos voláteis na amostra de iogurte em barra quando comparado com a amostra de iogurte *in natura* devido a presença das pirazinas no iogurte após liofilização.

A formulação 4 apresentou maior rendimento sendo a mais indicada para trabalhos futuros e produção em larga escala.

6.1. Sugestões para trabalhos futuros

Propõe-se um estudo da vida de prateleira das bactérias lácteas afim de se comprovar a ampliação do prazo de validade deste produto frente a sua forma convencional de consumo;

Estudar outros métodos de secagem utilizando esses mesmos aditivos;

Testar outras concentrações de aditivos;

Adicionar cor e sabor ao iogurte em barra;

Armazenar o iogurte em barra em diferentes tipos de embalagens e variar a temperatura de armazenamento para verificar a influência desses parâmetros;

Acompanhar durante o armazenamento as reações de oxidação de reação de Maillard, avaliando o melhor método para evitar o escurecimento da secagem e do armazenamento.

REFERÊNCIAS

ABREU, E.; PRECI, D.; ZENI, J.; STEFFENS, C.; STEFFENS, J. Desenvolvimento de Frozen Yogurt de iogurte em pó de leite de ovelha. **Revista Ceres**, v. 65, n.1, p. 007-015, 2018.

ADITIVOS & INFREDIENTES. **O saudável mercado dos iogurtes**. Dossiê. 11f. 2019

ADITIVOS & INFREDIENTES. **Lecitina emulsionante e lubrificante**. Dossiê. 11f. 2020

AGAPITO, N; PRUDÊNCIO, E.S. **Processo de armazenamento, transporte e distribuição de produtos em uma indústria de laticínios**. In: XXVIII Encontro nacional de engenharia de produção A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2018

ALVES, L.L.; SANTOS, N.S.P.; BECKER, R.L.V.; ANDRADE, D.F.; MILANII, L.I.G.; SOUZA, A.P.; SCIPIONII, R.G.C. Aceitação sensorial e caracterização de frozen yogurt de leite de cabra com adição de cultura probióticas e prebiótico. **Revista Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2595-2600, 2009.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Compendium of methods for the microbiological examination of food, 4. ed. Washington: APHA, 2001.

AMORIM, L.C.; CARLOS, M.C.; THEBAS, A.M.M. Prática medindo o teor de umidade de alimentos. **Revista Univap**. v. 22, n. 40, p. 635, 2016.

ARAÚJO, A.A.S; MERCURI, L.P; SEIXAS, S.R.S; STORPIRTIS, S; MATOS, J.R. Determinação dos teores de umidade e cinzas de amostras comerciais de guaraná utilizando métodos convencionais e análise térmica. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences** vol. 42, n. 2, p. 269-277, 2006

ASSUMPÇÃO, G. M. P. **Viabilidade tecnológica do uso do extrato hidrossolúvel de soja na fabricação de iogurte**. 2008. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras. Lavras: UFLA, 2008.

AZEVEDO, H.M.C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 326 p.

BEAL, C.; FONSECA, F.; CORRIEU, G. Resistance to freezing and frozen storage of *Streptococcus thermophilus* is related to membrane fatty acid composition. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 11, p. 2347-2356, 2001.

BERNAL, C.; COUTO, A.B.; BREVIGLIERI, S.T.; CAVALHEIRO, E.T.G. Influência de alguns parâmetros experimentais nos resultados de análises calorimétricas diferenciais – DSC. **Química Nova**, V. 25, n. 5, p. 849-855, 2002

BETANIA LACTEOS. Nossos Produtos. Disponível em: <<https://www.betanalacteos.com.br/produtos>>. Acesso em: 02/11/2019

BEZERRA, M.F. **Caracterização físico-química, reológica e sensorial de iogurte obtido pela mistura de leites bubalino e caprino**. 2010. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia química). Universidade federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, 2010.

BLACKWELL, R. D.; MINIARD, P. W.; ENGEL, J. **Comportamento do consumidor**. São Paulo: Ed. Cengage, 2005.

BOSS, E. A. **Modelagem e otimização do processo de liofilização: aplicação para leite desnatado e café solúvel**. 2007. 129p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº46 de 23 de outubro de 2007. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de leite fermentado**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção 1, p. 4, 24 out. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº53 de 01 de outubro de 2018. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de leite em pó e o leite em pó instantâneo destinados ao consumo humano, com exceção do leite destinado às formulações para lactantes e farmacêuticas**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção 1, p. 11,12. 01 out. 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº331 de 23 de dezembro de 2019. **Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção 1, p. 96, 23 dez. 2019.

BRIÃO, V.B.; FOLLMER, L.; SOUZA, M.; RODRIGUES, V.M. Cinética do escurecimento não-enzimático com soluções modelo de açúcares e aminoácidos em pH neutro e ácido. **Acta Scientiarum Technology**. v. 33, n. 1, p. 87-93, 2011.

BUTTRISS, J. Nutritional properties of fermented milk products. **International Journal of Dairy Technology**. v. 50, n. 1, p. 21-27, 1997.

CANO-CHAUCA, M; P.C. STRINGHETA, A.M; RAMOS, J. CAL-VIDAL. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

CASAROTTI, S.N. **Efeito de edulcorantes sobre a qualidade de leites fermentados**. 2009. 99f. Dissertação (Mestrado em microbiologia) Universidade Estadual Paulista. Instituto de Bociência, Letras e ciências Exatas. São José do Rio Preto. 2009.

CAPARINO, O.A.; TANG G.; NINDO C.I.; SABLANI S.S.; POWERS J.R.; FELLMAN J.K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine 'Carabao' var.*) powder. **Journal of Food Engineering**, vol. 111, p. 135-148, 2012.

CHEVALIER, F.; CHOBERT, J.; POPINEAU, Y.; NICOLAS, M. G.; HAERTLÉ, T. Improvement of functional properties of b-lactoglobulin glycated through the Maillard reaction is related to the nature of the sugar. **International Dairy Journal**, v. 11, n. 3, p. 145-152, 2001

CHITRA, J.; DEB, S.; MISHRA, H. N. Selective fractionation of cholesterol from whole milk powder: optimisation of supercritical process conditions. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 50, n. 11, p. 2467-2474, 2015.

COSTA, J.D. **Secagem de iogurte natural por cast-tape sob vácuo**. 2017. 103p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Florianópolis, SC, 2017.

DANTAS, M. I. S.; MINIM, V.P.R.; PUSHMANN, R.; CARNEIRO, J.D.S; BARBOSA, R.L. Avaliação da intenção de compra de couve minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p.762-767, 2005.

DOUGLAS, S. M.; ORTINAU, L.C; HOERTEL, H. A.; LEIDY, H. J. Low, moderate, or high protein yogurt snacks on appetite control and subsequent eating in healthy women. **Appetite**, v. 60 p. 117–12, 2013.

ERGÜN, K.; TIRYAKI-GÜNDÜZ, G.; SAKIN-YILMAZER, M.; DIRIM, S.N.; KAYMAK-ERTEKIN, F. Freeze drying of yoghurt with candied chestnut puree: Survival of lactic acid bacteria and determination of physical properties. **Rivista Italiana di Scienza Degli Alimenti**. V. XXV. n. 4, p. 470-475. 2013.

FDA. Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical Manual (BAM) online. Disponível em: <<https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam#intro>>. Acesso em: 03/fev.2021.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. 922 p.

FENNEMA, O. R.; PARKIN, K.L.; DAMODARAN, S. **Química de los alimentos**. 4 ed. Zaragoza: Acribia, 2010.

FERREIRA, C.L.L.F. **Produtos lácteos fermentados (Aspectos bioquímicos e tecnológicos)**. Caderno Didático 23- Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Federal de Viçosa, 3ª edição, 2005.

FERREIRA, C.L.L.F. Microrganismos probióticos e de ação probiótica. Leite & Derivados, São Paulo. **Revista Ciências Agrárias**, v. 17, n. 103, 2008.

FERREIRA, M. A. C.; FREIRE, L. A. S.; BARBOSA, T. A.; SIQUEIRA, A, P. S. Desperdício de iogurte por embalagens. **Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia**, v. 3, n. 3, p. 24-27, jul./set. 2016.

FISBERG, M.; MACHADO, R. History of yogurt and current patterns of consumption. **Nutrition Reviews**, v. 73, p. 4-7, 2015.

FONSECA, C. R.; QUINTERO, E.S.M.; GABAS, A.L.; BENTO, M.S.G. Physical properties of goat milk powder with soy lecithin added before spray drying. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 46, n. 3, p. 608-611, 2011.

FOOD INGREDIENTS. **Voltando ao crescimento de iogurte no Brasil**. Disponível em: <<https://www.fi-events.com.br/pt/multimidia/1356-voltando-ao-crescimento-de-iogurte-no-brasil>>. Acesso em: 02/11/2019

GALLINA, D.A. Leites fermentados funcionais: tendências e inovações. **Revista Ingredientes Tecnologia**, v.9, p. 26-30, 2010.

GARCIA, L. P. **Liofilização aplicada a alimentos**. 2009. 45p. Trabalho Acadêmico (Graduação Bacharelado em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, 2009.

GEANKOPLIS, C. J.; HERSEL, A.A.; LEPEK, D.H. **Transport Processes and separation process principles**. Prentice Hall, 5ª edição, 2018.

GIESE, S. COELHO, S. R. M.; TÉO, C. R. P. A.; NÓBREGA, L. H. P.; CHRIST, D. Caracterização Físico-química e Sensorial de Iogurtes Comercializados na região Oeste do Paraná. **Revista Ciências Agrárias** v. 1, n. 1, p. 121-129. 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

INTERNATIONAL STANDARD. ISO 6579-1: Microbiology of the food chain- Horizontal method for the detection enumeration and serotyping of *Salmonella*. Switzerland, 2017. 11p.

KEARNEY, N. MENG, X. C.; STANTON, C.; KELLY, J.; FITZGERALD, G.F.; ROSS, R.P. Development of a spray dried probiotic yoghurt containing *Lactobacillus paracasei* NFBC 338. **International Dairy Journal**, v. 19, p. 684-9, 2009.

KOC, B. YILMAZER, M.S.; BALKIR, P.; ERTKIN, F.K. Spray drying of yogurt: optimization of process conditions for improving viability and other quality attributes. **Drying Technology**, v. 28, p. 495-507, 2010.

KOÇ, B., SAKIN-YILMAZER, M.; KAYMAK-ERTEKIN, F.; BALKIR, P. Physical properties of yoghurt powder produced by spray drying. **Food Science and Technology**, V.55, p.1377-1383, 2014.

KRASAEEKOOPT, W.; BHATIA, S. Production of Yogurt Powder Using Foam-Mat Drying. **AU J.T.** v.15, n.3, p.166-171, 2012.

KOMATSU, T. R.; BURITI, F. C. A.; SAAD, S. M. I. Inovação, persistência e criatividade superando barreiras no desenvolvimento de alimentos probióticos. **Brasilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 44, n 3, p. 329-347, 2008.

JULIANO, P; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Food Powders Flowability Characterization: Theory, Methods, and Applications. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 1, p. 211-239, 2010.

LUCEY, J. A. Formation and physical properties o milk protein gels. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n° 2, p. 281-294, 2004.

LUO, X.; Li, J.; LIN, X. Effect of gelatinization and additives on morphology and thermal behavior of corn starch/PVA blend films. **Carbohydrate Polymers**, v.90, n.4, p.1595–1600, 2012.

MAN, Y B. C.; IRWANDI, J.; ABDULLAH, W J W. Effect of diferente types of maltodextrin an drying methods on physico-chemical and sensory properties of encapsulated durian flavour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, n.8, p.1075-1080, 1999.

MARIA, C.A.B.; MOREIRA, R.F.A.; TRUGO, L.C. Componentes voláteis do café torrado. Parte I: compostos heterocíclicos. **Química Nova**, v. 22, n. 2, p. 209-217, 1999

MARQUES, E.C. COSTAS, S. R. Reis da. Estudo da liofilização pela engenharia de produto no processamento industrial de alimentos. **Acta Tecnologia**, v.10, n.1, p. 44-52, 2015.

MARQUESAN, F. M. **Análise da função muscular em idosas com e sem fibromialgia.** 2012. 90 f. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Instituto de Geriatria e Gerontologia, 2012.

MATOS, C.M.S.; JESUS, M.S.DE; SILVA, G.S.; NUNES, T.P.; PAGANI, A.A.C. Estudo da estabilidade físico-química e microscópica de iogurte natural liofilizado durante o armazenamento. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, 2015, São Paulo. **Anais do XXXVII ENEMP** São Paulo: Universidade Federal de São Carlos/SP, p. 5, 2015.

MAZO, J. Z.; ILHA, E. C.; ARISI, A. C. M.; SANT'ANNA, S. Bifidobactérias: Isolamento, Identificação e Aplicação em Alimentos Probióticos. **Boletim CEPPA**, v.27, n.1, 2009.

MEDEIROS, A.C.L. **Iogurte Probiótico em Pó: Estudo do Processo de Secagem, da Caracterização do Pó e da Viabilidade do Probiótico.** 2013. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Engenharia de Alimentos), Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo. Pirassununga, 2013.

MILKPOINT. **Euromonitor: mercado brasileiro de iogurtes encolhe devido às condições econômicas difíceis.** 2018. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/mercado-brasileiro-de-iogurtes-encolhe-devido-a-condicoes-economicas-dificeis-208491/>>. Acesso em: 01/nov. 2019.

MONTEIRO, F.C; OLIVEIRA, R.D; HENRIQUE, F.A; ARAUJO, A.L. Butter with added herbs: Innovation in the milky sector. **Espacios**. v. 35. v.13, 2014.

MORAES, G.G.; SODER, B.F.; SWANKE, N.F.; BORGES, T.S.; TODENDI, P.F.; BURGO, M.S.; Hábitos alimentares: um estudo com adolescentes entre 10 e 15 anos de uma Escola Estadual de Ensino Fundamental, em Santa Cruz do Sul. **Cinergis**. v.13, n.1, p. 51-58 Jan/Mar, 2012.

NASCIMENTO, T. G.; REDONDO, G. D. P.; ABREU, C. T. A.; SILVA, V. C.; LIRA, G. M.; GRILLO, L. A. M.; CONCEICAO, M. M.; FREITAS, J. D.; SOUSA, J. S.; JÚNIOR, J. X. A.; BASÍLIO, IRINALDO D. Modified release microcapsules loaded with red propolis extract obtained by spray-dryer technique. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, p. 1, 2019.

OLIVEIRA, C. P.; SILVA, J.A. Leite Fermentado Probiótico e Suas Implicações na Saúde, **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.6, n.3, p. 25-31, julho/setembro de 2011.

OLIVEIRA, F.M., LYRA, I.N., ESTEVES, G.S.G. Avaliação Microbiológica e Físico-Química de Iogurtes de Morango Industrializados e Comercializados no Município de Linhares-ES. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.15, n.2, p.147-155, 2013.

OLIVEIRA, M.N.; DAMIN, M.R. Efeito do teor de sódios e da concentração de sacarose na acidificação, firmeza e viabilidade de bactérias do iogurte e probióticos em leite fermentado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V.23. p. 172-176. 2003.

ORDÓÑEZ-PEREDA, J. A.; RODRIGUES, M. I. C.; ALVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. de F.; PERALES, L. da La H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de alimentos**. v.2 – Alimentos de origem animal. Trad. Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PEARCE, L.E.; SMYTHE, B.W.; CRAWFORD, R.A.; OAKLEY, E.; HATHAWAY, S.C.; SHEPHERD, J.M. Pasteurization of milk: The heat inactivation kinetics of milk-borne dairy pathogens under commercial-type conditions of turbulent flow. **Journal of Dairy Science**. V.95. n.1, p. 20-35. 2012

PINTO, F.G.S; SOUZA, M.; SALING, S.; MOURA, A.C. Qualidade Microbiológica de queijo minas frescal comercializado no município de Santa Helena, PR, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.78, n.2, p.191-198, abr./jun., 2011

POLIZELI, S. **Como cuidar de lactobacilos vivos**. Disponível em: <<https://comocuidar.com.br/419/como-cuidar-de-lactobacilos-vivos/>>. Acesso em: 01/11/2019.

POSSA, G.; CORRENTE, J. E.; FISBERG, M. Yogurt consumption is associated with a better lifestyle in Brazilian population. **BMC Nutrition**, v. 29, n. 3, 2017.

POSSA, G; CASTRO, M.A; SICHIERI, R; FISBERG, R.M; FISBERG, M. Dairy products consumption in Brazil is associated with socioeconomic and demographic factors: Results from the National Dietary Survey 2008-2009. **Revista de Nutrição**, v.30, n.1, p.79-90, jan./fev., 2017.

QIU, Z.; STOWELL, J. G.; MORRIS, K. R.; BYRN, S. R.; PINA, R. Kinetic study of the Maillard reaction between metoclopramide hydrochloride and lactose. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 303, n. 1-2, p. 20-30, 2005.

RASCÓN-DÍAZ, M. P. TEJERO, J.M.; MENDOZA-GARCIA, P.G.; GARCÍA, H.S.; SALGADO-CERVANTES, M.A. 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.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de alimentos**. 2ª ed. São Paulo, Edgard Blücher. 2007. 196p.

RIBEIRO, M.M; MINIM, V.P.R; MINIM, L.A; ARRUDA, A.C; CERESINO, E.B; CARNEIRO, H.C.F; CIPRIANO, P.A. Estudo de mercado de iogurte da cidade de Belo Horizonte/MG. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.2, p. 151-156, mar/abr, 2010.

ROBERT, N.F. **Dossiê Técnico: Fabricação de Iogurtes**. Rede de Tecnologia da Bahia – RETEC/BA. Bahia, Julho, 2008.

ROCHA, P.; RODRIGUES, P.; REGINA, M.; ALVES, R. Conservação de produtos refrigerados e congelados expostos para a venda em supermercados da cidade de Palmas-TO. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v.1, n. 2, p. 27-31, jul. / set. 2014.

RODRIGUES, I. **Engenharia Alimentar Processamento Geral de Alimentos “Liofilização”**, 2008. Disponível em: <<http://www.esac.pt/noronha/pga/0708/Aula%20Liofiliza%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 20 jun. 2019.

ROOS, Y.H. Glass transition temperature and its relevance in food processing. **Annual Review of Food Science and Technology**. v. 1, p. 469-496, 2010.

SAMARA, A.; HERBETH, B.; NDIAY, N. C.; FUMERON, F.; BILLOD, S.; SIEST, G.; VISVIKIS-SISEST. Dairy product consumption, calcium intakes, and metabolic syndrome-related factors over 5 years in the STANISLAS study. **Nutrition**, v. 29, p. 519-524, 2013.

SANTOS, G. **Estudo do Processo de obtenção de iogurte liofilizado “em pó”**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão -SE, 2012.

SANTOS, G.; NOGUEIRA, R.I.; ROSENTHAL, A. Powdered yoghurt produced by spray drying and freeze drying: a review. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 21, e2016127, 2018.

SANTOS, G. **Secagem de iogurte por atomização ou liofilização: efeitos sobre viabilidade microbiana e características físicas, químicas e sensoriais**, 2017. 115f. Tese de Doutorado (Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

SANTOS, J. **Estudo da estabilidade microbiológica e sensorial do iogurte liofilizado durante o armazenamento**. 2017. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC de Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão-SE. 2017.

SANTOS, R.C.S. **Microencapsulação de *Lactobacillus casei* por spray drying**. 2013. 121F. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial) - Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco, Recife, 2013.

SANTOS, R.C. O valor energético dos alimentos. Exemplo de uma determinação experimental, usando calorimetria de combustão. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 220-224, 2010.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Iogurte, bebidas lácteas e doce de leite: produção de derivados do leite**. 5º ed. Brasília: SENAR, 2015.

SILVA, M. A. P., LEÃO, K. M.; SANTOS, P.A. Tecnologia de fabricação de lácteos fermentados: Revisão bibliográfica. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 4, n. 15, p. 120-142, 2010.

SILVA, G.B. Entendendo a Cadeia do Frio. Disponível em: <<http://cadeiadofrio.com.br/entendendoacadeiadofrio/>>. Acesso em: 02/nov. 2019.

SINDILAT. Sindicato da Indústria de Laticínios e Produtos Derivados do Estado do Rio Grande do Sul. **Saiba como escolher o melhor tipo de iogurte**. Disponível em: <<http://www.sindilat.com.br/site/2016/06/20/saiba-como-escolher-o-melhor-tipo-de-iogurte/>>. Acesso em: 02/11/2019.

SOUZA, F.C. **Iogurte**. Hospital Israelita Albert Einstein. Disponível em: <<https://www.einstein.br/noticias/noticia/iogurte>>. Acesso em: 02/nov. 2019.

SOUZA, P. G. **Produção e caracterização de açai (Euterpe oleracea Mart.) desidratado em pó por Cast-Tape Drying**. 2015. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SPAGNOL, W.A; JUNIOR, V.S; PEREIRA, E; FILHO, N.G. Monitoring the cold chain: new technologies and recent advances. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, n. 1, p. 1-8, 2018.

SZÉCSÉNYI, K.M; ESZTELECKI, I; POKOL, G. Advantages and limits on usage of thermal methods in complex systems: Bread and bread additives analyses. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 89, n.3, p.829–833, 2007.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos** / NEPA – UNICAMP.- 4. Ed. Campinas: NEPAUNICAMP, 2011. 161 p.

TAMINE, A.Y.; ROBINSON, R.K. **Yoghurt: Science and Technology**. 2ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 1999.

TERRONI, H.C; JESUS, J.M; ARTUZO, L.T; VENTURA, L.V; SANTOS, R.F. Liofilização. **Revista Científica**. UNILAGO, 2013.

TERPOU, A.; BEKATOROU, A.; KANELAKI, M.; KOUTINAS, A.A.; NIGAM, P. Enhanced probiotic viability and aromatic profile of yogurts produced using wheat bran (*Triticum aestivum*) as cell immobilization carrier. **Process Biochemistry** 55, 1–10, 2017

TRIBOLI, E. P. R. **Estudo e otimização de processo de secagem de iogurte por atomização com secador em escala piloto**. 2014. 340f. Tese de doutorado (Doutorado em Ciências) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

TROISE, A.D.; BUONANNO, M.; FIORE, A.; MONTI, S.M.; FOGLIANO, V. Evolution of protein bound Maillard reaction end-products and free Amadori compounds in low lactose milk in presence of fructosamine oxidase I. **Food Chemistry**. v. 1, p: 212-222, 2016.

VISSOTTO, F.Z; MONTENEGRO, F.M; SANTOS, J.M; OLIVEIRA, S.J.R. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciência &Tecnologia Alimentos** v. 26, n. 3, p. 666-671, 2006.

WANG, H.; TROY, L. M.; ROGERS, G. T.; FOX, C. S., McKEOWN, N. M.; MEIGS, J. B.; JACQUES, P. F. Longitudinal association between dairy consumption and changes of body weight and waist circumference: the Framingham Heart Study. **International Journal of Obesity**, v. 38, p. 299–305, 2014.

ZEGLER, J. **Global food and drink trends 2019**. Mintel. 2019.