



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO TECNOLÓGICO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE  
ALIMENTOS

**Desenvolvimento e caracterização de *snacks* à base de iogurte com polpa de morango obtidos por *cast-tape drying***

Hágata Susan Cruz

Florianópolis

2019

HÁGATA SUSAN CRUZ

**Desenvolvimento e caracterização de *snacks* à base de iogurte com polpa de morango obtidos por *cast-tape drying***

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, apresentado como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. João Borges Laurindo  
Coorientadoras: Me. Paula Gimenez de Souza  
Me. Raquel da Silva Simão

Florianópolis

2019



## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo o amor, carinho, incentivo aos estudos e apoio financeiro durante a minha vida.

Aos meus familiares, em especial à minha tia, Noemi, por todo o carinho, ajuda, conselhos e risadas.

Aos meus professores, por todo o aprendizado, parceria e motivação transmitidos ao longo dos meus anos de graduação.

Ao meu orientador, João Borges Laurindo pelos conselhos e contribuições a esse trabalho.

As minhas co-orientadores, Paula e Raquel por toda a disponibilidade, paciência, contribuições, comentários e ajuda ao longo dos últimos meses. Vocês foram partes fundamentais na execução e construção desse trabalho, bem como, no meu desenvolvimento pessoal e profissional. Não poderia ter escolhido pessoas melhores para partilhar comigo esse desafio.

Aos meus colegas do PROFI, Jaque, Zélia, Ana Augusta, Manu, Ricardo, Thayla e Denise por toda a ajuda com experimentos, conhecimentos transmitidos, conselhos de vida e risadas compartilhadas ao longo do último um ano e meio.

Ao Guilherme, meu amigo, parceiro e companheiro dos últimos 4 anos de vida. Obrigada por todo amor, paciência, amizade, alegrias e tempo dedicados a gente. Sua presença tornou a minha vida e minha graduação muito mais leve e divertida.

As minhas amigas Amanda C., Amanda S. e Isadora, por estarem sempre presentes, independente das circunstâncias. Vocês tornaram a minha graduação infinitamente mais divertida e agradável.

Aos meus amigos Gabriel, Evelyse e Matheus, por terem estado sempre por perto, mesmo tendo a vida nos levado para diferentes caminhos. A amizade de vocês sempre foi um refúgio e um local onde eu podia ser totalmente verdadeira.

À Nicolle e a Duda, por serem exatamente as amigas que eu sempre precisei. Amo a nossa amizade e a forma como a gente se completa.

À UFSC por ter sido meu abrigo, meu refúgio e o local onde eu mais me desenvolvi na minha vida.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho e do meu desenvolvimento ao longo dos últimos anos.

*“Closing time  
Every new beginning comes from  
some other beginning's end...”*

*Semisonic*

## RESUMO

O iogurte é um alimento bastante consumido no Brasil, devido às suas propriedades nutricionais e sensoriais. No entanto, é um produto suscetível à degradação de microrganismos devido ao seu alto conteúdo de umidade. Além disso, o iogurte necessita manter-se refrigerado durante toda sua produção e armazenamento, de forma que a indústria procura formas de tornar esse processo menos custoso. A secagem de iogurte por *cast-tape drying* (CTD) pode ser utilizada como uma alternativa, uma vez que esse método pode ser utilizado para a secagem de alimentos termossensíveis. Este estudo visou a obtenção e caracterização de *snacks* à base de iogurte na forma de filmes com diferentes concentrações de açúcar adicionado de polpa de morango, obtidos por secagem em CTD. Para isso, as suspensões foram espalhadas em suporte teflonado com espessura de 2 mm e foram secas a 40 °C, durante 3,5 h. As cinéticas de umidade das suspensões apresentaram um período de secagem à taxa constante na primeira hora de processo e um período de secagem à taxa decrescente nas horas subsequentes. Os *snacks* foram contínuos e apresentaram cor e aroma característicos de iogurte e morango. O *snack* com 10% de açúcar foi pegoso e menos manuseável, enquanto o *snack* 0% teve melhor manuseabilidade, sendo levemente quebradiço. Os *snacks* apresentaram  $a_w$  de, aproximadamente, 0,5, tornando-os menos susceptíveis à ação microbiana e oxidação lipídica. A adição de 10% de sacarose gerou diferenças significativas na umidade e atividade de água inicial das suspensões e, nos parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e espessura dos *snacks*. Os testes de aceitabilidade e intenção de compra evidenciaram a preferência dos consumidores pelo *snack* com açúcar.

**Palavras-chave:** iogurte, secagem, *snack*, *cast-tape drying*.

## ABSTRACT

Yoghurt is a widely consumed food in Brazil due to its nutritional and sensory properties. However, it is a product susceptible to the degradation of microorganisms due to its high moisture content. Furthermore, yogurt needs to remain refrigerated throughout its production and storage, thus the industry is searching for ways to make this process less costly. Cast-tape drying (CTD) of yoghurt can be an alternative, as this method is useful for drying heat-sensitive foods. This study aimed to obtain and characterize yogurt-based snacks in the form of films with different concentrations of sugar added with strawberry pulp, obtained by drying in CTD. To achieve that, the suspensions were spread on a 2 mm thick teflon support and dried at 40 ° C for 3.5 h. The moisture kinetics of the suspensions presented a drying period at constant rate in the first hour of the process and a drying period at decreasing rate in the subsequent hours. The films were continuous and presented characteristic color and aroma of yogurt and strawberry. The 10% sugar added snack was sticky and less manageable, while the 0% snack was better manageable and slightly brittle. The snacks presented aw of approximately 0.5, making them less susceptible to microbial action and lipid oxidation. The addition of 10% sucrose generated significant differences in moisture and initial water activity of the suspensions, and in color parameters ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ) and snack thickness. Acceptability and purchase intention tests showed consumers' preference for the sugar-added snack.

**Keywords:** yogurt, drying, snack, cast-tape drying.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Produção de acetaldeído durante a fermentação, em crescimento associativo (□) e isolado (Δ, ◊).....	17
<b>Figura 2</b> - Curvas típicas de secagem. ....	19
<b>Figura 3</b> - Fluxograma de produção dos iogurtes (0% e 10 % de açúcar). ....	24
<b>Figura 4</b> - Equipamento utilizado para a produção de <i>snacks</i> à base de iogurte por CTD. ....	26
<b>Figura 5</b> - <i>Snacks</i> utilizados nos ensaios sensoriais e mecânicos. ....	27
<b>Figura 6</b> - <i>Snacks</i> apresentados aos provadores durante o teste de aceitabilidade. ....	29
<b>Figura 7</b> - Equipamento utilizado no ensaio de corte dos <i>snacks</i> de iogurte. ....	30
<b>Figura 8</b> - Curvas de secagem das suspensões com 0% (a) e 10% (b) de açúcar, durante a secagem em CTD, realizadas em triplicata. ....	32
<b>Figura 9</b> - Representações dos períodos de taxa de secagem constante das suspensões 0% (a) e 10% (b) durante a secagem em CTD.....	33
<b>Figura 10</b> - Umidade adimensional das suspensões de 0% (□) e 10% (◇).....	35
<b>Figura 11</b> - Evolução temporal da atividade de água das suspensões com 0% (a) e 10% (b) de açúcar, durante a secagem em CTD, realizadas em triplicata. ....	35
<b>Figura 12</b> - Valores hedônicos para os atributos aparência, cor, sabor, textura e impressão global para os <i>snacks</i> 0% (-) e 10% (-). ....	40
<b>Figura 13</b> - Frequência dos valores da escala estruturada verbal de 5 pontos atribuídos pelos provadores à intenção de compra dos <i>snacks</i> 0% (□) e 10% (□).....	40
<b>Figura 14</b> - Curvas representativas dos ensaios de corte para os <i>snacks</i> 0% (a) e 10% (b). ...	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Informações nutricionais de iogurte natural integral e leite integral padronizado.	15
<b>Tabela 2</b> - Valores de umidade inicial, atividade de água e pH das suspensões de iogurte com polpa de morango.....	31
<b>Tabela 3</b> - Médias das taxas de secagem e $R^2$ para o período constante.....	34
<b>Tabela 4</b> - Umidade e atividade de água dos <i>snacks</i> após a secagem.....	37
<b>Tabela 5</b> - Medidas de $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ dos <i>snacks</i> produzidos por secagem em CTD.....	38
<b>Tabela 6</b> - Resultados do teste de aceitabilidade e intenção de compra dos <i>snacks</i> . ....	39
<b>Tabela 7</b> - Espessura dos <i>snacks</i> após a secagem. ....	41
<b>Tabela 8</b> - Força média de corte dos <i>snacks</i> de iogurte.....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>Abreviaturas e Siglas</b>	<b>Descrição</b>
ANOVA	Análise de variância
UHT	<i>Ultra high temperature</i>
<i>CTD</i>	<i>Cast-tape drying</i>
KMFD	<i>Conductive multi-flash drying</i>
<i>RW</i>	<i>Refractance window</i>
SC	Santa Catarina
VCTD	Vacuum cast-tape drying
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descrição	Unidade
$a^*$	Tonalidade vermelha/verde	–
$a_w$	Atividade de água	–
$b^*$	Tonalidade amarela/azul	–
$dX/dt$	Taxa de secagem	$\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
$L^*$	Luminosidade entre o branco e o preto	–
pH	Potencial hidrogeniônico	–
$X_c$	Umidade crítica	$\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
$X_{bs}$	Umidade em base seca	$\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
$X_{eq}$	Umidade de equilíbrio	$\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	OBJETIVOS .....	13
1.1.1	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>13</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
2.1	IOGURTE.....	14
2.1.1	<b>Iogurte de morango .....</b>	<b>15</b>
2.1.2	<b>Produção de iogurte .....</b>	<b>16</b>
2.2	SECAGEM DE ALIMENTOS .....	18
2.2.1	<b>Secagem por <i>cast-tape drying</i> (CTD).....</b>	<b>20</b>
2.3	<i>SNACKS</i> .....	21
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
3.1	MATÉRIAS-PRIMAS .....	23
3.1.1	<b>Iogurte.....</b>	<b>23</b>
3.1.2	<b>Polpa de morango.....</b>	<b>24</b>
3.2	PREPARO DAS SUSPENSÕES .....	25
3.3	CARACTERIZAÇÃO DAS SUSPENSÕES .....	25
3.3.1	<b>Umidade e Atividade de água .....</b>	<b>25</b>
3.3.2	<b>Potencial hidrogeniônico (pH) .....</b>	<b>25</b>
3.4	PROCESSOS DE SECAGEM.....	25
3.4.1	<b>Condições de secagem .....</b>	<b>25</b>
3.4.2	<b>Equipamento de secagem .....</b>	<b>26</b>
3.4.3	<b>Cinéticas de secagem e de atividade de água.....</b>	<b>26</b>
3.5	CARACTERIZAÇÃO DOS <i>SNACKS</i> À BASE DE IOGURTE.....	27
3.5.1	<b>Avaliação subjetiva.....</b>	<b>27</b>
3.5.2	<b>Umidade e atividade de água .....</b>	<b>27</b>

3.5.3	<b>Análise de cor</b> .....	28
3.5.4	<b>Teste de aceitabilidade e de intenção de compra</b> .....	28
3.5.5	<b>Espessura</b> .....	29
3.5.6	<b>Propriedades mecânicas</b> .....	Erro! Indicador não definido.
3.6	<b>ANÁLISE ESTATÍSTICA</b> .....	30
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	31
4.1	<b>CARACTERIZAÇÃO DA SUSPENSÃO</b> .....	31
4.2	<b>EVOLUÇÃO DA UMIDADE E DA ATIVIDADE DE ÁGUA DURANTE O PROCESSO DE SECAGEM</b> .....	32
4.2.1	<b>Cinéticas de umidade</b> .....	32
4.2.2	<b>Cinéticas de atividade de água</b> .....	35
4.3	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS <i>SNACKS</i> À BASE DE IOGURTE</b> .....	36
4.3.1	<b>Avaliação subjetiva</b> .....	36
4.3.2	<b>Umidade e atividade de água</b> .....	37
4.3.3	<b>Cor</b> .....	38
4.3.4	<b>Teste de aceitabilidade e intenção de compra</b> .....	38
4.3.5	<b>Espessura</b> .....	41
4.3.6	<b>Propriedades mecânicas</b> .....	41
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	43
6	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	44

## 1 INTRODUÇÃO

O iogurte é um alimento lácteo altamente nutritivo e proteico, produzido por meio da fermentação do leite pelas bactérias *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*. É um produto muito consumido devido às suas características sensoriais, bem como nutricionais.

O iogurte pode ser adicionado de aditivos alimentares como açúcares, frutas, polpas, bactérias lácticas subsidiárias, amidos e outros produtos derivados de leite (BRASIL, 2007). A sacarose é o açúcar mais empregado na fabricação do iogurte, podendo ser adicionada diretamente ao leite, ou com polpas de frutas (ROBERT, 2008). Sua utilização é advinda da preferência do consumidor por altas concentrações de açúcar nos alimentos (CHOLLET et al., 2013), bem como, com o intuito de aumentar o conteúdo de sólidos do iogurte. No entanto, diversas doenças estão associadas ao consumo excessivo desse aditivo, como obesidade, diabetes mellitus tipo 2, cáries e esteatose hepática (CHOLLET et al., 2013). Além disso, o elevado consumo de açúcar adicionado aos alimentos pode ser associado a uma diminuição no teor de proteínas e de micro-nutrientes na dieta (ALEXY; SICHERT-HELLERT; KERSTING, 2002; FARRIS et al., 1998; KRANZ et al., 2005).

Segundo o estudo realizado por Levy et al., (2012), o elevado consumo de "açúcares de adição" na população brasileira excede largamente as recomendações internacionais, sendo necessárias intervenções visando a sua redução. De acordo com Morini (2017), a alternativa é reduzir as quantidades de açúcar, através de uma menor incorporação nos alimentos, ou pela redução das porções, e principalmente, diversificar a produção para incorporar alimentos menos doces e sem edulcorantes.

Quando armazenado à temperatura ambiente, o iogurte possui vida útil curta de, no máximo, um dia. Por isso, é armazenado em temperaturas entre 2 °C e 4 °C durante sua produção e distribuição, com vida útil de, aproximadamente, 25 à 45 dias (ALMEIDA et al., 2015; BORGES et al., 2010; FERNANDES et al., 2016). A utilização dessas baixas temperaturas protege o iogurte da deterioração, porém adiciona custos ao processo de produção (KUMAR; MISHRA, 2004). Uma alternativa para aumentar a vida útil dos alimentos, agregar valor e diversificar suas formas de consumo é a secagem.

Embora a maioria dos trabalhos reportados na literatura sobre a secagem de iogurte tem como foco a obtenção do produto na forma em pó (KEARNEY et al., 2009; KIM et al., 1997; KIRN; BHOWMIK, 1994; KOC et al., 2010; KOÇ et al., 2014; SETH; MISHRA;

DEKA, 2017; TONTUL et al., 2018), Sheik (2014) estudou a obtenção de iogurte desidratado em formato de *snacks*.

A secagem convectiva é o método mais utilizado para a produção de *snacks* de iogurte, porém possui como desvantagens o longo tempo e a alta temperatura de processo, causando danos nutricionais e sensoriais ao produto. Dessa forma, novos métodos de secagem devem ser estudados para produção de *snacks* de iogurte, como por exemplo, o *cast-tape drying* (CTD). CTD é um processo de secagem majoritariamente condutivo de soluções/suspensões alimentícias para a obtenção de produtos na forma de filmes, flocos ou em pó (DURIGON et al., 2016; SIMÃO et al., 2019).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é desenvolver e caracterizar *snacks* à base de iogurte, com e sem açúcar (0% e 10%), adicionados de 20% de polpa de morango obtidos por secagem em *cast-tape drying*.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- caracterizar o processo de secagem quanto às cinéticas de umidade e de atividade de água das suspensões de iogurte com polpa de morango, com e sem adição de açúcar;
- caracterizar os *snacks* à base de iogurte desidratados quanto à umidade, atividade de água, espessura, cor e propriedades mecânicas;
- determinar a tendência de aceitabilidade e intenção de compra dos *snacks* à base de iogurte com polpa de morango, com e sem adição de açúcar.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 IOGURTE

Segundo a Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), classifica-se como iogurte o produto cuja fermentação é realizada com as culturas protossimbióticas *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Essas culturas podem ser acompanhadas, de forma complementar, de outras bactérias ácido-láticas que, por sua atividade, contribuem para a determinação das características do iogurte. Esses microrganismos específicos devem ser viáveis, ativos e abundantes no produto final durante sua vida útil (BRASIL, 2007).

O leite é o ingrediente básico na preparação do iogurte, podendo ser integral, desnatado, parcialmente desnatado, fortificado (com adição de leite em pó ou soro em pó), ou modificado (sem lactose, por exemplo) (FERREIRA, 2001). Além do leite de vaca, o iogurte pode ser preparado a partir do leite de diferentes espécies (ovelha, cabra e búfala), gerando uma maior variedade de produtos lácteos (ORDÓÑEZ, 2005). A fermentação do leite, por meio das culturas lácteas, gera produtos com uma vida útil mais extensa do que o leite fresco, devido à formação de componentes metabólicos como ácido lático, ácido propiônico, diacetil e outras substâncias que exercem efeito inibitório nas bactérias gram-negativas, que são capazes de deteriorar o produto (MARTINS; LUCHESE, 1988; VEDAMUTHU, 1991).

No Brasil, o aumento do consumo de iogurte começou em 1970 e continuou crescendo devido aos mais variados produtos disponíveis no mercado, como iogurtes de diversos sabores, congelados (*frozen*) e os líquidos (BRANDÃO, 1987). Dentre os fatores que justificam a sua grande popularidade, destacam-se as características sensoriais (principalmente, gosto ácido), as propriedades naturais, o apelo saudável e nutritivo, o custo moderado e os benefícios que traz ao organismo, como facilitar a ação das proteínas e enzimas digestivas no organismo humano, facilitar a absorção de cálcio, fósforo e ferro e ser fonte de galactose (CASAROTTI, 2009; FERREIRA, 2001; TEIXEIRA et al., 2000).

O iogurte, de uma maneira geral, contém as mesmas quantidades de nutrientes que o leite do qual ele foi processado, no entanto, alguns nutrientes apresentarão melhor digestibilidade, como proteínas e lipídios, que sofrem hidrólise parcial durante a fermentação. Nesse processo, ocorre também o aumento na biodisponibilidade de cálcio e uma redução no teor de lactose (ÇON et al., 1996; FERNÁNDEZ-BAÑARES et al., 2006; LOURENS-HATTINGH; VILJOEN, 2001). A Tabela 1 compara as informações nutricionais do iogurte

natural e do leite integral padronizado. O iogurte natural integral quando comparado ao leite integral apresenta maior conteúdo proteico e teor de cálcio (DEETHL; TAMIME, 1981; GURR, 1987).

**Tabela 1** – Informações nutricionais de iogurte natural integral e leite integral padronizado.

<b>Alimento (100 g)</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Energia (kcal)</b>	<b>Proteínas (g)</b>	<b>Lipídeos (g)</b>	<b>Carboidratos (g)</b>	<b>Cálcio (mg)</b>
Leite integral	87,4	65	3,5	3,5	4,9	123
Iogurte natural	90	51	4,1	3,0	1,9	143

**Fonte:** (CANADIAN DAIRY COMMISSION, 2017; TACO, 2011)

### 2.1.1 Iogurte de morango

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados, aprovado pela Instrução normativa/MAPA nº 46 (BRASIL, 2007) especifica que os leites fermentados podem conter um máximo de 30% (m/m) de ingredientes opcionais não lácteos, sendo esses produtos chamados de leites fermentados com adições.

A adição de aromas, frutas e outros ingredientes foram os principais responsáveis pelo desenvolvimento e crescimento da indústria de iogurtes e bebidas lácteas na Europa e no Brasil (SANTOS, 2008). Iogurtes de frutas estão entre os alimentos lácteos mais consumidos no mundo, devido à uma grande demanda de alimentos para dietas saudáveis e ricos em componentes biologicamente ativos (JASTER et al., 2018; SAINT-EVE et al., 2006). A fim de aumentar a funcionalidade e capacidade antioxidante dos produtos derivados de leite, ingredientes, como morangos, são comumente adicionados em sua composição, representando cerca de 70%-80% do volume de produção do país (COÏSSON et al., 2005; MASSA, 2000; MORAES, 2004; TRIGUEROS et al., 2011).

O alto índice de consumo de iogurte de morango pode ser explicado pelo grande prestígio e tradição que a fruta possui, devido ao seu sabor, cor e aroma característicos e à presença de componentes bioativos, como as antocianinas (JASTER et al., 2018; MASSA, 2000; MORAES, 2004). Segundo Caleja et al. (2016), esses componentes naturais, quando

comparados aos aditivos sintéticos, fornecem maior qualidade sensorial, nutricional e antioxidante.

### 2.1.2 Produção de iogurte

O leite utilizado na fabricação do iogurte deve ser de boa qualidade, de composição química normal, isento de antibióticos ou medicamentos e deve ser higienicamente produzido e manipulado desde o manejo animal até o transporte do produto (UFSM, 2007). Além disso, é importante que tenha sido submetido ao tratamento térmico (pasteurização ou esterilização), a fim de diminuir a carga microbiana e patogênica natural presente no leite e facilitar o desenvolvimento dos microrganismos formadores do iogurte (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005).

Geralmente, para se aumentar a viscosidade do produto, a prática utilizada nas indústrias é o aumento do teor de sólidos pela adição de leite, ou soro de leite, em pó (TAMIME e ROBINSON, 1991).

Segundo Tamime e Robinson (1991), na produção de iogurte costuma-se aumentar a quantidade de sólidos presentes no leite para melhorar a consistência e a viscosidade do produto final, através da adição de leite em pó, concentrado proteico de soro e soro de leite, além de outros ingredientes como o açúcar. As concentrações usuais adicionadas de leite em pó são de 2% a 4% (UFSM, 2007) e de 8% a 12% de açúcar, que deve ser adicionado antes do aquecimento (ROBERT, 2008).

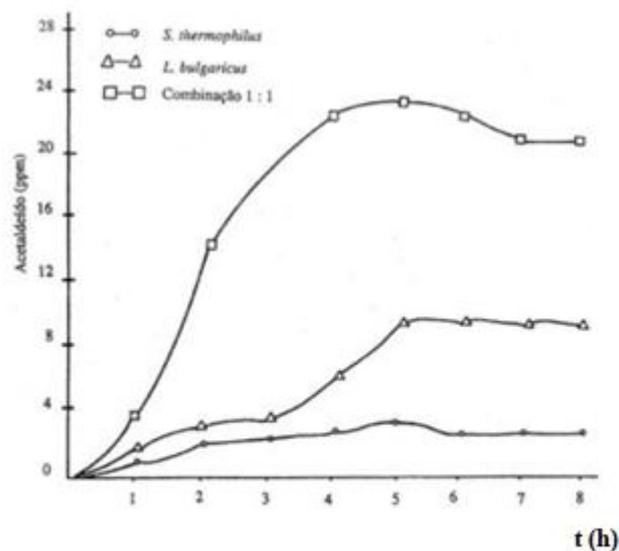
As matérias-primas utilizadas para a produção do iogurte devem passar por um tratamento térmico, a fim de destruir microrganismos patogênicos ou competitivos com as culturas lácteas. Além disso, o tratamento térmico promove a desnaturação das proteínas do soro, que reduz a contração do coágulo da caseína do iogurte, diminuindo a sinerese. Isso tem forte influência no aumento da viscosidade e obtenção de uma boa textura no produto. Os binômios tempo vs temperatura mais utilizados para o tratamento térmico são 95 °C por 1,5 min; 90 °C por 3,5 min; 85 °C por 8,5 min e 80 °C por 30 min (ROBERT, 2008).

Após o tratamento térmico, o leite adicionado dos outros ingredientes deve ser resfriado até a temperatura de inoculação, de aproximadamente, 42 °C. A inoculação é realizada com aproximadamente 1% a 2% de fermento láctico, homogeneizado (ROBERT, 2008). Segundo Ferreira (2005), a proporção mais usual para *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* no iogurte é 1:1. No entanto, outras proporções podem ser utilizadas, desde que se mantenham uma relação de maior número

*cocci* do que *bacilli*. Essa relação é determinante para as características reológicas e no *flavour* característico do iogurte (MEDEIROS, 2013).

A fermentação tem papel essencial na produção de iogurte, podendo ser realizada pela cultura iniciadora tradicionalmente utilizada ou com a associação com outros tipos de bactérias, como as probióticas (MOHAMMADI; SOHRABVANDI; MORTAZAVIAN, 2012). Na fermentação ocorre a produção de ácido lático como produto principal, bem como de outros subprodutos que influem nas características organolépticas e nutricionais do produto (ROBERT, 2008). Em um primeiro momento, ocorre a multiplicação do *Streptococcus thermophilus*, devido à sua capacidade de hidrolisar a lactose em pH próximo à neutralidade. À medida que o microrganismo se desenvolve, há um acúmulo de ácido lático, diminuição de pH e produção de substâncias como formiato e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que favorecem o crescimento do *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Esse microrganismo, por sua vez, passa a se multiplicar e diminuir cada vez mais o pH, liberando aminoácidos e peptídios que estimulam o crescimento de *Streptococcus thermophilus*, o que caracteriza uma relação simbiótica. Quando o pH atinge valores menores, o microrganismo é inibido e apenas o *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* continua se multiplicando (ORDÓÑEZ et al., 2005). A utilização simbiótica dos microrganismos acelera a acidificação, contribui com a formação do coágulo e de metabólitos, como o acetaldeído (MEDEIROS, 2013). A Figura 1 apresenta a relação entre a utilização dos microrganismos de forma simbiótica e isoladamente.

**Figura 1** - Produção de acetaldeído durante a fermentação, em crescimento associativo (□) e isolado (Δ, ◊).



**Fonte:** Adaptado de FERREIRA (2005)

A fermentação se encerra no momento em que o pH atinge valores próximos a 4,6, que é o ponto isoelétrico da proteína do leite, e ocorre a coagulação, e formação do iogurte (ROBERT, 2008). O pH é muito importante durante o processo fermentativo, pois o iogurte com baixa acidez ( $\text{pH} > 4,6$ ) pode ter uma separação do soro, uma vez que o gel não foi totalmente formado. No entanto, se o pH é muito baixo, pode ocorrer a contração do coágulo, devido à redução da hidratação das proteínas e, conseqüente dessoramento (BRANDÃO, 1995).

O resfriamento é uma etapa importante na produção de iogurte e tem a função de reduzir a atividade metabólica da cultura iniciadora, para que o limite de acidez do iogurte não ultrapasse o permitido para o consumo (MEDEIROS, 2013). O iogurte deve ser refrigerado em câmaras de refrigeração entre temperaturas de 5 °C a 10 °C (FERREIRA, 2005; ROBERT, 2008), por 12 horas, para que ocorra o desenvolvimento de seu sabor característico (ROBERT, 2008). Após esse período, o iogurte está pronto para ser consumido.

## 2.2 SECAGEM DE ALIMENTOS

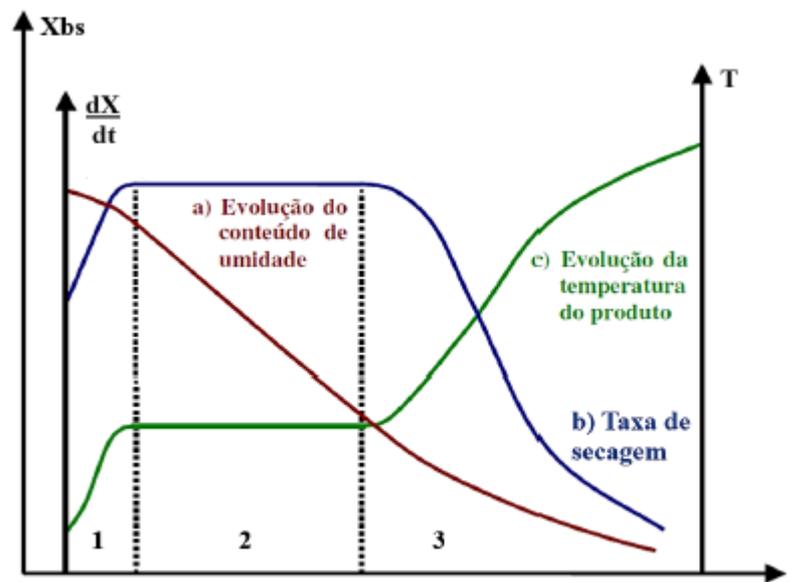
A secagem está associada à transferência de umidade que se encontra em um material para uma fase gasosa não saturada (FOUST, 1982). Este processo tem como objetivo principal a eliminação de umidade de um produto, sendo uma operação unitária bastante utilizada nos processos industriais (KINGSLY et al., 2007). As razões para sua utilização incluem fatores econômicos menos onerosos no transporte e armazenamento (KEEY, 1975) e físico-químicos, com a redução no crescimento microbiano e na velocidade das reações químicas (VEGA-MERCADO; GÓNGORA-NIETO; BARBOSA-CÁNOVAS, 2001).

O processo de secagem envolve simultaneamente as transferências de calor e de massa, sendo influenciadas pelas condições externas (temperatura e umidade relativa do ar) e pela estrutura interna do material, que atuam diferentemente em cada período do processo (STRUMILLO; KUDRA, 1986). O mecanismo da secagem convectiva ocorre pelo desequilíbrio entre a pressão de vapor da água contida no material e a pressão de vapor da água do ar de secagem. A pressão de vapor exercida pela umidade do material depende de como ele está ligado à água, da sua estrutura e da sua temperatura. Por sua vez, a pressão de vapor exercida pelo ambiente está relacionada à sua umidade relativa e a temperatura do ar.

Ao longo do processo de secagem, a umidade do material é transferida para o ambiente até que ambas pressões parciais de vapor se igualem (GEANKOPLIS, 1993).

O comportamento da curva típica da taxa de secagem convectiva ( $dX/dt$ ), a evolução temporal da temperatura do processo ( $T$ ) e a curva de evolução temporal da umidade, em base seca ( $X_{bs}$ ), para a secagem de um material úmido utilizando ar aquecido podem ser representado pela Figura 2.

**Figura 2** - Curvas típicas de secagem.



**Fonte:** adaptado de Park et al. (2007).

Durante a secagem de um produto, ocorrem três distintas fases. A primeira é conhecida como fase de adaptação (região 1 da Figura 2), na qual a temperatura inicial do produto é menor do que a do ar de secagem, de forma que sua temperatura se eleva rapidamente até se igualar a temperatura de bulbo úmido do ar. Esse período é geralmente curto e desprezado no cálculo do tempo de secagem. O segundo período é chamado de período a taxa constante (região 2 da Figura 2), sendo a evaporação nesse período referente à água livre presente na superfície do material, de maneira que a taxa de evaporação é proporcional à taxa de transferência de calor para o produto. O período de taxa de secagem constante é encerrado quando a umidade crítica ( $X_c$ ) do sistema é atingida, iniciando-se assim, o período à taxa de secagem decrescente (GEANKOPLIS, 1993). A umidade crítica do sistema depende do material a ser desidratado, bem como das condições do ar de secagem (SIMÃO, 2018).

No período de secagem à taxa decrescente (região 3 da Figura 2), a velocidade de migração da água do interior do produto para a superfície é menor que a velocidade de evaporação da água da superfície. Assim, a temperatura da superfície do material aumenta até atingir a temperatura de bulbo seco do ar de secagem. A secagem termina quando o material atinge a umidade de equilíbrio ( $X_{eq}$ ), que é a menor umidade que ele pode atingir durante o processo de secagem, nas condições as quais foi submetido (FELLOWS, 2009; FOUST, 1982; GEANKOPLIS, 1993).

A cinética de secagem de cada alimento é controlada pelas características da sua matriz e pelas variáveis de temperatura, velocidade e umidade relativa do ar (SINGH; HELDMAN, 2009).

### 2.2.1 Secagem por *cast-tape drying* (CTD)

O CTD é um processo de secagem condutivo, no qual uma camada fina de solução ou suspensão viscosa, com espessura controlada, é espalhada sobre um suporte flexível aquecido por água quente ou vapor na sua superfície inferior. A água evaporada deve ser retirada da superfície superior da solução submetida à secagem por meio de um sistema de exaustão dos vapores. Nesse caso, o ar não fornece o calor latente para a evaporação da água, sendo apenas o veículo para retirada dos vapores produzidos durante a secagem (COSTA, 2017; SIMÃO, 2018).

O suporte flexível pode ser um filme de poliéster (Mylar®) ou de fibra de vidro revestido com Teflon®. O suporte de fibra de vidro revestido com Teflon® possui baixa energia de superfície, que facilita a remoção do produto no final da secagem, isto é, reduz problemas de adesão do produto ao suporte. Além disso, o filme teflonado apresenta estabilidade térmica e disponibilidade no mercado nacional (BHANDARI; HOWES, 2005; DURIGON et al., 2016).

A medida da viscosidade é um fator importante para o controle do processo de secagem em CTD. É importante também que durante o espalhamento, a espessura utilizada se mantenha a mesma para todo o produto, e para isso, uma viscosidade mais elevada pode ser utilizada. Além disso, as matérias-primas e concentrações utilizadas na formulação modificam a viscosidade e taxa de cisalhamento da suspensão, podendo interferir na sua estabilização (HOTZA, 1997). Alguns aditivos alimentares que podem ser utilizados a fim de aumentar a viscosidade de suspensões são os polissacarídeos, pectinas, gelatinas, amidos e seus derivados e os derivados de celulose (BARBOZA FILHO et al., 2017).

A aplicação do CTD na secagem de polpas de frutas e hortaliças resulta em produtos desidratados na forma de filmes, de flocos ou de pós. Esse processo de desidratação permite a utilização de temperaturas moderadas de secagem, geralmente entre 70 °C e 80 °C (ABONYI et al., 2002), e tempos de secagem relativamente curtos (alguns minutos). Essas condições possibilitam a secagem de alimentos com componentes termossensíveis (SOUZA, 2015; ZOTARELLI et al., 2017). Alguns trabalhos sobre a produção de *snacks* por *cast-tape drying*, utilizando frutas como abacaxi (SCHAITD, 2018) e manga (SIMÃO, 2018) como matéria-prima, são reportados na literatura. No caso do iogurte, os trabalhos reportam a obtenção de iogurte em pó por CTD e *Refractance Window* (RW), que é um caso particular do CTD (COSTA, 2017; TONTUL et al., 2018).

### 2.3 SNACKS

O *snack* pode ser classificado como uma porção pequena de alimento, geralmente ingerida entre as refeições (SHEIK, 2014), sendo considerados importantes para a suplementação da alimentação de jovens e adultos (NETSHISHIVHE et al., 2019). Existe uma grande variedade de *snacks*, que podem ser alimentos embalados e processados ou obtidos de ingredientes frescos (SHEIK, 2014). É comum dizer que esses alimentos fornecem “calorias vazias”, ou seja, grande valor energético, mas pouco valor nutricional (GATENBY, 1997). Dessa forma, novos tipos de *snacks* estão sendo produzidos, como os de baixo teor de gordura, assados e com grande quantidade de fibras, produzidos de arroz ou farelo de trigo (MAZUMDER; ROOPA; BHATTACHARYA, 2007).

Os *snacks* são muito populares entre os consumidores ocidentais, principalmente devido à sua conveniência, aparência atrativa e textura única (AZZOLLINI et al., 2018). Além disso, é importante que sejam menos perecíveis, mais duráveis e mais atraentes do que os alimentos naturais (MAZUMDER; ROOPA; BHATTACHARYA, 2007).

A aceitação dos *snacks* depende dos atributos de qualidade, como aparência, textura, sabor, cor e *flavour* (MAZUMDER; ROOPA; BHATTACHARYA, 2007). Dentre esses, a textura é um dos atributos de qualidade sensorial mais importante para o consumidor e para a indústria de alimentos (BOURNE, 2002; LINK, 2016). A textura pode ser definida como a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e superficiais dos alimentos, detectadas através de receptores mecânicos, táteis, visuais e auditivos (SZCZESNIAK, 2002). É diretamente afetada pela umidade e a microestrutura do produto (MAZUMDER; ROOPA; BHATTACHARYA, 2007). O sabor é outro atributo sensorial

bastante levado em consideração pelos consumidores. É um atributo complexo, definido como a junção de sensações olfativas, gustativas e táteis, no momento da alimentação (ABNT, 1993). O sabor de um alimento é influenciado pelos efeitos táteis, térmicos, dolorosos ou sinestésicos, sendo essa relação de sensações o que diferencia um alimento do outro (TEIXEIRA, 2009).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 MATÉRIAS-PRIMAS

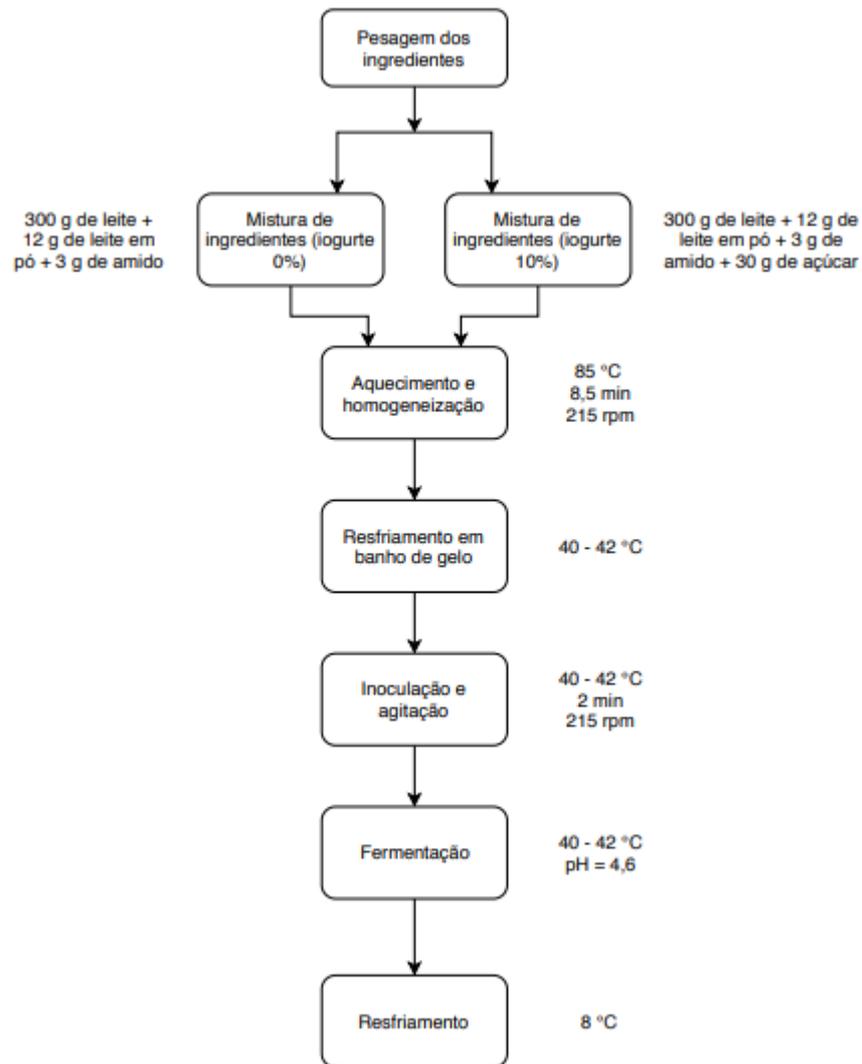
##### 3.1.1 Iogurte

O processo de obtenção dos iogurtes com 0% e 10% de açúcar é apresentado na Figura 3. Para a produção dos iogurtes, foram misturados manualmente 300 g de leite UHT desnatado (Tirol, Treze Tílias, Santa Catarina, Brasil), 12 g de leite em pó desnatado (Piracanjuba, Bela Vista de Goiás, Goiás, Brasil), 3 g de amido de mandioca (Juréia, Pomerode, Santa Catarina, Brasil) e 30 g de açúcar refinado (Caravelas, Santa Albertina, São Paulo, Brasil), apenas para o iogurte com adição de 10%.

Em seguida, os iogurtes foram colocados em banho térmico sob agitação a 215 rpm, com o auxílio de um agitador mecânico (IKA® RW20 digital, Alemanha). Assim que os iogurtes atingiram 85 °C, eles permaneceram nessa temperatura durante 8,5 minutos. Os iogurtes foram retirados do banho térmico e resfriados em banho de gelo até atingirem , 42 °C  $\pm$  2 °C.

A inoculação foi realizada através da homogeneização dos iogurtes durante 2 min, a 215 rpm em agitador mecânico (IKA® RW20 digital, Alemanha) com 1 mL de cultura mista repicada (conforme instruções do fabricante) de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*. Em seguida, os iogurtes foram colocados para fermentar em um banho térmico a 42 °C  $\pm$  2 °C, até o pH atingir o valor de 4,6. A fermentação foi interrompida e eles foram armazenados sob refrigeração a 8° C por, no mínimo, 12 horas.

**Figura 3** - Fluxograma de produção dos iogurtes (0% e 10 % de açúcar).



**Fonte:** A autora (2019)

### 3.1.2 Polpa de morango

Para obtenção da polpa, os morangos obtidos em comércio local (Florianópolis, SC, Brasil) foram lavados, tendo suas partes não comestíveis removidas. Posteriormente, as frutas foram processadas em liquidificador doméstico (PHILCO, modelo Multi Pro All in One, 800W, China), na potência mínima por 2 minutos. As polpas foram armazenadas em *freezer* a -18 °C até a sua utilização. As polpas utilizadas nos experimentos foram descongeladas por 2 horas a 25 °C.

## 3.2 PREPARO DAS SUSPENSÕES

As suspensões foram preparadas a partir da mistura dos iogurtes, com e sem açúcar, e 20% (20 g polpa/100 g iogurte) de polpa de morango. A homogeneização foi realizada com o auxílio de agitador mecânico (IKA® RW20 digital, Alemanha) a 70 rpm por 2 minutos.

## 3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS SUSPENSÕES

### 3.3.1 Umidade e Atividade de água

A umidade das suspensões foi determinada, em triplicata, pelo método gravimétrico em estufa a vácuo a 70 °C (TECNAL, Modelo TE-395, Brasil), de acordo com a metodologia A.O.A.C. (2005). A atividade de água das suspensões foi determinada, em triplicata, por higrômetro digital (Aqualab, Modelo Series 4 TE, Decagon Devices, Inc., Pullman, EUA).

### 3.3.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) das suspensões foi determinado por meio de pHmetro portátil (Testo, Modelo 205, Alemanha).

## 3.4 PROCESSOS DE SECAGEM

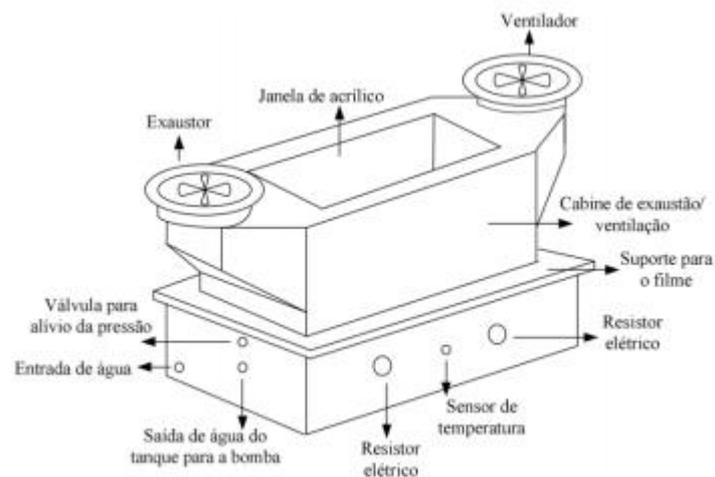
### 3.4.1 Condições de secagem

As suspensões foram secas em um ambiente com umidade relativa entre 50,0% e 80,0% e temperatura entre 20 °C e 25 °C. O espalhamento das suspensões foi realizado sobre um filme de *Teflon*® com o auxílio de um espalhador manual (*doctor blade*, Tape Warehouse Fundição, modelo Doctor Blade Assembly, Morrisville, PA, EUA), que permite o controle da espessura em 2 mm. A velocidade de espalhamento da suspensão foi de 17,1 mm/s.

### 3.4.2 Equipamento de secagem

Para a obtenção dos *snacks* à base de iogurte com morango, a secagem das suspensões foi realizada em *cast-tape drying* (CTD) operando em batelada. O equipamento é constituído por um reservatório de aço inoxidável (0,8 m x 0,4 m x 0,2 m) com duas resistências elétricas, que foi parcialmente preenchido com água, sendo esta aquecida a 40 °C. Uma bomba de circulação foi utilizada (KOMECEO, modelo TP 40 G3, Palhoça, SC, Brasil) com o intuito de homogeneizar a temperatura da água aquecida. Acima do reservatório, fixou-se um filme de fibra de vidro revestido de politetrafluoretileno (*Teflon*®) (Indaco, São Paulo, Brasil), de 0,23 mm de espessura, mantendo a face inferior em contato com o fluido aquecido e a face superior em contato com a suspensão. Na parte superior do equipamento, um sistema de exaustão/ventilação (Qualitas Indústria Eletromecânica Ltda, Modelo FAQ8, Itapira, SP, Brasil) foi acoplado, permitindo a circulação de ar dentro do secador. O equipamento está representado na Figura 4.

**Figura 4** - Equipamento utilizado para a produção de *snacks* à base de iogurte por CTD.



**Fonte:** DURIGON (2016)

### 3.4.3 Cinéticas de secagem e de atividade de água

Os experimentos de cinética de secagem e de atividade de água foram realizados em triplicata. Ao longo da secagem, amostras de três diferentes pontos do espalhamento foram retiradas a cada 20 minutos (durante a primeira hora de secagem) e, posteriormente, a cada 45 minutos, para determinação da umidade e a atividade de água.

### 3.5 CARACTERIZAÇÃO DOS SNACKS À BASE DE IOGURTE

Para as análises de caracterização, os filmes à base de iogurte com polpa de morango, obtidos no CTD, foram cortados em quadrados (4 cm x 4 cm), sendo que, para os testes sensoriais e mecânicos, as amostras foram enroladas em formato cilíndrico, conforme apresentado na Figura 5.

**Figura 5** - *Snacks* utilizados nos ensaios sensoriais e mecânicos.



**Fonte:** A autora (2019)

#### 3.5.1 Avaliação subjetiva

A avaliação qualitativa dos filmes obtidos pela desidratação das suspensões 0% e 10% de sacarose foi realizada de acordo com o método de Gontard (1991). Foram verificados os seguintes atributos: continuidade dos filmes (ausência de ruptura após a secagem), uniformidade (ausência de partículas não homogeneizadas, visíveis a olho nu) e manuseabilidade (ausência de ruptura durante o manuseio).

#### 3.5.2 Umidade e atividade de água

A umidade e atividade de água dos *snacks* à base de iogurte foram determinadas de acordo com o item 3.3.1.

### 3.5.3 Análise de cor

A análise de cor das amostras foi realizada com o auxílio de um sistema de visão computacional, de acordo com a metodologia descrita por Cárdenas-Péres et al. (2017), com adaptações. Para a captura das imagens, foi utilizada uma câmera Nikon (Nikon D5500, Nikon Corporation, Japão) e para análise, o *software* ImageJ v. 1.6.0 (National Institutes of Health, Bethesda, MD, EUA). A conversão de cores do sistema RGB para a escala CIELab foi realizada utilizando o *plug-in* Color Space Converter, resultando em valores de luminosidade  $L^*$  ( $L^* = 0$ : preto;  $L^* = 100$ : branco), e cromaticidades  $a^*$  ( $+a^*$ : vermelho;  $-a^*$ : verde) e  $b^*$  ( $+b^*$ : amarelo;  $-b^*$ : azul). As amostras foram analisadas em quintuplicata.

### 3.5.4 Teste de aceitabilidade e de intenção de compra

O teste de aceitabilidade e de intenção de compra dos *snacks* à base de iogurte foi realizado com 22 provadores não treinados, no laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos (PROFI/UFSC). A apresentação dos *snacks* para os provadores foi realizada de forma monádica, ou seja, cada amostra foi apresentada individualmente, evitando comparações entre elas. As amostras foram servidas, em temperatura ambiente de 25 °C, em copos plásticos descartáveis. Os copos foram codificados com três dígitos aleatórios.

A análise de aceitação foi realizada utilizando a escala hedônica estruturada verbal de 9 pontos (1: desgostei muitíssimo – 9: gostei muitíssimo). As características avaliadas dos *snacks* foram cor, sabor, aparência, textura e impressão global. A análise de intenção de compra dos *snacks* também foi realizada, utilizando-se uma escala estruturada verbal de 5 pontos (1: certamente eu não compraria – 5: certamente eu compraria).

A Figura 6 representa as amostras que foram servidas aos provadores durante os testes de aceitabilidade e intenção de compra.

**Figura 6** - *Snacks* apresentados aos provadores durante o teste de aceitabilidade.



**Fonte:** A autora (2019)

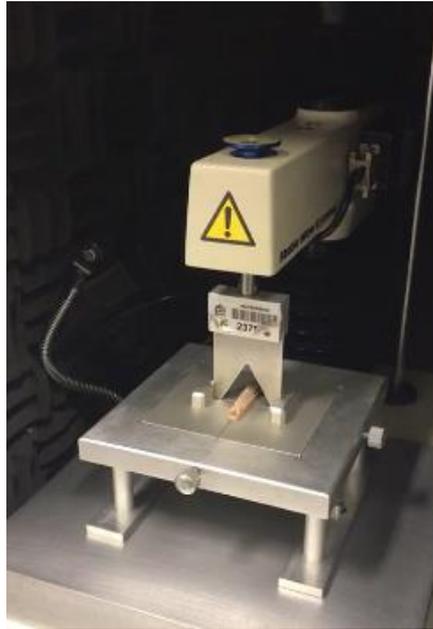
### 3.5.5 Espessura

A espessura dos *snacks* foi determinada em quintuplicata com o auxílio de um micrômetro digital (Mitutoyo Co., Japão), com resolução de 0,001 mm.

### 3.5.6 Teste de corte

Para a determinação das propriedades mecânicas dos *snacks* à base de iogurte foi realizado o teste de corte em um Texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido), com uma célula de carga de 25 kg, auxiliado pelo programa *Texture Expert Exceed 2.61* (Stable Micro Systems, Reino Unido). O corte foi realizado utilizando uma lâmina de cisalhamento Warner-Bratzler em formato “V”, com uma velocidade de teste de  $1 \text{ mm s}^{-1}$ , até rompê-las completamente. O equipamento é apresentado pela Figura 7. A análise foi realizada em duplicata.

**Figura 7** - Equipamento utilizado no ensaio de corte dos *snacks* de iogurte.



**Fonte:** A autora (2019)

### 3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos resultados foi realizada através do programa *Statistica 10.0* (StatSoft, Tulsa, Estados Unidos), utilizando a análise de variância (ANOVA). Para a comparação múltipla das médias, foi utilizado o teste de Tukey, com nível de confiança de 95%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS SUSPENSÕES

Os valores de umidade inicial, atividade de água inicial e pH das suspensões de iogurte com polpa de morango são apresentadas na Tabela 2. A adição de açúcar resultou em uma diminuição significativa da umidade da suspensão, devido a maior presença de sólidos na suspensão de 10%, pela adição de sacarose. As umidades das suspensões foram próximas às encontradas por Silva, Bessa e Silva (2017), entre 82,84% e 84,21%, para a produção de iogurtes desnatados prebióticos adocicados com mel.

**Tabela 2** - Valores de umidade inicial, atividade de água e pH das suspensões de iogurte com polpa de morango.

Suspensão	Umidade inicial (%)	$a_w$ inicial	pH
0%	$86,09 \pm 1,77^a$	$0,9902 \pm 0,0030^a$	$4,20 \pm 0,06^a$
10%	$80,37 \pm 1,03^b$	$0,9860 \pm 0,0019^b$	$4,36 \pm 0,16^a$

\*Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

0% representa a suspensão sem açúcar e 10% representa a suspensão com adição de 10% de açúcar.

**Fonte:** A autora (2019).

A atividade de água das suspensões foi similar às encontradas por Catti et al. (2014), entre 0,97 e 0,98, para a produção de iogurtes com diferentes concentrações de inulina. A faixa de atividade de água encontrada está fortemente relacionada a degradações químicas e microbianas por bactérias, fungos e leveduras, tornando essencial a utilização de processos de conservação, como a secagem.

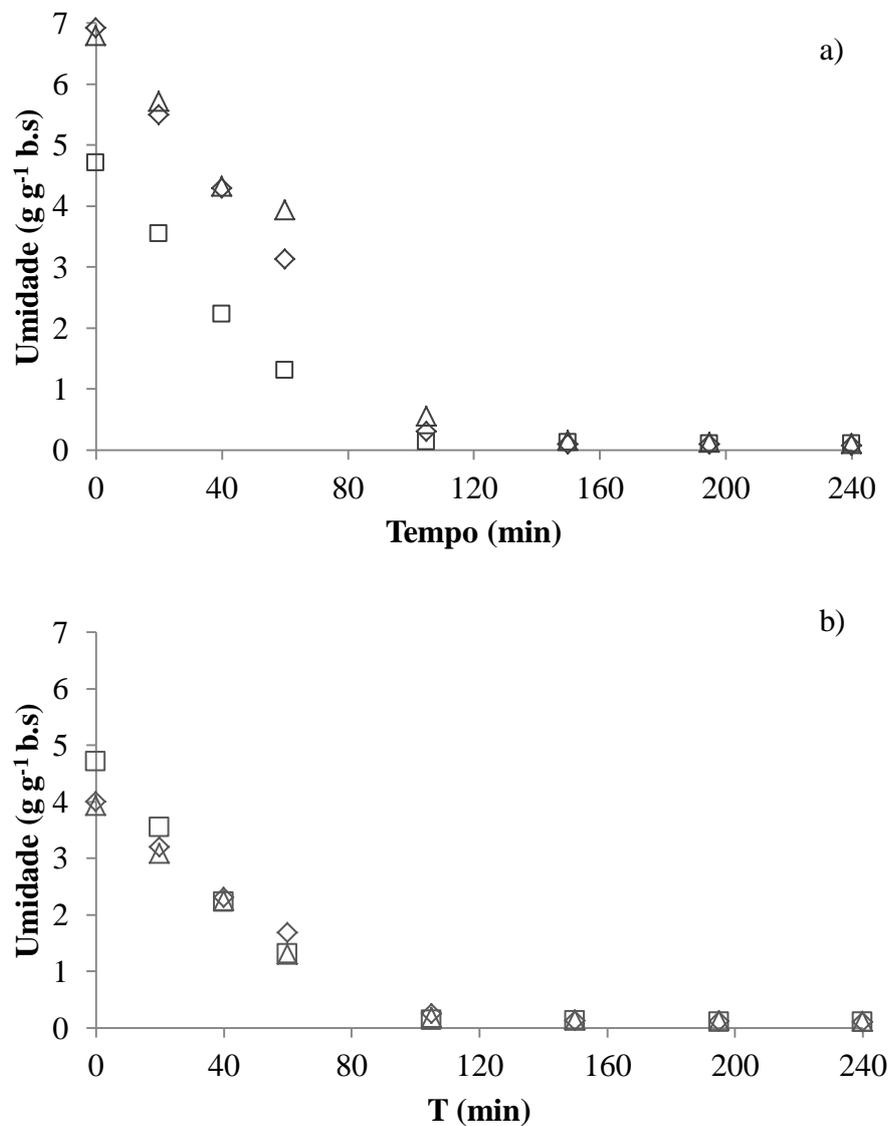
Os valores de pH apresentados estão dentro do permitido pela legislação brasileira (BRASIL, 2007), entre 3,6 e 4,5. Oliveira et al. (2017) obtiveram pH igual a 4,42 para iogurte industrial com polpa de morango. Por sua vez, Nascimento e Fontana (2012) obtiveram pH entre 4,14 e 4,15 para iogurtes adicionados de geleia de morango.

## 4.2 EVOLUÇÃO DA UMIDADE E DA ATIVIDADE DE ÁGUA DURANTE O PROCESSO DE SECAGEM

### 4.2.1 Cinéticas de umidade

As cinéticas de secagem das suspensões com 0% e 10% de açúcar são apresentadas na Figura 8. As curvas com diferentes marcadores representam as triplicatas do processo de secagem, realizadas em dias diferentes.

**Figura 8** - Curvas de secagem das suspensões com 0% (a) e 10% (b) de açúcar, durante a secagem em CTD, realizadas em triplicata.



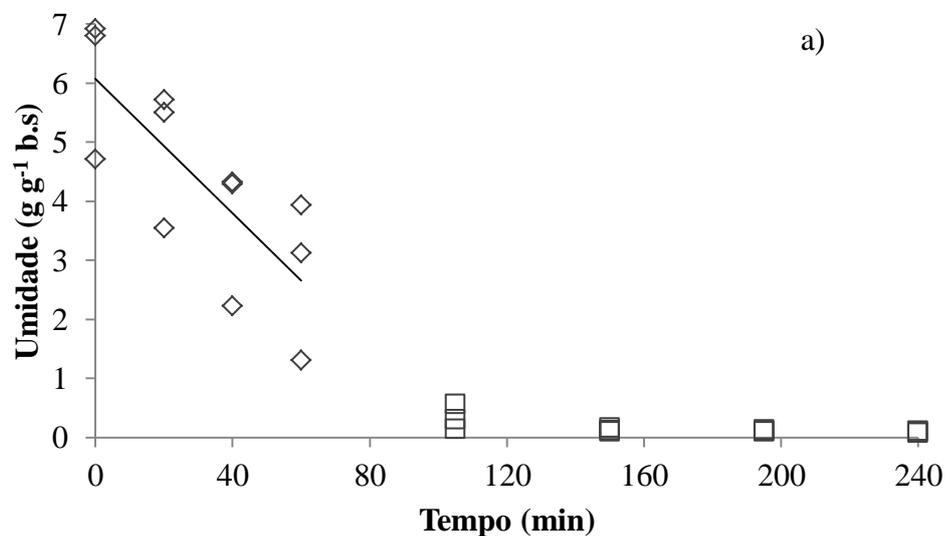
Fonte: A autora (2019)

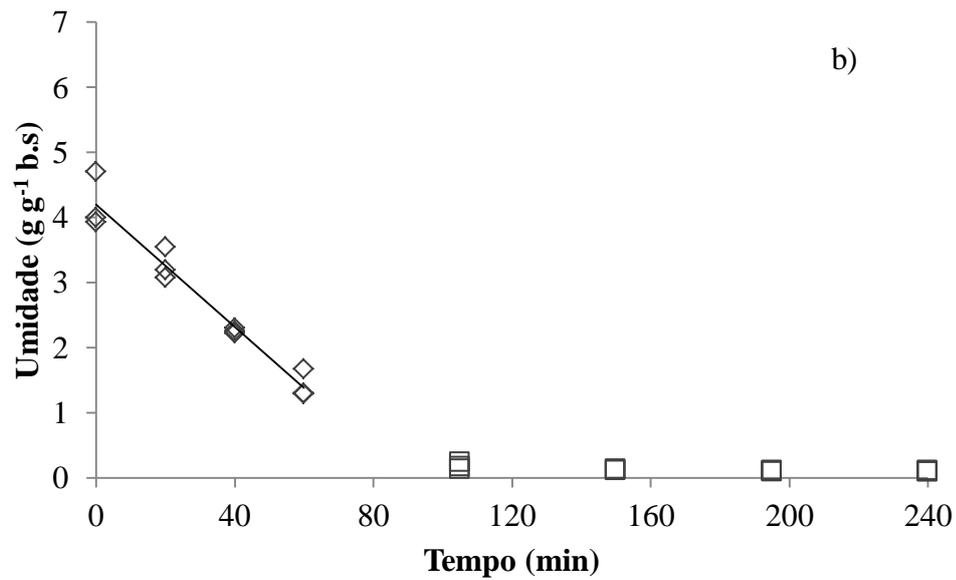
As triplicatas apresentaram reprodutibilidade, apesar de serem realizadas em dias com condições climáticas diferentes e com diferentes produções de iogurte e polpa de morango.

Na Figura 9 são apresentadas as curvas de secagem das suspensões, nas quais o período de taxa de secagem constante está evidenciado pelo ajuste linear. A Tabela 3 apresenta a média das triplicatas da taxa de secagem do período constante das suspensões, bem como dos valores de  $R^2$  obtidos. Observa-se, por meio dos valores de  $R^2$  acima de 0,98, que o ajuste linear está adequado para os primeiros 60 minutos de secagem. Durante esse tempo, ocorreu o período de secagem à taxa constante das duas suspensões, no qual a água livre presente em suas superfícies evaporou proporcionalmente à taxa de transferência de calor para o produto.

A partir de 60 minutos de secagem, as suspensões atingiram a umidade crítica de, aproximadamente,  $3 \text{ g g}^{-1}$  para a suspensão 0% e  $1,5 \text{ g g}^{-1}$  para a suspensão 10%, e o período à taxa de secagem decrescente se iniciou. Nesse momento, a transferência de massa de água das suspensões para o ar de secagem foi reduzida devido a uma menor disponibilidade de água em suas superfícies. Dessa maneira, o período representou o momento mais longo da secagem das suspensões, sendo finalizado em aproximadamente, 195 minutos, quando a umidade de equilíbrio de  $0,09 \text{ g g}^{-1}$  foi atingida, para ambas as suspensões. O período de adaptação não foi visualizado durante as secagens, pois possivelmente ocorreu nos primeiros minutos do processo, nos quais não foram retirados pontos.

**Figura 9** - Representações dos períodos de taxa de secagem constante das suspensões 0% (a) e 10% (b) durante a secagem em CTD.





**Fonte:** A autora (2019)

**Tabela 3** - Médias das taxas de secagem e R<sup>2</sup> para o período constante.

Suspensão	dX/dt	R <sup>2</sup>
0%	0,0568 ± 0,0065 <sup>a</sup>	0,9845
10%	0,0469 ± 0,0096 <sup>a</sup>	0,9967

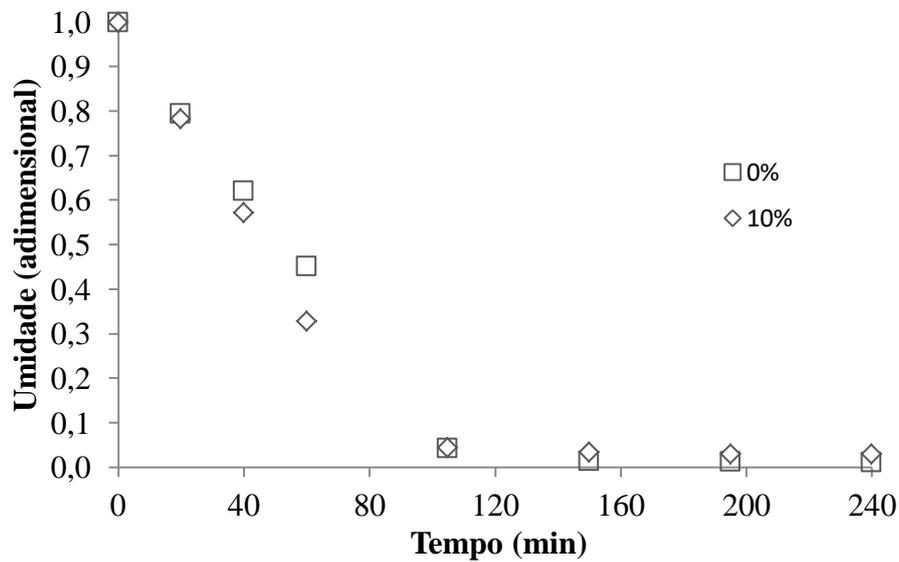
\*Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

0% representa a suspensão sem açúcar e 10% representa a suspensão com adição de 10% de açúcar.

**Fonte:** A autora (2019)

A Figura 10 apresenta a relação da umidade adimensional para as suspensões, a fim de facilitar a visualização de seu comportamento cinético. Foram utilizadas curvas representativas de cada triplicata, para a obtenção da umidade adimensional. Os pontos representam a umidade, em base seca, dos produtos em um tempo determinado, em relação à sua umidade inicial. Apesar das suspensões terem valores de umidade inicial diferentes, é notável que seus comportamentos, durante a secagem, foram similares. Esse comportamento também foi visualizado pelos valores de taxa de secagem para o período constante sem diferenças significativas.

**Figura 10** - Umidade adimensional das suspensões de 0% (□) e 10% (◇)

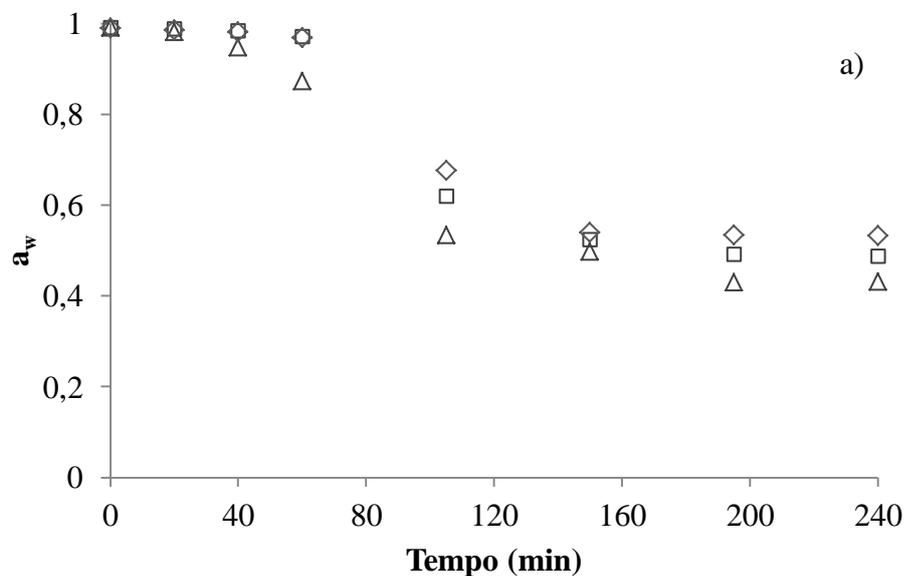


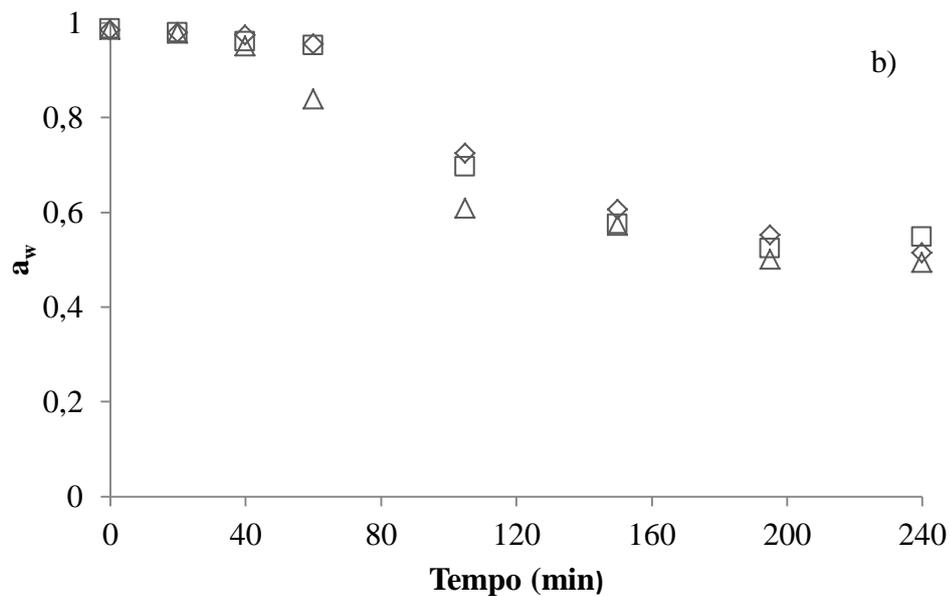
Fonte: A Autora (2019)

#### 4.2.2 Cinéticas de atividade de água

A evolução da atividade de água durante a secagem das suspensões é apresentada na Figura 11, em triplicata. As triplicatas apresentam reprodutibilidade para as duas suspensões.

**Figura 11** - Evolução temporal da atividade de água das suspensões com 0% (a) e 10% (b) de açúcar, durante a secagem em CTD, realizadas em triplicata.





Durante a primeira hora (60 minutos de secagem), a atividade de água das suspensões pouco variou, mantendo-se, em aproximadamente, 0,98 para a suspensão 0% e 0,95 para a suspensão 10%. Esse comportamento confirma o observado anteriormente com a cinética de secagem, ou seja, período de secagem à taxa constante.

A atividade de água final das suspensões foi de, aproximadamente, 0,5. Esse valor torna os produtos microbiologicamente estáveis e seguros para o consumo. Além disso, de acordo com Filho e Vasconcelos (2011), alimentos com um determinado teor de gordura estão suscetíveis à oxidação lipídica em valores de  $a_w$  muito elevados ou muito reduzidos, de forma que entre o intervalo de  $a_w$  de 0,3 e 0,5, esse fenômeno é reduzido. Assim sendo, os *snacks* obtidos são menos propensos à oxidação lipídica e, subsequente, rancificação.

Após 195 minutos de processo, a atividade de água das suspensões tornou-se praticamente constante, de forma semelhante ao que ocorreu com a umidade. Dessa forma, foi decidido finalizar as secagens para obtenção dos *snacks* para as análises subsequentes em 210 minutos (3,5 horas).

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS *SNACKS* À BASE DE IOGURTE

#### 4.3.1 Avaliação subjetiva

Os filmes obtidos após a secagem das suspensões sem e com 10% de açúcar foram contínuos, apresentaram coloração rosada, com pequenos traços da polpa de morango e aroma

característico de iogurte. O filme de iogurte 0% apresentou uniformidade, sendo levemente quebradiço. Por sua vez, o filme de iogurte 10% apresentou certa pegajosidade, dificultando desta forma sua manuseabilidade, sendo mais difícil sua retirada do suporte de *Teflon*.

#### 4.3.2 Umidade e atividade de água

Os valores de umidade e atividade de água dos *snacks* à base de iogurte com 0% e 10% de açúcar são apresentados na Tabela 4. Os resultados mostram que as amostras possuem atividade de água sem diferenças significativas. Costa (2017) obteve iogurte em pó com  $a_w$  de 0,5578 em secagem de iogurte natural e integral em VCTD (CTD acoplado com sistema de vácuo) a 50 °C por 40 minutos. Por sua vez, Tontul et al. (2018) obtiveram iogurte em pó com  $a_w$  entre 0,24 e 0,34, para a secagem de iogurte por RW com temperaturas de 50 °C, 60 °C e 70°C por 40 min, 33 min e 25 min, respectivamente. De acordo com Fennema, Damodaran e Parkin (2010), valores adequados de  $a_w$  para a conservação de alimentos se encontram na faixa de 0,35 a 0,50. No entanto, alimentos com  $a_w$  menor do que 0,6 tem o crescimento de microrganismos fortemente limitado (COSTA, 2017; FELLOWS, 2009), de forma que os *snacks* obtidos são produtos com menor susceptibilidade à degradação microbiana.

**Tabela 4** - Umidade e atividade de água dos *snacks* após a secagem.

Amostra	Umidade final (%)	$a_w$ final
0%	9,00 ± 1,13 <sup>a</sup>	0,4951 ± 0,0346 <sup>a</sup>
10%	9,41 ± 0,77 <sup>a</sup>	0,5100 ± 0,0355 <sup>a</sup>

\*Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

0% representa a suspensão sem açúcar e 10% representa a suspensão com adição de 10% de açúcar.

**Fonte:** A autora (2019).

As amostras também não apresentaram diferenças estatísticas para a umidade após a secagem. Koç et al. (2014) obtiveram iogurte desidratado em *spray dryer* com umidade final entre 3,98% e 7,17%, em base úmida. Por outro lado, Medeiros (2013) obteve iogurte caprino em pó por *spray dryer* a 130 °C, 150 °C e 170 °C, utilizando maltodextrina como agente carreador, e apresentou valores de umidade final inferiores à 4%, após a secagem. Os resultados obtidos estão acima dos encontrados na literatura.

### 4.3.3 Cor

As medidas para os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  de ambos os *snacks* à base de iogurte são apresentadas na Tabela 5. A adição de açúcar gerou diferenças significativas nas amostras tanto no parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ), quanto nos de cromaticidade ( $a^*$  e  $b^*$ ).

A luminosidade das amostras, com e sem adição de açúcar, foi próxima do valor máximo ( $L^*=100$ ), o que demonstra que os *snacks* obtidos são alimentos claros. Além disso, a amostra com 10% de açúcar apresentou maior luminosidade do que a amostra sem açúcar, devido à presença de sacarose em sua formulação. O mesmo comportamento foi observado por Gujral e Khanna (2002) para a produção de filmes de manga com diferentes concentrações de açúcar, leite em pó e leite de soja.

A cor predominante nos *snacks* é a rosa, o que pode ser verificado pelo parâmetro  $a^*$  positivo, que demonstra que as amostras estão tendendo à cor vermelha. A adição de sacarose gerou um *snack* com maior tendência ao vermelho do que o *snack* 0%.

Com relação ao parâmetro  $b^*$ , ambas as amostras tenderam ao amarelo, sendo a amostra 0% mais amarelada que a 10%. Sheik (2014) também obteve *snacks* de iogurte com polpa de morango, por secagem em estufa a 46 °C, com aparência amarelada. Isso pode ter ocorrido devido à oxidação da gordura presente nos iogurtes, uma vez que o tempo de exposição das suspensões ao oxigênio e à temperatura de 40 °C foi longo (3,5 horas).

**Tabela 5** - Medidas de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  dos *snacks* produzidos por secagem em CTD.

Amostra	$L^*$	$a^*$	$b^*$
0%	86,883 ± 2,351 <sup>a</sup>	4,917 ± 1,013 <sup>a</sup>	1,333 ± 2,260 <sup>a</sup>
10%	88,250 ± 0,876 <sup>b</sup>	5,550 ± 0,910 <sup>b</sup>	0,233 ± 1,320 <sup>b</sup>

\*Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

0% representa a suspensão sem açúcar e 10% representa a suspensão com adição de 10% de açúcar.

**Fonte:** A autora (2019).

### 4.3.4 Teste de aceitabilidade e intenção de compra

Os resultados obtidos no teste de aceitação da aparência, cor, sabor, textura e impressão global, além da intenção de compra, são apresentados na Tabela 6. Os resultados demonstram que houve diferença significativa entre as amostras para os atributos de sabor,

impressão global e intenção de compra. Isso pode ter sido influenciado pelo sabor adocicado das amostras com adição de 10% de açúcar. No entanto, a adição de açúcar não alterou significativamente a aparência, cor e textura dos *snacks*. Os principais comentários dos provadores foram em relação à aparência agradável dos *snacks* e à falta de açúcar na amostra de 0%, tendo alguns relatos de que esse *snack* era levemente salgado.

**Tabela 6** - Resultados do teste de aceitabilidade e intenção de compra dos *snacks*.

Amostra	Aparência	Cor	Sabor	Textura	Impressão global	Intenção de compra
0%	7,6 ± 1,0 <sup>a</sup>	7,3 ± 1,3 <sup>a</sup>	5,4 ± 1,8 <sup>a</sup>	6,0 ± 1,9 <sup>a</sup>	6,2 ± 1,6 <sup>a</sup>	2,9 ± 1,0 <sup>a</sup>
10%	7,5 ± 1,0 <sup>a</sup>	7,1 ± 1,2 <sup>a</sup>	7,5 ± 1,2 <sup>b</sup>	6,2 ± 2,0 <sup>a</sup>	7,1 ± 1,0 <sup>b</sup>	3,8 ± 1,1 <sup>b</sup>

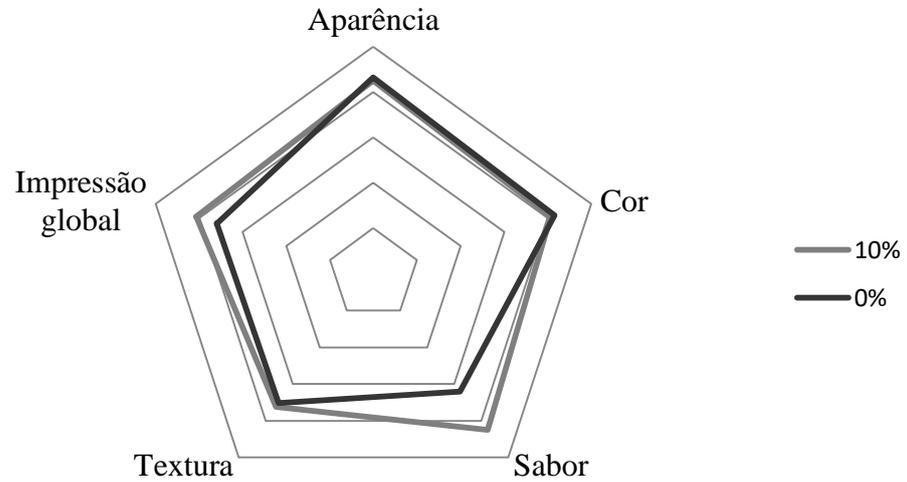
\*Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

0% representa a suspensão sem açúcar e 10% representa a suspensão com adição de 10% de açúcar.

**Fonte:** A autora (2019).

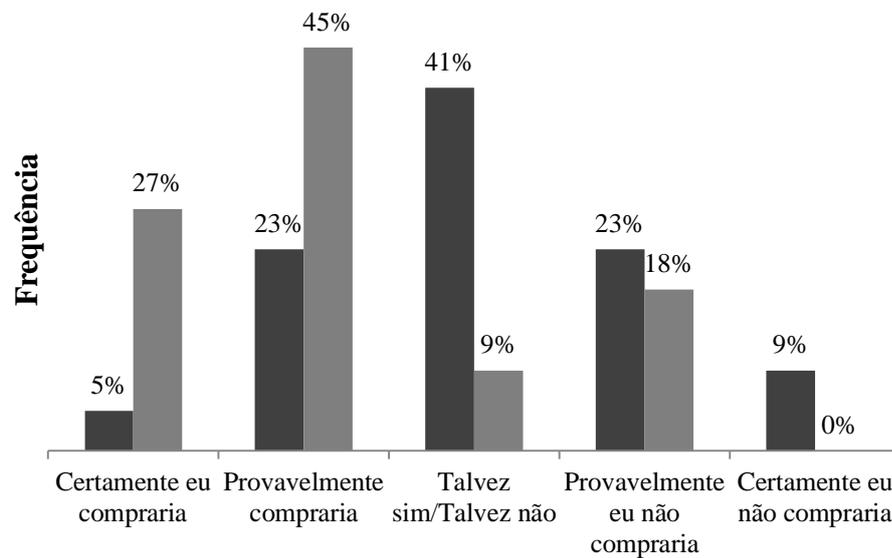
Para facilitar a visualização dos resultados do teste de aceitabilidade, o gráfico radar, com os atributos sensoriais avaliados, está apresentado na Figura 12. Na Figura 13 estão apresentados os percentuais de respostas em relação à intenção de compra das amostras de *snacks* à base de iogurte, com e sem adição de açúcar. Aproximadamente 73% dos provadores afirmaram que certamente ou provavelmente comprariam a amostra com 10% de açúcar. A mesma tendência de consumo não foi verificada para a amostra de 0%, a qual apenas 27% dos provadores afirmaram que certamente ou provavelmente comprariam. Isso demonstra uma grande aceitação da amostra de 10%.

**Figura 12** - Valores hedônicos para os atributos aparência, cor, sabor, textura e impressão global para os *snacks* 0% (-) e 10% (-).



**Fonte:** A Autora (2019)

**Figura 13** - Frequência dos valores da escala estruturada verbal de 5 pontos atribuídos pelos provadores à intenção de compra dos *snacks* 10% (□) e 0% (■).



**Fonte:** A Autora (2019)

A preferência dos consumidores pelo *snack* com mais açúcar é condizente com o levantamento da Sucden (2014) que aponta que o Brasil é o quarto maior consumidor de açúcar do mundo. No entanto, esse resultado é preocupante, uma vez que o Ministério da

saúde (2019) tem feitos ações que visam a diminuição dos açúcares e edulcorantes nos alimentos processados, bem como a desestimulação do consumo de açúcar no país.

#### 4.3.5 Espessura

A espessura dos *snacks* à base de iogurte é apresentada na Tabela 7. A adição de sacarose resultou em *snacks* mais espessos, estatisticamente diferentes dos *snacks* sem açúcar, devido ao aumento de sólidos solúveis na suspensão. O mesmo comportamento foi verificado por Simão (2018) que reportou que a adição de 5% de amido resultou em *snacks* de manga com espessura significativamente maior do que o produto sem adição, para a secagem em CTD a 98° C e espessura inicial de 3 mm. .

**Tabela 7** - Espessura dos *snacks* após a secagem.

Amostra	Espessura (mm)
0%	0,146 ± 0,014 <sup>a</sup>
10%	0,166 ± 0,017 <sup>b</sup>

\*Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

0% representa a suspensão sem açúcar e 10% representa a suspensão com adição de 10% de açúcar.

**Fonte:** A autora (2019).

#### 4.3.6 Propriedades mecânicas

O teste de corte foi realizado para simular a força necessária que o consumidor teria que fazer para romper a amostra com os dentes incisivos, no momento da mastigação. Seu resultado está ligado às características de textura do alimento. A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos para as propriedades mecânicas dos *snacks* à base de iogurte e polpa de morango desidratados em CTD.

**Tabela 8** - Força média de corte dos *snacks* de iogurte.

Amostra	Força (N)
0%	18,097 ± 7,077 <sup>a</sup>
10%	17,838 ± 4,178 <sup>a</sup>

\*Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

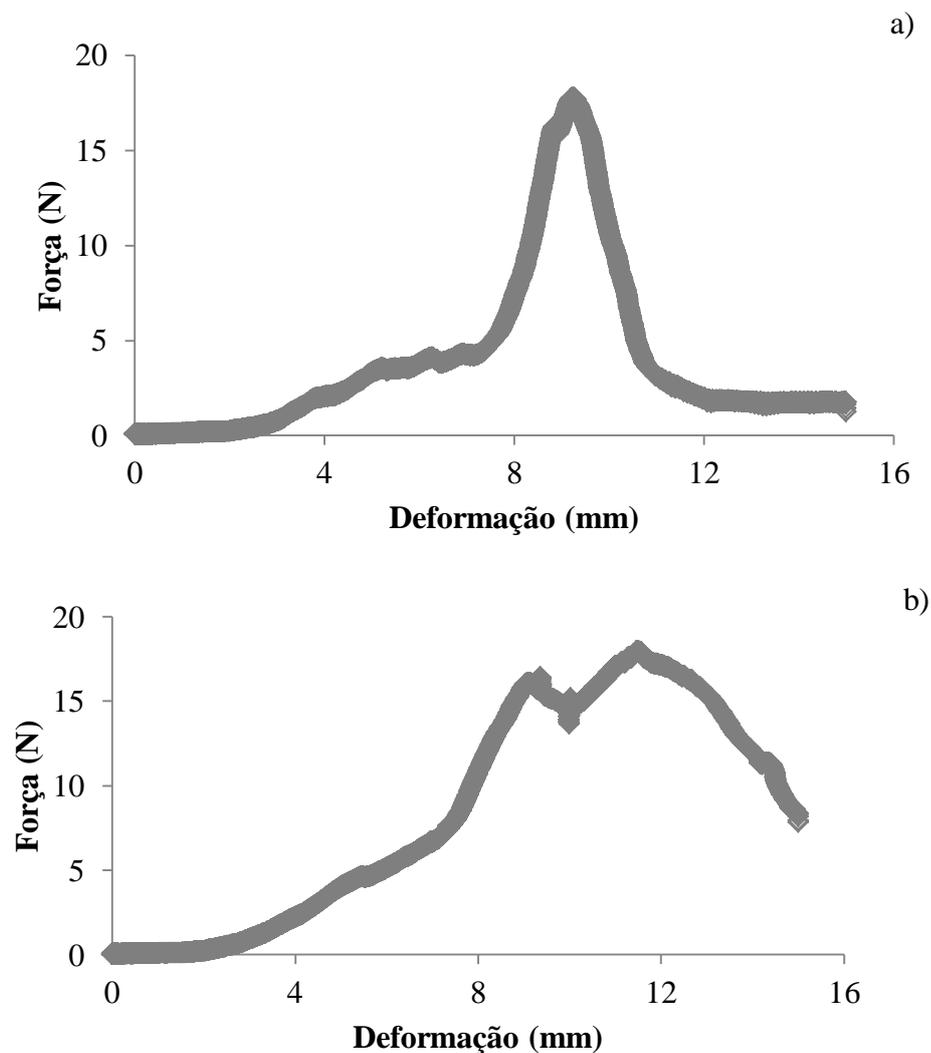
0% representa a suspensão sem açúcar e 10% representa a suspensão com adição de 10% de açúcar.

**Fonte:** A autora (2019).

A adição de sacarose na suspensão não alterou significativamente a força necessária para romper os *snacks*. Esse comportamento confirma o que foi observado pelo teste de aceitabilidade, no qual os provadores atribuíram notas similares para ambos os *snacks*, no atributo textura.

Na Figura 14, são apresentadas curvas representativas dos ensaios de corte realizados para os *snacks* com 0% e 10% de açúcar, desidratados por CTD. É possível visualizar através das curvas que o comportamento dos *snacks* durante o corte não foi o mesmo, no entanto, a força máxima necessária para rompê-los foi semelhante.

**Figura 14** - Curvas representativas dos ensaios de corte para os *snacks* 0% (a) e 10% (b).



**Fonte:** A autora (2019)

## 5 CONCLUSÃO

- Foi possível obter *snacks* à base de iogurte com polpa de morango com diferentes concentrações de açúcar por secagem em CTD, por 3,5 h, à 40 °C;

- Os filmes à base de iogurte e polpa de morango obtidos são contínuos, uniformes, pouco quebradiços e possuem cor e aroma característico de iogurte e morango;

- A umidade e atividade de água apresentadas para os *snacks* com e sem açúcar indicam uma menor suscetibilidade desses produtos à degradação microbiana e oxidação lipídica;

- A adição de sacarose mostrou influência na umidade e atividade de água inicial das suspensões, bem como, na espessura e cor dos *snacks*;

- A aceitabilidade e intenção de compra dos *snacks* foi influenciada pela adição de sacarose, corroborando a preferência do consumidor brasileiro por produtos mais adoçados.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- utilização de outros equipamentos de secagem para a obtenção dos *snacks*, tais como, o KMFD, o qual é uma técnica de secagem aplicada para obtenção de produtos crocantes e de alta porosidade;
- desenvolvimento de iogurtes com menores concentrações de açúcar;
- análise da viabilidade de microrganismos após a secagem e durante o armazenamento do produto;
- utilização de outras frutas para a elaboração dos *snacks*;
- utilização de diferentes adoçantes na formulação dos iogurtes para produção dos *snacks*;
- adição de probióticos ao iogurte base dos *snacks*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABONYI, B. I. et al. Quality Retention in Strawberry and Carrot Purees Dried with Refractance Window System. **Food Engineering and Physical Properties**, v. 67, p. 1051–1056, 2002.

ALEXY, U.; SICHERT-HELLERT, W.; KERSTING, M. Fortification masks nutrient dilution due to added sugars in the diet of children and adolescents. **J Nutri**, p. 132, 2002.

ALMEIDA, D. M. et al. DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE VIDA DE PRATELEIRA DE IOGURTE BACTÉRIAS LÁTICAS TOTAIS. p. 1671–1681, 2015.

AZZOLLINI, D. et al. Effects of formulation and process conditions on microstructure, texture and digestibility of extruded insect-riched snacks. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 45, p. 344–353, 2018.

BARBOZA FILHO, A. L. et al. Dossiê Espessantes. **Food Ingredients Brasil**, n. 40, p. 20–44, 2017.

BHANDARI, B.; HOWES, T. Relating the Stickiness Property of Foods Undergoing Drying and Dried Products to their Surface Energetics. **Drying Technology**, p. 781–797, 2005.

BORGES, G. DE C. et al. Avaliação da vida de prateleira do iogurte sabor morango, enriquecido com concentrado proteico de soro, quinoa e linhaça dourada. 2010.

BOURNE, M. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2. ed. Cornell University, Geneva, New York: New York State Agricultural Experiment Station and Institute of Food Science, 2002.

BRANDÃO, S. C. C. Tecnologia da fabricação de iogurte. **Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes**, p. 3–8, 1987.

BRANDÃO, S. C. C. Tecnologia da produção industrial de iogurte. **Revista Leite e Derivados**, v. 5, n. 25, p. 24–38, 1995.

BRASIL. Instrução normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007. . 2007.

CALEJA, C. et al. Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives. **Food Chemistry**, v. 210, p. 262–268, 2016.

CANADIAN DAIRY COMMISSION. **Liquid Whole Milk Overview**. Disponível em: <<http://www.milkingredients.ca/index-eng.php?id=182>>.

CASAROTTI, S. N. **EFEITO DE EDULCORANTES SOBRE A QUALIDADE DE LEITES FERMENTADOS**. [s.l.] UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2009.

CATTI, J. et al. IOGURTE NATURAL DESNATADO ADICIONADO DE INULINA. p. 1478–1487, 2014.

CHOLLET, M. et al. Acceptance of sugar reduction in flavored yogurt. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 9, p. 5501–5511, 2013.

COÏSSON, J. D. et al. Euterpre oleracea as a functional pigment for yogurt. **Food Research International**, v. 38, p. 893–897, 2005.

ÇON, A. H. et al. Effects of Different Fruits and Storage Periods on Microbiological Qualities of Fruit-Flavored Yogurt Produced in Turkey. v. 59, n. 4, p. 402–406, 1996.

COSTA, J. D. **SECAGEM DE IOGURTE NATURAL POR CAST- TAPE SOB VÁCUO**. [s.l: s.n.].

DE SOUZA, P. G. **PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AÇAÍ (Euterpe oleracea Mart.) DESIDRATADO EM PÓ POR CAST- TAPE DRYING**. [s.l: s.n.].

DEETHL, H. C.; TAMIME, A. Y. Yogurt : Nutritive and Therapeutic Aspects. v. 44, n. 1, p. 78–86, 1981.

DURIGON, A. et al. Cast-tape drying of tomato juice for the production of powdered tomato. **Food and Bioproducts Processing**, v. 100, p. 145–155, 2016.

FARRIS, R. et al. Nutrient intake and food group consumption of 10-year-olds by sugar intake level: the Bogalusa heart study. **J Am College Nutrition**, v. 17, p. 579–585, 1998.

FELLOWS, P. J. **Food processing technology: Principles and practice**. 3. ed. [s.l.] Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2009.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S. D.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FERNANDES, A. F. C. et al. VIDA DE PRATELEIRA DE IOGURTE SABOR CAFÉ. p. 538–543, 2016.

FERNÁNDEZ-BAÑARES, F. et al. Sugar malabsorption in functional abdominal bloating, A pilot study on the long-term effect of dietary treatment. **Clinical Nutrition**, v. 25, p. 824–831, 2006.

FERREIRA, C. L. L. . Produtos lácteos fermentados: aspectos bioquímicos e tecnológicos. In: **Produtos lácteos fermentados: aspectos bioquímicos e tecnológicos**. 2. ed. [s.l.] Editora Viçosa: UFV, 2001. p. 65–84.

FERREIRA, C. L. L. F. Produtos lácteos fermentados: aspectos bioquímicos e

tecnológicos. In: **Produtos Lácteos Fermentados - Aspectos Bioquímicos e Tecnológicos**. 3. ed. [s.l.] Editora UFV, 2005. p. 68–75.

FILHO, A. B. DE M.; VASCONCELOS, M. A. DA S. **Química de alimentos**. Recife: UFRPE, 2011. v. 70

FOUST, A. S. **Princípios das Operações Unitárias**. 2. ed. [s.l.] LTC, 1982.

GATENBY, S. J. Eating frequency : methodological and dietary aspects. **British journal of nutrition**, v. 77, 1997.

GEANKOPLIS, C. J. **Transport Processes and Unit Operations**. 3. ed. [s.l.: s.n.].

GONTARD, N. **Films et enrobages comestibles: etude et amélioration des propriétés filmogène du gluten**. [s.l.] Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 1991.

GUJRAL, H. S.; KHANNA, G. Effect of skim milk powder, soy protein concentrate and sucrose on the dehydration behaviour, texture, color and acceptability of mango leather. **Journal of Food Engineering**, v. 55, p. 343–348, 2002.

GURR, M. I. Nutritional aspects of fermented milk products. v. 46, p. 337–342, 1987.

HOTZA, D. ARTIGO REVISÃO: Colagem de Folhas Cerâmicas ( REVIEW ARTICLE : Tape Casting ). v. 43, p. 157–164, 1997.

JASTER, H. et al. Enhancement of antioxidant activity and physicochemical properties of yogurt enriched with concentrated strawberry pulp obtained by block freeze concentration. **Food Research International**, v. 104, p. 119–125, 2018.

KEARNEY, N. et al. Development of a spray dried probiotic yoghurt containing *Lactobacillus paracasei* NFBC 338. **International Dairy Journal**, v. 19, n. 11, p. 684–689, 2009.

KEEY, R. . **DRYING: Principles and Practice**. Nova Zelândia: [s.n.].

KIM, S. S. et al. Survival of lactic acid bacteria during microwave vacuum-drying of plain yoghurt. **LWT - Food Science and Technology**, v. 30, n. 6, p. 573–577, 1997.

KINGSLEY, A. R. P. et al. Shrinkage for ber (*Zizyphus Mauritian* L.) fruits during sun drying. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 1, p. 6–10, 2007.

KIRN, S. S.; BHOWMIK, S. R. Moisture sorption isotherms of concentrated yogurt and microwave vacuum dried yogurt powder. **Journal of Food Engineering**, v. 21, n. 2, p. 157–175, 1994.

KOC, B. et al. Spray drying of yogurt: Optimization of process conditions for

improving viability and other quality attributes. **Drying Technology**, v. 28, n. 4, p. 495–507, 2010.

KOÇ, B. et al. Physical properties of yoghurt powder produced by spray drying. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 7, p. 1377–1383, 2014.

KRANZ, S. et al. Adverse effect of high added sugar consumption on dietary intake in American preschoolers. *J Pediatr* 2005; 146. **J Pediatr**, v. 146, p. 105–111, 2005.

KUMAR, P.; MISHRA, H. N. Yoghurt Powder — a Review of Process. **Food and Bioproducts Processing**, v. 82 (C2), n. June, p. 133–142, 2004.

LEVY, R. B. et al. Disponibilidade de “açúcares de adição” no Brasil: distribuição, fontes alimentares e tendência temporal. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 15, n. 1, 2012.

LINK, J. V. **APLICAÇÃO DE MÚLTIPLOS CICLOS DE AQUECIMENTO-PULSO DE VÁCUO PARA A PRODUÇÃO DE FATIAS DE MANGA (*Mangífera indica* L.) DESIDRATADAS**. [s.l: s.n.].

LOURENS-HATTINGH, A.; VILJOEN, B. C. Yogurt as probiotic carrier food. **International Dairy Journal**, v. 11, p. 1–17, 2001.

MARTINS, J. F. P.; LUCHESE, R. H. Determinação da compatibilidade de crescimento associativo entre cepas de *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*. **Revista do Instituto Laticínios Cândido Tostes**, p. 11–13, 1988.

MASSA, M. Presidente da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE IOGURTES. **Revista Leite e derivados**, 2000.

MAZUMDER, P.; ROOPA, B. S.; BHATTACHARYA, S. Textural attributes of a model snack food at different moisture contents. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 2, p. 511–516, 2007.

MEDEIROS, A. C. L. DE. **Iogurte caprino probiótico em pó : estudo do processo de secagem , da caracterização do pó e da viabilidade do probiótico**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2013.

MOHAMMADI, R.; SOHRABVANDI, S.; MORTAZAVIAN, A. M. The starter culture characteristics of probiotic microorganisms in fermented. **Engineering in Life Sciences**, v. 12, n. 4, p. 399–409, 2012.

MORAES, P. C. B. T. **AVALIAÇÃO DE IOGURTES LÍQUIDOS COMERCIAIS SABOR MORANGO: ESTUDO DE CONSUMIDOR E PERFIL SENSORIAL**. [s.l.] Universidade Estadual de Campinas, 2004.

MORINI, T. F. **Açúcar, um alimento com o futuro sob suspeita**. Disponível em:

<[https://brasil.elpais.com/brasil/2017/08/18/economia/1503057146\\_487008.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2017/08/18/economia/1503057146_487008.html)>. Acesso em: 23 nov. 2019.

NASCIMENTO, A. A. I. DO; FONTANA, D. C. PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO DE IOGURTE COM ADIÇÃO DE GELÉIA DE MORANGO DE FORMA CONTÍNUA E DESCONTÍNUA E SUA INFLUENCIA NA VISCOSIDADE DO IOGURTE FINAL , COMPARANDO COM MARCAS EXISTENTES NA REGIÃO DE PONTA GROSSA. 2012.

NETSHISHIVHE, M. et al. Physical properties and consumer acceptance of maize-baobab snacks. **Heliyon**, 2019.

NORMAS, A. B. DE; ABNT., T. -. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia.**, 1993.

OLIVEIRA, J. F. DE et al. Qualidade de iogurtes de coco e morango. p. 416–425, 2017.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos - Alimentos de Origem Animal**. [s.l.] Artmed, 2005.

PARK, K. J. et al. Conceitos de processo e equipamentos de secagem. p. 121, 2007.

ROBERT, N. F. **Dossiê técnico - Fabricação de iogurtes**Rio de JaneiroRede de Tecnologia do Rio de Janeiro - REDETEC, , 2008.

SAINT-EVE, A. et al. Influence of Proteins on the Perception of Flavored Stirred Yogurts. **American dairy Science Association**, v. 89, p. 922–933, 2006.

SANTOS, J. A. O toque final nos produtos lácteos. **Revista Leite e derivados**, 2008.

SAÚDE, M. DA. **Ministério da Saúde quer diminuir o consumo desenfreado de açúcar no Brasil**. Disponível em: <[https://www.scbm.org.br/ministerio-da-saude-quer-diminuir-o-consumo-desenfreado-de-acucar-no-brasil/?fbclid=IwAR0Uo7P1Ue7sv94fH2LFg64QiS0dL8hVH-Xth8\\_DrlwOnVX5cMWQtIWthkE](https://www.scbm.org.br/ministerio-da-saude-quer-diminuir-o-consumo-desenfreado-de-acucar-no-brasil/?fbclid=IwAR0Uo7P1Ue7sv94fH2LFg64QiS0dL8hVH-Xth8_DrlwOnVX5cMWQtIWthkE)>. Acesso em: 20 nov. 2019.

SCHAIDT, A. L. **PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SNACKS DE ABACAXI COM AMIDO PRÉ-GELATINIZADO**. [s.l: s.n.].

SETH, D.; MISHRA, H. N.; DEKA, S. C. Functional and reconstitution properties of spray-dried sweetened yogurt powder as influenced by processing conditions. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. 7, p. 1603–1611, 2017.

SHEIK, A. A. **SNACKS DE IOGURTE Desenvolvimento de uma nova gama de produtos: “snack saudáveis”**. [s.l.] Universidade de Lisboa, 2014.

SILVA, Á. G. F. DA; BESSA, M. M.; SILVA, J. R. DA. ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE IOGURTE LIGHT PREBIÓTICO ADOÇADO COM MEL. p. 74–84, 2017.

SIMÃO, R. D. S. **PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SNACKS DE MANGA EM FORMA DE FILMES, OBTIDOS POR CAST-TAPE DRYING.** [s.l.: s.n.].

SIMÃO, R. DA S. et al. Production of mango leathers by cast-tape drying: Product characteristics and sensory evaluation. **Lwt**, v. 99, n. May 2018, p. 445–452, 2019.

SINGH, R. P.; HELDMAN, D. R. Introduction to Food Engineering. In: **Introduction to Food Engineering**. 4. ed. [s.l.] California: Elsevier Inc., 2009. p. Cap 12.

STRUMILLO, C.; KUDRA, T. **Drying: principles, applications and design.** Switzerland: Gordon and Breach Science Publishers, 1986.

SUCDEN. **Brasil é o 4º maior consumidor de açúcar do mundo.** Disponível em: <<http://mds.gov.br/area-de-imprensa/noticias/2016/junho/brasil-e-o-4o-maior-consumidor-de-acucar-do-mundo?fbclid=IwAR3FLzTc1JsJJOiNLhFRIjjQY8V4rG-VRSw29RApXBVdAbaLnfnTMbOpH5Q>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v. 13, p. 215–225, 2002.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos** Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP Tabela, , 2011.

TAMIME, A. Y.; ROBINSON, R. K. **Yogurt: Ciencia y Tecnologia.** Saragoça: [s.n.].

TEIXEIRA, A. C. P. et al. Qualidade do Iogurte Comercializado em Belo Horizonte. **Leite & Derivados**, p. 32–39, 2000.

TEIXEIRA, L. V. ANÁLISE SENSORIAL NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS. **Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes**, v. 64, n. 366, p. 12–21, 2009.

TONTUL, Í. et al. Physical and microbiological properties of yoghurt powder produced by refractance window drying. **International Dairy Journal**, v. 85, p. 169–176, 2018.

TRIGUEROS, L. et al. Production of low-fat yogurt with quince (*Cydonia oblonga* Mill.) scalding water. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, p. 1388–1395, 2011.

UFSP. **Indústria de fabricação de iogurtes.**

VEDAMUTHU, E. R. The yogurt story – past, present and future. Part VI. **Dairy, Food and Environmental Sanitation**, p. 513–514, 1991.

VEGA-MERCADO, H.; GÓNGORA-NIETO, M. M.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.

V. Advances in dehydration of foods. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 271–289, 2001.

WALSTRA, P.; WOUTERS, J. T. M.; GEURTS, T. J. Milk: Main Characteristics. **Dairy Science and Technology**, v. 2, p. 3–16, 2005.

ZOTARELLI, M. F. et al. Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. **Powder Technology**, v. 305, p. 447–454, 2017.