



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE
ALIMENTOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ANA LÚCIA SCHAIDT

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SNACKS DE ABACAXI COM AMIDO
PRÉ-GELATINIZADO

Florianópolis

2018

Ana Lúcia Schaidt

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SNACKS DE ABACAXI COM
AMIDO PRÉ-GELATINIZADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. João Borges Laurindo

Co-orientadores: Dr^a. Jaqueline Oliveira de Moraes

Dr. Ricardo Lemos Monteiro

Florianópolis

2018

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Rosemere e João Francisco, por todo apoio e incentivo durante toda a graduação, e principalmente por não me deixarem desistir nos momentos mais difíceis.

Aos meus co-orientadores, Jaqueline e Ricardo, por todo apoio, atenção, ajuda e ensinamentos que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho do começo ao fim.

Ao meu orientador, Professor João Borges Laurindo, pela orientação e contribuições para este estudo.

À banca examinadora, pela disposição, correções e sugestões.

Aos colegas do laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos (PROFI), em especial, Gabriela, Raquel e Thayla, pelos conhecimentos transmitidos e pela amizade. Às alunas de iniciação científica, Alexia, Fernanda e Júlia, pela amizade, companheirismo e ajuda durante os experimentos.

Aos meus amigos que conheci durante a graduação, Emerson, Gabriel, Helena, Isabela, João, Luiza, Matheus, Naomi e Renata, por toda amizade, apoio e companheirismo.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

*“Quando tudo parecer dar errado em sua vida,
lembre-se que o avião decola contra o vento,
e não a favor dele.”*

Henry Ford

RESUMO

O Brasil atualmente é o terceiro maior produtor de frutas no mundo, e entre as principais frutas produzidas e exportadas está o abacaxi. As principais variedades produzidas são o Pérola e o *Smooth Cayenne*, apreciadas para a obtenção de sucos e outros produtos. No entanto, na indústria de sucos e conservas, partes do fruto muitas vezes são descartadas, como o eixo central e as extremidades. Visando a diminuição do desperdício, neste trabalho estudou-se o desenvolvimento de um *snack* a base de polpa de abacaxi e 5 % de amido pré-gelatinizado, por *Conductive multi-flash drying* (KMFD) e por *Cast-tape drying* (CTD). Para a produção de ambos os *snacks*, espalhou-se a suspensão com 5 mm de espessura sobre um suporte teflonado, no caso de secagem por KMFD, as suspensões foram aquecidas durante 1 minuto, à pressão atmosférica, até a temperatura de 70 °C, para então a aplicação de um pulso de vácuo, mantendo-se a câmara a aproximadamente, 40 mbar por 59 minutos, já por CTD, as suspensões foram aquecidas, por vapor de água à 98 °C, durante 30 minutos. As curvas de secagem para ambos os métodos obtiveram reprodutibilidade e comportamento semelhante. Os *snacks* de abacaxi com amido, foram caracterizados quanto à umidade, atividade de água, espessura, microestrutura, propriedades mecânicas e cor. Além disso, foi avaliado também a análise sensorial de aceitabilidade dos *snacks*. Os *snacks* produzidos apresentaram baixa umidade e atividade de água, aumentando a vida útil destes produtos. Os *snacks* obtidos por KMFD apresentaram em sua estrutura grandes poros bem distribuídos, além de elevado número de picos de força, nos testes corte, indicativo de textura crocante. Por sua vez, os *snacks* obtidos por CTD, apresentaram estrutura com poros menores, além de um número menor de picos de força. Da análise sensorial, os *snacks* desidratados por KMFD receberam melhores avaliações quanto ao sabor, textura, impressão global e intenção de compra, porém para os *snacks* desidratados por CTD, foi muito enfatizado pelos provadores a dificuldade na mastigação destes produtos. Portanto, foi possível produzir *snacks* de abacaxi com adição de 5% de amido, por meio de dois métodos de secagem diferentes, com qualidades sensoriais satisfatórias.

Palavras-chave: Secagem. *Cast-tape drying*. *Conductive multi-flash drying*. *Snack* de abacaxi. Amido. Textura.

ABSTRACT

Brazil is currently the third largest fruit producer in the world and among the main fruits produced and exported is pineapple. The main varieties grown are the *Pérola* and *Smooth Cayenne*, appreciated to obtain juices and other products. However, in the juice and canning industry, parts of the fruit are often discarded, such as the central axis and the extremities. In order to decrease waste, this work studied the development of a snack based on pineapple pulp and 5% pregelatinized starch by Conductive multi-flash drying (KMFD) and Cast-tape drying (CTD). For the production of both snacks, the suspension was spread with 5 mm of thickness over the Teflon film, in the case of KMFD, the suspensions were heated for 1 minute, at atmospheric pressure, until a temperature of 70°C, to then apply a vacuum pulse, maintaining the chamber at approximately 40 mbar for 59 minutes, for the CTD, the suspensions were heated by steam at 98°C for 30 minutes. The drying curves for both methods presented good reproducibility and similar behavior. The pineapple snacks with starch were characterized for moisture content, water activity, thickness, microstructure, mechanical properties and color. In addition, the sensorial analysis of the acceptability of snacks was also evaluated. Produced snacks showed low moisture and water activity, increasing the shelf life of these products. The snacks obtained by KMFD presented in their structure large pores well distributed, besides high number of peaks of force, in the cutting tests, indicative of crunchy texture. On the other hand, the snacks obtained by CTD presented a structure with smaller pores, in addition to a smaller number of peaks. By the sensorial analysis, the KMFD dehydrated snacks received better evaluations of taste, texture, overall impression and purchase intention. For the snacks dehydrated by CTD was emphasized by the tasters the difficulty in chewing these products. Therefore, it was possible to produce pineapple snacks with addition of 5% starch, by two different drying methods, with satisfactory sensorial qualities.

Keywords: Drying. Cast-tape drying. Conductive multi-flash drying. Pineapple snack. Starch. Textura

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura dos polissacarídeos que compõem o grânulo de amido.....	28
Figura 2 – Curvas típicas de secagem convectiva.....	33
Figura 3 – Esquema do processo <i>cast-tape</i>	35
Figura 4 – Diagrama esquemático de secador <i>Refractance Window</i>	36
Figura 5 – Dispositivo experimental utilizado para a secagem por KMFD.....	38
Figura 6 – Dispositivo experimental utilizado para a secagem por CTD.....	39
Figura 7 – Amostras retiradas em três regiões distintas para obtenção das curvas de secagem em tempos pré-determinados.....	40
Figura 8 – Evolução temporal da umidade média em base seca das suspensões de abacaxi com amido durante a secagem KMFD (a) e CTD (b), realizadas em triplicata.....	46
Figura 9 – Evolução temporal da umidade em base seca das suspensões de abacaxi com amido durante a secagem KMFD (○) e CTD (□).....	90
Figura 10 – Evolução temporal da temperatura das amostras (quadruplicata) e evolução temporal da pressão no sistema (---).....	49
Figura 11 – Imagens termográficas da evolução da temperatura da suspensão de abacaxi com amido durante a secagem por KMFD, nos tempos de: (a) 5 min; (b) 10 min; (c) 15 min; (d) 20 min; (e) 25 min; (f) 30 min; (g) 40 min; (h) 50 min e (i) 60 min.....	50
Figura 12 – Imagens termográficas da evolução da temperatura da suspensão de abacaxi com amido durante a secagem por CTD, nos tempos de: (a) 30 s; (b) 3 min; (c) 5 min; (d) 7 min; (e) 10 min; (f) 15 min; (g) 20 min; (h) 25 min e (i) 30 min.....	51
Figura 13 – Imagens dos <i>snacks</i> de abacaxi com amido desidratados por KMFD (1) e por CTD (2). Fotografia da superfície superior (a). Imagens do estereoscópio óptico, superfície superior (b), superfície inferior (c) e fratura (d).....	53
Figura 14 – Imagens de MEV dos <i>snacks</i> de abacaxi com amido desidratados por KMFD (1) e por CTD (2). Superfície superior (a), superfície inferior (b) e fratura (c).....	54
Figura 15 – Dados da força aplicada vs deformação para as amostras de <i>snacks</i> de abacaxi com amido obtidos por KMFD (-) e CTD (-), triplicata de processo.....	56
Figura 16 – Dados da força aplicada vs deformação para as amostras de <i>snacks</i> de abacaxi com amido obtidos por KMFD (-) e CTD (-).....	56
Figura 17 – Valores hedônicos para os atributos Aparência, Cor, Sabor, Textura e	

Impressão Global dos *snacks* de abacaxi com amido, desidratados por KMFD (-) e CTD (-).....59

Figura 18 – Frequência dos valores da escala estruturada verbal de 5 pontos atribuídos pelos provadores à intenção de compra dos *snacks* de abacaxi e amido, desidratados por KMFD (■) e CTD (■).....59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição média do abacaxi por 100 g de parte comestível.....	28
Tabela 2 – Teor de umidade em base úmida (X_{bu}), em base seca (X_{bs}), e atividade de água (a_w) das polpas de abacaxi com e sem amido.....	45
Tabela 3 – Teor de umidade média (X_{bs}) e atividade de água (a_w) das suspensões de abacaxi com amido.....	48
Tabela 4 – Espessura dos <i>snacks</i> de abacaxi com amido.....	55
Tabela 5 – Valores médios dos parâmetros obtidos no teste instrumental de corte.....	57
Tabela 6 – Parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) para os <i>snacks</i> de abacaxi e amido.....	57
Tabela 7 – Atividade de água dos <i>snacks</i> de abacaxi e amido.....	58
Tabela 8 – Resultados do teste de aceitação dos <i>snacks</i> de abacaxi com amido.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fontes dos hidrocolóides mais importantes comercialmente.....	30
Quadro 2 – Trabalhos encontrados na literatura sobre frutas estruturadas.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abreviaturas e Siglas	Descrição
ANOVA	Análise de variância
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
CEPSH/UFSC	Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina
<i>CTD</i>	<i>Cast-tape drying</i>
<i>KMFD</i>	<i>Conductive multi-flash drying</i>
LCME	Laboratório Central de Microscopia Eletrônica
<i>MFD</i>	<i>Multi-flash drying</i>
<i>PID</i>	Proporcional-integral-derivativo
<i>RW</i>	<i>Refractance window</i>
SC	Santa Catarina
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	—
T	Temperatura	$^{\circ}\text{C}$
X_{bs}	Umidade em base seca	$\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
X_{bu}	Umidade em base úmida	$\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
X_c	Umidade crítica	$\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
ε	Emissividade	—

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
1.1	OBJETIVOS.....	25
1.1.1	Objetivo Geral.....	25
1.1.2	Objetivos Específicos.....	25
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
2.1	ABACAXI.....	27
2.2	AMIDO.....	28
2.3	FRUTAS ESTRUTURADAS.....	29
2.4	SECAGEM.....	32
2.4.1	<i>Multi-flash drying (MFD)</i>.....	34
2.4.2	<i>Cast-tape drying (CTD)</i>.....	35
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1	MATÉRIA-PRIMA.....	37
3.2	PREPARO DAS SUSPENSÕES.....	37
3.3	PROCESSO DE SECAGEM.....	37
3.3.1	<i>Conductive multi-flash drying (KMFD)</i>.....	37
3.3.2	<i>Cast-tape drying (CTD)</i>.....	39
3.3.3	Evolução das temperaturas durante a secagem.....	41
3.4	CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS DESIDRATADOS.....	41
3.4.1	Determinação da umidade.....	41
3.4.2	Atividade de água.....	41
3.4.3	Espessura.....	41
3.4.4	Microscopia Óptica.....	42
3.4.5	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	42
3.4.6	Propriedades mecânicas.....	42
3.4.7	Análise de cor.....	42
3.4.8	Análise Sensorial.....	43
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA.....	45
4.2	CINÉTICA DE SECAGEM.....	45

4.3	EVOLUÇÃO TEMPORAL DA TEMPERATURA DAS SUSPENSÕES DE ABACAXI E AMIDO.....	48
4.4	CARACTERIZAÇÃO DOS <i>SNACKS</i> DE ABACAXI COM AMIDO.....	45
4.4.1	Microestrutura.....	52
4.4.2	Espessura.....	54
4.4.3	Propriedades Mecânicas.....	41
4.4.4	Análise de cor.....	57
4.4.5	Análise sensorial.....	57
5	CONCLUSÃO.....	61
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	63
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
	ANEXO A.....	73
	ANEXO B.....	76

1 INTRODUÇÃO

O desperdício de alimentos é um problema global e o Brasil está entre os dez países que mais desperdiçam alimentos no mundo (GOULART, 2008). Anualmente, calcula-se que a produção mundial seja de quatro bilhões de toneladas, sendo que cerca de 30% destes são descartados (GOULART, 2008). Essas perdas ocorrem em toda a cadeia produtiva e ainda incluem as perdas na casa do consumidor. Dentre os alimentos, os vegetais frescos são aqueles que apresentam as maiores perdas, cerca de 40%, principalmente devido às suas altas taxas de respiração desses após a colheita, o que os torna produtos altamente perecíveis (GOULART, 2008).

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, com uma produção de 40.171.283 toneladas ao ano, ficando atrás apenas da China e da Índia (ANDRADE, 2017). Dentre a produção de frutas no Brasil, o abacaxi ocupa o terceiro lugar com uma produção de 3.532.689 toneladas no ano de 2016. A exportação deste fruto de 2015 para 2016 cresceu um percentual de 76,79%, com uma arrecadação de US\$ 1.928.687 dólares em 2016 (CARVALHO et al., 2017). Apesar do crescimento da exportação no último ano, o Brasil produz duas variedades de abacaxi não muito apreciadas, Pérola (88%) e *Smooth Cayenne* (12%), as quais quando comparadas com a variedade MD-2, variedade que domina o mercado internacional, são inferiores em relação ao sabor doce, teor de vitamina C e vida útil pós-colheita (CARVALHO et al., 2017). Essas variedades são apreciadas para a obtenção de sucos e outros produtos. O mercado brasileiro de suco de abacaxi tem se mostrado bastante favorável. Entre 2015 e 2016, o aumento chegou a 10,6%, atingindo US\$ 2.579,09/tonelada, enquanto o valor total cresceu 48,2% e o volume exportado, 34,1% (CARVALHO et al., 2017).

No entanto, na indústria de sucos e outros produtos derivados do abacaxi, partes do fruto muitas vezes são descartadas, como o eixo central e as extremidades. Sendo assim, a busca por alternativas que reduzam esses desperdícios tem recebido atenção. Dentre essas alternativas está a estruturação, que é um processo que se baseia na adição de hidrocolóides à polpa de frutas para a formação da textura apropriada ao novo alimento, que tende a manter suas características finais próximas às do fruto *in natura*. Utiliza-se como matéria-prima para estes produtos, frutas que se encontram fora de classificação para comercialização *in natura*, ou excedentes de produção durante o período de safra, ou mesmo subprodutos de outras indústrias (FIZMAN, 1992). Essa

tecnologia é bem estabelecida em países como os Estados Unidos, mas no Brasil ainda apresenta um amplo e promissor mercado a ser explorado.

Todavia, os produtos estruturados, como qualquer outro alimento *in natura*, apresentam elevada atividade de água, a qual é essencial à atividade microbológica, enzimática ou química, sendo determinante para a vida útil do produto. A redução da atividade de água dos produtos pode ser obtida por diferentes métodos, dentre eles a secagem, que além de proporcionar a redução da atividade de água, também reduz o peso do produto, proporcionando melhor conservação e menor custo de transporte (SINGH, 2009). Apesar dos aspectos positivos, a secagem pode alterar as características sensoriais e o valor nutricional dos alimentos, sendo que a intensidade dessas alterações é dependente das condições utilizadas no processo e das características próprias de cada produto (SINGH, 2009). Dessa forma, novas tecnologias de secagem, com menores tempo de processo e que produzam produtos alimentícios com melhores qualidades sensorial e nutricional, vêm sendo estudadas, como as baseadas na aplicação de múltiplos ciclos de aquecimento-pulsos de vácuo - *multi-flash drying (MFD)* e *Cast-tape drying (CTD)*.

O processo *multi-flash drying (MFD)* baseia-se na aplicação de sucessivos ciclos de aquecimento-pulsos de vácuo, no qual o produto é aquecido à pressão atmosférica, até atingir uma temperatura desejada. Em seguida, aplica-se uma redução súbita de pressão (pulso de vácuo), resultando na evaporação rápida da água (evaporação *flash*) e resfriamento do produto, provocando desidratação e texturização (LAURINDO et al., 2011).

O *cast-tape drying (CTD)* é um método de secagem condutivo, no qual a solução/suspensão, que será desidratada, é espalhada sobre um suporte flexível. A superfície inferior deste suporte estará em contato com água quente ou vapor, agindo como condutor de calor, permitindo a secagem desta solução/suspensão. O processo utiliza temperaturas moderadas o que possibilita a secagem de alimentos com compostos sensíveis ao calor (ZOTARELLI et al., 2017).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo geral desenvolver *snacks* de abacaxi com amido pré-gelatinizado, obtidos por duas técnicas secagem, *Conductive multi-flash drying* (KMFD) e *Cast-tape drying* (CTD).

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) Analisar as cinéticas de secagem das suspensões de abacaxi com a adição de amido, obtidas pelos diferentes métodos de secagem;
- b) Comparar as características físico-químicas, visuais, microestruturais e de textura dos produtos obtidos por KMFD e CTD;
- c) Avaliar a aceitação sensorial e a intenção de compra dos *snacks* de abacaxi desidratados por KMFD e CTD.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ABACAXI

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill) é uma planta monocotiledônea, herbácea perene pertencente à família das Bromeliaceae, sendo encontrada em regiões tropicais e semitropicais (REINHARDT e CUNHA, 2000; THÉ, 2001). O abacaxi apresenta formato normalmente cilíndrico ou ligeiramente cônico, constituído por 100 a 200 pequenas bagas ou frutinhos fundidos entre si sobre o eixo central, formado por várias flores que iniciam seu desenvolvimento na base do fruto e progridem em espiral até o ápice (THÉ, 2001).

Com grande aceitação devido principalmente ao seu sabor e aroma, o abacaxi, além de ser consumido *in natura*, é utilizado também para a fabricação de sucos, doces cristalizados, geleias, sorvetes, cremes, gelatinas, pudins, entre outros (GONÇALVES, 2000). O sabor e o aroma característicos do abacaxi são atribuídos à presença e aos teores de diversos componentes químicos, dentre eles os açúcares e os ácidos, além dos compostos voláteis (CARVALHO e BOTREL, 1996). A coloração amarela da polpa de alguns cultivares é causada pela presença de carotenoides e de vitaminas. Os minerais e as vitaminas estão relacionados com o valor nutritivo, sendo que o ácido ascórbico (vitamina C) e o potássio são os componentes de maior interesse nesses frutos (CARVALHO e BOTREL, 1996).

Dentre os componentes químicos do fruto responsáveis pelo sabor, a sacarose apresenta teores variando de 5,9% a 12,0%, o que representa, nos frutos maduros, 66% dos açúcares totais em média. Evidenciam-se, também, a glicose e a frutose, com valores nas faixas de 1,0% a 3,2% e 0,6% a 2,3%, respectivamente. Os principais ácidos responsáveis pela acidez são o cítrico e o málico, que contribuem respectivamente com 80% a 20% da acidez total. A acidez titulável total varia geralmente de 0,6% a 1,6% e é expressa como porcentagem de ácido cítrico, enquanto o pH da polpa se enquadra na faixa de 3,7 a 3,9. (CARVALHO e BOTREL, 1996).

Tabela 1 - Composição média do abacaxi por 100 g de parte comestível.

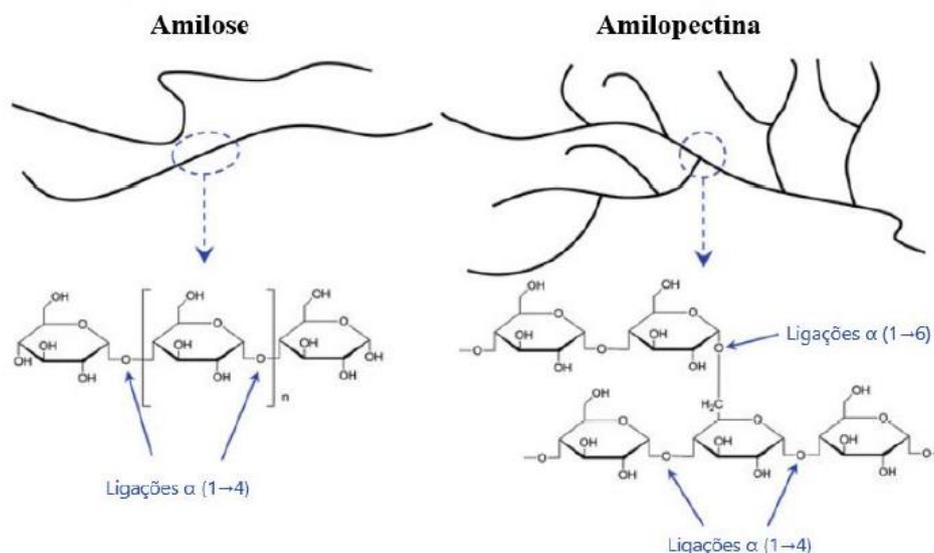
Composição Centesimal	g.100 g ⁻¹
Umidade	86,3
Proteína	0,9
Lipídeos	0,1
Carboidratos	12,3
Fibra Alimentar	1,0
Cinzas	0,4

Fonte: NEPA-UNICAMP (2011).

2.2 AMIDO

O amido encontra-se amplamente distribuído em diversas espécies vegetais, como carboidrato de reserva, sendo abundante em cereais, em raízes e em tubérculos. (WALTER; SILVA; EMANUELLI, 2005). Estruturalmente, consiste em um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina (BEMILLER; HUBER, 2010). A amilose é formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -D 1,4, originando uma cadeia linear. Já a amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em α -D 1,4 e α -D 1,6, formando uma estrutura ramificada (BEMILLER; HUBER, 2010). As proporções em que essas estruturas aparecem diferem em relação às fontes botânicas, variedades de uma mesma espécie e, mesmo numa mesma variedade, de acordo com o grau de maturação da planta (TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

Figura 1 – Estrutura dos polissacarídeos que compõem o grânulo de amido.



Fonte: Adaptado de XIE et al. (2015).

Os grânulos de amido apresentam determinada organização molecular, que os proporciona um caráter semicristalino (KEETELS, OOSTERGETEL e VLIET, 1996). A região cristalina (região mais ordenada) é formada pela parte linear das moléculas de amilopectina, enquanto que a região amorfa é composta pelas cadeias de amilose e pelas ramificações de amilopectina (VAN SOEST e VLIEGENTHART, 1997).

Os grânulos de amido são insolúveis em água fria devido às ligações de hidrogênio e à presença de zonas cristalinas (SARKER et al., 2012). Para que seja possível sua solubilização em água fria, o amido é modificado fisicamente a partir de métodos que visam o seu aquecimento, compressão, atrito ou suspensão, a fim de aquecê-lo a temperaturas acima da temperatura de gelatinização, realizando assim a solubilização parcial ou total dos grânulos, sendo conhecido com amido pré-gelatinizado (BEMILLER; HUBER, 2010). Seu uso é recomendado em alimentos sensíveis ao calor, pois não requer aquecimento para produzir soluções viscosas (ALCÁZAR-ALAY e MEIRELES, 2015).

2.3 FRUTAS ESTRUTURADAS

O conceito de alimento estruturado segundo Fizman (1992), refere-se aos alimentos que são delineados de acordo com um planejamento, geralmente utilizando matérias-primas de baixo custo, oriundas de frutas que se encontram fora da classificação para comercialização *in natura*, ou excedentes de produção durante o período de safra, e em muitos casos, empregando-se hidrocolóides. Estes hidrocolóides atuam como agentes de estruturação desses alimentos, facilitando o corte e retendo umidade, contribuindo assim para a melhoria da textura.

Os hidrocolóides alimentares são biopolímeros de elevado peso molecular, podendo ser solúveis ou parcialmente solúveis em água, apresentando uma série de propriedades funcionais que os tornam amplamente utilizados na indústria de alimentos como agentes gelificantes, emulsionantes, estabilizadores, espumantes, inibidores de sinérese em ciclos de congelamento-descongelamento e agentes de retenção de água. Todas estas propriedades auxiliam no controle da microestrutura das células, da textura do produto, do *flavor* e da vida de prateleira (DICKINSON, 2003; ROSSEL et al., 2007; WILLIAMS; PHILLIPS, 2009).

Os hidrocolóides mais importantes comercialmente e suas origens são mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 - Fontes dos hidrocolóides mais importantes comercialmente.

Fonte		Hidrocolóide
Botânica	Árvores	Celulose
	Gomas exsudadas de árvores	Goma arábica, Goma karaya, Goma ghatti, Goma tragacanto,
	Plantas	Amido, Pectina, Celulose
	Sementes	Goma guar, Goma alfarroba, Goma tara, Goma tamarindo
	Tubérculos	Konjac manana
Algas	Algas vermelhas	Ágar, Carragena
	Algas marrons	Alginato
Microbiana		Goma xantana, Curdlana, Dextrana, Goma gelana, Celulose
Animal		Gelatina

Fonte: Adaptado de WILLIAMS e PHILLIPS (2009).

Os produtos estruturados podem ser utilizados na formulação de outros produtos, como produtos de confeitaria, alimentos congelados, ou então serem consumidos na forma em que se apresentam, similarmente às barras de frutas (*fruit bar*) (VIJAYANAND *et al.*, 2000).

O Quadro 2 apresenta um resumo dos trabalhos encontrados na literatura sobre frutas estruturada.

Quadro 2 - Trabalhos encontrados na literatura sobre frutas estruturadas.

Matéria-Prima	Hidrocolóide	Método de Secagem	Resultados mais relevantes	Referência
Açaí	Alginato de sódio, Pectina de baixa metoxilação e Gelatina	Estufa com circulação de ar a 45 °C durante 8 horas	O aumento da concentração dos hidrocolóides, não dependeu da combinação entre eles, aumentando a firmeza dos estruturados. A presença de alginato reduziu a acidez do produto.	CARVALHO et al., 2010.
Abacaxi, Manga e Mamão	Alginato de sódio e Pectina de baixa metoxilação	-	Fruta estruturada com elevada porcentagem de polpa concentrada. O alginato produziu géis mais firmes, e o glicerol foi o supressor de atividade de água mais eficiente.	GRIZOTTO et al., 2005.
Figo-da-Índia	Amido modificado	Estufa com circulação de ar nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C	O aumento da temperatura reduziu o tempo de secagem das amostras de forma proporcional. Os modelos de secagem de Lewis, Page, Henderson & Pabis, Logarítmico e de Midilli se ajustaram bem aos dados experimentais das secagens.	MADUREIRA et al., 2011.
Abacaxi	Pectina de baixa metoxilação, Gelatina, Ágar-ágar e Alginato de sódio	Estufa com circulação de ar a 45 °C durante 15 horas	Fruta estruturada com elevada porcentagem de polpa concentrada e atividade de água variando de 0,58 a 0,68. A formulação de polpa com 5,5% de ágar-ágar, 3% de pectina de baixa metoxilação, 10% de glicerina bidestilada, 0,8% de fosfato de cálcio bifásico e 15% de açúcar apresentou maior aceitação sensorial.	OLIVEIRA et al., 2012.
Cupuaçu	Gelatina e Pectina de baixa metoxilação	Estufa com circulação de ar a 50 °C durante 6 horas	Fruta estruturada com alto teor de polpa e com atividade de água variando entre 0,55 e 0,60. A associação de gelatina e pectina proporcionou a obtenção de géis de polpas estáveis, firmes e sem pegajosidade durante o toque. A melhor formulação foi aquela composta com 10% de gelatina, 2% de pectina de baixa metoxilação e 0,8% de fosfato de cálcio.	DE OLIVEIRA et al., 2011.
Cajá e Mamão	Alginato de sódio, Pectina de baixa metoxilação e Gelatina	Estufa com circulação de ar a 45 °C durante 8 horas	Os estruturados obtidos apresentaram atividade de água de 0,77 e boa aceitação sensorial. Somente o aumento da concentração de gelatina afetou a firmeza do produto.	CARVALHO et al., 2011

2.4 SECAGEM

A secagem ou desidratação de alimentos sólidos, como vegetais, consiste na remoção da umidade de um sólido por evaporação e tem por objetivo assegurar a conservação por meio da redução do seu teor de água. Essa redução deve ser efetuada até o ponto, onde a concentração de açúcares, ácidos, sais e outros componentes seja suficientemente elevada para reduzir a atividade de água e inibir, portanto, o desenvolvimento de micro-organismos. Embora a preservação dos alimentos seja de grande importância, a desidratação também pode diminuir os custos de empacotamento, manuseio, armazenamento e transporte porque diminui o peso de um alimento e, em alguns casos, o volume. (TRAVAGLINI et al., 1993; IBARZ; BARBOSA-CÁNOVAS, 2003).

A remoção de umidade de um produto alimentar envolve simultaneamente a transferência de calor e de massa. Na secagem por ar quente a transferência de calor, no interior da estrutura é limitada pela condutividade térmica do produto, enquanto que a transferência de massa é proporcional à difusão molecular de vapor de água no ar (SINGH; HELDMAN, 2009).

O princípio de secagem baseia-se no desequilíbrio entre a pressão de vapor da água contida no sólido e a pressão de vapor da água do ar ambiente. A umidade que está contida no sólido exerce uma pressão de vapor que depende de como a água está ligada no sólido, da estrutura do sólido e também da temperatura (GEANKOPLIS, 1993). Já o ambiente que circunda o sólido possui uma pressão parcial de vapor, que está relacionada à umidade relativa e à temperatura do ar. Durante a secagem, o sólido continuará perdendo umidade para o ambiente até que a sua pressão parcial de vapor de água no mesmo seja igual à pressão parcial no ambiente (GEANKOPLIS, 1993).

Na Figura 2 são representados os valores qualitativos da evolução temporal da quantidade de água em base seca (X_{bs}), da taxa de secagem (dX/dt), e da temperatura (T) do produto, para um processo utilizando ar com propriedades constantes.

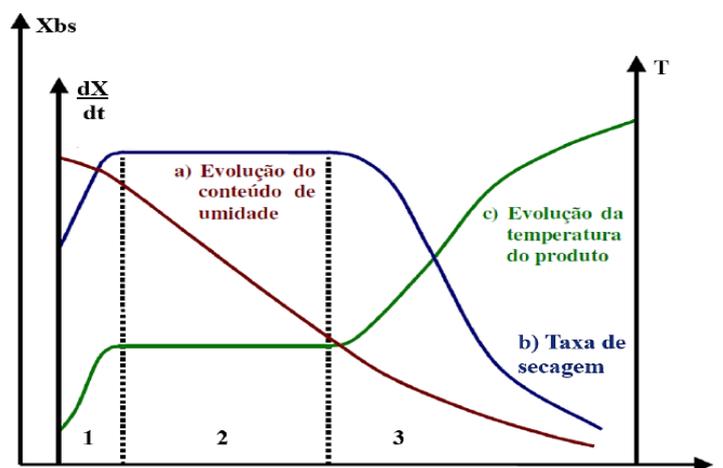
Geralmente, a secagem é dividida esquematicamente em três períodos bem definidos de acordo com a evolução das transferências de calor e de massa ao longo do processo. No início do processo de secagem o sólido está, na maioria das vezes, à temperatura inferior a final, e a taxa de evaporação poderá aumentar, dependendo da temperatura do material a ser seco. Este ajuste inicial é chamado de fase de adequação,

por ser muito curto é ignorado para o cálculo do tempo de secagem (GEANKOPLIS, 1993).

No período seguinte a temperatura da superfície alcança a temperatura de equilíbrio, ocorrendo o período de secagem à taxa constante. A evaporação nesse período é referente à água livre presente na superfície do material, de maneira que a taxa de evaporação depende diretamente da taxa de transferência de calor para o material que está sendo seco (GEANKOPLIS, 1993). O final desse período é caracterizado pela umidade crítica do sistema (X_c), a partir do qual a taxa de secagem começa a decrescer. A umidade X_c depende não apenas do material submetido à secagem, mas também das condições de processo (temperatura e umidade relativa do ar de secagem, vazão do ar de secagem que escoam paralelamente à superfície) (GEANKOPLIS, 1993).

No último período, o movimento da água no sólido pode ocorrer por diferentes mecanismos, como difusão do líquido devido a gradientes de concentração, difusão do vapor devido a gradientes de pressão parcial de vapor e o movimento do líquido por forças capilares. A quantidade de água presente na superfície do produto é menor, reduzindo-se, portanto, a transferência de massa da superfície para o ar de secagem, esse período de secagem é chamado de taxa decrescente. A temperatura do produto aumenta, atingindo a temperatura do ar de secagem e o conteúdo de umidade de equilíbrio é atingido (GEANKOPLIS, 1993).

Figura 2 – Curvas típicas de secagem convectiva.



Fonte: PARK et al. (2007).

2.4.1 *Multi-flash drying* (MFD)

A secagem por sucessivos ciclos de aquecimento-pulso de vácuo, mas conhecida como *Multi-flash drying* (MFD), foi apresentada no documento de patente PI1107173-7 depositado por Laurindo, Porciuncula e Zotarelli (2011) e em Zotarelli et al. (2012). Segundo Link (2016), este processo é baseado no aquecimento sucessivo das amostras, à pressão atmosférica, seguido de uma descompressão instantânea do sistema para a obtenção de produtos desidratados e crocantes, com baixos teores de umidade e atividade de água.

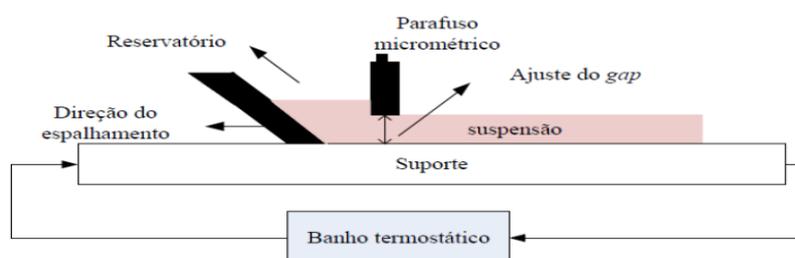
Quando alimentos úmidos e porosos são submetidos à redução da pressão, parte da água interna é evaporada, resfriando o alimento a uma temperatura próxima à temperatura de saturação da água na pressão aplicada (WANG e SUN, 2001). Sempre que uma porção de líquido evapora, uma quantidade de calor igual ao calor latente de evaporação deve ser absorvida pela parte evaporada, o que resulta em uma redução da temperatura do produto (DOSSAT, 1991 *apud* WANG e SUN, 2001). A quantidade de vapor gerado é dependente da diferença de temperatura entre as duas etapas (antes e após a aplicação do vácuo). Essa evaporação gera a formação da estrutura porosa do alimento. A manutenção dessa estrutura irá depender do seu endurecimento, que é dependente da temperatura e do teor de água do produto (LOUKA e ALLAF, 2002).

O aquecimento das amostras por MFD pode ocorrer por diferentes maneiras (condução, convecção, radiação térmica e por micro-ondas) (LAURINDO, PORCIUNCULA e ZOTARELLI, 2011). Zotarelli et al. (2012) secaram amostras de mangas pela técnica de MFD usando ar quente como fonte de aquecimento e obtiveram como resultado um produto crocante e com baixo teor de umidade de água, após 240 minutos de processo. Porciuncula et al. (2016) secaram amostras de banana utilizando MFD usando transferência de calor por condução, através do contato de fatias das frutas diretamente com uma placa aquecida. Este processo foi denominado de *Conductive multi-flash drying* (KMFD). Esta técnica mostrou-se como uma alternativa para a obtenção de frutas desidratadas crocantes e de alta porosidade. Monteiro et al. (2016) estudaram a desidratação de bananas por aplicação de MFD, utilizando o micro-ondas com fonte de aquecimento e o período de aquecimento das amostras foi curto e os tempos de secagem foram reduzidos (17-30 min) em comparação a liofilização (900 min).

2.4.2 *Cast-tape drying (CTD)*

No processo, representado na Figura 3, uma suspensão é colocada em um reservatório com uma lâmina niveladora, chamada de *doctor-blade*. A suspensão é moldada como uma camada fina sobre um suporte (fita polimérica) aquecido por água ou vapor na sua superfície inferior, seu espalhamento ocorre em decorrência do movimento do suporte (processo contínuo) ou do movimento da lâmina (processo descontínuo). Durante a secagem, a água evaporada da suspensão é removida pelo escoamento de ar, sendo este apenas um veículo para retirada dos vapores produzidos durante a secagem (MORAES et al., 2013).

Figura 3 - Esquema do processo *cast-tape*.



Fonte: DURIGON (2016).

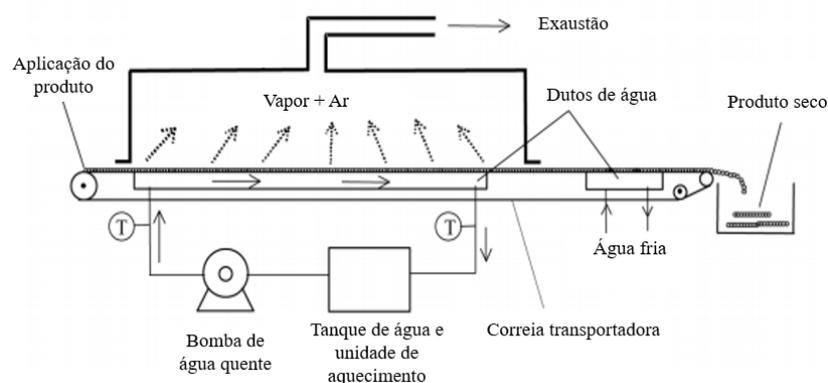
O suporte flexível pode ser um filme de poliéster (Mylar®) ou de fibra de vidro revestido com Teflon®. O suporte de fibra de vidro revestido com Teflon® apresenta baixa energia de superfície, o que facilita a remoção do produto no final da secagem, reduzindo problemas de adesão do produto ao suporte. Possui estabilidade térmica, além de disponibilidade no mercado nacional e menor custo (BHANDARI e HOWES, 2005; DURIGON, 2016b).

A aplicação do CTD na secagem de polpas de frutas e hortaliças gera produtos desidratados na forma de filmes, de flocos ou de pós. Esse processo de secagem permite a utilização de temperaturas moderadas de secagem, geralmente entre 70 e 80 °C (ABONYI et al., 2002), e tempos de secagem relativamente curtos (alguns minutos). Condições que permitam a secagem de alimentos com componentes termossensíveis (SOUZA, 2015; ZOTARELLI et al., 2017).

O processo de secagem de frutas e hortaliças que tem sido reportado na literatura como *refractance window* (RW) é um caso particular do CTD (ABONYI et al., 2002;

NINDO et al., 2003; NINDO e TANG, 2007; CAPARINO et al., 2012; CASTOLDI, 2012; ZOTARELLI, CARCIOFI e LAURINDO, 2015). Neste processo o material a ser seco é espalhado sobre uma esteira de poliéster semitransparente à radiação infravermelha, cuja face inferior está em contato direto com água aquecida. Desta maneira, o calor necessário para o processo de secagem é fornecido para o produto (na forma de solução ou suspensão) pela água quente, através dos mecanismos de condução e radiação (NINDO; TANG, 2007). Foi reportado por Nindo e Tang (2007) que o processo de secagem por RW utiliza os três mecanismos de transferência de calor, condução, convecção e radiação, considerando a transferência de calor por radiação mecanismo importante na transferência de calor durante a secagem. Porém, Zotarelli, Carciofi e Laurindo (2015) e Ortiz-Jerez et al. (2015) mostraram que a contribuição da transferência de calor por radiação é inferior a 5% do calor total transferido durante o processo de secagem por RW. Desta forma a maior parte do calor transferido ocorre por meio de condução através do filme polimérico.

Figura 4 - Diagrama esquemático de secador *Refractance Window*.



Fonte: Adaptado de NINDO; TANG, (2007).

Os trabalhos encontrados na literatura sobre secagem de produtos utilizando CTD, geralmente, são para a obtenção de pós (CAPARINO et al., 2012; PAVAN, SCHMIDT e FENG, 2012; SOUZA, 2015; DURIGON et al., 2016a; FRABETTI, 2017; ZOTARELLI et al. 2017) ou então de fatias desidratadas de frutas e hortaliças (AZIZI et al., 2016; HERNANDEZ-SANTOS et al., 2016). Ainda não se conhece muito sobre a produção de filmes de frutas e hortaliças usando esta técnica (TONTUL e TOPUZ, 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATÉRIA-PRIMA

Os abacaxis da variedade Pérola (*Ananas comosus* (L.) Merrill) foram adquiridos no comércio local (Florianópolis, SC, Brasil). A seleção das frutas foi realizada pelo grau de maturação, determinado por análise visual e teor de sólidos solúveis (°Brix), medido com refratômetro óptico manual (Atago, modelo PAL-BX/RI, Japão). Foram utilizados abacaxis com teor de sólidos solúveis entre 11 e 13 °Brix. As frutas selecionadas foram lavadas, descascadas manualmente e trituradas em liquidificador doméstico (Philco, Brasil) para obtenção da polpa. O amido de mandioca pré-gelatinizado foi cedido pela empresa Horizonte Amidos (Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil).

3.2 PREPARO DAS SUSPENSÕES

As suspensões foram preparadas a partir da mistura de polpa de abacaxi e amido de mandioca pré-gelatinizado em concentração de 5 g de amido /95 g de polpa de abacaxi. Essa concentração de amido foi escolhida após testes preliminares. A homogeneização foi realizada em batedeira (Mondial, modelo Prática-Black, Brasil) por 3 minutos.

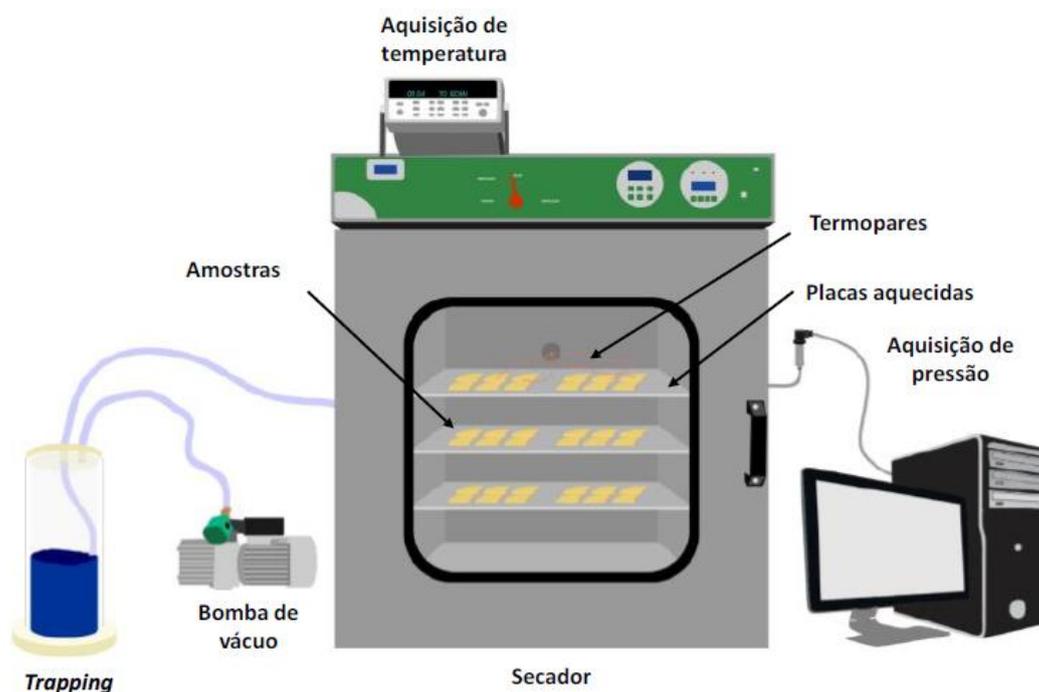
3.3 PROCESSO DE SECAGEM

As suspensões de abacaxi e amido foram submetidas a diferentes métodos de secagem: *conductive multi-flash drying* (KMFD) e *cast-tape drying* (CTD).

3.3.1 *Conductive multi-flash drying* (KMFD)

A Figura 5 representa o dispositivo experimental utilizado para a secagem dos *snacks* de abacaxi por KMFD.

Figura 5 - Dispositivo experimental utilizado para a secagem por KMFD.



Fonte: Adaptado de LINK (2016).

O aparato experimental consiste em uma câmara de secagem de 100 L (440-DE, Ethik Technology, Brasil) conectada a uma bomba de vácuo com capacidade de bombeamento de $350 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (LC305-DVP Vacuum Technology, Itália). No interior da câmara de secagem, as placas foram mantidas aquecidas por resistências elétricas, com temperaturas controladas por um controlador PID (proporcional-integral-derivativo). A pressão do sistema foi monitorada durante a secagem através de um manômetro digital (IT-MN-DG, Velki, Itu, Brasil). A variação tempo-temperatura das amostras foi monitorada utilizando termopares do tipo T (A-TX-TF-TF-R30AWG, Iope, São Paulo, Brasil), inseridos em quatro locais diferentes do espalhamento de uma suspensão, e conectado a um sistema de aquisição de dados (34970A, Agilent Technologies, EUA). Os termopares foram hermeticamente conectados à estufa através de um flange (Kaye feed thru, General Electric- EUA).

Para a secagem, as suspensões foram espalhadas sobre filmes com cobertura de politetrafluoretileno (Teflon®) com o auxílio de um espalhador manual (*doctor blade*, Tape Warehouse Fundição, modelo Doctor Blade Assembly, Morrisville, PA, EUA), com uma espessura de 5 mm, para então serem inseridas no interior da câmara de secagem, sobre a superfície de placas aquecidas a 98°C . Inicialmente, as suspensões foram

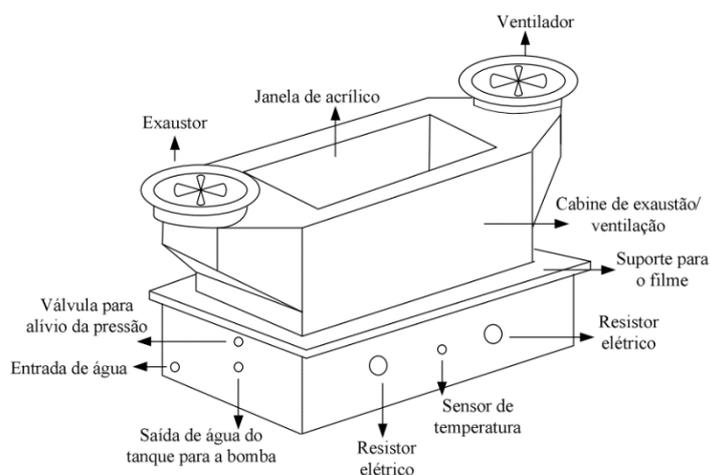
aquecidas durante 1 minuto, à pressão atmosférica, até a temperatura de 70 °C antes da aplicação de um pulso de vácuo. No pulso, a câmara de secagem foi mantida em, aproximadamente, 40 mbar por 59 minutos. Após isso, a pressão atmosférica foi restabelecida e finalizou-se o processo.

A cinética de secagem das suspensões espalhadas foi determinada retirando-se, em intervalos de tempos pré-determinados, as suspensões e seus respectivos filmes teflonados para pesagem em balança (Marte, modelo AS2000C, Brasil). As suspensões foram analisadas quanto ao teor de umidade inicial, metodologia descrita em itens a seguir. Para cada análise foram realizadas triplicatas dos experimentos de secagem.

3.3.2 *Cast-tape drying (CTD)*

A Figura 6 representa o dispositivo experimental utilizado para a secagem dos snacks de abacaxi por *cast-tape drying* (CTD).

Figura 6 - Dispositivo experimental utilizado para a secagem por CTD.



Fonte: DURIGON (2016).

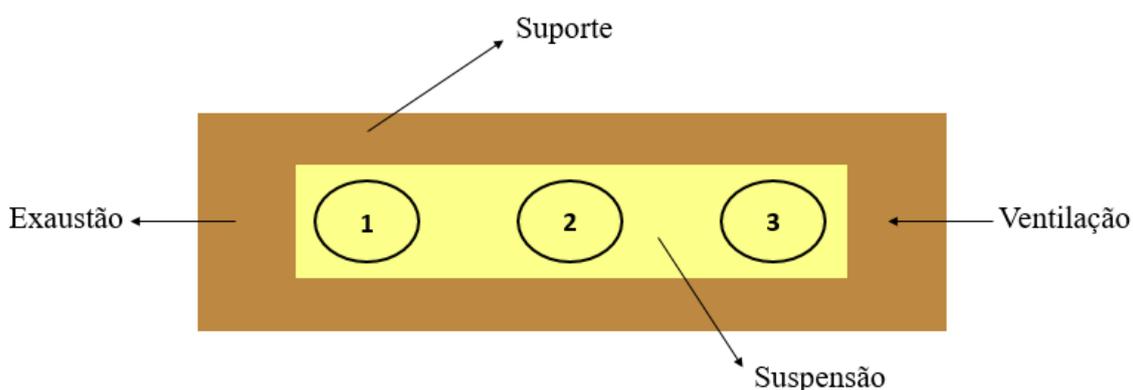
O equipamento consiste de um reservatório de aço inoxidável (0,8 m x 0,4 m x 0,20 m) com dois resistores elétricos, o qual foi parcialmente preenchido com água. No interior do reservatório, um sensor tipo PT100 (Alutal® Controles Industrial, Modelo TRS12, Votorantim, SP, Brasil) foi usado para medição da temperatura da água. Com o objetivo de homogeneizar a temperatura da água dentro do reservatório, utilizou-se uma bomba de circulação (KOMECA, modelo TP 40 G3, Palhoça, SC, Brasil). Na parte superior do reservatório foi fixado um filme de fibra de vidro com cobertura de

politetrafluoretileno (Teflon®), (Indaco, São Paulo, Brasil), com 0,23 mm de espessura. Filme este que é opaco à radiação infravermelha e possui grau alimentício. A superfície do filme teflonado é composta por um tecido de fibra de vidro com 56% de Teflon®, o que proporciona qualidade antiaderente, resistência química e mecânica. A face inferior do filme foi mantida em contato com o vapor produzido pela água quente do reservatório, enquanto a face superior do filme (face coberta com Teflon®) serviu de suporte para o espalhamento das suspensões a serem desidratadas. Acima do reservatório foi acoplada uma cabine com um sistema de exaustão/ventilação, composta por um ventilador na extremidade direita e exaustor na extremidade esquerda (ambos da marca Qualitas Indústria Eletromecânica Ltda, Modelo FAQ8, Itapira, SP, Brasil).

Para a secagem as suspensões foram espalhadas sobre o filme teflonado com o auxílio de um espalhador manual (*doctor blade*, Tape Warehouse Fundição, modelo Doctor Blade Assembly, Morrisville, PA, EUA), com uma espessura de 5 mm. A temperatura da água no interior do reservatório foi mantida durante o experimento à 98 °C (± 1 °C) para a produção de vapor. Para a secagem das suspensões, essas foram aquecidas durante 30 minutos, à pressão atmosférica.

A cinética de secagem das suspensões espalhadas foi determinada retirando-se, em intervalos de tempos pré-determinados, amostras de três regiões distintas do suporte de espalhamento: da porção inicial (1), central (2) e final (3) da área espalhada, no sentido do espalhamento, conforme representado na Figura 7. As amostras foram analisadas quanto ao teor de umidade, metodologia descrita em itens a seguir. Para cada análise foram realizadas triplicatas dos experimentos de secagem.

Figura 7 – Amostras retiradas em três regiões distintas para obtenção das curvas de secagem em tempos pré-determinados.



Fonte: Adaptado de SIMÃO (2018).

3.3.3 Evolução das temperaturas durante a secagem

O perfil de temperatura das suspensões foi determinado por meio de termografias, obtidas com uma câmera termográfica (FLIR, modelo T360, Suécia). Para o registro das imagens em tempos pré-determinados, a câmera foi posicionada em uma distância fixa da superfície do filme espalhado. Devido à alta umidade da suspensão de abacaxi e amido (aproximadamente 84% b.u.), o valor da emissividade (ϵ) utilizado para a suspensão foi igual ao da água, 0,96 (INCROPERA et al., 2008). As imagens termográficas foram analisadas através do *software* FLIR QuickReport 1.2 SP2.

3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS DESIDRATADOS

Para elaboração dos *snacks*, as suspensões desidratadas foram cortadas com auxílio de uma faca em retângulos com aproximadamente, 33 mm de comprimento e 31 mm de largura. Para então serem caracterizadas.

3.4.1 Determinação da umidade

O conteúdo de água das amostras foi determinado por método gravimétrico (Shimadzu, Modelo - AY220, Filipinas), em estufa a vácuo (TECNAL, TE-395, Brasil) a 70 °C, segundo a metodologia da AOAC (2005). As análises foram realizadas em triplicata.

3.4.2 Atividade de água

As amostras foram trituradas e a atividade de água foi determinada em higrômetro digital (Aqualab Modelo - Series 3 TE, Decagon Devices, Inc., Pullman, EUA) pela medida do ponto de orvalho a 25 °C. As análises foram realizadas em triplicata.

3.4.3 Espessura

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

3.4.4 Microscopia Óptica

As micrografias foram realizadas na superfície superior e inferior (em contato com o filme teflonado) e na parte interna das amostras fraturadas manualmente, utilizando um estereoscópio óptico (Optech, Germany) com uma câmera microscópica (Opticam, OPT 10000, Brasil). As imagens capturadas foram analisadas utilizando um software (TSview, Tucsen, V 7.3.1.7, China).

3.4.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As microscopias das amostras foram realizadas no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da UFSC (LCME-UFSC). Para as imagens de MEV (Modelo - JEOL JSM 6390LV, Japão), as amostras foram recobertas com uma camada de ouro utilizando um metalizador (Leica EM SCD 500, EUA). Para as análises foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura (Jeol JSM-6390LV, Japão), com fonte de elétrons de tungstênio de 10 kV. Foram realizadas micrografias da superfície superior e da superfície inferior, em contato com o filme teflonado, e da fratura dos materiais, sendo esta obtida após a imersão dos filmes em nitrogênio líquido.

3.4.6 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas foram determinadas por meio de teste de corte. As medições foram realizadas em um Texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) com uma célula de carga de 25 kg, auxiliados pelo programa Texture Expert Exceed 2.61 (Stable Micro Systems, Reino Unido). O corte foi realizado usando uma lâmina de cisalhamento Warner–Bratzler em formato ‘V’, com velocidade de teste de 1 mm.s^{-1} , até quebrá-los completamente. Para cada método de secagem analisou-se 9 amostras.

3.4.7 Análise de cor

Os parâmetros de cor das amostras foram determinados utilizando um sistema de visão computacional, de acordo com a metodologia descrita por Cárdenas-Pérez et al. (2017), com adaptações. Uma câmera (Nikon D5500, Nikon Corporation, Japão) foi

usada para aquisição das imagens. A análise das imagens foi realizada no *software* ImageJ v. 1.6.0 (National Institutes of Health, Bethesda, MD, EUA). O *plug-in* Color Space Converter foi utilizado para converter as cores do sistema RGB para a escala CIELab, 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). A leitura foi realizada em 5 pontos da superfície superior, exposta ao ar de secagem, isto é, um no centro e quatro nas extremidades. Para cada método de secagem, analisou-se 4 amostras.

3.4.8 Análise Sensorial

Análise sensorial foi procedida com a finalidade de mostrar a aceitabilidade dos produtos obtidos das suspensões de abacaxi e amido obtidas por *conductive multi-flash drying* (KMFD) e *cast-tape drying* (CTD).

Inicialmente, um projeto para análise sensorial foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH/UFSC), sob o parecer nº 2.241.837, conforme apresentado no Anexo A. Antes de iniciar as análises sensoriais, todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

As amostras foram submetidas aos testes afetivos de aceitação. Os atributos analisados foram: aparência, cor, sabor, textura e impressão global, além da intenção de compra. A avaliação da aceitação foi realizada utilizando a escala hedônica estruturada verbal de 9 pontos: 1 = desgostei muitíssimo a 9 = gostei muitíssimo. Para a intenção de compra, utilizou-se a escala estruturada verbal de 5 pontos: 1 = certamente eu não compraria a 5 = certamente eu compraria. As fichas da análise sensorial de aceitação, de intenção de compra estão apresentadas nos Anexo B.

A equipe sensorial foi formada por 200 provadores não treinados, sendo que destes, 100 realizaram o teste de aceitação para as amostras obtidas por secagem por KMFD e outros 100 para amostras obtidas por secagem por CTD. A equipe foi composta por estudantes da graduação e pós-graduação, além de professores e funcionários da Universidade. As amostras foram servidas em temperatura ambiente, em pratos plásticos descartáveis. Para cada provador foi fornecida água para limpeza da língua e do palato.

3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram tratados estatisticamente utilizando o programa Statistica 10.0 (StatSoft, Tulsa, Estados Unidos), através de análise de variância (ANOVA). A comparação múltipla das médias foi realizada pelo teste de Tukey, com nível de confiança de 95%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

O teor de umidade e atividade de água da polpa de abacaxi da variedade Pérola com e sem adição de amido, utilizadas neste estudo, são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2- Teor de umidade em base úmida (X_{bu}), em base seca (X_{bs}), e atividade de água (a_w) das polpas de abacaxi com e sem amido.

Amostra	X_{bu} (g.g ⁻¹)	X_{bs} (g.g ⁻¹)	a_w
Polpa de abacaxi	0,8648 ± 0,0088	6,5106 ± 0,6074	0,990 ± 0,001
Suspensão de abacaxi com amido	0,8396 ± 0,0345	4,8532 ± 0,3598	0,993 ± 0,001

Fonte: AUTOR (2018).

A umidade média, em base úmida, para polpa de abacaxi foi de 0,86 g.g⁻¹, valor este similar ao encontrado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (2011), de 0,86 g.g⁻¹ e por Lopes (2013), 0,88 g.g⁻¹ (b.u.).

O teor de umidade média, em base seca, encontrado para a polpa de abacaxi foi de 6,5 g.g⁻¹. Valores próximos foram reportados por Ramos et al. (2008), umidade média de 6,4 g.g⁻¹ (b.s.). Porém Thé et al. (2008) reportaram um teor de umidade de 7,1 g.g⁻¹ (b.s.) para abacaxis da variedade Pérola.

A atividade de água para a polpa de abacaxi foi de 0,990, valor também reportado por Silva et al. (2003) ao estudarem o abacaxi do cultivar variedade Pérola.

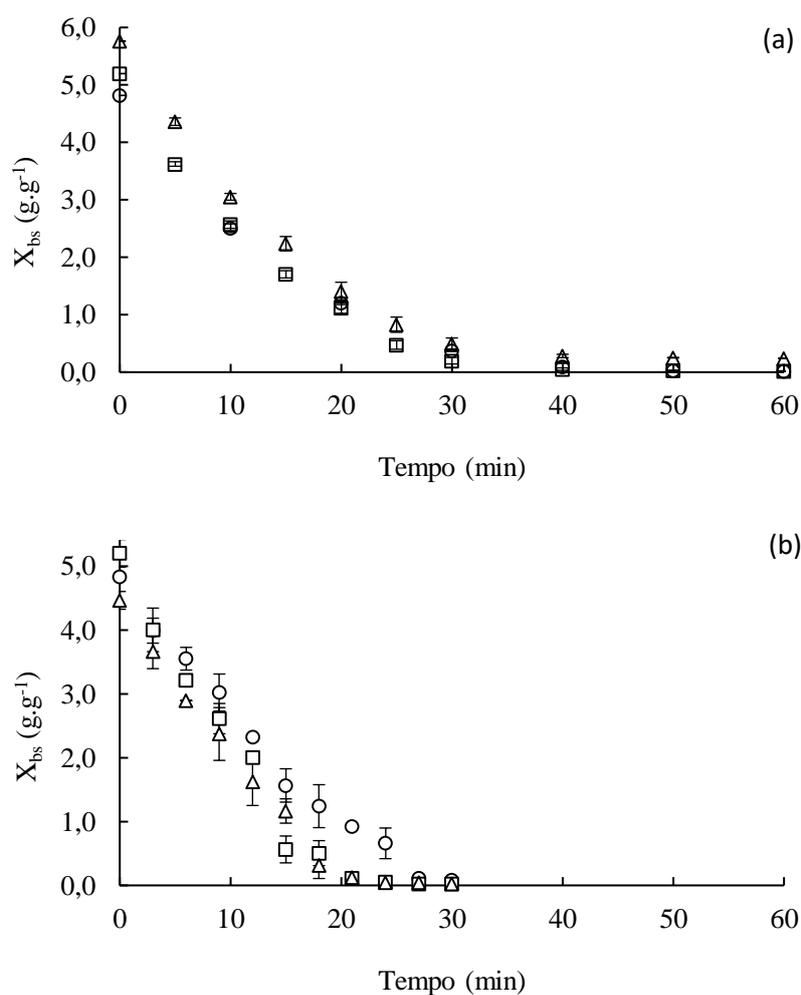
A concentração de sólidos solúveis das amostras de abacaxi *in natura* utilizadas para a produção das polpas foi de 12,3 ± 0,5 °Brix, mesmo valor encontrado por Cortellino, Pani e Torreggiani (2011). Todavia Thé et al. (2010) encontraram concentração menor, 11,50 °Brix.

4.2 CINÉTICA DE SECAGEM

A Figura 8 apresenta triplicatas dos dados das cinéticas de secagem das suspensões de abacaxi com amido por KMFD e por CTD. As curvas com diferentes marcadores representam as triplicatas de experimento. As curvas de secagem

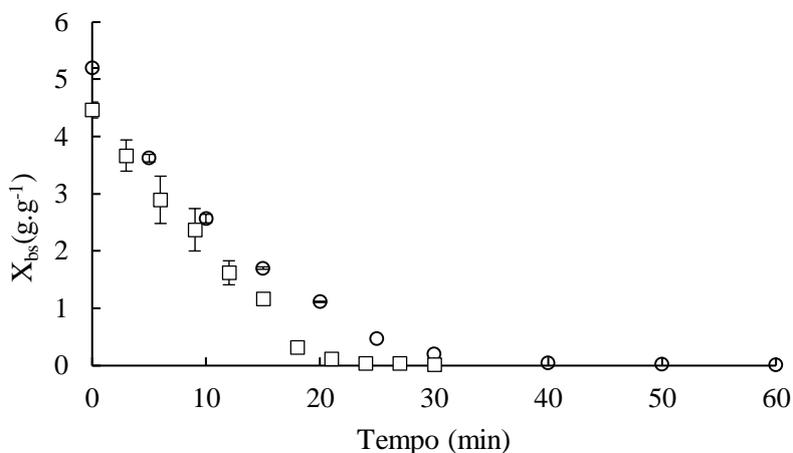
representadas na Figura 8 mostram boa reprodutibilidade dos processos de secagem estudados, mesmo para amostras com pequenas diferenças de umidade inicial. A Figura 9 apresenta, por meio da sobreposição das curvas, a evolução da umidade em base seca das suspensões de abacaxi com amido durante a secagem por KMFD e por CTD, de forma representativa.

Figura 8 - Evolução temporal da umidade média em base seca das suspensões de abacaxi com amido durante a secagem KMFD (a) e CTD (b), realizadas em triplicata.



Fonte: AUTOR (2018).

Figura 9 - Evolução temporal da umidade em base seca das suspensões de abacaxi com amido durante a secagem KMFD (○) e CTD (□).



Fonte: AUTOR (2018).

A Tabela 3 apresenta os valores de umidade média em base seca e de atividade de água das suspensões de abacaxi com amido desidratadas. Os valores encontrados de umidade em base seca para as suspensões desidratadas por KMFD foram menores do que as encontradas para as suspensões secas por CTD, já a atividade de água de ambas é estatisticamente igual para os dois métodos de secagem. Esses valores foram obtidos com tempos diferentes de processo, para o KMFD a duração foi de 60 minutos e por CTD, de 30 minutos. Ao final da secagem, os valores de atividade de água apresentados foram inferiores a 0,6, podendo ser considerados produtos microbiologicamente estáveis. Os valores de umidade e atividade de água obtidos neste estudo são consequências das condições de secagem e do tempo de secagem. Valores superiores de umidade em base seca e atividade de água, para KMFD e CTD, foram reportados por Concha-Meyer et al. (2016), ao secarem polpas de morango e kiwi em estufa a 60 °C por 20 h, os quais obtiveram filmes de morango e kiwi com umidades de 0,250 g.g⁻¹ (b.s.) e atividades de água de 0,59 (morango) e 0,67 (kiwi), e por Tontul e Topuz (2017), que reportaram, para filmes de romã obtidos por meio de RW, valores de umidade variando entre 0,11 e 0,14 g.g⁻¹ (b.s.) e atividade de água de 0,555.

Tabela 3 - Teor de umidade média (X_{bs}) e atividade de água (a_w) das suspensões de abacaxi com amido desidratadas.

Secagem	X_{bs} (g.g ⁻¹)	a_w
KMFD	0,0222 ± 0,0129 ^a	0,418 ± 0,045 ^a
CTD	0,0438 ± 0,0281 ^b	0,431 ± 0,057 ^a

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

Fonte: AUTOR (2018).

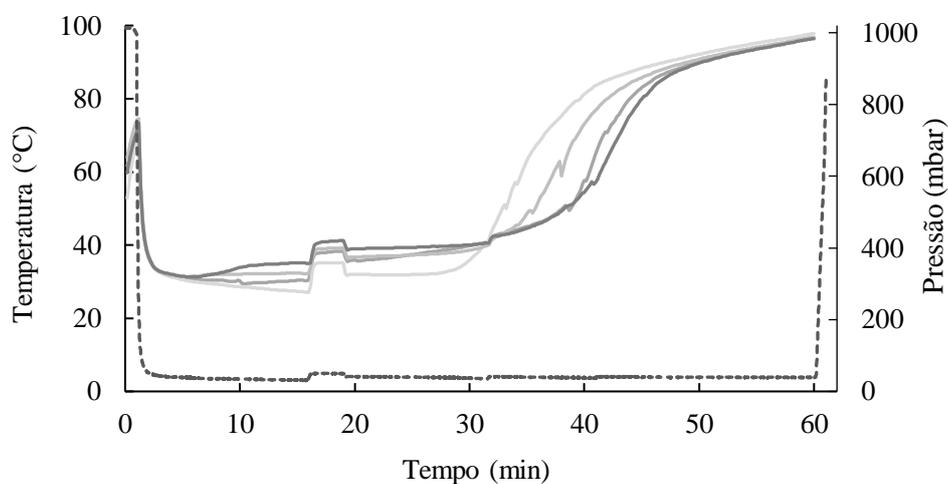
4.3 EVOLUÇÃO TEMPORAL DA TEMPERATURA DAS SUSPENSÕES DE ABACAXI E AMIDO

A Figura 10 apresenta a evolução da temperatura e da pressão das amostras de durante a secagem por KMFD. Percebe-se que quando a câmara atinge 40 mbar, as amostras apresentam temperaturas próximas a temperatura de saturação da água, nesta pressão. A rápida redução da temperatura é resultado do resfriamento evaporativo. A temperatura interna média das amostras durante a aplicação do pulso de vácuo foi reduzida de aproximadamente 70°C para aproximadamente 29°C. Com o passar do tempo ocorre o gradual aumento das temperaturas das amostras, devido à diminuição da umidade do produto com o avanço do processo de secagem, o que implica em menores pressões de vapor de água. As temperaturas registradas pelos termopares nos processos de secagem estudados apresentam diferenças entre si e são resultados de incertezas no posicionamento dos termopares no interior da amostra. Como o controle da pressão é feito manualmente durante o processo de secagem, falhas como a apresentada na Figura 10, no período entre 10 e 20 minutos, onde é observado um leve aumento na temperatura e na pressão do sistema, podem ocorrer durante o processo.

As Figuras 11 e 12 apresentam as imagens termográficas da evolução da temperatura da suspensão de abacaxi com amido durante a secagem por KMFD e por CTD, respectivamente. Analisando as imagens termográficas para as suspensões desidratadas por KMFD, percebe-se que inicialmente ocorre o aumento gradual de temperatura de forma homogênea, mas durante o processo, com a formação de novos espaços porosos, a superfície da suspensão se torna desuniforme, dificultando a transferência de calor entre as placas aquecidas e o produto, devido a diminuição de contato entre eles, e tornando a distribuição de temperatura na amostra heterogênea, como é possível perceber pela Figura 11(i), onde os seis pontos analisados apresentam

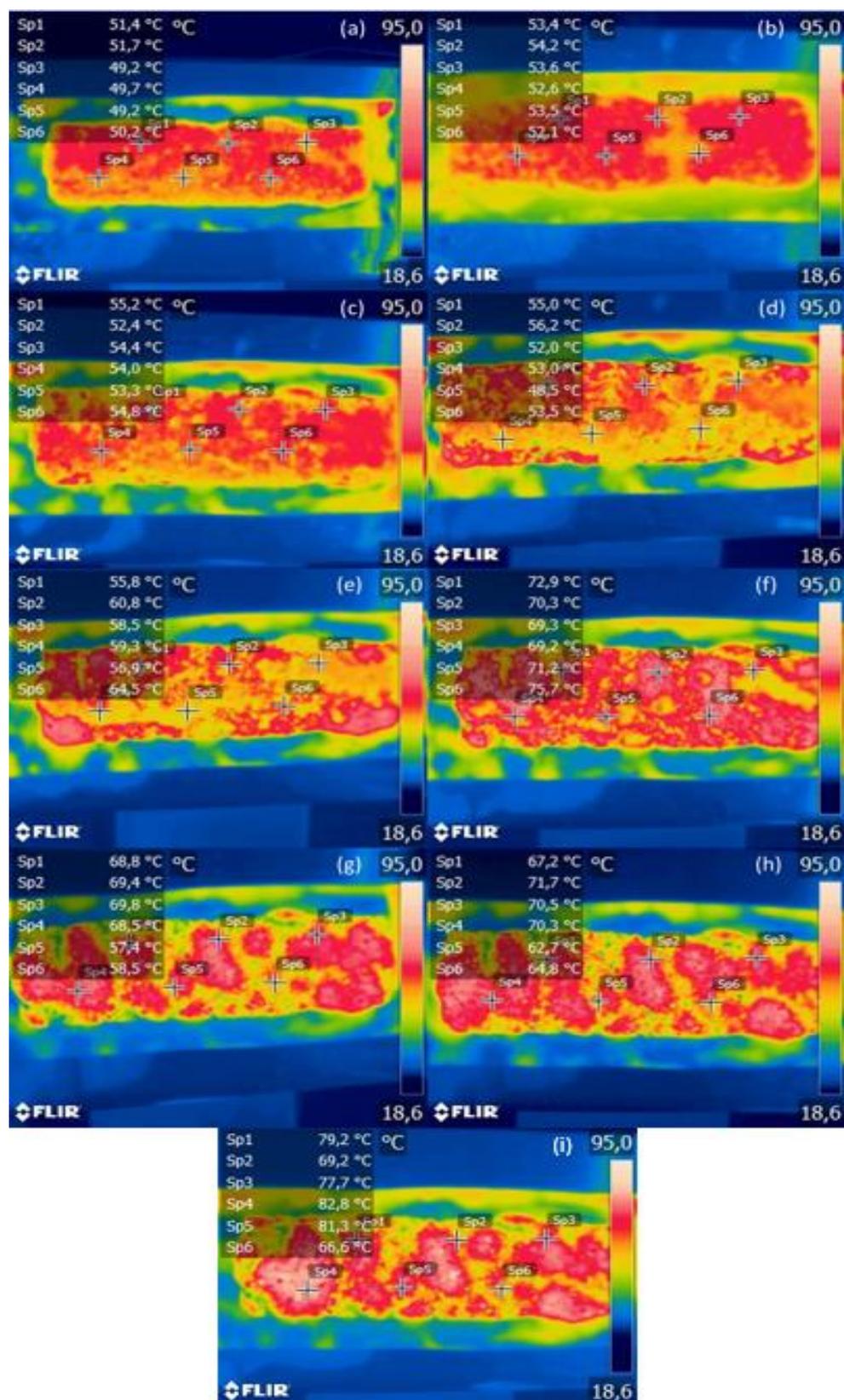
temperaturas diferentes. As imagens termográficas para a secagem por CTD mostraram que após o espalhamento das suspensões ocorreu aumento gradual das temperaturas das polpas de forma homogênea. No final do processo de secagem, através das termografias, foi registrado o aumento das temperaturas das superfícies das polpas espalhadas para valores próximos de 80 °C. Como as imagens termográficas foram feitas durante uma cinética de secagem pelo processo de CTD é possível visualizar falhas na suspensão, com o avanço do tempo nas imagens, mas que não afetam a análise das temperaturas.

Figura 10 – Evolução temporal da temperatura das amostras (quadruplicata) e evolução temporal da pressão no sistema (---), para secagem por KMFD.



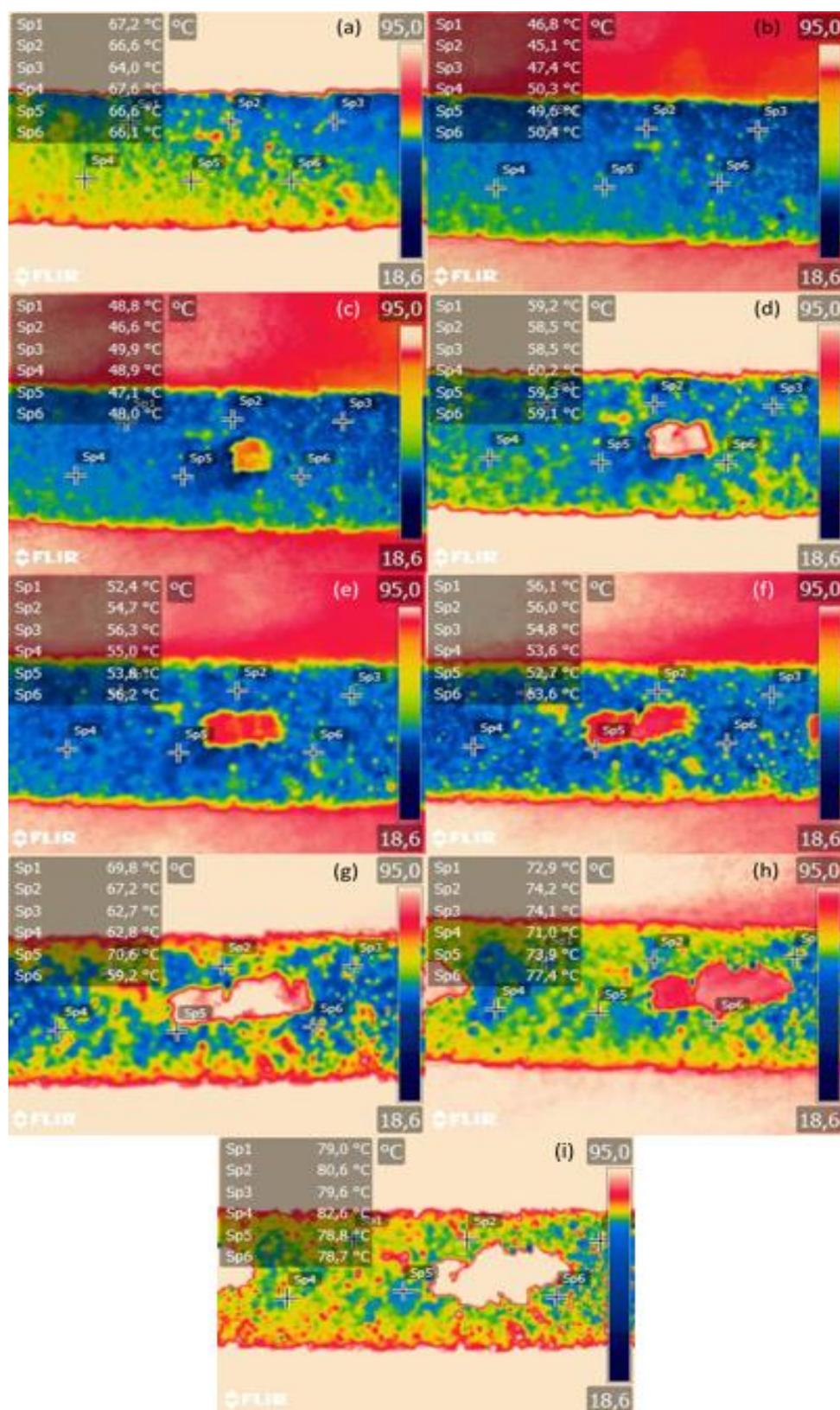
Fonte: AUTOR (2018).

Figura 11 – Imagens termográficas da evolução da temperatura da suspensão de abacaxi com amido durante a secagem por KMFD, nos tempos de: (a) 5 min; (b) 10 min; (c) 15 min; (d) 20 min; (e) 25 min; (f) 30 min; (g) 40 min; (h) 50 min e (i) 60 min.



Fonte: AUTOR (2018).

Figura 12– Imagens termográficas da evolução da temperatura da suspensão de abacaxi com amido durante a secagem por CTD, nos tempos de: (a) 30 s; (b) 3 min; (c) 5 min; (d) 7 min; (e) 10 min; (f) 15 min; (g) 20 min; (h) 25 min e (i) 30 min.



Fonte: AUTOR (2018).

4.4 CARACTERIZAÇÃO DOS *SNACKS* DE ABACAXI COM AMIDO

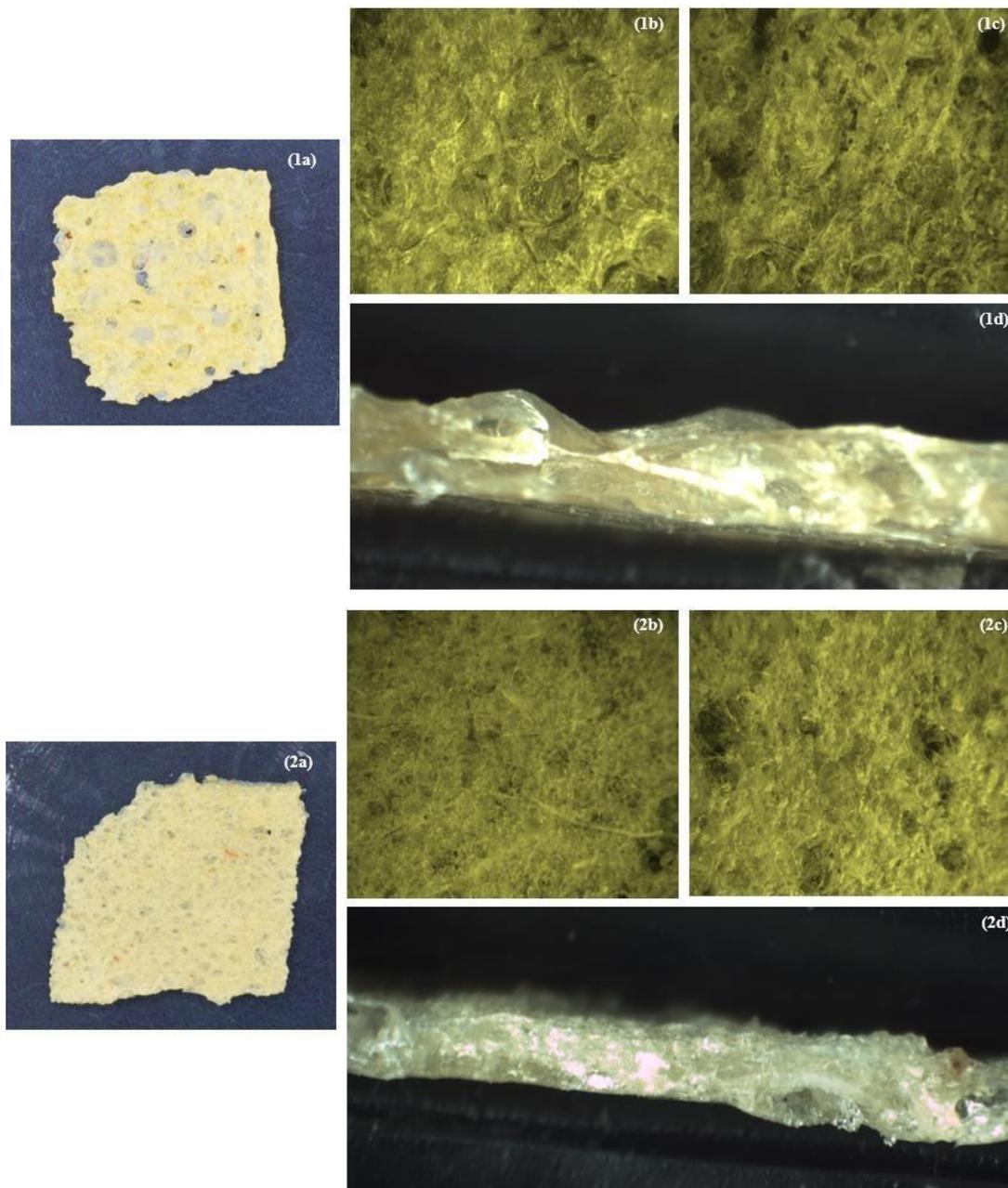
4.4.1 Microestrutura

A Figura 13 apresenta as fotografias da superfície superior e as micrografias obtidas através de estereoscópio óptico tanto da superfície superior e inferior (em contato com o filme teflonado), como das fraturas internas, para os *snacks* de abacaxi com amido, desidratados por KMFD e CTD. Já a Figura 14 apresenta as imagens obtidas por meio de MEV, da superfície superior e inferior, como das fraturas internas.

Os *snacks* desidratados por KMFD apresentaram uma matriz com a presença de grandes poros, ao contrário das amostras desidratadas por CTD, as quais os poros são bem menores. O que ocorre é que durante a secagem por KMFD, com a aplicação de vácuo, acontece a evaporação *flash*, onde o vapor produzido, em baixas pressões, possui um volume específico maior, forçando a saída do interior à superfície, provocando o efeito de expansão (ZHANG et al., 2006; MONTEIRO et al., 2015; MONTEIRO et al., 2016; MONTEIRO et al., 2018).

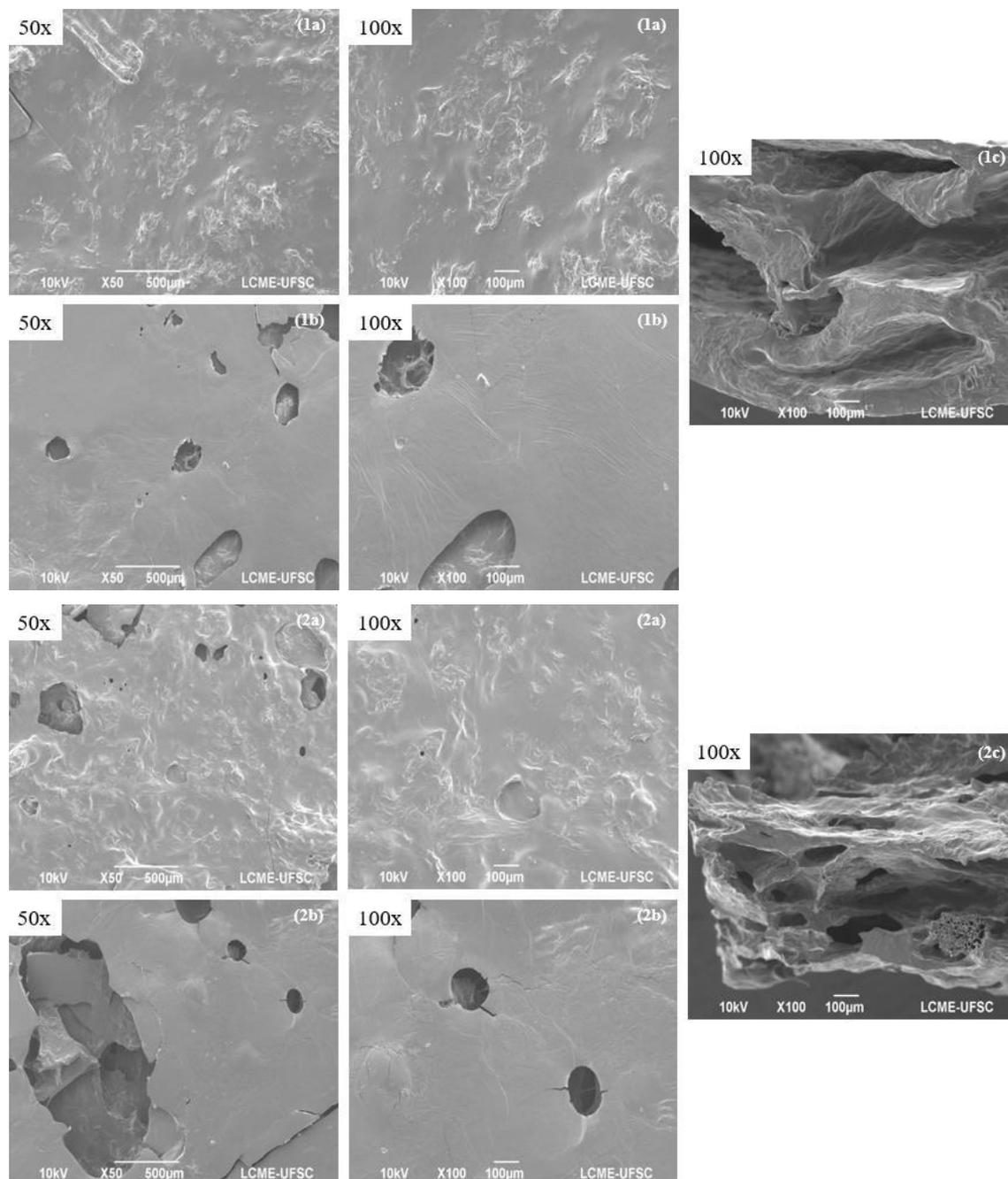
Através das imagens do MEV, observa-se para as superfícies superior e inferior em ambos os métodos de secagem, que a superfície inferior, que estava em contato direto com o filme teflonado, se apresentou bastante homogênea, já a superfície superior, rugosa.

Figura 13 – Imagens dos *snacks* de abacaxi com amido desidratados por KMFD (1) e por CTD (2). Fotografia da superfície superior (a). Imagens do estereoscópio óptico, superfície superior (b), superfície inferior (c) e fratura (d).



Fonte: AUTOR (2018).

Figura 14- Imagens de MEV dos *snacks* de abacaxi com amido desidratados por KMFD (1) e por CTD (2). Superfície superior (a), superfície inferior (b) e fratura (c).



Fonte: AUTOR (2018).

4.4.2 Espessura

Os valores de espessura dos *snacks* de abacaxi com amido, desidratados por KMFD e CTD, são mostrados na Tabela 4. Como apresentado, as espessuras são estatisticamente diferentes entre si, sendo os *snacks* obtidos por KMFD mais espessos,

isso deve-se, principalmente, a formação de grandes poros em sua estrutura durante o processo de secagem, causados pelo aquecimento, que força a saída de vapor do interior à superfície, provocando o efeito de expansão (ZHANG et al., 2006; MONTEIRO et al., 2015; MONTEIRO et al., 2016; MONTEIRO et al., 2018). O mesmo não ocorre durante a secagem por CTD, resultando em uma estrutura mais compacta.

Tabela 4 - Espessura dos *snacks* de abacaxi com amido.

Secagem	Espessura (mm)
KMFD	1,100 ± 0,148 ^a
CTD	0,925 ± 0,165 ^b

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

Fonte: AUTOR (2018).

4.4.3 Propriedades Mecânicas

Na Figura 15 são apresentados os dados da força desenvolvida em função da deformação, em triplicata, nas amostras para os ensaios de corte nos *snacks* de abacaxi com amido desidratados por KMFD e CTD. A Figura 16 apresenta de forma representativa o comportamento dos *snacks* de abacaxi com amido desidratados por KMFD e CTD nos ensaios de corte.

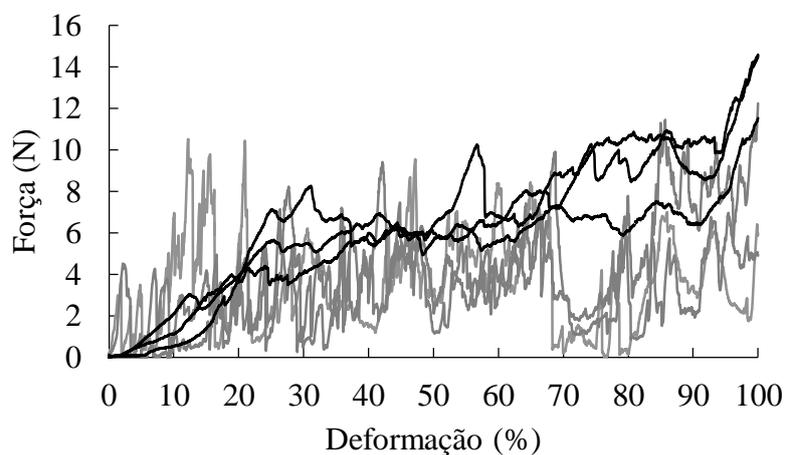
A crocância de produtos desidratados está relacionada com a irregularidade das curvas de força-deformação, que estão associadas ao número e intensidade dos picos presentes (LAURINDO e PELEG, 2007; LAURINDO e PELEG, 2008; MONTEIRO et al., 2016). Os *snacks* desidratados por KMFD apresentaram curvas irregulares, características de produtos crocantes. As amostras produzidas por CTD apresentaram curvas com poucas irregularidades e com aumento da força com a distância de corte.

O número de picos nas curvas pode ser correlacionado à crocância das amostras. A partir desses ensaios mecânicos foi possível observar que o processo KMFD resultou em amostras com estruturas mais crocante, com maior número de picos.

Os parâmetros obtidos a partir das curvas de força são apresentados na Tabela 5. O trabalho necessário para cortar as amostras (área sob a curva de força) e a força média foram muito maiores para os *snacks* de abacaxi com amido, desidratados por CTD, demonstrando assim, maior resistência ao corte. Outro parâmetro em destaque é o número

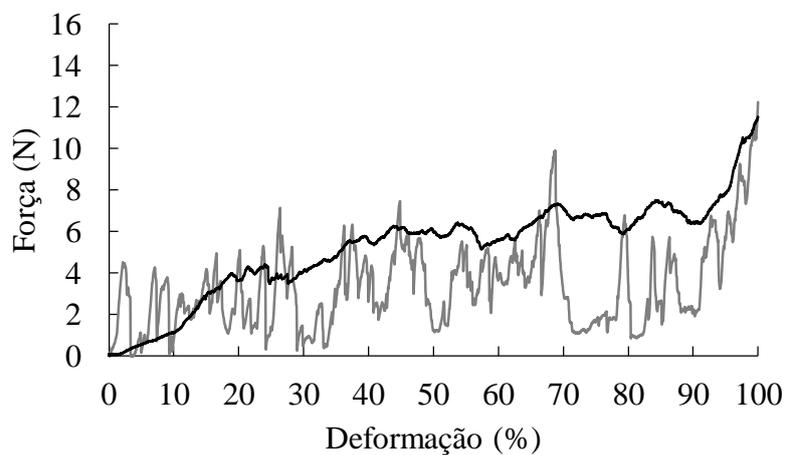
de picos, onde as amostras desidratadas por KMFD apresentaram valores muito maiores do que a desidratadas por CTD, reforçando o que foi dito anteriormente.

Figura 15 - Dados da força aplicada vs deformação para as amostras de *snacks* de abacaxi com amido obtidos por KMFD (-) e CTD (-), triplicata de processo.



Fonte: AUTOR (2018).

Figura 16 - Dados da força aplicada vs deformação para as amostras de *snacks* de abacaxi com amido obtidos por KMFD (-) e CTD (-).



Fonte: AUTOR (2018).

Tabela 5 - Valores médios dos parâmetros obtidos no teste instrumental de corte.

Secagem	Área (N.mm)	Força Média (N)	Força Máxima (N)	Número de Picos
KMFD	130,7 ± 42,5 ^a	3,3 ± 1,1 ^a	14,9 ± 4,9 ^a	267 ± 46 ^a
CTD	252,9 ± 94,3 ^b	6,3 ± 2,1 ^b	16,0 ± 4,9 ^a	138 ± 18 ^b

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

Fonte: AUTOR (2018).

4.4.4 Análise de cor

Os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) dos *snacks* de abacaxi com amido analisados após o processo de desidratação, estão apresentados na Tabela 6.

As amostras produzidas por KMFD apresentaram valores menores de L^* , apresentando coloração mais escura, e valores de a^* (vermelho/verde) mais próximos da tonalidade verde, em comparação com as amostras desidratadas por CTD.

A cor predominante na polpa de abacaxi *in natura* é o amarelo e pode ser melhor representada pelo parâmetro b^* positivo. O valor encontrado para os *snacks* desidratados por KMFD está mais próximo da cor amarela do que os *snacks* desidratados por CTD. Isso pode ser explicado pelo fato, de que o método de KMFD atua, em grande parte, no vácuo, diminuindo assim perdas por degradação térmica, e conservando melhor a cor.

Tabela 6 - Parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) para os *snacks* de abacaxi e amido.

Secagem	L^*	a^*	b^*
KMFD	83,042 ± 2,214 ^a	-3,695 ± 0,668 ^a	22,604 ± 4,690 ^a
CTD	85,688 ± 2,086 ^b	-3,252 ± 0,382 ^b	14,482 ± 1,908 ^b

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

Fonte: AUTOR (2018).

4.4.5 Análise sensorial

Na Tabela 7 é mostrada a atividade de água das amostras de *snacks* de manga utilizadas para as análises sensoriais.

Tabela 7 - Atividade de água dos *snacks* de abacaxi e amido.

Secagem	aw
KMFD	0,427 ± 0,007
CTD	0,408 ± 0,005

Fonte: AUTOR (2018).

Os resultados obtidos no teste de aceitação da aparência, cor, sabor, textura e impressão global, bem como a intenção de compra das amostras de *snacks* de abacaxi com amido são apresentados na Tabela 8. As notas para ambos os *snacks* foram bastante satisfatórias, com destaque para os *snacks* desidratados por KMFD, que receberam melhores avaliações quanto sabor, textura, impressão global e intenção de compra. A maioria dos provadores que forneceram comentários, e degustaram os *snacks* de abacaxi com amido, desidratados por KMFD, elogiaram a crocância dos produtos, o que não ocorreu com os provadores que forneceram comentários em relação aos *snacks* obtidos por CTD, que enfatizaram a dificuldade na mastigação destes produtos. Outro ponto comentado por alguns provadores de ambos os *snacks*, foi a aparência, segundo os mesmos, esta poderia ser melhorada, com o intuito de ser mais atrativa ao consumidor.

Tabela 8 - Resultados do teste de aceitação dos *snacks* de abacaxi com amido.

Secagem	Aparência	Cor	Sabor	Textura	Impressão Global	Intenção de Compra
KMFD	6,6 ± 1,5 ^a	7,2 ± 1,4 ^a	8,0 ± 0,9 ^a	8,1 ± 1,1 ^a	7,7 ± 0,9 ^a	4,0 ± 0,8 ^a
CTD	6,9 ± 1,5 ^a	7,4 ± 1,3 ^a	7,6 ± 1,4 ^b	5,3 ± 2,1 ^b	7,0 ± 1,1 ^b	3,5 ± 0,8 ^b

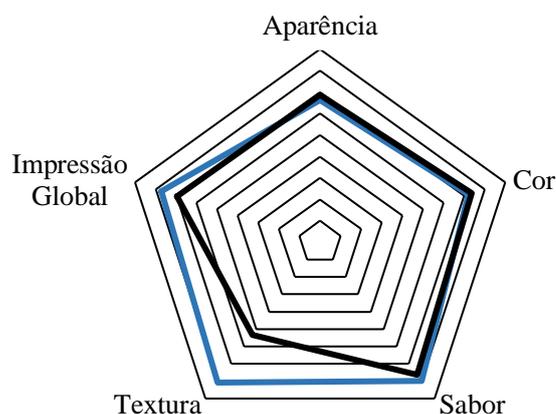
*Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: AUTOR (2018).

A Figura 17 apresenta, para melhor visualização, um gráfico radar, dos atributos aparência, cor, sabor, textura e impressão global, na escala hedônica de 9 pontos. Na Figura 18 estão apresentados os percentuais de respostas em relação à intenção de compra das amostras de *snacks* de abacaxi com amido. Setenta e quatro por cento (74%) dos provadores disseram que certamente ou provavelmente comprariam os *snacks* de abacaxi com amido desidratados por KMFD, enquanto 51% deles opinaram em favor dos *snacks* obtidos por CTD. Nenhum dos provadores dos dois tipos de *snacks* disseram que certamente não comprariam e apenas 9%, para *snacks* por CTD, e 2%, por KMFD,

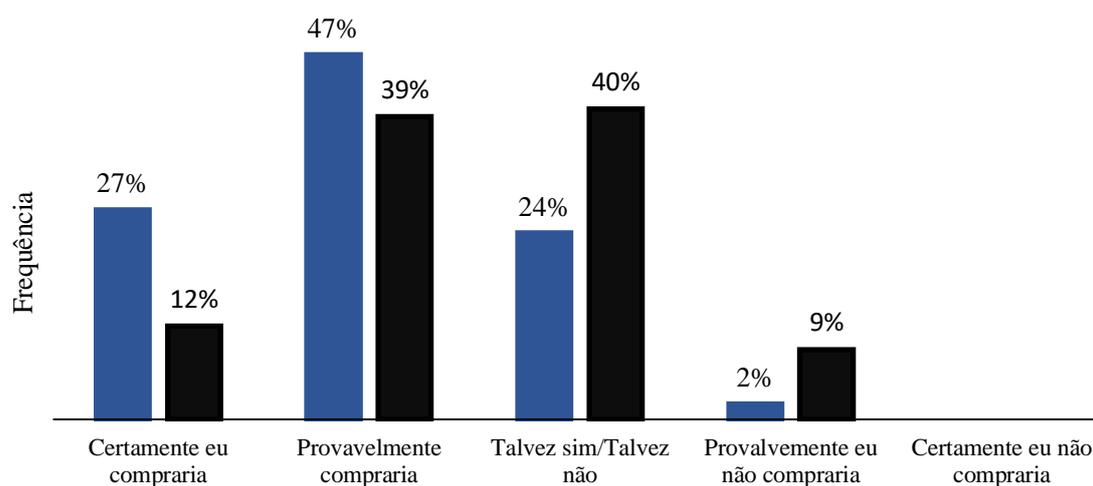
disseram provavelmente não comprariam, mostrando assim a alta aceitação destes produtos.

Figura 17 – Valores hedônicos para os atributos Aparência, Cor, Sabor, Textura e Impressão Global dos *snacks* de abacaxi com amido, desidratados por KMFD (-) e CTD (-).



Fonte: AUTOR (2018).

Figura 18 - Frequência dos valores da escala estruturada verbal de 5 pontos atribuídos pelos provadores à intenção de compra dos *snacks* de abacaxi e amido, desidratados por KMFD (■) e CTD (■).



Fonte: AUTOR (2018).

5 CONCLUSÃO

Os processos de secagem por *Conductive multi-flash drying* (KMFD) e por *Cast-tape drying* (CTD) permitem a obtenção de *snacks* de abacaxi com amido pré-gelatinizado desidratados, com baixas umidade e atividade de água, o que resulta em maior vida útil destes produtos e com tempos de secagem reduzidos, pelo processo KMFD a duração é de 60 minutos e por CTD de 30 minutos.

Os *snacks* obtidos por KMFD receberam melhores avaliações quanto ao sabor, textura, impressão global e intenção de compra se comparados aos obtidos por CTD. Além disso, foram elogiados quanto a crocância, o que não ocorreu com o *snacks* desidratados por CTD, em que os provadores enfatizaram a dificuldade na mastigação destes produtos. Essa preferência pode ser devido à presença de grandes poros no *snacks*, que resultam em curvas mecânicas irregulares, características de produtos crocantes.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar as características nutricionais dos *snacks* de abacaxi com adição de 5% de amido, desidratados por KFMD e CTD;
- Avaliar a estabilidade das propriedades físico-químicas dos *snacks* de abacaxi com amido durante o armazenamento;
- Estudar outros métodos de secagem para a produção dos *snacks*;
- Analisar os custos energéticos e operacionais do processo de secagem por *Cast-tape drying* e por *Conductive multi-flash drying*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABONYI, B. I.; FENG, H.; TANG, J.; EDWARDS, C. G.; CHEW, B. P.; MATTINSON, D. S.; FELLMAN, J. K. Quality retention in strawberry and carrot purees dried with Refractance Window™ System. **Journal of Food Science**, vol. 67, n. 3, 2002.

ALCÁZAR-ALAY, S. C.; MEIRELES, M. A. A. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. **Food Science and Technology**, v. 35, p. 215-236, 2015.

ANDRADE, Paulo Fernando de Souza. **Análise da conjuntura Agropecuária - Safra 2016/17**. Paraná: Secretaria da agricultura e do abastecimento, Departamento de economia rural, 2017. p 9.

AZIZI, D.; JAFARI, S. M.; MIRZAEI, H.; DEHNAD, D. The influence of refractance window drying on qualitative properties of kiwifruit slices. **International Journal of Food Engineering**, v. 13, 2016.

BEMILLER, J. N.; HUBER, K. C. Carboidratos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4° ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. Cap. 3.

BHANDARI, B.; HOWES, T. Relating the stickiness property of foods undergoing drying and dried products to their surface energetics. **Drying Technology**, v. 23, p. 781-797, 2005.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; 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.) power. **Journal of Food Engineering**, v. 111, p. 135-148, 2012.

CÁRDENAS-PÉREZ, S.; CHANONA-PÉREZ, J.; MÉNDEZ-MÉNDEZ, J. V.; CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G.; LÓPEZ-SANTIAGO, R.; PEREA-FLORES, M. J.; ARZATE-VÁZQUEZ, I. Evaluation of the ripening stages of apple (Golden Delicious) by means of computer vision system. **Biosystems Engineering**, v. 159, p. 46-58, 2017.

CARVALHO, A. V., MATTIETTO, R. D. A., LOURENÇO, L. D. F. H. Avaliação do efeito da combinação de pectina, gelatina e alginato de sódio sobre as características de gel de fruta estruturada a partir de "mix" de polpa de cajá e mamão, por meio da metodologia de superfície de resposta. 2011.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A.; SILVA, P. A.; ARAÚJO, E. A. F. Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturado a partir de polpa de açaí. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 13, n. 4, p. 232-241, 2010.

CARVALHO, C. D. et al. Anuário Brasileiro da Fruticultura 2017. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2017. p. 28-29.

CARVALHO, V. D.; BOTREL, N. Características da fruta para exportação. In: BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Abacaxi para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA, 1996. 41 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 23).

CASTOLDI, M. **Estudo do processo de secagem de polpa de tomate por Refractance Window®**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2012.

CONCHA-MEYER, A. A.; D'IGNOTI, V.; SAEZ, B.; DIAZ, R.I.; TORRES, C. A. Effect of storage on the physico-chemical and antioxidant properties of strawberry and kiwi leathers. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 3, p. 569-577, 2016.

CORTELLINO, G.; PANI, P.; TORREGGIANI, D. Crispy air-dried pineapple rings: optimization of processing parameters. **Procedia Food Science**, volume 1, páginas 1324–1330, 2011.

DE OLIVEIRA, J. A. R., CARVALHO, A. V., MOREIRA, D. K. T.; MARTINS, L. H. S. Elaboração e caracterização de estruturado obtido de polpa concentrada de cupuaçu. Revista de Ciências Agrárias/Amazonian **Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 53, n. 2, p. 164-170, 2011

DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. **Food Hydrocolloids**, 17, 25-39, 2003.

DURIGON, A. **Produção e caracterização de tomate em pó por cast-tape drying**. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2016.

DURIGON, A. SOUZA, P. G.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Cast-tape drying of tomato juice for the production of powdered tomato. **Food and Bioproducts Processing**, v. 100, p. 145-155, 2016a.

DURIGON, A.; SOUZA, P. G.; PARISOTTO, E. I. B.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. **Secagem de polpa de tomate por cast-tape drying usando diferentes suportes flexíveis**. XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Gramado, 2016b.

FIZMAN, S.M. Características de los alimentos estructurado y reestructurado, uso de los hydrocolloides in las formulaciones para calentamiento con microondas. In: Ferreira, V.L.P.; Soler, M.P. (coord.). **Curso sobre as Propriedades de Hidrocolóides e Aplicações**. Campinas: ITAL, 1992. p. 1-3.

FRABETTI, A. C. C. **Produção e caracterização de polpa de goiaba (Psidium guajava L.) em pó por cast-tape drying**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2017.

GRIZOTTO, Regina Kitagawa; AGUIRRE, JM de; MENEZES, HC de. Frutas estruturadas de umidade intermediária obtidas de polpas concentradas de abacaxi, manga e mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 691-697, 2005.

GONÇALVES, N. B. (Org.) **Abacaxi: pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. cap. 2, p. 13-27. (Frutas do Brasil, 5).

GOULART, R.M.M. **Desperdício de alimentos: um problema de saúde pública. Integração**, v.54, n.1. 2008.

HERNÁNDEZ-SANTOS, B.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, C. E.; TORRUCO-UCO, J. G.; RODRÍGUEZ- MIRANDA, J.; RUIZ-LÓPEZ, I. I.; VAJANDO-ANAYA, E. S.; CARMONA-GARCÍA, R; HERMAN-LARA, E. Evaluation of physical and chemical properties of carrots dried by Refractance Window drying. **Drying Technology**, v. 34, p. 1414-1422, 2016.

IBARZ, Albert; BARBOSA-CANOVAS, Gustavo V. **Unit operations in food engineering**. Crc Press, 2003.cap 17.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentos da transferência de calor e de massa**. 6ª ed., Rio de Janeiro: LTC, 2008.

KEETELS, C.J.A.M.; OOSTERGETEL, G. T.; VLIET T. V. Recrystallization of amylopectin in concentrated starch gels, **Carbohydrate Polymers**, v. 30, p. 61-64. 1996.

LAURINDO, J.B., PORCIUNCULA, B.D.A.; ZOTARELLI, M.F. (2011). Processo de secagem por sucessivos ciclos de aquecimento-pulso de vácuo (CAPV) para obtenção de alimentos desidratados crocantes. **BrazilianPatent**, PI 1107173-7.

LAURINDO, J.B.; PELEG, M. Mechanical measurements in puffed rice cakes. **Journal of texture studies**, v. 38, n. 5, p. 619-634, 2007.

LAURINDO, J.B.; STRINGARI, G.B.; PAES, S.S.; CARCIOFI, B.A.M. Experimental Determination of the Dynamics of Vacuum Impregnation of Apples. **Journal of Food Science**, v.72, n. 8, p. E470-E475, 2007.

LINK, Jade Varaschim. **Aplicação de múltiplos ciclos de aquecimento-pulso de vácuo para a produção de fatias de manga (*Mangífera indica L.*) desidratadas**. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

LOPES, F. J. **Estudo da aplicação de energia de micro-ondas na secagem de abacaxi**. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 2013.

MADUREIRA, I. A., FIGUEIRÊDO, R. D., QUEIROZ, A. D. M., SILVA FILHO, E. D. Cinética de secagem da polpa do figo-da-índia. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, p. 345-354, 2011.

MONTEIRO, R.L.; CARCIOFI, B.A.M.; MARSAIOLI JR. A.; LAURINDO, J.B. How to make a microwave vacuum dryer with turntable. **Journal of Food Engineering**, v. 166, p. 276-284, 2015.

MONTEIRO, R.L., CARCIOFI, B.A.M., LAURINDO, J.B. A microwave multi-flash drying process for producing crispy bananas. **Journal of Food Engineering**. 178, 1-11, 2016.

MONTEIRO, R. L.; LINK, J. V.; TRIBUZI, G.; CARCIOFI, B. A.; LAURINDO, J. B. Microwave vacuum drying and multi-flash drying of pumpkin slices. **Journal of Food Engineering**, v. 232, p. 1-10, 2018.

MORAES, J.O.; SCHEIBE, A.S.; SERENO, A.; LAURINDO, J.B. Scale-up of the production of cassava starch based films using tape-casting. **Journal of Food Engineering**, v. 119, n. 4, p. 800-808, 2013.

NEPA-UNICAMP. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO**. 4ª edição revisada e ampliada. Campinas, 161 p., 2011.

NINDO, C. I.; FENG, H.; SHEN, G. Q.; TANG, J. KANG, D. H. Energy utilization and microbial reduction in a new film drying system. **Journal of Food Processing Preservation**, v. 27, p. 117-136, 2003.

NINDO, C. I.; TANG, J. Refractance Window dehydration technology: A novel contact drying method. **Drying Technology**, v. 25, p. 37–48, 2007.

OLIVEIRA, J., CARVALHO, A. V., MARTINS, L. D. S., MOREIRA, D. K. T. Elaboração e caracterização físico-química e sensorial de estruturados de polpa concentrada de abacaxi. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 23, n. 1, p. 23-31, 2012.

ORTIZ-JEREZ, M. J.; GULATI, T.; DATTA, A. K.; OCHOA-MARTÍNEZ, C. I. Quantitative understanding of Refractance Window™ drying. **Food and Bioprocess Processing**, v. 95, p. 237-253, 2015.

PARK, K. J., ANTÔNIO, G. C., OLIVEIRA, R. D., PARK, K. J. B. **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**, 2007. 121p.

PAVAN, M. A.; SCHMIDT, S. J.; FENG, H. Water sorption behavior and thermal analysis of freeze-dried, Refractance Window-dried and hot-air dried açai (*Euterpe oleracea* Martius) juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 48, p. 75-81, 2012.

PORCIUNCULA, B. D. A.; SEGURA, L. A.; LAURINDO, J. B. Processes for Controlling the Structure and Texture of Dehydrated Banana. **Drying Technology**, v. 34, p. 167-176, 2016.

RAMOS A. M.; QUINTERO, A. C. F., FARAONI, A. S.; SOARES, N. F. F.; PEREIRA, J. A. M. Efeito do tipo de embalagem e tempo de armazenamento nas qualidades físico-químicas e microbiológica de abacaxi desidratado. **Alim. Nutr., Araraquara** v.19, n.3, p. 259-269, jul./set. 2008.

REINHARDT, D. H. R. C.; CUNHA, G. A. P. **Abacaxi produção: aspectos técnicos**. Brasília: SPI, 2000. 77p.

ROSSEL, C. M.; COLLAR, C.; HAROS, M. Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. **Food Hydrocolloids**, 21, 452-462, 2007.

SARKER, M. Z. I.; ELGADIR, M. A.; FERDOSH, S.; AKANDA, M. J. H.; ADITIAWATI, P.; NODA, T. Rheological behavior of starch-based biopolymer mixtures in selected processed foods. **Starch/Stärke**, v. 65, p. 73-81, 2012.

SILVA, G. C.; MAIA, G. A.; FILHO, M. S. M. S.; RAIMUNDO, W. F.; FILGUEIRAS, H. A. C.; SOUZA, A. C. R. Efeito de diferentes concentrações de cloreto de cálcio na qualidade do abacaxi „Pérola“ minimamente processado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 2003.

SIMÃO, R. D. S. **Produção e caracterização de snacks de manga em forma de filmes, obtidos por Cast-tape drying**. Florianópolis, 2018, 134 p.; Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina.

SINGH, R. Paul; HELDMAN, Dennis R. **Introduction to Food Engineering**. 4. ed. California: Elsevier Inc., 2009. cap 12.

SOUZA, P. G. **Produção e caracterização de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) desidratado em pó por cast-tape drying**. Florianópolis, 2015, 144 p.; Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch: composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, p. 151-165, 2004

THÉ, P. M. P. **Efeitos da associação de tratamento hidrotérmico, cloreto de cálcio e atmosfera modificada sobre o escurecimento interno e qualidade do abacaxi cv. Smooth cayenne**. 2001. 128 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

THÉ, P. M. P.; NUNES, R. P.; SILVA, M. M.; ARAÚJO, B. M. Características físicas, físico-químicas, químicas e atividade enzimático de abacaxi cv. Smooth cayenne recém colhido. **Alim. Nutr., Araraquara**, v. 21, n. 2, p. 273-281, abr./jun. 2010.

TONTUL, I.; TOPUZ, A. Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil). **LWT – Food Science and Technology**, v. 80, p. 294-303, 2017.

TRAVAGLINI, D.A., NETO, M.P., BLEINROTH, E.W., LEITÃO, M.F. **Banana-Passa: Princípios de secagem, conservação e produção industrial**. Campinas: ITAL/ Rede de Núcleos de Informação Tecnológica, 1993. 73p. (Manual Técnico, 12).

VAN SOEST, J. J. G.; Vliegenthart, J. F. G. Crystallinity in starch plastics: consequences for material properties. **Trends in Biotechnology**, v. 15, p. 208-213, 1997.

VIJAYANAND, P.; YADAV, A. R.; BALASUBRAMANYAM, N.; NARASIMHAM, P. Storage stability of guava fruit bar prepared using a new process. **Lebensmittel Wissenschaft and Technology**, v. 33, n. 1, p. 132-137, 2000.

XIE, F.; POLLET, E. HALLEY, P. J.; AVÉROUS, L. Advanced nano-biocomposites based on starch. In: **Polysaccharides: Bioactivity and Biotechnology**. Suíça: Springer, p. 1467-1553, 2015.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 974–980, 2005.

WILLIAMS, P. A.; PHILLIPS, G. O. Introduction to food hydrocolloids. In: PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. (Edited) **Handbook of hydrocolloids**. England: Wood head Publishing Limited, 2009. cap. 1.

ZHANG, M.; TANG, J.; MUJUMDAR, A.S.; WANG, S. Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 10, p. 524-534, 2006.

ZOTARELLI, M. F., PORCIUNCULA, B. D. A., LAURINDO, J. B. A convective multi-flash drying process for producing dehydrated crispy fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 108, p. 523-531, 2012.

ZOTARELLI, M. F.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Effect of process variables on the drying rate of mango pulp by Refractance Window. **Food Research International**, v. 69, p. 410 – 417, 2015.

ZOTARELLI, M. F.; SILVA, V. M.; DURIGON, A.; HUBINGER, M. D.; LAURINDO, J. B. Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. **Powder Technology**, v. 305, p. 447-454, 2017.

Anexo A - APROVAÇÃO DO PARECER PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE SNACKS DE FRUTAS EM FORMA DE FILMES OBTIDOS POR CAST-TAPE DRYING

Pesquisador: João Borges Laurindo

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 68079117.3.0000.0121

Instituição Proponente: Universidade Federal de Santa Catarina

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.241.837

Apresentação do Projeto:

Este projeto tem por objetivo desenvolver e caracterizar snacks de frutas em forma de filmes elaborados por cast-tape drying. O cast-tape drying é um equipamento que utiliza vapor como fonte de aquecimento para a secagem de um produto espalhado sobre um suporte flexível, e que tem contribuído para estudos de secagem de frutas com resultados potenciais para a obtenção de novos produtos. É um método rápido de desidratação

e que permite a utilização de temperaturas moderadas na secagem. Desta forma, possibilita a secagem de alimentos com componentes termossensíveis. A percepção de consumidores em relação a um novo produto é de suma importância através da análise sensorial. O projeto vem sendo desenvolvido por uma equipe que possui experiência considerável em desidratação de materiais e análise de frutas.

Objetivo da Pesquisa:

Desenvolver e caracterizar snacks de frutas em forma de filmes elaborados por cast-tape drying.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os produtos serão processados a partir de matéria-prima de boa qualidade e levando em consideração as Boas Práticas de Fabricação não apresentando riscos aos provadores. Algum

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANÓPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 2.241.837

constrangimento poderá ser percebido, porém minimizado. Caso o provador apresente alergia ou hipersensibilidade a qualquer tipo de fruta, este não deve participar da pesquisa, pois poderá apresentar desconforto estomacal devido à intolerância ao ingerir o produto desidratado.

Benefícios:

Essa análise não trará benefícios orçamentários ao provador. Os possíveis benefícios da pesquisa consistem em promover o conhecimento sobre a aceitabilidade de um novo produto

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O problema de pesquisa está bem justificado, com objetivos claros e método bem definido. Uma vez obtidos os dados conclusivos proporcionará aos pesquisadores meios para contribuir para futuros estudos na área.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Documentos de acordo com as solicitações do CEP/SH.

Recomendações:

Não se aplica.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as pendências identificadas no parecer anterior foram atendidas, não havendo impedimentos éticos para que esta pesquisa se inicie.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_010087.pdf	01/08/2017 21:33:07		Aceito
Outros	Resposta_as_pendencias_2.pdf	01/08/2017 20:48:28	João Borges Laurindo	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_modificado.pdf	01/08/2017 20:42:14	João Borges Laurindo	Aceito
Outros	Carta_de_resposta_ao_CEP.pdf	22/06/2017 16:21:52	João Borges Laurindo	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_Confidencialidade_2.pdf	22/06/2017 16:21:05	João Borges Laurindo	Aceito

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
 Bairro: Trindade CEP: 88.040-400
 UF: SC Município: FLORIANOPOLIS
 Telefone: (48)3721-6094 E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 2.241.837

Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_da_instituicao.pdf	03/05/2017 15:17:39	João Borges Laurindo	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Termo_de_concordancia_dpto.pdf	03/05/2017 15:14:03	João Borges Laurindo	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	03/05/2017 15:11:48	João Borges Laurindo	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_ROSTO.pdf	03/05/2017 15:11:12	João Borges Laurindo	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DETALHADO.pdf	02/05/2017 15:11:25	João Borges Laurindo	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FLORIANOPOLIS, 28 de Agosto de 2017

Assinado por:
Ylmar Correa Neto
(Coordenador)

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
 Bairro: Trindade CEP: 88.040-400
 UF: SC Município: FLORIANOPOLIS
 Telefone: (48)3721-6094 E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

**Anexo B – FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE ACEITAÇÃO E INTENÇÃO DE
COMPRA DOS SNACKS DE ABACAXI COM AMIDO**

Nome: _____ Data: _____
Sexo: () M () F

TESTE DE ACEITAÇÃO

Prove a amostra e indique sua opinião em relação à aparência, cor, sabor, textura e impressão global, de acordo com a escala abaixo:

(9) Gostei muitíssimo	Aparência	_____
(8) Gostei muito		
(7) Gostei regularmente	Cor	_____
(6) Gostei ligeiramente		
(5) Indiferente	Sabor	_____
(4) Desgostei ligeiramente		
(3) Desgostei regularmente	Textura	_____
(2) Desgostei muito		
(1) Desgostei muitíssimo	Impressão global	_____

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE INTENÇÃO DE COMPRA

Por favor, indique qual seria a sua atitude em relação à compra do produto que acabou de experimentar de acordo com a seguinte escala:

(5) Certamente eu compraria	INTENÇÃO DE COMPRA ()
(4) Provavelmente eu compraria	
(3) Talvez sim/Talvez não	
(2) Provavelmente eu não compraria	
(1) Certamente eu não compraria	

Comentário: _____

Obrigado por participar da avaliação! Sua colaboração é muito importante para este estudo!