



PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE BATATA-DOCE OBTIDOS POR *CAST-TAPE DRYING*

PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS DE PAPA DULCE OBTENIDAS POR *CAST-TAPE DRYING*

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF SWEET POTATO FILMS OBTAINED BY *CAST-TAPE DRYING*

Valéria Vitória Santos Andrade¹; Simone Mazzutti²; Danilo Santos Souza³; Angelise Durigon⁴

DOI: <https://doi.org/10.31692/IICIAGRO.0076>

RESUMO

A batata-doce é rica em carboidratos, fibras, vitaminas A e C, e minerais e possui alto valor energético e antioxidantes, o que justifica o seu consumo por pessoas que buscam um alimento saudável. Normalmente esse tubérculo é consumido após o cozimento em água, assado ou frito. A ideia de um produto na forma de filme pronto que facilite o seu consumo se justifica. Assim, o estudo objetivou desidratar o purê de batata-doce por *cast-tape drying* (CTD) para a produção de um filme comestível e caracteriza-lo quanto às propriedades físico-químicas. O purê foi preparado usando diferentes concentração de amido pré-gelatinizado (0 g, 1 g, 2 g, 3 g e 4 g), 1 g de glicerol e 100 g de purê (5 °Brix e 9,2 g/g b. u.). No CTD as formulações foram espalhadas com 2 mm de espessura e secas usando vapor como fonte de aquecimento (temperatura do suporte de 96 °C). A secagem ocorreu a taxa constante até o 6º minuto e foi de $1,43 \pm 0,2$ g/g.min, e o tempo final de secagem foi de 10 minutos (umidade final abaixo de 0,1 g/g). Nesse período a temperatura das formulações foram de $62,5 \pm 2,5$ °C, elevando (> 90 °C) após o 8º minuto. A espessura do filme foi entre 0,16-0,20 mm, a higroscopicidade dos filmes foi abaixo de 10%. Todos os filmes possuem cor amarela clara característica do purê de batata-doce, e os filmes com 1 g (10%) e 2 g (20%) de amido pré-gelatinizado foram os mais contínuos, de bom manuseio e não apresentaram fraturas. Assim, o CTD é um processo viável para a obtenção de filmes de batata-doce em um curto tempo em temperatura considerada moderada com características físicas desejadas para filmes.

Palavras-Chave: Secagem, *Refractance window*, filme comestível.

RESUMEN

RESUMEN

La papa dulce es rica en hidratos de carbono, fibra, vitaminas A y C, minerales y tiene un alto valor

¹ Curso de Bacharelado em Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe – Campus do Sertão, 98829097v@academico.ufs.br

² Curso de Bacharelado em Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe – Campus do Sertão, simonemazzutti@academico.ufs.br

³ Curso de Bacharelado em Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe – Campus do Sertão, daniLOSS@academico.ufs.br

⁴ Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe – Campus São Cristóvão, angelise@academico.ufs.br

energético y antioxidante, lo que justifica su consumo por personas que buscan una alimentación saludable. Habitualmente este tubérculo se consume después de su cocción en agua, asado o frito. Se justifica la idea de un producto en forma de film prefabricado que facilite su consumo. El estudio tuvo como objetivo deshidratar el puré de papa dulce por cast-tape drying (CTD) para la producción de una película comestible y caracterizarla según sus propiedades fisicoquímicas. El puré se prepara utilizando diferentes concentraciones de almidón pregelatinizado (0 g, 1 g, 2 g, 3 g y 4 g), 1 g de glicerol y 100 g de puré (5 °Brix y 9,2 g/g b.s.). En el CTD, las formulaciones se extendieron con un espesor de 2 mm y se secaron utilizando vapor como fuente de calor (la temperatura del soporte fue de 96 °C). El secado se realiza a velocidad constante hasta el minuto 6 y $1,43 \pm 0,2$ g/g.min, y el tiempo de secado final es de 10 minutos (humedad final inferior a 0,1 g/g). Durante este período, la temperatura de las formulaciones fue de $62,5 \pm 2,5$ °C, aumentando (> 90 °C) a partir del 8° minuto. El espesor de la película estaba entre 0,16 y 0,20 mm, la higroscopicidad de las películas era inferior al 10%. Todas las películas presentan un color amarillo claro característico del puré de papa dulce, y las películas con 1 g (10 %) y 2 g (20 %) de almidón pregelatinizado continúan con el mejor manejo y sin fracturas. Por lo tanto, CTD es un proceso viable para la obtención de películas de papa dulce en corto tiempo a una temperatura considerada moderada con las características físicas deseadas para las películas.

Palabras clave: El secado, ventana de refractancia, películas comestibles.

ABSTRACT

Sweet potato is rich in carbohydrates, fiber, vitamins A and C, and minerals, has high energy value and antioxidants, which justifies its consumption by people looking for healthy food. Usually, this tuber is consumed after cooking in water, roasting or frying. Producing leathers that facilitate their consumption justifies the idea of the product. Thus, the study aimed to dehydrate the sweet potato puree by cast-tape drying (CTD) to produce leathers and to determine the physicochemical characteristics. The puree was prepared using different concentrations of pregelatinized starch (0 g, 1 g, 2 g, 3 g and 4 g), 1 g of glycerol and 100 g of puree (5 °Brix and 9.2 g/g d. b.). In the CTD the formulations were spread 2 mm thick and dried using steam as a heating source (support temperature of 96 °C). Drying occurred at a constant rate until the 6th minute (rate of 1.43 ± 0.2 g/g.min) and the final drying time was 10 minutes (final moisture below 0.1 g/g d. b.). During this period, the temperature of the formulations was 62.5 ± 2.5 °C, increasing (> 90 °C) after the 8th minute. The leathers thickness was between 0.16-0.20 mm, the hygroscopicity of the leathers was less than 10%. All the leathers showed a light-yellow color characteristic of the sweet potato puree, and with 1 g (10%) and 2 g (20%) of pregelatinized starch were the most continuous, with good handiness, and did not present with fractures. Thus, CTD is a viable process for obtaining sweet potato leathers in a short time at moderate temperature with desired physical characteristics.

Keywords: Drying, Refractance Window, leathers.

INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é uma hortaliça importante com produção mundial, no ano 2018, de aproximadamente 92 milhões de toneladas. Segundo o IBGE, no ano de 2019 o Brasil produziu cerca de 805 mil toneladas cultivadas em 57 mil hectares (IBGE, 2021a). No estado de Sergipe, em 2019, foi produzido 51 mil toneladas em 3,7 mil hectares plantadas (IBGE, 2021b). Na Região Nordeste, a batata-doce tem grande importância social, além de

ser fonte de nutrientes, a sua produção ajuda na geração de emprego e renda, contribuindo para a fixação do homem no campo (SILVA et al., 2008). A batata-doce é facilmente cultivada nessa região por se tratar de uma hortaliça tuberosa, rústica, de alta tolerância à seca, de fácil cultivo, com exigência de temperaturas média superior a 24°C, alta luminosidade, fotoperíodo longo e suficiente umidade do solo (SILVA et al., 2008).

A batata-doce pode ser consumida cozida, assada ou frita, ou na forma de doces. Na indústria, a batata-doce é matéria-prima para a produção de doces (marrom glacê), pães, álcool e um amido de alta qualidade, empregado na fabricação de tecidos, papel, cosméticos, adesivos e glucose (SILVA et al., 1995). Além disso, o seu consumo é uma excelente fonte de carboidrato de baixo índice glicêmico muito procurado por praticantes de atividade física, pois esse tipo de macromolécula é absorvida lentamente pelo organismo com liberação gradativa de glicose na corrente sanguínea.

Para facilitar o seu consumo e preparo, além de agregar valor a essa matéria-prima, é possível desidratar a batata-doce para ser consumida como “lanches” na forma de fatias, flocos, chips e filmes, sem uso de fritura e conservantes (MONTEIRO et al., 2020). Vegetais desidratados na forma de filmes representam uma forma diferente de preservação e de diversificar o consumo como aperitivos, ou misturados em bebidas e em molhos (RAAB E OEHLER, 2000; CONCHA-MEYER et al., 2016). Muitas frutas como maçã, manga, goiaba, jaca e uva pode ser usada para produzir filmes de frutas podem ser usadas (MASKAN et al., 2002; GUJRAL E BRAR, 2003; CHOWDHURY et al., 2011; QUINTERO RUIZ et al., 2012, OFFIA-OLUA E EKWUNIFE, 2015; VALENZUELA E AGUILERA, 2015; SILVA et al., 2019). Segundo Quintero Ruiz et al. (2012) esses produtos tornam-se uma forma atraente e alternativa de incorporar frutas na dieta, em especial das crianças e dos adolescentes, por serem leves, agradáveis de mastigar e saborosos. O mesmo conceito pode ser usado para introduzir outros vegetais, como tubérculos e hortaliças, em dietas.

A desidratação consiste na redução da atividade de água com a finalidade de aumentar a vida útil, diminuir custos com transporte e embalagens. A maioria dos trabalhos encontrados na literatura sobre produção *leathers* de vegetais utiliza secagem com ar quente ou convectiva (SIMÃO et al., 2019; RAAB E OEHLER, 2000). No entanto, degradação dos nutrientes e danos em características sensoriais são reportados devido à degradação térmica e às reações químicas e bioquímicas que ocorrem durante os longos tempos de secagem (MOUSA E FARID, 2002). Outro processo de obtenção de produtos na forma de filmes (*leathers*) é o uso

do *cast-tape drying* (CTD), também chamado de *refractance window* (RW). Simão et al. (2018) estudou a obtenção de *leathers* de manga por CTD, sem e com (5%) adição de amido pré-gelatinizado, e reportam curtos tempos de secagem de (18 minutos). Esses autores relatam que os filmes foram contínuos, com bom manuseio e cor semelhante à polpa de manga *in natura*. Além disso, os filmes apresentaram alta aceitabilidade quanto à aparência, cor, sabor e textura sendo que 85% dos painelistas comprariam os filmes à base de manga e 95% comprariam os filmes à base de manga com 5% de amido, ambos condicionados a 22,5% UR. Nascimento et al. (2019) secou uma pasta de abricó-do-pará em *refractance window* (temperatura da água de 70 °C e 3 mm de espessura da polpa) para obter filmes desidratados e concluiu que o produto desidratado apresentou boa resistência à tração, alta solubilidade em água, favorecendo sua aplicação como filme comestível. Além disso, apresentou características do filme sem a necessidade de aditivos. Até o momento, secagem de purê de batata-doce em CTD para a obtenção de filmes comestíveis não foram reportados na literatura.

O objetivo deste estudo foi desidratar o purê de batata-doce por *cast-tape drying* para a produção de filmes. Além disso, caracterizar esses filmes quanto às suas propriedades físico-químicas.

REFERENCIAL TEÓRICO

Batata-doce

As batatas-doces são revestidas por uma fina película denominada de casca e sua parte central, é denominada de polpa ou carne. A casca e a polpa podem apresentar coloração variável de púrpura, roxo, salmão, alaranjada, amarelada, creme ou branco (FOLQUER, 1978). A composição da batata-doce varia com a cultivar, de modo geral, é composta de 63-83% de umidade, de 1,9-4,4% de proteínas, de 1,8-29,2% de carboidratos (componente principal é o amido), 0,2-1,8% de lipídios, 0,6-4,4% de cinzas e 1,3-3,8% de fibras (FOLQUER, 1978; AINA et al., 2009).

Filmes comestíveis

Filmes comestíveis podem ser saudáveis e convenientes, e são caracterizados por serem materiais finos e flexíveis elaborados com macromoléculas biológicas capazes de formar uma matriz contínua, podendo ou não conter diferentes aditivos de grau alimentício.

Podem ser chamados *de fruit leathers, pestil, bastegh, qamar el deen, bestil* ou de couro de frutas (rolinhos de frutas) e se referem a purês de frutas ou uma mistura de suco de frutas concentrado e outros ingredientes que são cozidos, secos em uma superfície não pegajosa e laminada (HUANG E HSIEH, 2005; YILMAZ et al., 2017).

Cast-tape drying

O CTD é um processo de secagem que possibilita a desidratação de alimentos termossensíveis, pois utiliza temperaturas moderadas e tempos de processo relativamente curtos. Nesse processo, o alimento na sua forma pastosa é espalhado na face superior de um suporte flexível que pode ser de poliéster ou de fibra de vidro revestida com teflon. Esse suporte é aquecido por um fluido quente (água quente ou vapor) em sua face inferior. Dessa forma é fornecida a energia para a evaporação da água do alimento, durante a secagem. A energia é fornecida por condução de calor através do suporte até a suspensão de alimentos. Acima do suporte é usado um sistema que promove a convecção, com o fluxo de ar que passa sobre a suspensão. A secagem por tape-casting se tornou alternativa para desidratar frutas, legumes e ervas, pois usa temperaturas moderadas (na faixa de 70-75 °C) e curtos tempos de secagem, pois fornece altas taxas de secagem, alta eficiência energética e baixo custo. Parâmetros de qualidade como cor, retenção de vitaminas, compostos fenólicos, flavonoides e antioxidantes são frequentemente observados (ABONYI et al., 2002; NINDO e TANG, 2007; CASTOLDI et al., 2015; ZOTARELLI et al., 2015; DURIGON et al., 2016; FRABETTI et al., 2018; DURIGON et al., 2017; SIMÃO et al., 2018).

METODOLOGIA

Matéria-prima

Batata doce (*Ipomoea batatas* L.) foram adquiridas na região semiárida do estado de Sergipe (Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil), e selecionadas pelo seu aspecto de cor e isentos de injúrias. Os tubérculos foram lavados, cozidos em água fervente por 60 minutos e, posteriormente, descascados. Os tubérculos cozidos foram triturados em mixer (Oster, Mixer Versatile Oster®) com 250 W de potência, seguido de filtração em peneira, para retirar os pedaços de fibras maiores e formar o purê.

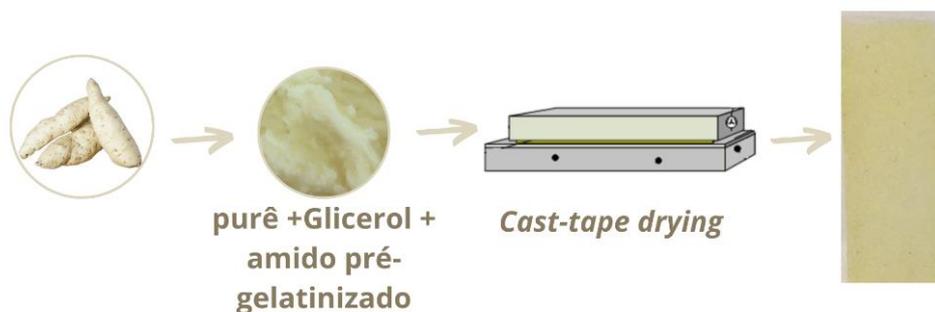
Elaboração das formulações dos filmes comestíveis

A formulação dos filmes constituiu-se da mistura de 100 g de purê de batata-doce (5 °Brix e umidade inicial de 9,2 g de água/g de sólidos secos) adicionado de 1 g de glicerol (c) e diferentes quantidades de amido pré-gelatinizado (0 g, 1 g, 2 g, 3 g e 4 g), totalizando 5 experimentos. Um esquema da obtenção dos filmes de batata-doce desidratados por CTD foi apresentado na Figura 01.

As estratégias experimentais investigadas no estudo foram:

- Sem adição de (0 g) amido pré-gelatinizado denominado formulação 1 (F1);
- Com adição de (1 g) amido pré-gelatinizado denominado formulação 2 (F2);
- Com adição de (2 g) amido pré-gelatinizado denominado formulação 3 (F3);
- Com adição de (3 g) amido pré-gelatinizado denominado formulação 4 (F4);
- Com adição de (4 g) amido pré-gelatinizado denominado formulação 5 (F5);

Figura 01: Esquema da da obtenção dos filmes de batata-doce desidratados por CTD.



Fonte: Própria (2019).

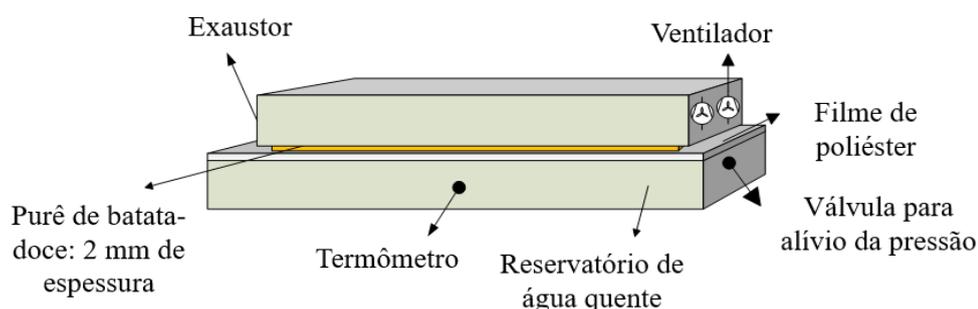
O teor de sólidos solúveis totais do purê e das formulações (°Brix) foi determinado utilizando-se um refratômetro manual modelo (HANNA, HI 96801, Rhode) e calibrado com água destilada.

Cast-tape Drying

O dispositivo experimental consiste de um reservatório (0,4 m x 0,2 m x 0,08 m) de água quente que foi aquecida com uso de resistores elétricos com potência de 2000 W (AGRATTO, FM 01) (Figura 02). Na parte superior do reservatório foi fixado um filme de poliéster (Mylar® tipo D, DuPont) com 0,25 mm de espessura. A face inferior do filme encontra-se em contato com o vapor d'água proveniente do aquecimento da água no reservatório (temperatura da água de 98 °C), enquanto a sua face superior serve de suporte

para o espalhamento do purê de batata-doce. Uma cabine com um sistema de exaustão/ventilação (CHIPSCE, 075-1212) com velocidade de 1500 rpm foi acoplada acima do reservatório e conta com um ventilador em uma das extremidades e um exaustor na outra extremidade. A exaustão e/ou ventilação são utilizadas para promover a convecção forçada acima da pasta.

Figura 02: Esquema do aparato experimental *cast-tape drying*.



Fonte: Adaptado de Silva et al. (2019).

No processo de *cast-tape drying* a água foi mantida constante e em temperatura igual a 98 °C para formação do vapor que aquecerá o suporte. A temperatura do suporte foi medida com auxílio de um termômetro de infravermelho (AKSO, AK30 new). O espalhamento do purê de batata-doce sobre o suporte aquecido, em todos os processos de secagem, foi realizado com o auxílio de um espalhador manual com 2 mm de espessura da abertura pela qual a pasta escoou.

A variação da umidade durante a secagem do purê da batata-doce (formulação 1) foi determinada pelo método gravimétrico em estufa (Huanghai Faithful Instrument Co., WHL-25AB, China) em temperatura de 105 °C (AOAC, 2005). Para isso amostras de três regiões do purê espalhado foram retiradas em intervalos de tempo pré-determinados (dt), para determinação da umidade (X). Os experimentos de secagem foram realizados em triplicata. As curvas de secagem apresentaram períodos de secagem, cujas taxas de secagem foram obtidas derivando a curva da variação temporal da umidade (dX/dt) fornecendo os valores em g/g.min.

A evolução da temperatura do purê e da superfície do suporte ao longo do processo de secagem foi medida usando termômetro de infravermelho (AKSO, AK30 new) utilizando a emissividade da polpa igual a 0,96 (INCROPERA et al., 2007) correspondente a emissividade

do componente majoritário do purê de batata-doce, a água. A emissividade do filme de poliéster foi ajustada para 0,92 de acordo com o determinado em Durigon et al. (2017). A temperatura do ar foi medida com termômetro de espeto.

Umidade

A umidade do purê e dos filmes foi determinada pelo método gravimétrico em estufa (Huanghua Faithful Instrument Co., WHL-25AB, China) a 105 °C (AOAC, 2005).

Espessura dos filmes

A espessura dos filmes foi determinada com micrômetro digital (Carbon Fiber Composites Digital Thickness Gauge, TG 06-2021, Zhejiang, China) em pontos diferentes de cada amostra em torno da área de teste de película de seis posições aleatórias. Um valor médio da espessura do filme foi obtido para cada filme.

Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Tonon et al. (2009) com modificações. Amostras dos filmes (1 g) foram colocadas em cada recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 70%) e mantido a 25 °C. Após uma semana, as amostras foram pesadas e a higroscopicidade foi expressa como g de umidade adsorvida por 100 g de massa seca da amostra (g/100 g).

Cor

A cor do purê e dos filmes foi determinada usando espectrocolorímetro (Coralis Color Muse) em que foram determinados em escala CIELAB os valores de luminosidade (L^* , faixa entre o preto e branco, 0-100) e cromaticidade (a^* , grau de verde ao vermelho, -60 para +60; e b^* , grau de azul ao amarelo, -60 para +60) registrados em um app Color Muse.

Análise estatística

Os dados experimentais foram avaliados utilizando a análise de variância (ANOVA). A comparação múltipla das médias foi analisada pelo uso do teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$). O processamento dos dados e a análise estatística foram realizados usando o programa estatístico Statistica 8.0 (Statsoft Inc., Tulsa, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 01 constam os dados referentes aos sólidos solúveis das formulações de purê de batata-doce. Embora, o purê de batata-doce tenha sido adicionado de amido pré-gelatinizado, a quantidade não foi suficiente para alterar significativamente a concentração de sólidos solúveis das formulações.

Tabela 01: Sólidos solúveis das formulações (F1, F2, F3, F4 e F5) a base de batata-doce.

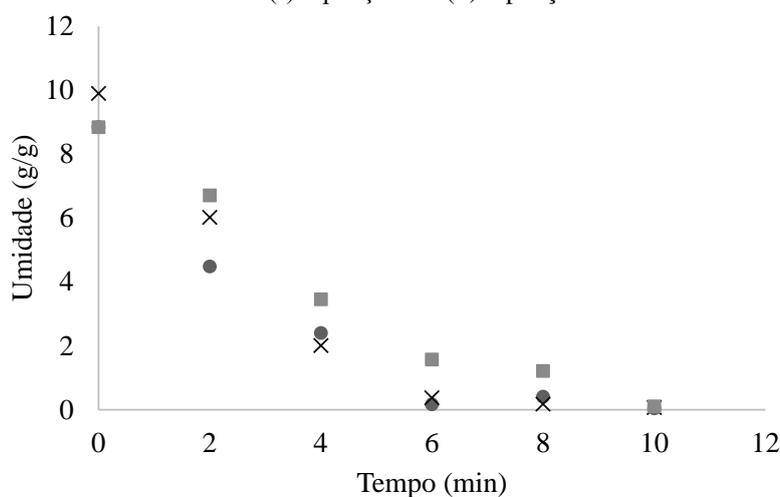
Formulações	Sólidos solúveis (°Brix) Média± DP
F1	5,00±0,00 ^a
F2	5,00±0,00 ^a
F3	5,33±0,57 ^a
F4	6,00±0,00 ^a
F5	6,00±0,00 ^a

Médias seguidas das mesmas letras sobrescritas na coluna indicam que não há diferença estatística pelo teste de Tuckey ($p < 0,05$).

Fonte: Própria (2022).

Na Figura 03 está apresentada a cinética de secagem do purê de batata-doce (tratamento 1) secos por *cast-tape drying*.

Figura 03: Cinética de secagem do filme de batata-doce, sem adição de amido pré-gelatinizado, (■) repetição 1, (●) repetição 2 e (×) repetição 3.

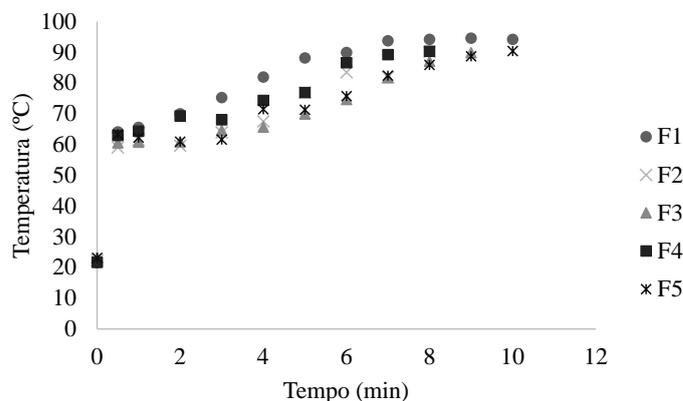


Fonte: Própria (2022).

O tempo final de secagem foi de 10 minutos para atingir umidade final abaixo de 0,1 g/g (b. s.). A secagem do purê de batata-doce até o sexto minuto se caracteriza por apresentar período a taxa de secagem constante de $1,43 \pm 0,2$ g/g.min observado na Figura 03 pelo decaimento linear da umidade com o tempo. Na literatura, alguns estudos (NINDO e TANG, 2007; ZOTARELLI et al., 2015; DURIGON et al., 2017) reportam esse comportamento e atribuem a alta umidade inicial (>90%) da matéria-prima e as finas espessura (1-3 mm) da camada espalhada nesse processo de CTD. O purê de batata-doce foi espalhado com 2 mm de espessura e apresentou umidade inicial de $90,2 \pm 0,6\%$ em base úmida (9,2 g de água/g de sólidos secos). Durante a secagem à taxa constante a pressão de vapor de água na superfície da amostra é próxima da pressão de saturação e a resistência à transferência de massa interna é desprezível (fina espessura da camada de polpa). Assim, a desidratação da polpa ocorre pela evaporação da água e é controlada pela transferência de calor proveniente do vapor d'água (ZOTARELLI et al., 2015; DURIGON et al., 2017). Simão et al. (2018) reporta taxas de secagem constante de 0,58 g/g.min para filme de manga sem amido e 0,635 g/g.min para filme de manga com 5% de amido secos em CTD (espessura do espalhamento de 3 mm, vapor de água a 98 °C e fibra de vidro recoberta com teflon como suporte) e, ambos os filmes foram secos em 18 minutos para obter umidade em torno de 0,06 g/g.

A temperatura do suporte de poliéster em todos os experimentos foi mantida em média $96,38 \pm 0,6$ °C e a temperatura do ar dentro da cabine exaustão/ventilação foi mantida em $24,48 \pm 1,35$ °C. Na Figura 04 estão apresentados os dados da evolução temporal da temperatura do purê de batata-doce, em todos as formulações (F1, F2, F3, F4 e F5) durante a secagem por CTD. Em todos os tratamentos, a temperatura do purê se elevou rapidamente no início, até o primeiro minuto, do processo de secagem atingindo valores entre 60 °C e 65 °C, o qual se deve ao período de adaptação da temperatura do purê ao do meio de secagem. Após esse período inicial de adaptação térmica do purê, a sua temperatura se manteve constante até o 4-5º minuto. Esse comportamento indica que a secagem ocorre a taxa constante, em que todo o calor que chega até o purê é usado para a evaporação da água livre presente no filme, como o purê é relativamente fino e não possui uma estrutura rígida, praticamente toda a água é removida sob este período à taxa constante. Após o oitavo minuto, a temperatura do purê se elevou (>90 °C) atingindo, no final, a temperatura próxima a do filme de poliéster o que caracteriza o final da secagem.

Figura 04: Evolução temporal da temperatura dos filmes (F1, F2, F3, F4 e F5) a base de batata-doce.



Fonte: Própria (2022).

A umidade final dos filmes em todas as formulações (F1, F2, F3, F4 e F5) se mantiveram abaixo de 0,108 g/g. Simão et al. (2018) reporta umidades dos filmes de manga obtidos em CTD menores que o presente estudo, em torno de 0,06 g/g. Os valores de umidade dependem da composição química do filme, do tempo de secagem e das condições do ar, como temperatura e umidade relativa.

Segundo Gennadios et al. (1993) o controle da espessura é ideal para a uniformidade dos filmes formados, reprodutibilidade das medidas realizadas e validade da comparação entre filmes. Assim, na Tabela 02 estão apresentados as espessuras dos filmes em que os valores não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$). Embora os valores de espessura dos filmes não foram significativamente diferentes, os filmes com adição de amido pré-gelatinizado apresentaram espessuras maiores que o filme sem adição (F1), isso se deve ao efeito espessante do amido. Simão et al. (2018) também reportou esse comportamento ao adicionar 5% de amido pré-gelatinizado em manga para obter filmes de manga no CTD, obtendo espessura de 0,4 mm frente 0,37 mm para o filme sem adição de amido. As maiores espessuras dos filmes reportados por Simão et al. (2018) em relação ao presente estudo se deve a maior espessura de espalhamento da polpa (3 mm). O filme 5 (F5) apresentou a maior espessura, possivelmente ao uso da maior concentração de amido pré-gelatinizado na formulação.

Os valores de higroscopicidade dos filmes de batata-doce obtidos por CTD estão apresentados na Tabela 02. De modo geral, a higroscopicidade dos filmes foi abaixo de 10% indicando que os filmes não são pegajosos em ambientes com UR de 50% (umidade relativa medida dentro do meio em que os filmes foram expostos por 7 dias). Simão et al. (2018)

reportou que 5 % de amido adicionado na polpa de manga não influenciaram a higroscopicidade dos filmes obtidos por CTD. Nascimento et al. (2019) reportou higroscopicidade de 21,46% para filmes de abricó-do-pará obtidos por refractance window. A higroscopicidade depende da matéria-prima, pois está relacionada à presença de substâncias amorfas, como açúcares. Baixa higroscopicidade garante estabilidade química e microbiológica durante o armazenamento (TONTUL et al., 2018).

Tabela 02: Espessura e higroscopicidade dos filmes obtidos a partir das formulações secas por *Cast-tape drying*.

Formulações	Espessura dos filmes (mm) Média ± DP	Higroscopicidade (%) Média± DP
F1	0,17 ± 0,04 ^a	4,15±0,21 ^{bc}
F2	0,16 ± 0,01 ^a	1,55±0,40 ^c
F3	0,18 ± 0,01 ^a	5,44±1,19 ^b
F4	0,18 ± 0,02 ^a	9,22±1,09 ^a
F5	0,20 ± 0,02 ^a	ND

a-cMédias seguidas das mesmas letras sobrescritas na coluna indicam que não há diferença estatística pelo teste de Tuckey (p<0,05). ND – Não determinado.

Fonte: Própria (2022).

Os parâmetros de cor (parâmetros L*, a*, b*, h° e C*) dos filmes desidratados por CTD estão apresentados na Tabela 3. Os valores de luminosidade L* foram maiores nos filmes adicionados de amido pré-gelatinizado devido a sua cor esbranquiçada. A cor prevalente no purê de batata-doce branca é o amarelo claro, devido a presença de carotenoides, podendo assim ser melhor representada pelo parâmetro de cromaticidade b* positivo para indicar as mudanças de cor provocadas pela formulação e pelo processo de secagem. Assim, para os filmes de batata-doce o parâmetro b* apresentou valores positivos em todos os filmes indicando coloração amarelada, sendo que os valores desse parâmetro foram maiores com o aumento da concentração de amido. No entanto, o amido pré-gelatinizado adicionado aos filmes provoca uma redução na saturação e intensidade de cor deixando os filmes mais opacos, esse comportamento foi evidenciado quando os valores de croma que são menores em relação ao filme sem adição de amido (F1). Simão et al. (2018) reportou que 5% de amido adicionado na polpa de manga não influenciaram nos parâmetros de cor dos filmes obtidos por CTD.

Tabela 03: Parâmetros de cor dos filmes de batata-doce produzidos por CTD.

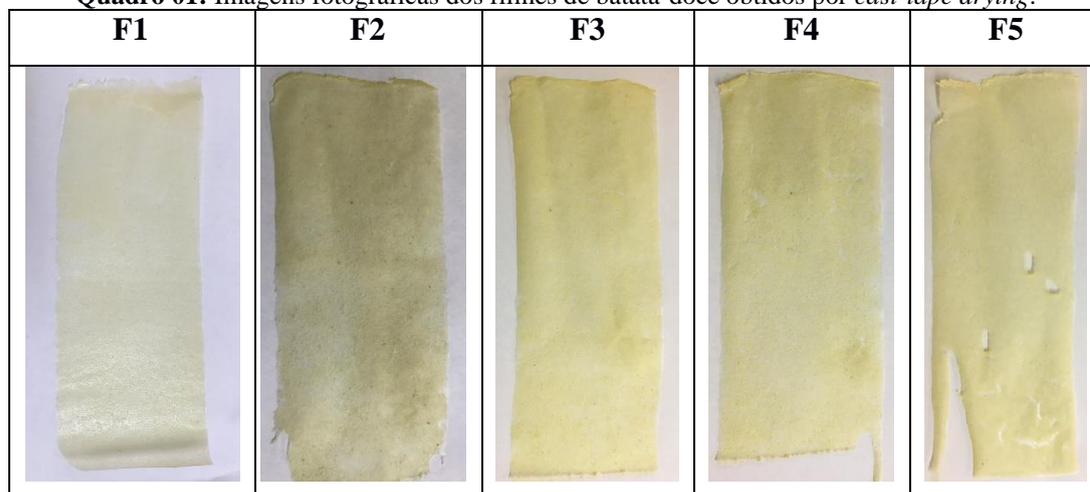
Formulações	L* Média±DP	a* Média±DP	b* Média±DP	h° Média±DP	C* Média±DP
F1	62,47±0,99 ^c	-1,80±1,15 ^b	15±1,36 ^c	52,93±1,98 ^b	37,60±0,63 ^a
F2	74,67±2,77 ^b	-2,20±0,41 ^b	26,2±2,31 ^b	50,67±0,72 ^c	24,73±2,22 ^{bc}
F3	78,73±1,94 ^a	-2,53±1,36 ^b	24,80 ±1,82 ^b	51,40±1,59 ^c	23,07±2,46 ^c
F4	74,20±2,77 ^b	-4,80±0,45 ^a	27,20±1,30 ^{ab}	56,8±1,10 ^a	27,20±2,38 ^b
F5	74,40±3,20 ^b	-2,67±0,62 ^b	28,93±2,74 ^a	51,20±1,01 ^c	24,67±2,66 ^{bc}

a-cMédias seguidas das mesmas letras sobrescritas na coluna indicam que não há diferença estatística pelo teste de Tuckey (p<0,05).

Fonte: Própria (2022).

Com as imagens fotográficas (Quadro 1) dos filmes de batata-doce desidratados por CTD foi possível observar visualmente que a cor dos filmes permaneceu com coloração amarelada característica do purê de batata-doce.

Quadro 01: Imagens fotográficas dos filmes de batata-doce obtidos por *cast-tape drying*.



Fonte: Própria (2022).

O filme 1 (F1), sem adição de amido, apresentou textura frágil e úmidos. Wang et al. (2011) reportou que filmes de cenoura com adição apenas de glicerol permanecem mais úmidos, pois o glicerol pode migrar para a superfície do filme exsudato e formam filmes pegajosos, principalmente em concentrações maiores que 5%.

Os filmes F2 (1 g de amido pré-gelatinizado) e F3 (2 g de amido pré-gelatinizado)

apresentaram filmes mais resistentes e com bom manuseio indicando que concentrações intermediárias de amido ajudam na estrutura mais homogênea do filme. A adição de macromoléculas como a do amido ajuda a melhorar a resistência dos filmes, possivelmente devido o alto teor de polissacarídeos que ajudam a formar a estrutura da rede do filme. Os polissacarídeos podem formar ligações com proteínas, aumentar interações com hidrogênios entre as cadeias poliméricas resultando em maior resistência de filmes (WANG et al., 2011, MCHUGH E OSLEN, 2004). Em filmes de manga sem e com adição de 5% de amido pré-gelatinizado Simão et al. (2018) reportaram filmes contínuos e com bom manuseio, e que os filmes sem adição de amido apresentaram maior resistência a tração devido as fibras presentes na polpa da manga.

Os filmes F5 (4 g de amido pré-gelatinizado) e F4 (3 g de amido pré-gelatinizado) se apresentaram quebradiços (presença de rupturas, rasgos e fraturas após a secagem) e formatos irregulares, o que demonstra a descontinuidade dos filmes. Altas concentrações de amido podem diminuir a flexibilidade dos filmes (XU et al., 2005) dificultando a retirada do suporte de secagem e manuseio do filme o que pode provocar danos a estrutura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cast-tape drying permite a obtenção de filmes de batata-doce em um curto tempo, devido a alta taxa de secagem em temperatura considerada moderada. Os filmes produzidos são contínuos, de bom manuseio e com cor característica do purê de batata-doce. A adição de amido pré-gelatinizado nas quantidades usadas nas formulações 2 e formulação 3, como agente espessante, é necessária para a melhor maleabilidade e homogeneidade dos filmes, além de promover menor higroscopicidade. Assim, a desidratação do purê de batata-doce por *cast-tape drying* indica ser potencial para a produção de filmes comestíveis para uso na culinária como um novo produto no mercado.

REFERÊNCIAS

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC**. In: Official Methods of Analysis of AOAC International, 2005.

ABONYI, B. I.; FENG, H.; TANG, J.; EDWARDS, C. G.; CHEW, B. P.; MATIINSON, D. S.; FELLMAN, J. K. Quality retention in strawberry and carrot purees dried with Refractance Window system. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 2, p. 1051-1056, 2001.

AINA, A. J.; FALADE, K. O.; AKINGBALA, J. O.; TITUS, P. Physicochemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, n. 9, p. 1696-1704, 2009.

CASTOLDI, M.; ZOTARELLI, M. F.; DURIGON A.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Production of tomato powder by refractance window drying. **Drying Technology**, v. 33, n. 12, p. 1463-1473, 2015.

DURIGON, A.; DE 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, 2016.

DURIGON, A.; PARISOTTO, E. I. B.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Heat transfer and drying kinetics of tomato pulp processed by cast-tape drying. **Drying Technology**, v. 36, p. 160–168, 2017.

CHOWDHURY, M.; BAA, B.; HAQUE, M. Energy and exergy analysis of the solar drying of jackfruit leather. **Biosystem Engineering**, v. 110, n. 2, p. 222–229, 2011.

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

FOLQUER, F. La batata (camote). **Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur**, 1978. 82 p.

OFFIA-OLUA, B.I.; EKWUNIFE, O. A. Production and evaluation of the physico-chemical and sensory qualities of mixed fruit leather and cakes produced from apple (*Musa Pumila*), banana (*Musa Sapientum*), pineapple (*Ananas Comosus*). **Nigerian Food Journal**. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGEa. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10233?ano=2019>. Acesso em: 10 ago. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGEb. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/pesquisa/14/0>. Acesso em: 10 ago. 2021.

FRABETTI, A. C. C.; DURIGON, A.; LAURINDO, J. B. Effect of process variables on the drying of guava pulp by cast-tape drying. **LWT - Food Science and Technology**, n. 96, p. 620–626, 2018.

GENNADIOS, A.; McHUGH, T. H.; WELLER, C. L.; KROCHTA, J. M. **Technomic Publishing Co, Inc. Lancaster USA**, 1993.

GUJRAL, H. S.; BRAR, S. S. Effect of hydrocolloids on the dehydration kinetics, color, and texture of mango leather. **International Journal of Food Properties**, v. 6, n. 2, p. 269–279, 2003.

HUANG, X.; HSIEH, F. Physical properties, sensory attributes, and consumer preference of pear fruit leather. **Journal of Food Science**, v. 70, p. E177–E186, 2005.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentos da Transferência de Calor e de Massa**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2008.

MASKAN, A.; KAYA, S.; MASKAN, M. Effect of concentration and drying processes on color change of grape juice and leather (pestil). **Journal of Food engineering**, v. 54, n. 1, p. 75–80, 2002.

MCHUGH, T. H.; OLSEN, C. W. Tensile properties of fruit and vegetable edible films. **United States – Japan Cooperative Program in Natural Resources**, p. 104–108, 2004.

MOUSA, N.; FARID, M. Microwave vacuum drying of banana slice. **Drying Technology**, v. 20, p. 2055-2066, 2002.

MONTEIRO, R. L.; DE MORAES, J. O.; DOMINGOD, J. D.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Evolution of the physicochemical properties of oil-free sweet potato chips during microwave vacuum drying. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 63, 2020.

NASCIMENTO, A. S.; RODRIGUES, A. M. C.; DA SILVA, H. M. Development of a dehydrated product with edible film characteristics from mammee apple (*Mammea americana* L.) using Refractance Window drying. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 3, 2019.

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

QUINTERO RUIZ, N. A.; DEMARCHI, S. M.; MASSOLO, J. F.; RODONI, L. M.; GINER, S. A. Evaluation of quality during storage of apple leather. **LWT - Food and Science Technology**, v. 47, n. 2, p. 485– 492, 2012.

RAAB, C.; OEHLER, N. **Making Dried Fruit Leather**. Oregon State University Extension Service, USA, 1–4, 2000.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MIRANDA, J. E. C.; FRANÇA, F. H.; CARRIJO, O. A.; SOUZA, A. F.; PEREIRA, W. **Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batata* (L.) Lam.)**. Embrapa: Centro Nacional de Pesquisa e Hortaliças, 3 ed., 1995.

SILVA, J. B. C; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. **Batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. Embrapa Hortaliças: Sistemas de Produção, 6 ed., 2008.

SILVA, L. S.; SOUZA, D. S.; LAURINDO, J. B. L. SILVA, F. O.; DURIGON, A. Elaboração e estudo de filmes comestíveis de goiaba (*Psidium guajava* L.) obtidos por *cast-tape drying*. In: V Encontro Nacional da Agroindústria, Bananeiras – PB, 2019.

SIMÃO, R. S.; MORAES, J. O.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Recent Advances in the Production of Fruit Leathers. **Food Engineering Reviews**, 2019.

SIMÃO, R. S.; MORAES, J. O.; SOUZA, P. G.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Production of mango leathers by cast-tape drying: product characteristics and sensory evaluation. **LWT - Food and Science Technology**, v. 99, p. 445–452, 2018.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; BRABET, C.; GIBERT, O.; PALLET, D.; HUBINGER, M. D. Water sorption and glass transition temperature of spray dried açai (*Euterpe oleracea Mart.*) juice. **Journal of Food Engineering**, v. 94, p. 215-221, 2009.

TONTUL, O.; KASIMOGLU, Z.; ASIK, S.; ATBAKAN, T.; TOPUZ, A. Functional properties of chickpea protein isolates dried by refractance window drying. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 109, p. 1253-1259, 2018.

VALENZUELA, C.; AGUILERA, J. M. Effects of different factors on stickiness of apple leathers. **Journal of Food Engineering**, v. 149, p. 51–60, 2015.

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.

YILMAZ, F. M.; YÜKSEKKAYA, S.; VARDIN, H.; KARAASLAN, M. The effects of drying conditions on moisture transfer and quality of pomegranate fruit leather (pestil). **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, n. 1, p. 33-40, 2017.

XU, Y. X.; KIM, K. M.; HANNA, M. A.; NAG, D. Chitosan–starch composite film: preparation and characterization. **Ind Crops Prod**, v. 21, n. 2, p. 185–192, 2005.

WANG, X.; SUN, X.; LIU, H.; LI, M. M. A. Z. Barrier and mechanical properties of carrot puree films. **Food and Bioprocesses Process**, v. 89, n. 2, p. 149–56, 2011.