

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AMIDO DA SEMENTE DA JACA POR SECAGEM EM LEITO DE JORRO

Obtaining and characterization of jaca starch by drying in spray bed

Thais Jaciane Araujo RODRIGUES^{1}, Shirlyanne Ferreira da SILVA², Layanne Rodrigues da SILVA³, Juliana Tatiaia de Moraes DIAS⁴, Ana Paula Trindade ROCHA⁵*

RESUMO

As atividades relacionadas ao beneficiamento de resíduos tem sido um ponto positivo na indústria alimentícia. A procura por novas fontes amiláceas vem crescendo e fazendo com que o setor produtivo esteja em busca de novas tecnologias e novas fontes de amido natural. Portanto, o objetivo do nosso trabalho foi estudar as propriedades do amido extraído dos resíduos de jaca após secagem em leito de jorro. Um delineamento experimental compreendendo 7 experimentos foi utilizado com variações na temperatura de entrada variando de 60 a 80°C e pressão de atomização variando de 2 a 4 bar, tendo como variável dependente o rendimento e o teor de amido. Propriedades físico-químicas, físicas e morfológicas do amido foram avaliadas com o intuito de observar a eficácia do processo de secagem. Os resultados revelaram que a secagem resultou em um pó com teor de água em torno de 5%, havendo um experimento com rendimento significativo de 66,82% e 99,44% em teor de amido ao utilizar temperatura de entrada de 60°C e pressão de atomização de 4bar, demonstrando assim que para obter eficiência industrial ocorre economia energética, sendo um atrativo para comercialização do mesmo. Quanto as propriedades físico-químicas e físicas, resultados favoráveis foram obtidos, sendo possível ressaltar a efetividade do processo de extração e de secagem. A microscopia eletrônica de varredura não apresentou diferença significativa em função da estrutura dos amidos, sendo possível assim, ressaltar que a alteração da temperatura e pressão no processo de secagem não influenciou na morfologia dos grânulos de amido em pó.

Palavras-chave: Amido nativo; *Artocarpus heterophyllus*; Beneficiamento de resíduo; Pulverização

ABSTRACT

The activities related to the processing of residues have been a positive point in the food industry. The demand for new starch sources has been growing and the productive sector is looking for new technologies and new sources of natural starch. Therefore, the aim of our work was to study the properties of starch extracted from jackfruit residues after drying in a spouted bed. An experimental design comprising 7 experiments was used with variations in the inlet temperature ranging from 60 to 80°C and atomization pressure varying from 2 to 4 bar, with the starch yield and content as the dependent variable. Physicochemical, physical and morphological properties of starch were evaluated in order to observe the effectiveness of the drying process. The results revealed that drying resulted in a powder with a water content of around 5%, with an experiment with a significant yield of 66.82% and 99.44% in starch content when using a temperature of 60 ° C and atomization pressure of 4 bar, thus demonstrating that in order to obtain industrial efficiency, energy savings occur, being an attraction for its commercialization. Regarding the physical-chemical and physical properties, favorable results were obtained, being possible to emphasize the effectiveness of the extraction and drying process. The scanning electron microscopy did not present any significant difference due to the structure of the starches, being possible, therefore, to emphasize that the changes in temperature and pressure in the drying process did not influence the morphology of the powdered starch granules.

Keywords: Native starch; *Artocarpus heterophyllus*; Waste processing; Spraying

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/04/2021; aprovado em 05/06/2021

¹Pós-graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande; 83998909346, thaisjaraujo@hotmail.com.

²Pós-graduado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, shisferreira@hotmail.com

³Pós-graduando em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Campina Grande, laayanne@hotmail.com

⁴Acadêmico de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Campina Grande, julianamoraiseng@gmail.com

⁵Professor Adjunto, Universidade Federal de Campina Grande, ana_trindade@yahoo.com.br

Introdução

A valorização do beneficiamento de resíduos na indústria alimentícia é uma atual tendência global de grande importância para aprimorar a economia do processamento de alimentos. O descarte dos resíduos do processamento representa um crescente problema devido ao aumento da produção. Dessa maneira, uma utilização eficiente, alternativa, econômica e segura para o meio ambiente, está se tornando mais importante especialmente devido à rentabilidade e aos possíveis empregos (FERREIRA et al., 2019).

Por se tratar de um produto bastante utilizado na indústria alimentícia, o amido possui inúmeras aplicações e importante papel comercial. Por ser considerado uma das mais abundantes fontes de carboidratos, é a principal substância de reserva em plantas, responsável por 70-80% da energia calórica consumida pelo homem. Contudo, para a caracterização de uma matéria-prima amilácea não basta que a planta possua um órgão rico em amido, é preciso que, além disso, essa planta seja de boa produtividade e fácil cultivo e principalmente, que seu conteúdo em amido seja fácil de extrair, assim, várias oportunidades visando melhorar a extração do amido de diversas fontes de origem botânica vem sendo estudadas (ALCÁZAR-ALAY; MEIRELES, 2015; MENDES et al., 2015).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (WHO/FAO, 1998), é também a fonte mais importante de carboidratos na alimentação humana, representando 80% a 90% de todos os polissacarídeos da dieta. Porém, sabe-se que a taxa e a extensão da digestão do amido no organismo humano podem ser influenciadas por diversos fatores, incluindo a variação na proporção amilose:amilopectina, o processamento dos alimentos e as propriedades físico-químicas, como gelatinização e retrogradação (LAJOLO; MENEZES, 2006).

Dentre as fontes alternativas de amidos naturais, podem estar os frutos da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* L.), planta originária da Ásia (Malásia e Índia) (CAVALCANTE, 1991). Mesmo sendo considerada uma espécie que possui elevada fonte de nutrientes com composição de carboidratos (18,9%), minerais (0,8%) e vitaminas (30 UI), possui baixa perspectivas de aproveitamento econômico sustentável carecendo de pesquisas nas mais variadas áreas como melhoramento genético e aproveitamento de suas partes e seus compostos. A semente, sendo um resíduo proveniente da jaca, possui elevados teores de amilose e conteúdo de proteínas, podendo ser assim uma fonte aceitável para a extração de amido (CAMPBELL et al., 1998; TRAN et al., 2015; RESENDIZ-VAZQUEZ et al., 2017).

Desde a antiguidade, a humanidade vem procurando soluções para a conservação de materiais, a secagem ou a desidratação surge como um dos principais métodos utilizados não só para esse fim, mas também para facilitar o transporte, a armazenagem e a padronização desses materiais (CUNHA, 1999). Pesquisas evidenciam que a utilização do secador tipo leito de jorro tem sido difundida devido às suas características, tais como: alta taxa de circulação de partículas inertes, bons coeficientes de transferência de calor, massa e a uniformidade da

temperatura no leito, o que propicia principalmente à utilização dessa técnica na secagem de pasta a suspensão de materiais termossensíveis (MELO et al., 2010).

A secagem escolhida (leito de jorro) como método para obtenção do amido em pó, tem como principal característica um produto de alta qualidade e baixo custo, conservando compostos bioativos e oferecendo vantagem em relação ao tempo de secagem sobre outros métodos convencionais. O processo basicamente se dá pela atomização da pasta ou suspensão sobre um leito de partículas, sendo estas revestidas com uma fina camada de material, a fragilidade da película faz com que a mesma se quebre rapidamente como consequência do choque entre as partículas, sendo esse material arrastado para fora da câmara de secagem por intermédio da corrente de ar utilizada, seguida da separação do pó por um ciclone conectado ao secador. Por se tratar de um método alternativo a secagem por *spray dryer*, o leito de jorro se destaca devido sua eficiência e baixo tempo de contato. Por se tratar de uma operação unitária com diversas variáveis a serem controladas, torna-se fundamental o uso de um planejamento experimental com o objetivo de reduzir a quantidade de ensaios de secagem mais sem deixar de verificar a ação das variáveis independentes durante o processo (CASTRO et al., 2017; SOARES; PEREIRA, 2020).

Ao considerar o amido de jaca para aplicação alimentar, como encapsulante, revestimento comestível ou aditivo alimentar, é necessário comprovar se o processo de secagem atua de forma positiva ou negativa em função da facilidade de uso e alteração das características do mesmo. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi estudar a influência de uma secagem em escala laboratorial de amido extraído da semente de jaca, com o intuito de observar a conservação do amido em pasta e em pó, além das propriedades funcionais para uso.

Material e métodos

- Materiais

As sementes das jacas, utilizados como matéria-prima para extração do amido, foram fornecidos pela empresa A Casa do Doce, localizada na cidade de Areia, Paraíba, Brasil.

- Obtenção do amido

Os amidos foram obtidos de acordo com a metodologia proposta por Silva et al. (2019) com adaptações, onde resumidamente, os sementes foram cortados em pedaços de 1cm³ e depois submerso em solução de bissulfito de sódio a 0,5% por 24 h com uma proporção de 1:2 (sementes:solução / peso:volume). As sementes foram moídas com água destiladas por 5 min a 1000 rpm usando um cortador (Phillips Walita, 800w). Após a desintegração das sementes, o material passou em uma tela de 65 mesh. A suspensão de amido foi decantada por 12 h em ambiente refrigerado para evitar enzimas ou ação fermentativa. Após a primeira decantação, a suspensão teve seu sobrenadante descartado e o precipitado suspenso em água destilada e decantado novamente por 12 h. Este procedimento foi realizado até o precipitado atingir uma cor característica e textura de amido.

- Secagem em leito de jorro

A secagem da emulsão de amido foi realizada em leito de jorro modelo FBD 1.0 da LabMaq do Brasil, sendo estabelecidas para cada experimento constantes os valores de vazão de ar (Var): 20 l/min; jorro mínimo: 3,048 m³ min⁻¹; vazão de suspensão do bico atomizador (Ws): 5,1 g min⁻¹ e pressão interna: 2,6 bar. A temperatura de entrada e a pressão de atomização foram alteradas conforme planejamento experimental, com o intuito de estudar suas variações considerando a significância do processo e da resposta a ser obtida no mesmo.

- Experimentos de secagem

A influência das variáveis de entrada, temperatura de entrada do ar de secagem (T) e pressão de atomização (P), no rendimento do processo e as propriedades do amido foram estudadas. Um delineamento experimental 2² com 3 experimentos no ponto central, resultando em 7 experimentos. A temperatura de secagem (T) na entrada variou de 60 a 80 °C, com base em extremos da temperatura de gelatinização usualmente observadas na literatura. A pressão de atomização (P) variou de 2 a 4 bar, até influenciar a formação de diferentes tamanhos de gotículas durante a atomização. Uma configuração de contracorrente e um fluxo de secagem de 325 kg/h, com vazão de alimentação de 5,0 g/min. Pós de amido extraídos dos sementes de jaca foram armazenados em embalagens metálicas flexíveis com zíper (espessura 0,11 mm, tamanho 10x17,5 cm), vedado a vácuo e armazenado em um dessecador à temperatura ambiente. O rendimento (R) foi calculado conforme equação (01) e o teor de amido (A), conforme metodologia (925,38) proposta pela AOAC (2016), sendo ambos com resultados expressos em porcentagem.

$$R(\%) = \frac{M_c * (1 - X_c)}{M_A * (1 - X_A)} * 100 \quad (1)$$

Onde M_c é massa coletada (g), M_A é massa alimentada (g), X_c é a umidade em base úmida da amostra coletada (g) e X_A é a umidade em base úmida da amostra alimentada (g).

- Caracterização físico-química e física da emulsão de amido e do amido em pó

A composição físico-química do licor de amido e do amido em pó foram determinadas em triplicado de acordo com os métodos AOAC (2016) para pH, acidez (942,15), teor de água (922,10), atividade da água, cinzas (940,26) e lipídios (983,23). A atividade da água foi determinada por leitura direta, utilizando o higrômetro Aqualab modelo 3 TE, da Decagon. Os amidos foram caracterizados por densidade aparente segundo Politi (2009), densidade compactada por Tonon (2009) e ângulo de repouso segundo Geldart et al. (2006). O índice de Carr e o fator de Hausner também foram calculados através de Hausner (1967). Os parâmetros relacionados a cor foram obtidos utilizando colorímetro MiniScan XE Plus.

- Microscopia eletrônica de varredura

A morfologia das partículas foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com um

TESCAN VEGA 3, operado a 5 kV e com ampliações variando de 250x a 1000x. Nenhum revestimento foi usado. Imagens foram analisadas em triplicado usando ImageJ para determinar a granulometria distribuição.

- Análise estatística

Os dados das caracterizações físico-química foram submetidos ao delineamento inteiramente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa Assistat versão 7. No planejamento experimental, os efeitos das variáveis independentes sobre as variáveis dependentes foram avaliados mediante análise estatística utilizando o programa computacional Statistica versão 7.0.

Resultados e discussão

- Caracterização da emulsão de amido de jaca

Após a extração do amido das sementes da jaca, realizou-se a caracterização física e físico-química do amido líquido obtido após a decantação e separação de fase água + amido (Tabela 1).

O pH e a acidez total titulável se mantiveram na faixa de alimentos pouco ácidos, sendo essa uma característica positiva, pois essa faixa estabelecida possui baixo desenvolvimento de fungos, garantindo assim que a emulsão obtida terá maior estabilidade durante o armazenamento.

A quantificação de amido, cinzas e lipídeos encontradas foram significativamente baixas, tendo em vista, ao observar o teor de água, a elevada quantidade de água na amostra, demonstrando assim uma diluição dos componentes. Além disso, a atividade de água quantificada, demonstra grande indicio de um maior desenvolvimento microbiológico na emulsão devido a elevada concentração de água livre.

Tabela 1. Caracterização físico-química e física da emulsão de amido de jaca.

| Parâmetros | Valores |
|--------------------------|-------------|
| pH | 5,68±0,01 |
| Acidez total titulável** | 0,99±0,01 |
| Teor de amido (%) | 35,81±0,42 |
| Teor de água (%) | 39,65±0,01 |
| Sólidos totais (%) | 60,35±0,01 |
| Atividade de água | 0,999±0,001 |
| Cinzas (%) | 0,03±0,0001 |
| Lipídeos (%) | 0,93±0,10 |
| COR | |
| L* | 80,4±0,45 |
| b* | 8,31±0,18 |
| a* | 0,36±0,77 |
| Croma | 8,32±0,77 |
| Índice de tonalidade | 1,53±0,02 |

** (mL NaOH 1N/100g.); Média ± Desvio Padrão

Os parâmetros L*, a*, b*, croma e H° caracterizam a cor do amido, sendo observado que por se tratar de uma amostra com coloração branca, o parâmetro que mais expressivo é o L*, que corresponde à luminosidade, sendo quantificada em 80,4, demonstrando assim uma elevada

luminosidade da emulsão de amido por apresentar valor próximo de 100.

Ensaios de secagem

Na Tabela 2, podemos observar os valores obtidos nos 7 experimentos do planejamento experimental para rendimento e teor de amido, sendo esses valores utilizados para obtenção da estatística obtida no delineamento experimental (DOE) executado.

O rendimento variou de 34,22 a 66,82%, sendo respectivamente os experimentos 2 e 3. O maior rendimento do processo de secagem para obtenção do amido de semente de jaca em pó foi encontrado no ensaio onde utilizou-se o nível máximo para a pressão de atomização (4 bar) e mínimo para temperatura de entrada (60°C), comportamento esse explicado pelo fato de que ao aumentar a pressão de atomização ocorre um consequente aumento da área total de aspersão, facilitando a troca de calor e aumentando a evaporação de água, tornando o processo mais eficiente e rápido, resultando assim em um maior rendimento.

Tabela 2. Resultados obtidos nos ensaios de secagem.

| Experimento | T (°C) | P (bar) | R (%) | A (%) |
|-------------|--------|---------|-------|-------|
| 1 | 60 | 2 | 41,85 | 82,34 |
| 2 | 80 | 2 | 34,22 | 87,03 |
| 3 | 60 | 4 | 66,82 | 99,44 |
| 4 | 80 | 4 | 40,33 | 99,92 |
| 5 | 70 | 3 | 42,04 | 86,88 |
| 6 | 70 | 3 | 41,22 | 84,83 |
| 7 | 70 | 3 | 42,98 | 88,99 |

T: Temperatura (°C); P: Pressão de Atomização (bar); R: Rendimento (%); A: Teor de Amido (%)

Além disso, segundo Ferreira et al. (2019), ao estudarem o processo de secagem do amido extraído da semente de manga, para um rendimento ser considerado atrativo a nível industrial, deve resultar valores acima de 50%, demonstrando assim um processo bem-sucedido. O menor rendimento, experimento 2, pode ser justificado tanto pela baixa pressão indo em contra ponto ao justificado anteriormente para o melhor rendimento do processo, quanto pelo pó retido na parede da câmara de secagem. Com isso, é possível observar que o processo resulta em uma técnica que necessita de um baixo gasto energético, pois para obtenção de uma faixa elevada de rendimento, utilizou-se uma menor temperatura.

Segundo Bernardo et al. (2016), o teor de amido depende da origem botânica utilizada como fonte, do método de extração e do tipo de reagente utilizado durante o processo. Os valores obtidos, variaram de 82,34 a 99,92%, nos experimentos 1 e 4, respectivamente.

Ao analisar os dados obtidos, é possível observar que ao utilizar as maiores temperaturas de secagem, foram observadas as maiores concentrações desse teor, podendo estar ligado ao fato de que ocorre maior evaporação de água e consequentemente maior concentração dos compostos presentes nas amostras em pó. Além disso, nota-se ao observar o teor de amido na emulsão, 35,81%, havendo assim uma concentração desse constituinte, demonstrando a

eficiência do processo de secagem em leito de jorro, por não resultar na degradação dos compostos de interesse.

Coefficientes de regressão

A Tabela 3, demonstra a influência de cada variável em função dos coeficientes utilizados para ajustar a equação polinomial, além dos valores de F e o coeficiente de determinação R².

Tabela 3. Coeficientes de regressão para a equação polinomial.

| Coeficientes | | R (%) | A (%) |
|----------------|-----|-------|-------|
| β_0 | - | 44,20 | 89,91 |
| β_1 | T | -8,53 | 7,49 |
| β_2 | P | 7,77 | NS |
| β_3 | T.P | -4,71 | NS |
| R ² | | 96,08 | 80,68 |
| F | | 24,52 | 4,17 |

β_0, β_3 : Coeficientes de regressão; R²: Coeficiente de determinação; NS: Não Significativo. Temperatura (°C); P: Pressão de Atomização (bar); R: Rendimento (%); A: Teor de Amido (%)

O rendimento apresentou coeficientes significativos para os parâmetros individuais e sua interação. O efeito apresentado a temperatura (T) por β_1 , foi negativo, sendo possível analisar que ao aumentar a temperatura do nível mínimo ao nível máximo pode-se ter uma redução na média do rendimento de 8,53%, já a pressão apresentou efeito positivo, ou seja, ao aumentar a quantificação da variável podemos ter como resultado um aumento no rendimento de 7,77%.

A interação β_3 , também mostrou efeito negativo, sendo possível assim desdenhar que ao efetuar o aumento em conjunto da temperatura e pressão, o rendimento pode sofrer uma redução. Assim, é possível observar que o processo é voltado a uma economia de energia, pois não necessita de elevados valores de temperatura para garantir a eficiência do mesmo.

Quanto ao teor de amido, apenas a temperatura, β_1 , apresentou significância no processo. O efeito observado foi positivo, sendo possível afirmar que ao elevar a temperatura de entrada do processo de secagem tem-se um aumento no teor de amido, devido a maior eficiência na eliminação da água presente na composição alimentada durante a secagem e consequentemente uma maior concentração do teor observado.

Sendo R², coeficiente de determinação, uma avaliação em relação a qualidade do ajustamento por fornecer uma medida da proporção da variação exposta pela equação de regressão em associação à variabilidade total das respostas, se diversificando de 0 a 100%, podendo assim verificar o bom ajuste dos coeficientes a equação (RODRIGUES; IEMMA, 2014).

No presente estudo os coeficientes de determinação obtidos, são aceitáveis. Para o rendimento, temos R² 96,080, estando próximo a 100% e conferindo um bom ajuste ao modelo proposto, esse comportamento se dá pelo fato de além de todos os coeficientes terem sido

significativos, trata-se de uma variável ligada diretamente ao processo de secagem, ou seja, processo ao qual o planejamento buscou estudar a ação das variáveis independentes sobre as dependentes. Quanto ao teor de amido, observa-se um coeficiente de determinação 80,68, valor esse esperado por se tratar de um parâmetro que tem influência direta com outras quantificações de composição do amido em questão, além de ser uma variável dependente que não foi diretamente modificada devido a alteração dos níveis das variáveis independentes estudadas.

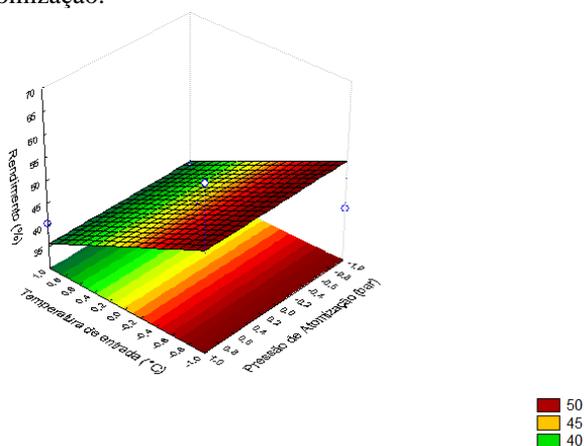
O teste F, trata-se de um teste utilizado para auxiliar na identificação dos fatores e interações significativos no processo, sendo o mesmo indispensável para a busca da compreensão do desempenho da variável dependente relacionando o F calculado na análise de variância (ANOVA) com F tabelado. Havendo significância ao nível de probabilidade estabelecido apenas quando F calculado é superior a F tabelado, temos que apenas o rendimento seguiu esse comportamento apresentando F calculado 24,52, pois o F tabelado para ambas as variáveis dependentes foi 9,28.

Superfície resposta

Sendo as superfícies de resposta, um método capaz de realizar uma predição das condições ideais a serem empregadas durante o processo, para um planejamento do tipo delineamento experimental (DOE), as superfícies de resposta devem ser geradas se a análise de variância (ANOVA) for significativa, sendo esse estado observado do teste F (RODRIGUES; IEMMA, 2014).

Com os valores expostos na Tabela 3, que como já discutido anteriormente, o teste F foi estatisticamente significativo para o rendimento, a superfície de resposta gerada analisou a análise de tendências e de regiões de interesse ao processo, realizando as interações entre as variáveis independentes. A Figura 1 ilustra as superfícies de resposta obtida para a variável dependente rendimento, relacionando as duas variáveis independentes do processo.

Figura 1. Superfície de resposta do rendimento do amido de semente de jaca com temperatura de entrada e pressão de atomização.



A Figura 1 demonstra que ao analisar a temperatura de entrada e a pressão de atomização, observamos que ao realizar o processo de secagem com o

menor nível de temperatura (60°C), pode-se variar a pressão de atomização a qualquer nível proposto que o rendimento observado será elevado, sendo mantido esse comportamento para qualquer temperatura de entrada utilizada, demonstrando que o processo de secagem em leito de jorro apresenta tendência direcionada a representatividade de ambas as variáveis independentes estudadas.

Caracterização físico-química e física do amido em pó

Na Tabela 4 e 5, é possível observar a caracterização físico-química e física dos 7 experimentos obtidos por meio do delineamento experimental (DOE) através da secagem em leito de jorro.

O pH das amostras variaram de 5,80 a 6,52, sendo característicos de um meio pouco ácido e próximo a neutralidade. A acidez total titulável (ATT) não apresentou diferença estatisticamente significativa entre as amostras, mantendo 2,07 mL de NaOH por 100g de amostra.

Mendes et al. (2012) quantificaram o teor de água do amido extraído da semente de manga em 10,3%, sendo esse valor superior ao maior valor (6,10%) quantificado nos experimentos. Mesmo não sendo apenas água removida, mas também outras substâncias que se volatilizam nas condições de aquecimento impostas pela metodologia, os teores de sólidos totais variaram de 93,90 a 95,3%, sendo esses valores elevados ao observar a elevada adição de água durante a obtenção do amido.

A importância da atividade de água está na sua relação com a conservação dos alimentos, pois seus valores mostram quais as chances o alimento tem de se deteriorar devido a sua ligação direta com as reações químicas e a atividade enzimática dos alimentos (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). Para valores entre 0,30-0,80, as reações químicas e enzimáticas ficam favorecidas pois ocorre aumento da concentração dos reagentes, como nos experimentos 1, 2 e 3, que obtiveram valores um pouco acima de 0,30. Já quando a atividade de água alcança valores inferiores a 0,30, no caso dos demais experimentos, atinge-se a zona de adsorção primária na qual não há dissolução dos componentes do alimento pela água, o que reduz a velocidade das reações, com exceção da oxidação lipídica, pois esta pode ocorrer tanto em baixa atividade de água quanto em elevadas. Sendo, em ambos os experimentos, atividades de água, consideradas seguras para armazenamento.

Quanto ao teor de cinzas, os experimentos mostram valores baixos, sendo uma característica dos amidos, por apresentarem baixo teor de resíduos inorgânicos na sua composição. O menor valor encontrado foi 0,24%, como mostra Tabela 4, no experimento 4, sendo o valor mais próximo que esse encontrado por Luciano (2016) para o amido extraído de jaca mole (0,20%). Já o valor extremo, de 0,39%, foi encontrado no experimento 2, próximo ao obtido por Mendes (2012), de 0,40 para amido extraído do caroço da manga de variedade Tommy Atkins.

No teor lipídico, nota-se que ao elevar a temperatura de secagem, há uma redução dos valores, mostrando assim que um complexo entre amilose e lipídios pode ser formado e apenas uma pequena porção de lipídios é quantificada após a extração com solvente orgânico. Os

valores encontrados variam de 2,17 a 5,72%, valores esses próximos aos encontrados por Cavalcanti (2011) que obteve valores entre 0,24 e 0,59 para amido extraído da semente de jaca, assim como os encontrados por Ferreira et al. (2019),

variando de 2,30 a 6,65% ao estudarem o amido extraído da semente de manga, traçando dessa forma um perfil de baixo teor lipídico para amidos extraídos de diferentes fontes.

Tabela 4. Caracterização físico-química dos experimentos para obtenção do amido de jaca em pó.

| Experimento | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| pH | 5,80 ±0,08 c | 5,86 ±0,001 b | 5,86 ±0,05 bc | 5,83 ±0,002 bc | 6,51 ±0,001 a | 6,52 ±0,001 a | 6,51 ±0,002 a |
| ATT* | 2,07 ±0,004 a | 2,07 ±0,07 a | 2,07 ±0,01 a | 2,07 ±0,01 a | 2,07 ±0,05 a | 2,07 ±0,05 a | 2,07 ±0,05 a |
| T _a (%) | 5,17 ±0,03 cd | 6,10 ±0,007 a | 5,81 ±0,15 ab | 4,68 ±0,29 d | 5,39 ±0,23 bc | 5,11 ±0,29 cd | 5,50 ±0,13 abc |
| S _t (%) | 94,82 ±0,03 ab | 93,90 ±0,06 d | 94,19 ±0,13cd | 95,32 ±0,26 a | 94,1 ±0,20 bc | 94,89 ±0,20 ab | 94,50 ±0,12 bcd |
| A _a | 0,344 ±0,001 a | 0,320 ±0,007 b | 0,318 ±0,001 c | 0,240 ±0,001 de | 0,231 ±0,007 e | 0,249 ±0,001 de | 0,251 ±0,001 d |
| C (%) | 0,29 ±0,001 a | 0,29 ±0,07 a | 0,42 ±0,001 a | 0,24 ±0,03 a | 0,29 ±0,01 a | 0,39 ±0,02 a | 0,37 ±0,01 a |
| L (%) | 2,17 ±0,23 c | 5,54 ±0,62 a | 5,72 ±0,56 a | 2,32 ±0,56 c | 3,74 ±0,41 b | 3,84 ±0,64 b | 3,80 ±0,78 b |

Média ± Desvio Padrão. *:mL NaOH 1N/100g. ATT: Acidez total titulavel; T_a(%): Teor de água; S_t(%): Sólidos totais; A_a: Atividade de água; C(%): Cinzas; L(%): Teor de lipídios. Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente (P ≤ 0,05) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância.

A determinação da cor foi avaliada em 5 parâmetros, L*, a*, b*, cromas e H°, onde L* correspondente a luminosidade da amostras é considerado o valor mais significativo para o produto estudado, sendo ele de cor branca, quando o valor é positivo e próximo de 100 implica dizer que a amostra configura maior proximidade com o amido usualmente comercializado. Conforme Tabela 5, o experimento 4 obteve maior valor de luminosidade (86,1) e o experimento 1 o menor (72,89), sendo consequentemente considerado o menos luminoso, mas ambos são aceitos pelo fato de que a composição do amido configura baixos índices de conteúdo de lipídeos e cinzas.

Sendo o cromas e o ângulo de tonalidade, respectivamente, a intensidade da cor e a cor observável, observa-se uma constância dos resultados, sem a presença

de diferença estatisticamente significativa entre as amostras, assim como os parâmetros a* e b*.

A determinação da densidade aparente e compactada foi usada para a previsão das características de compressibilidade dos experimentos. Esse método tem sido amplamente aceito como auxiliar para a determinação do Fator de Hausner (FH), assim como para o Índice de Caar (IC). Todas as formulações apresentaram Fator de Hausner inferior a 1,25, Índice de Caar inferior a 0,18, características estas que resultam em pós facilmente compressíveis, conforme mencionam Prista et al. (1995). O ângulo de repouso (θ_r) corroborou para características de fluxo regular, por apresentar valores inferiores a 0,40, identificando fluxo livre (PRISTA et al., 1995).

Tabela 5. Caracterização física dos experimentos para obtenção do amido de jaca em pó.

| Experimento | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| L* | 72,89 ±0,49 d | 75,50 ±0,14 c | 78,21 ±0,25 b | 86,10 ±0,10 c | 82,45 ±0,72 a | 82,67 ±0,24 a | 82,62 ±0,45 a |
| a* | 0,18 ±0,09 a | 0,22 ±0,06 a | 0,20 ±0,13 a | 0,14 ±0,05 a | 0,39 ±0,30 a | 0,35 ±0,03 a | 0,36 ±0,13 a |
| b* | 5,27 ±0,22 a | 5,36 ±0,37 a | 4,61 ±0,28 a | 4,04 ±0,19 a | 4,91 ±1,24 a | 5,22 ±0,40 a | 5,10 ±0,77 a |
| C | 5,27 ±0,22 a | 5,37 ±0,28 a | 4,61 ±0,37 a | 4,04 ±0,19 a | 4,92 ±1,26 a | 5,23 ±0,40 a | 5,11 ±0,77 a |
| H° | 1,53 ±0,02 a | 1,52 ±0,008 a | 1,52 ±0,03 a | 1,53 ±0,01 a | 1,49 ±0,04 a | 1,49 ±0,001 a | 1,50 ±0,01 a |

| | | | | | | | |
|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| pa | 0,32 ±0,02 c | 0,36 ±0,002 b | 0,35 ±0,01 bc | 0,35 ±0,01 bc | 0,37 ±0,04 b | 0,42 ±0,004 a | 0,43 ±0,03 a |
| pc | 0,40 ±0,02 d | 0,41 ±0,003 c | 0,43 ±0,02 a | 0,42 ±0,02 b | 0,43 ±0,03 a | 0,43 ±0,003 a | 0,43 ±0,02 a |
| IC | 0,165 ±0,02 a | 0,10 ±0,003 b | 0,16 ±0,01 a | 0,16 ±0,01 a | 0,11 ±0,03 b | 0,11 ±0,002 b | 0,11 ±0,02 b |
| FH | 1,23a ±0,01 | 1,12 ±0,001 b | 1,19 ±0,02 ab | 1,18 ±0,02 b | 1,18 ±0,02 ab | 1,01 ±0,001 c | 0,98 ±0,02 c |
| θ_r | 0,38 ±0,10 a | 0,22 ±0,06 b | 0,22 ±0,01 b | 0,18 ±0,04 b | 0,16 ±0,02 b | 0,16 ±0,02 b | 0,17 ±0,04 b |

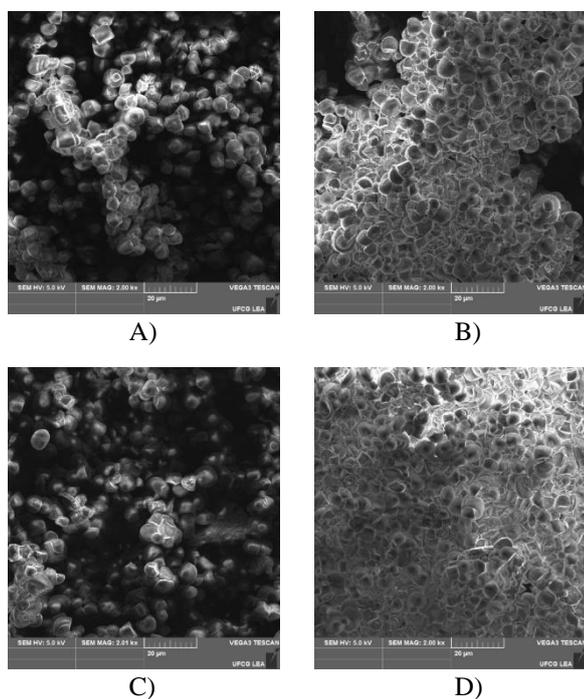
Média ± Desvio Padrão. L*: Luminosidade; C: Cromo; H°: Ângulo de tonalidade; pa: Densidade aparente; pc: Densidade compactada; IC: Índice de Caar; FH: Fator de Hausner; θ_r : Ângulo de repouso. MG: Media global; CV (%): Coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa. Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente ($P \leq 0,05$) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância.

- Microscopia eletrônica de varredura

As Figuras 2A, 2B, 2C e 2D, mostram respectivamente a morfologia dos experimentos 1, 2, 3 e 4.

Os experimentos 5, 6 e 7 não foram exibidos por não serem são experimentos únicos, sendo responsáveis apenas pela repetibilidade do planejamento experimental. A ampliação escolhida para explanação foi a de 2000x, por se tratar de ilustrações com melhor visibilidade da forma.

Figura 2. Micrografia dos grânulos de amido de semente de jaca com ampliação de 2000x: A) Experimento 1; B) Experimento 2; C) Experimento 3; D) Experimento 4.



A diferença morfológica apresentada nos experimentos não foi significativa, observando-se apenas grânulos mais arredondados para os experimentos com maior Pressão durante a secagem, podendo esse fenômeno ser explicado pela relação de proporcionalidade da pressão e da vazão, fazendo com que o contato do produto

alimentado com as partículas presentes no interior do equipamento fosse menor.

Assim como Luciano (2016), os grânulos observados apresentaram formato arredondado, na forma de sino, com alguns grânulos irregulares com a presença de cortes na superfície como características de amido extraído da semente da jaca. Ainda, é possível observar como Silva et al. (2013) que a superfície dos grânulos se apresentou lisa com algumas ranhuras causadas provavelmente pelo método de extração.

Conclusão

1. O amido da semente de jaca foi extraído com sucesso, assim como a obtenção do mesmo em pó por meio da secagem em leito de jorro.
2. O uso de baixas temperaturas resultou em uma maior eficiência e rendimento ao processo, sendo esse um ponto positivo a uma produção em larga escala devido a economia energética, apresentando valor baixo de teor de água, característica essa que influencia positivamente no armazenamento.
3. O experimento que apresentou um melhor rendimento (66,82%) foi o 3, com uma temperatura de entrada de 60°C e pressão de 4 bar.
4. O teor de amido foi concentrado, sendo possível observar que o processo de secagem não mostrou atividade degradativa.
5. Observou-se um pó com boa compressibilidade, além de apresentar luminosidade característica de amido comercializado.
6. Quanto a morfologia, não houve influência ao observar os ensaios obtidos.

Referência bibliográfica

- A.O.A.C, Official Methods of Analysis of AOAC International, twentieth ed., AOAC international, Rockville, Maryland, USA, 2016.
- 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, n. 2, p. 215-236, 2015.
- BERNARDO, C. O.; ASCHERI, J. L. R.; DE CARVALHO, C. W. P. Efeito do ultrassom na extração e

- modificação de amidos. *Ciência Rural*, v. 46, n. 4, p. 739-746, 2016.
- CAMPBELL, R. J.; EL-SAWA, S. F.; ECK, R. The Jackfruit, Fairchild Horticulture Series. Miami: Fairchild Tropical Garden, 1998. v. 2, 23 p.
- CASTRO, D. S. D.; OLIVEIRA, T. K. B. D.; LEMOS, D. M.; ROCHA, A. P. T.; ALMEIDA, R. D. Efeito da temperatura sobre a composição físico-química e compostos bioativos de farinha de taro obtida em leite de jorro. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 20, 2017.
- CAVALCANTE, P.B. Frutas comestíveis da Amazônia. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 5ed., p.279, 1991.
- CAVALCANTI, M. T. Obtenção do amido do endocarpo da manga para diversificação produtiva na indústria de alimentos. *Revista Verde (ed. Especial)*, v.6, n.5, p.80-83, 2011.
- COSTA FILHO, D. V.; SILVA, A.; SILVA, P.; SOUSA, F. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. In II Congresso Internacional das Ciências Agrárias–COINTER–PDVAgro, 2017.
- CUNHA, F.O. Contribuições à análise da secagem de pasta em leite de jorro com partículas inertes. 1999, 103p. Dissertação: Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 1999.
- FERREIRA, S. S.; ARAUJO, T.J.; SOUZA, N.; SILVA, L. R.; LISBOA, H. M.; PASQUALI, M.; ROCHA, A. P. T. Physicochemical, morphological and antioxidant properties of spray-dried mango Kernel starch. *Journal of Agriculture and Food Research*, v. 1, 2019.
- GELDART, D.; ABDULLAH, E. C.; HASSANPOUR, A.; NWOKE, L. C.; WOUTERS, I. J. C. P. Characterization of powder flowability using measurement of angle of repose. *China Particuology*, v. 4, n. 4, p.104-107, 2006.
- HAUSNER, H. H. Friction Conditions in a Mass of Metal Powder, Polytechnic Inst. of Brooklyn. Univ. of California, Los Angeles, 1967.
- LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. Carbohidratos em alimentos regionales Iberoamericanos. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.
- LUCIANO, C. G. Caracterização da farinha e do amido isolado de semente de jaca e comportamento reológico de dispersões de amido. 2016, 142f. Dissertação (Mestrado). Faculdade Universidade de São Paulo, Pirassununga, São Paulo, 2016.
- MELO, K.S.; NASCIMENTO, M.A.; GOMES, W.C.; CABRAL, S.B.; ROCHA, A.P.T. Fluidodinâmica de leite de jorro com leite de cabra e polpa de cajá. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.5, n.4, p. 61-67, 2010.
- MENDES, M. L. M.; BORA, P. S.; RIBEIRO, A. P. L. Propriedades morfológicas e funcionais e outras características da pasta do amido nativo e oxidado da amêndoa do caroço de manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)* v. 71, n. 1, p. 76-84, 2012.
- MENDES, M. L. M.; RIBEIRO, A. P. L.; ALMEIDA, E. C. Efeito da acidificação nas propriedades físico-químicas e funcionais do amido de sementes de manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins. *Revista Ceres*, v. 62, n. 3, p. 225-232, 2015.
- POLITI, F. A. S. Estudos farmacognósticos e avaliação de atividades biológicas de extratos obtidos das cascas pulverizadas de *endopleura uchi* (huber) *cuatrec.* (humiriaceae). 2009. 143f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual Paulista. “Júlio de Mesquita Filho”. Araraquara, 2009.
- PRETTE, A.P. Aproveitamento de polpa e resíduos de jaca (*Artocarpus Heterophyllus* Lam.) através de secagem convectiva. 2017, 161f. Tese: Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2017.
- RESENDIZ-VAZQUEZ, J. A.; ULLOA, J. A.; URÍAS-SILVAS, J. E.; BAUTISTA-ROSALES, P. U.; RAMÍREZ-RAMÍREZ, J. C.; ROSAS-ULLOA, P.; GONZÁLEZ-TORRES, L. Effect of high-intensity ultrasound on the technofunctional properties and structure of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed protein isolate. *Ultrasonics sonochemistry*, v. 37, p. 436-444, 2017.
- RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. Química de alimentos. Editora Blucher, 2007.
- SILVA, A. P. M.; OLIVEIRA, A. V.; PONTES, S. M.; PEREIRA, A. L.; ROSA, M. F.; AZEREDO, H. M. Filmes de amido de caroço de manga afetados por nanocristais de amido e celulosenanocristais, carboidratos. *Polym.*, v. 211, p. 206-216, 2019.
- SILVA, G. A.; CAVALCANTI, M. T.; ALMEIDA, M. C. D. M.; ARAÚJO, A. D. S.; CHINELATE, G. C.; FLORENTINO, E. R. Utilização do amido da amêndoa da manga Tommy Atkins como espessante em bebida láctea. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 12, p. 1326-1332, 2013.
- SOARES, A. C.; PEREIRA, N. R. Secagem da polpa de jambolão (*Syzygium cumini*) em secador de leite de jorro: efeito da clara de ovo como agente carreador de secagem na qualidade do produto. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 23, 2020.
- TONON, R.V. Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto. 2009. 242f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- TRAN, P. L.; NGUYEN, D. H. D.; DO, V. H.; KIM, Y. L.; PARK, S.; YOO, S. H.; KIM, Y. R. Physicochemical properties of native and partially gelatinized high-amylose jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) seed starch. *LWT-Food Science and Technology*, v. 62, n. 2, p. 1091-1098, 2015.
- WHO/FAO. Carbohydrates in human nutrition. Rome: FAO, 1998, (FAO food and nutrition paper n.6).