

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO E
ELABORAÇÃO DE FILME DE AMIDO DE SEMENTE DE JACA
(*Artocarpus heterophyllus*)**

**EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF STARCH AND
PRODUCTION STARCH FILM FROM JACKFRUIT SEED
(*Artocarpus heterophyllus*)**

WEIDA RODRIGUES SILVA

UFU - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia / MG
diego.ascheri@ueg.br

DIEGO PALMIRO RAMIREZ ASCHERI

Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis, GO
diego.ascheri@ueg.br

JOSÉ LUÍS RAMÍREZ ASCHERI

Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro / RJ
jose.ascheri@embrapa.br

Resumo: No presente trabalho se determinaram as propriedades físico-químicas do amido extraído das sementes de jaca e, a partir desse amido, se elaboraram filmes biodegradáveis. Utilizou-se o sorbitol como plastificante em proporção de 10 a 25% em base da massa do amido utilizado. Do amido se analisaram o tamanho e forma dos grânulos por meio de microfotografias, a composição química, o poder de inchamento e índice de solubilidade e as propriedades de pasta. Dos filmes elaborados se avaliaram a diferença de cor, opacidade, espessura e permeabilidade. O amido extraído e purificado apresentou alta pureza e grande potencial na utilização matéria-prima amilácea. Os filmes elaborados a base de amido de semente de jaca e sorbitol apresentam baixa permeabilidade, comprometendo sua aplicabilidade. Fazem-se necessários testes com outros plastificantes para que se tornar viável o seu uso.

Palavras-chaves: Tecnologia de amidos; Filmes biodegradáveis; Propriedades físico-químicas e funcionais.

Abstract: In the present study, the physicochemical properties of starch extracted from jackfruit seeds were determined, and biodegradable films were developed from this starch. Sorbitol was used as a plasticizer in a proportion of 10 to 25% based on the mass of the starch used. The starch was analyzed for granule size and shape through microphotographs, chemical composition, swelling power, solubility index, and paste properties. The films produced were evaluated for color difference, opacity, thickness, and permeability. The extracted and purified starch showed high purity and significant potential as a starchy raw material. However, the films made from jackfruit seed starch and sorbitol exhibited low permeability, which affects their applicability. Further tests with other plasticizers are necessary to make their use viable.

Keywords: Starch technology; Biodegradable films; Physical-chemical and functional properties.

Introdução

A Jaca (*Artocarpus integrifolia* Lam) pertence à família Moráceas e possui outros nomes populares como jaca-da-Bahia, jaqueira; *jacquier*, *jackfruit*, etc. Alguns botânicos tendem a afirmar que a jaqueira é nativa da Índia, outros que é da Malásia, entretanto, esta espécie arbórea, de acordo com SILVA et al. (2007), é muito popular nas regiões tropicais do mundo e, um volume expressivo de subprodutos como cascas e sementes estão disponíveis como resíduos da agroindústria do doce.

As sementes de jaca são frequentemente utilizadas na alimentação, contêm proteínas, lipídios e fibras em torno de 13,5%, 0,75-1,41% e 3-4,68%, respectivamente (MOHAMAD et al., 2019; HAJJ et al., 2022). Segundo Tulyathana et al. (2002), as sementes de jaca possuem alto teor de amido (77,76%) e, ainda, Mukprasirt e Sajjaanantakul (2004) referem que esse amido apresenta 36% de amilose, sugerindo uma possível fonte alternativa de amido comercial na produção de materiais biodegradáveis, principalmente, filmes ambientalmente degradáveis. A biodegradabilidade desses materiais, após seu uso, permite que eles permaneçam no ciclo natural do carbono (INNOCENTINI-MEI e MARIANI, 2006).

A jaca é uma espécie de grande produção e facilmente encontrada no ecossistema brasileiro, sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade de utilização do amido extraído para produção de filmes biodegradáveis, sendo essencial uma criteriosa análise de suas propriedades físico-químicas para avaliar seu potencial de produção.

Material e Métodos

Os frutos foram colhidos nas proximidades do município de Anápolis (GO). Esses tiveram suas sementes lavadas, enxugadas e transportados em caixas plásticas ao laboratório de pesquisa da Unidade de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Goiás (Anápolis-GO).

A película marrom que cobre os cotilédones das sementes de jaca foi removida fazendo uso de uma solução básica de 5% de NaOH por 2 min. Os cotilédones foram

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 1, p. 257-271, jun. 2024. ISSN 1981-4089 acondicionados em sacos plásticos e armazenados em geladeira ($<10^{\circ}\text{C}$) até sua posterior utilização para extração (TULYATHANA et al., 2002).

Para a extração do amido, os cotilédones foram moídos em um macro moinho de facas de rotor circular (MA-580, Marconi, São Paulo, Brasil), com abundante água. O amido foi separado por meio de peneiragens sucessivas com peneiras de aço inoxidável (Bertel, São Paulo, Brasil) de furos entre 75 a 250 μm , seguido de decantação, lavagem com álcool etílico absoluto (Synth) para remoção de gorduras e excesso de água, e secagem em estufa de secagem com circulação e renovação de ar (Marconi, MA-035, São Paulo, Brasil) a 45°C por 6 h. O amido assim obtido foi armazenado em recipiente hermético, à temperatura ambiente até sua posterior utilização.

Os teores de água, proteína e extrato etéreo foram determinados de acordo com as técnicas descritas pela AOAC (1990). Para o cálculo de proteínas utilizou-se o fator de 6,25. Os teores de extrato etéreo e cinzas foram determinados usando os métodos descritos pelas normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985). O teor de fibras foi determinado por hidrólise ácida, seguida de hidrólise alcalina segundo metodologia da AOAC (1990). O teor de amido foi determinado com base na técnica descrita por Cereda et al. (2004).

A forma e tamanho dos grânulos dos amidos foram analisados por meio do microscópio óptico LEICA EC3 (Wetzlar, Alemanha), sendo as imagens capturadas, selecionadas e analisadas pelo software Leica Application Suite LAS EZ v. 2.0.0, o qual possibilita a visualização clara da forma e a estimativa do tamanho dos grânulos do amido.

O poder de inchamento e índice de solubilidade do amido foram determinados de acordo com método descrito por Peroni (2003).

A viscosidade foi determinada de acordo com o manual do RVA (Rapid Visco Analyzer 4, Newport Scientific PTY LTD, Sydney, Australia) utilizado. Suspensões de amido de 2,5 g em 25 mL de água destilada, corrigidas para 14% de umidade, foram analisadas de acordo com o seguinte regime tempo/temperatura: $50^{\circ}\text{C min}^{-1}$, aquecimento de 50 a 95°C a uma taxa de $6^{\circ}\text{C min}^{-1}$, manutenção da pasta a 95°C por 5 min e resfriamento de 95 a 50°C a uma taxa de $6^{\circ}\text{C min}^{-1}$. A viscosidade foi expressa em RVU. Dos perfis gerados pelo RVA foram avaliados os seguintes parâmetros: viscosidade máxima (pico), viscosidade mínima, quebra de viscosidade (diferença entre

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 1, p. 257-271, jun. 2024. ISSN 1981-4089 a viscosidade máxima e viscosidade mínima da pasta mantida a 95 °C por 5 min), viscosidade final e tendência à retrogradação (diferença entre a viscosidade final e da viscosidade mínima a 95 °C por 5 min) e temperatura de empastamento (°C).

A elaboração dos filmes foi feita usando o método de espalhamento (*casting*), segundo Vicentini (2003). As soluções filmogênicas foram preparadas com 2 g de amido para 100 g de água destilada misturadas em soluções plastificantes que variarão de 10 a 25 g para cada 100 g de amido, aquecidas até a temperatura e o tempo de gelatinização previamente estabelecidos. O plastificante utilizado foi o sorbitol. As soluções filmogênicas foram em seguida desidratadas em estufa com circulação e renovação de ar a 30 °C até peso constante. Acondicionou-se os filmes em dessecadores contendo solução saturada de NaBr (58% de umidade relativa), por um dia à temperatura ambiente, antes de serem caracterizados.

A análise instrumental de cor foi realizada por transmitância no S & M Colour Computer modelo SM - 4 - CH da Suga, no sistema Hunter com abertura de 12 mm de diâmetro (GENNADIONS et al., 1996). As amostras foram colocadas diretamente sobre o orifício de 12 mm para avaliação da cor e opacidade.

A espessura dos filmes biodegradáveis foi determinada em cinco pontos diferentes fazendo uso de um micrômetro digital Mitutoyo (Osaka, Japão) com precisão de 0,001 mm.

A permeabilidade foi determinada gravimetricamente segundo teste da ASTM (1995), modificado por Gontard et al. (1992). O filme foi colocado em célula contendo sílica gel (UR = 0%; 0 mm Hg pressão de vapor), constituindo uma membrana. A célula então foi colocada dentro de um dessecador contendo água destilada (UR = 100%; 32,23 mm Hg pressão de vapor), em sala climatizada a 22 °C. A célula foi pesada em balança semi-analítica a cada 24 h. A permeabilidade foi calculada através da fórmula:

$$P_{va} = \frac{G.V}{A.T.(p_1 - p_2)}$$

(1)

Em que: P_{va} = permeabilidade ao vapor de água ($\text{g mm m}^{-2} \text{d}^{-1} \text{mmHg}^{-1}$); G = massa ganho pela célula durante 24 h (g); V = espessura média do filme (mm); A = superfície de permeação do filme (m^2); T = tempo (dias, d); $p_1 - p_2$ = gradiente de pressão de vapor entre as superfícies do filme (32,23 mmHg).

As isotermas de adsorção de água foi determinada segundo Ascheri et al. (2003), à temperatura de 30 °C. Os sais saturados utilizados e suas atividades de água estão descritas na tabela 1.

Tabela 1: Atividade de água de distintos sais à temperatura de 30 °C.

| Sal | Atividade de água (A_w) |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| LiCl | 0,113 |
| MgCl ₂ | 0,324 |
| K ₂ CO ₃ | 0,432 |
| Mg(NO ₃) ₂ | 0,514 |
| KI | 0,679 |
| NaCl | 0,751 |
| KCl | 0,836 |

Fonte: Greenspan (1977) e Palipane e Driscoll (1992).

A determinação da massa seca (m_i) foi realizada colocando-se aproximadamente 0,5 g da amostra em pesa-filtro de 25 mL, previamente tarado e transferido para a estufa a 75 °C por aproximadamente 4 h, segundo o método da AOAC (1990). Em seguida, os pesa-filtros foram colocados, sobre suporte, nos dessecadores contendo as soluções saturadas. O processo foi acompanhado até não haver mais variação de massa (m_e). Os valores de umidade de equilíbrio (X_e) em kg de água por 100 kg de matéria seca [$\text{kg} (100 \text{ kg})^{-1}$] foram calculados através da seguinte equação:

$$X_e = \frac{m_e - m_i}{m_i} \times 100$$

(2)

As medidas, neste caso as médias, foram expressas em: valor \pm erro padrão. As medidas do poder de inchamento e do índice de solubilidade foram submetidas a análise de regressão polinomial adotando o nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$) para os testes dos parâmetros da regressão. A fim de verificar o efeito que causa a concentração de sorbitol nas medidas de diferença de cor, opacidade, espessura e permeabilidade dos biofilmes se realizou uma análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de probabilidade e as respostas significativas foram submetidas ao teste de médias de Tukey adotando-se o mesmo nível de 5% de significância. (GOMES, 2000).

O modelo matemático de adsorção de água de GAB (Eq. 3) foi utilizado para ajustar os dados experimentais das isotermas de adsorção dos filmes e foi aplicada uma análise de variância à regressão não-linear a nível de 5% de significância.

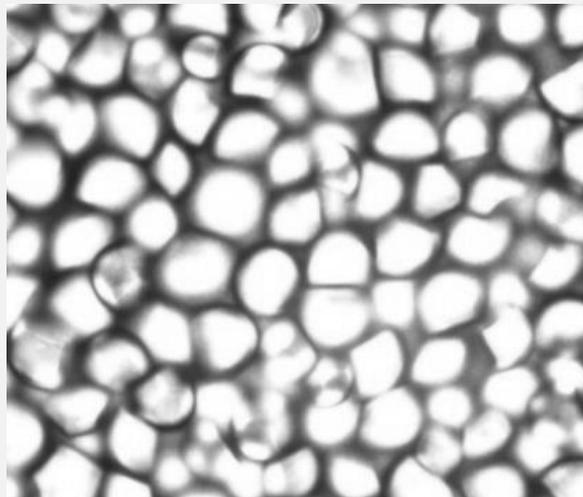
$$X_e = \frac{X_m \cdot C \cdot k \cdot a_w}{(1 - k \cdot a_w) \cdot (1 - k \cdot a_w + C \cdot k \cdot a_w)}$$

(3)

Resultados e discussão

Os grânulos de amido (figura 1) das sementes de jaca apresentam forma arredondado irregulares com tamanho médio de 45,37 μm . Pode-se comparar com o amido de Jacatupé, que possui grânulos na forma circular e poliédricas, com tamanho variando de 10 a 25 μm (LEONEL et al., 2003). Assim como já vem sendo analisado, o tamanho depende também da fonte botânica, para o amido de jaca tem-se diâmetros maiores (42,97 μm) enquanto que para o Jacatupé este mesmo valor varia de 10 a 25 μm .

Figura 1: Microfotografia dos grânulos de amido de Jaca.



Fonte: Autores.

A tabela 2 mostra que a extração e purificação do amido foram bem sucedidas uma vez que possui baixo teor de outras frações em sua composição química.

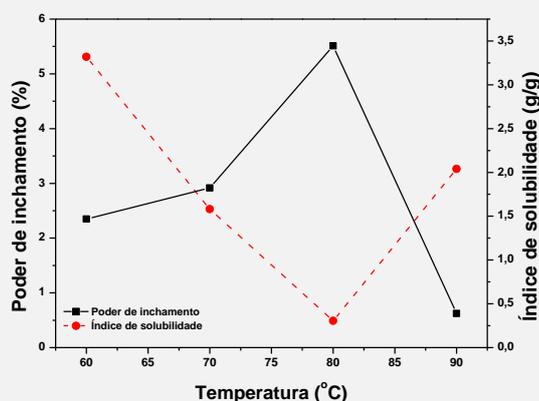
Tabela 2: Composição química do amido extraído das sementes da Jaca.

| Componentes | Média ± Erro padrão (% , em base seca) |
|-------------|--|
| Umidade | 6,032 ± 0,267 |
| Cinzas | 0,122 ± 0,002 |
| Lipídios | 0,347 ± 0,024 |
| Fibra | 1,097 ± 0,079 |
| Proteína | 0,840 ± 0,032 |
| Amido | 97,594 ± 0,034 |

Fonte: Autores.

Os valores de poder de inchamento e índice de solubilidade do amido de jaca são apresentados na figura 2. De acordo com Peroni (2003), as diferenças observadas entre os diferentes amidos neste tipo de determinação são principalmente decorrentes do tipo de estrutura cristalina existente. A Figura 2 demonstra que o amido da semente de jaca apresentou estabilidade até uma temperatura de 80 °C, sendo que após essa temperatura, os mesmos são intumescidos. Percebe-se claramente que até a temperatura de 80 °C, os valores de poder de inchamento crescem lentamente e a partir desta temperatura se obtém um aumento considerável, fato que se dá devido às forças associativas da amilose presente no amido.

Figura 2: Poder de inchamento e índice de solubilidade do amido extraído das sementes de jaca.

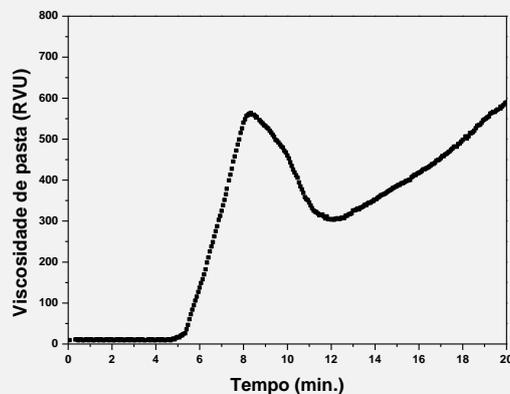


Fonte: Autores.

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 1, p. 257-271, jun. 2024. ISSN 1981-4089

O perfil de RVA (figura 3) mostrou as modificações dos grânulos de amido de jaca em função do tempo e da temperatura do determinador rápido de viscosidade. Nos primeiros 5,4 min a 72,6 °C (tempo de empastamento) os grânulos de amido não sofreram modificação e a viscosidade mostrou-se muito baixa (35,5 RVU). A alta temperatura de empastamento apresentada por este amido é característica de amidos que possuem alta resistência à expansão e ruptura (SINGH et al., 2004). Após o tempo de formação de pasta, os grânulos começaram a intumescer aumentando a viscosidade até 559,5 RVU (viscosidade de pico no ciclo de aquecimento), em um tempo de 8,3 min à 95 °C. Durante o período de aquecimento, o perfil de viscosidade apresentou um formato semi-agudo indicando, ainda, certa resistência entre as forças de ligação dos grânulos do amido (FENIMAN, 2004) que uma vez rompidas sob agitação contínua liberam amilose para o meio até ocorrer queda da viscosidade de 81,2 RVU (quebra), diminuindo até 317,5 RVU em 12,6 min. à 59,45 °C, dando início ao fenômeno da retrogradação. Durante o período de resfriamento, o aumento da viscosidade foi de 272 RVU (tendência à retrogradação), alcançando uma viscosidade final de 589,5 RVU.

Figura 3: Perfil de viscosidade do amido extraído das sementes de jaca



Fonte: Autores.

As propriedades de pasta do amido extraído das sementes de jaca estudadas no presente trabalho foram superiores das obtidas por Mukprasirt e Sajjaanantakul (2004) para o mesmo material, porém, nas condições tailandesas. O empastamento do amido iniciou após 5,5 min. à 85,83 °C. O tempo de viscosidade máxima foi de 8,74 min conseguindo atingir a viscosidade de 432,43 RVU. A quebra de viscosidade, a tendência de retrogradação e a viscosidade final foram de 56,78, 214,52 e 489,21 RVU,

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 1, p. 257-271, jun. 2024. ISSN 1981-4089 respectivamente. Estas diferenças provavelmente se devem à propriedades inerentes da origem do vegetal, tais como, espécie, condições, climáticas, fisiológicas, etc.

Na tabela 3 se mostram os resultados obtidos nas determinações das propriedades de cor, espessura e permeabilidade dos biofilmes produzidos com amido extraído das sementes de jaca e diferentes concentrações de sorbitol.

Tabela 3: Valores médios e respectivos erro padrão da diferença de cor e opacidade, espessura e permeabilidade (Pva) dos filmes biodegradáveis elaborados com amido de jaca usando como plastificante o sorbitol.

| Sorbitol (%) | Diferença de cor | Opacidade | Espessura (mm) | Pva (g.mm/m ² .dias.mmH g) |
|--------------|------------------|---------------|----------------|---|
| 10 | 3,505±0,346 a | 3,482±0,343 a | 0,089±0,001 a | 2,216±0,082 a |
| 15 | 3,838±0,329 a | 3,795±0,311 a | 0,082±0,002 a | 1,535±0,015 b |
| 20 | 4,675±0,240 a | 4,658±0,237 a | 0,098±0,007 a | 1,703±0,003 b |
| 25 | 4,258±0,251 a | 4,225±0,240 a | 0,086±0,004 a | 1,049±0,031 b |

Fonte: Autores.

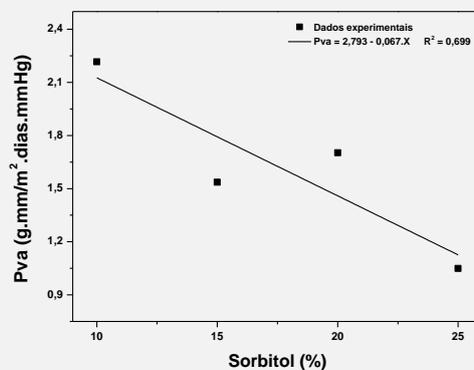
Pela ANOVA aplicada a nível de 5% de probabilidade, a cor e opacidade não foram influenciadas pela concentração do sorbitol ($P < 0,05$), tendo em vista que o sorbitol é um plastificante incolor e não influencia tal propriedade. Irissin-Mangata et al. (2001), observou em seu trabalho que a opacidade de filmes a base de glúten de trigo não foi influenciada pelo aumento da concentração de plastificante, apresentando em todos os casos valores superiores a 10 %.

Os filmes elaborados de acordo com diferentes concentrações de sorbitol apresentaram variação em sua espessura de 0,082 a 0,098 mm, sendo os filmes elaborados com 15% e 20% de sorbitol que obtiveram a menor e a maior, porém, estas observações não são significativas ($p > 0,05$), indicando que, estatisticamente não houve diferenças na espessura dos biofilmes de amido de jaca, reforçando o trabalho realizado por Laohakunjit e Noomhorm (2004) que observaram que o plastificante não influenciou na espessura dos filmes a base de amido de arroz, sendo que apenas as concentrações de amido influenciaram em tal propriedade.

A permeabilidade ao vapor de água (Pva) é considerada uma das propriedades de barreira de materiais. O seu conhecimento é imprescindível para eventuais aplicações dos filmes em embalagens, porém não é uma propriedade restritiva. Um material muito permeável ao vapor de água poderá ser indicado para embalagens de vegetais frescos,

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 1, p. 257-271, jun. 2024. ISSN 1981-4089 enquanto um filme pouco permeável poderá ser indicado para produtos desidratados, por exemplo. Conforme se pode constatar na figura 4, se observam alterações na permeabilidade dos filmes de amido de jaca sendo estas dependentes e inversamente proporcionais à presença do sorbitol o que não era esperado, portanto, estes resultados contrariam inúmeros autores que estudaram o efeito dos plastificantes sobre a Pva de biofilmes, pois, é bem conhecido que a Pva tende a aumentar com o incremento de plastificantes hidrofílicos (FELDMAN, 2001; SOBRAL et al., 2004; SHIMAZU, et al., 2007).

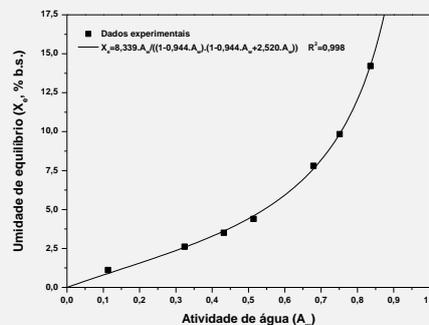
Figura 4: Efeito da concentração do plastificante na variação da permeabilidade de biofilmes a base de amido de semente de jaca e sorbitol.



Fonte: Autores.

A isoterma de adsorção de água dos filmes a 15% de sorbitol se mostra na figura 5. Essa isoterma foi obtida traçando os teores em umidade de equilíbrio em função da atividade de água. A isoterma evidencia uma curva com comportamento sigmoidal, tipo II, característico de superfícies hidrofílicas de acordo com a classificação da International Union of Pure and Applied of Chemistry (IUPAQ, 1985).

Figura 5: Isotermas de adsorção de água do biofilme elaborado a base de amido de semente de jaca e 15% de sorbitol.



Fonte: Autores.

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 1, p. 257-271, jun. 2024. ISSN 1981-4089

O modelo matemático de adsorção de água de GAB (Eq. 3) é um dos modelos matemáticos de adsorção de água mais testados em produtos agroindustriais (MOURA et al., 2004; VAN DER BERG, 1984). A análise de variância da regressão não-linear, os valores da probabilidade, o coeficiente de determinação e o módulo do desvio dos erros estão descritos na tabela 4. Os coeficientes da regressão do modelo de GAB, estão apresentados na mesma figura 5.

Tabela 4: Análise de variância aplicada aos dados das isotermas de adsorção.

| Causas da Variação | GL | SQ | QM | F | P |
|--------------------|----|--------|--------|-----------|-----------------------|
| Regressão | 3 | 399,23 | 133,08 | 3818,38** | 2,74.10 ⁻⁷ |
| Residual | 4 | 0,14 | 0,04 | | |
| Total | 7 | 399,37 | | | |

GL = graus e liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = teste F

P = valor da probabilidade estatística.

** Altamente significativo ao nível de 1% de probabilidade (P<0,001)

Fonte: Autores.

A confiabilidade do ajuste P foi elevada sendo esta muito menor que 1,0 % de probabilidade (P<0,01). Os valores de R² foi de 0,998. Estas análises demonstraram que o modelo de GAB é adequado para estimar a umidade de equilíbrio do biofilme em função da atividade de água, à temperatura de 30 °C.

O valor da umidade de equilíbrio correspondente à monocamada (X_m) e correspondente atividade de água foram de 3,308 e 0,4, respectivamente, indicam que abaixo desta umidade o biofilme poderá ter a maior estabilidade à temperatura de 30°C. No entanto, manter a essa umidade é dispendioso, pelo que na Figura 5 pode ser visto que existe uma região de estabilidade em atividade de água pouco acima da estabelecida na monocamada entre 0,4 e 0,6, aproximadamente, onde a variação da umidade de equilíbrio é relativamente pequena, quando comparada a um mesmo intervalo de atividade de água acima de 0,6 onde se observa elevação do valor da umidade de equilíbrio definido como zona de instabilidade do biofilme uma vez que adsorve muita umidade que pode causar efeitos como crescimento microbiano.

Conclusões

A análise da composição centesimal mostrou que a semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) apresenta grande potencial para uso como matéria-prima amilácea, tendo em vista uma grande quantidade de amido.

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 1, p. 257-271, jun. 2024. ISSN 1981-4089

As sementes da jaca apresentam uma necessidade de tratamento térmico em baixas temperaturas antes da extração, apresentando resultados satisfatórios em relação ao rendimento e baixa concentração de material secundário. Apresenta alta temperatura de gelatinização e pouca retrogradação.

O filme com melhores características foi o de 15%. Utilizou-se esse filme na avaliação de estabilidade, e os dados foram ajustados à equação de GAB, apresentam baixa permeabilidade, comprometendo sua aplicação, devendo-se utilizar em alimentos secos, respeitando a faixa ideal de estabilidade, indicadas pela análise de isotermas de adsorção.

Fazem-se necessários outros estudos, mais aprofundados das propriedades físico-químicas dos filmes a partir da semente de jaca para que se torne viável o seu uso.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Estadual de Goiás, à FAPEG, à bolsa de estudos PBIC/CNPq e à CAPES.

Referências

AOAC. Official Methods of Analysis, 15 Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington,DC. 1990.

ASCHERI, D. P. R.; NASCIMENTO, G. C.; ASCHERI, J. L. R. Características de adsorción de agua de la harina de arroz soluble a varias temperaturas. **Alimentaria**, v. 40, n. 349, p. 111-119, 2003.

ASTM. American Society for Testing and Materials. **Standart test methods for water vapor transmission of materiais – E96 – 95**. Philadelphia: ASTM, 1985. 8 p.

CEREDA, M. P.; DAIUTO, E. R.; VILPOUX, O. Metodologia de Determinação de Amido por Digestão Ácida em Microondas. **Revista ABAM**, 2004. 29 p.

FELDMAN, D. Polymer Barrier Films. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 9, p. 49-55, 2001.

FENIMAN, C. M. **Caracterização de raízes de mandioca (Manihot esculenta Crantz) da cultivar IAC 576-70 quanto à cocção, composição química e**

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 1, p. 257-271, jun. 2024. ISSN 1981-4089
propriedades do amido em duas épocas de colheita. 2004. 83f. Dissertação-
Universidade Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

GENNADIONS, A.; GHORPADE, V. M.; WELLER, C. L.; HANNA, M. A. Heat Curing of Soy Protein Films. **Trans. ASAE.**, v. 39, n. 2, p. 575-579, 1996.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 12. ed. São Paulo: Nobel, 467p. 1987.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 1, p. 206-211, 1992.

GREENSPAN, L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. **J. Res. Nat. Bur. Stand**, v. 81A, p. 89-96, 1977.

HAJJ, V. F.; LOPES, A. P.; VISENTAINER, J. V.; PETENUCCI, M. E.; FONSECA, G. G. Physicochemical properties, mineral and fatty acids composition of Jackfruit seeds flour of two varieties from Brazilian Midwest. **Acta Scientiarum Technology**, v. 44, e60187, 2022.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** 3 ed., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1.

INNOCENTINI-MEI, L. H.; MARIANI, P. D. S. C. **Visão geral sobre polímeros ou plásticos ambientalmente degradáveis PADs.** 2005. 27f. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/115155970/visao-geral-sobre-polimeros-ou-plasticos-ambientalmente-degradaveis>>. Acesso em: 13 de outubro de 2023.

IRISSIN-MANGATA, J.; BAUDUIN, G.; BOUTEVIN, B.; GONTARD, N. New plasticizers for wheat gluten films. **European Polymer Journal**, v. 37, p. 1533-1541. 2001.

IUPAQ - International Union of Pure and Applied Chemistry. Reporting physisorption data for gas/solid systems. **Pure and Applied Chemistry**, New York, v. 57, n. 4, p. 603-619, 1985.

LAOHAKUNJIT, A.; NOOMHORM, A. Effect of plasticizers on mechanical and barrier properties of rice starch film. **Starch/Stärke**, v. 56, p. 348-356, 2004.

LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; CEREDA, M. P.; CÂMARA, F. L. A. Extração e Caracterização de Amido de Jacatupe (*Pachyrhizus ahipa*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 362-365, 2003.

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 1, p. 257-271, jun. 2024. ISSN 1981-4089
MOHAMAD, S. F. S.; SAID, F. M.; MUNAIM, M. S. A.; MOHAMAD, S.; SULAIMAN, W. M. A. W. Proximate composition, minerals contents, functional properties of Mastura variety jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seeds and lethal effects of its crude extract on zebrafish (*Danio rerio*) embryos. **Food Research**, v. 3, n. 5, p. 546-555, 2019.

MOURA, R. S. F.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, A. C.; SOUSA, A. G. S.; SILVA, M. M.; OLIVEIRA, A. M. V. O. Modelagem matemática para isotermas de polpa de caju. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, p. 1-11, 2004.

MUKPRASIRT, A.; SAJJAANANTAKUL, K. Physico-chemical properties of flour and starch from jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) compared with modified starches. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 39, p. 271-276, 2004.

PALIPANE, K. B.; DRISCOLL, R. H. Moisture sorption characteristics of in-shell macadamia nuts. **Journal of Food Engineering**, v. 18, n. 1, p. 63-76, 1992.

PERONI, F.H.G. **Características estruturais físico-químicas de amidos obtidos de diferentes espécies tropicais**. 2003. 118f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Paulista, São Paulo.

SHIMAZU, A. A.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 1, p. 79-88, 2007.

SILVA, J. H. V.; FILHO, J. J.; RIBEIRO, M. L. G.; SILVA, E. L. Efeitos da inclusão do farelo de sementes de jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) na ração sobre a produção, pigmentação da gema e umidade fecal em codornas. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 523-530, 2007.

SINGH, N.; KAUR, M.; SANDHU, K. S.; GURAYA, H. S. Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties of starches from some indian black gram (*Phaseolus mungo* L.) cultivars. **Starch/stärke**, v. 56, n. 11, p. 535-544, 2004.

SOBRAL, P.J.A; GARCÍA, F.T.; HABITANTE, A.M.Q.B.R.; MONTERREY-QUINTERO, E.S. Propriedades de filmes comestíveis produzidos com diferentes concentrações de plastificantes e de proteínas do músculo de tilápia-do-nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 255-262, 2004.

TULYATHANA, V.; TANANUWONGA, K.; SONGJINDA, P.; JAIBOONB, N. Some physicochemical properties of jackfruit (*artocarpus heterophyllus* lam) seed flour and starch. **ScienceAsia**, v. 28, n. 1, p. 37-41, 2002.

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 1, p. 257-271, jun. 2024. ISSN 1981-4089
VAN DER BERG, C. Description of water activity of foods for engineering purposes by means of the GAB model of sorption. In: MCKENNA, B.M. (Ed.). **Engineering and Food**, London: Elsevier Applied Science, v. 1, p. 21-31, 1984.

VICENTINI, N. M. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de amido de mandioca para uso em pós-colheita**. 2003. 216f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.