

Queratina de penas de frangos nas propriedades de biofilmes de amido de milho-glicerol

Chicken feather keratin in the properties of corn-glycerol starch biofilms

Djerson Mateus Alves da Costa¹; Raniely Alves de Oliveira²

¹Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Nova Cruz; +5584987292543, djerson.mateus@ifrn.edu.br;

²Graduanda do Curso de Tecnologia em Processos Químicos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Nova Cruz; ranielyoliveira18@gmail.com.

ARTIGO

Recebido: 19/06/2019
Aprovado: 16/12/2019

Palavras-chave:

Bioplástico
Biopolímero
Filmes biodegradáveis

Key words:

Biodegradables films
Bioplastic
Biopolymer

RESUMO

Plásticos biodegradáveis à base de amido têm adquirido bastante importância tendo em vista a sua possibilidade de substituir os plásticos convencionais derivados de fontes fósseis. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da adição de queratina (0, 10 e 20%, em relação à quantidade de amido), oriunda de penas de frangos, nas propriedades de biofilmes de amido de milho-glicerol. Os filmes foram obtidos por casting e os ensaios para obtenção e caracterização dos mesmos foram conduzidos nos laboratórios de Físico-química e de Processos Químicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Nova Cruz. Avaliou-se os parâmetros espessura, gramatura, densidade, transparência, umidade, solubilidade em água, permeabilidade ao vapor de água e transparência dos biofilmes. Os valores da transparência, espessura, gramatura e densidade não foram afetados com os tratamentos, enquanto que, os da solubilidade em água e da taxa de permeação ao vapor de água dos filmes reduziram com o aumento da quantidade de queratina.

ABSTRACT

Biodegradable plastics based on starch have acquired considerable importance in view of their possibility of replacing the conventional plastics derived from fossil sources. The aims of this research was to evaluate the effect of the addition of keratin (0, 10 and 20%, relative to the amount of starch) from chicken feathers on the properties of corn-glycerol starch biofilms. Films is obtained by casting and the tests to obtain and characterize them were conducted in the physicochemical and chemical processes laboratories from Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Norte, Campus Nova Cruz.. The parameters thickness, weight, density, transparency, humidity, water solubility and biofilms water vapor permeability were evaluate. The values of transparency, thickness, weight and density of the films no affected with treatments applied. The water solubility and the water vapor permeation rate of the films reduced with increasing amount of keratin.

INTRODUÇÃO

As embalagens e os filmes plásticos biodegradáveis são essenciais para o transporte e distribuição de alimentos, possibilitando a preservação da qualidade, evitando a sua contaminação por agentes físicos, químicos e microbiológicos externos. Esses materiais contribuem ainda para a mitigação da contaminação do meio ambiente, por resíduos sólidos, devido a sua rápida decomposição pelas bactérias e fungos presentes no solo (LUCENA et al., 2017).

Os biofilmes são produzidos utilizando matérias-primas de fontes renováveis, como polissacarídeos, proteínas, lipídeos e derivados (HENRIQUE et al., 2008). Nesse sentido, o amido, seja na forma *in natura* ou quimicamente modificado, tem se destacado por apresentar propriedades e adequações à

produção de filmes biodegradáveis (COSTA et al., 2018). O uso do amido com essa finalidade deve-se ao seu baixo custo e disponibilidade em diversas fontes renováveis de biomassas, como mandioca, batata, milho, arroz, trigo (PELISSARI, 2009) e feijão (COSTA et al., 2017). Esses materiais, por serem facilmente decompostos pelos microrganismos do solo, representam uma nova geração de materiais com potencial para reduzir a dependência dos combustíveis, como também o impacto para o meio ambiente (PRIVA et al., 2014).

Apesar do amido ser o polissacarídeo mais utilizado na elaboração de filmes biodegradáveis este exibe algumas desvantagens, como caráter fortemente hidrofílico e propriedades mecânicas pobres, as quais dificultam o seu emprego como substituto do plástico convencional, limitando a sua utilização na produção de alguns tipos de embalagens,

como filmes e sacolas plásticas. Além disso, os filmes produzidos exclusivamente com este polímero são solúveis em água, quebradiços e de difícil processamento (DUFRESNE; VIGNON, 1998; COSTA et al., 2017).

Com a adição de plastificantes como água, glicerol e sorbitol, associada com adequado tratamento térmico, essas características podem ser melhoradas e se obter filmes com propriedades diferentes. Polímeros naturais de origem animal, como quitosana (FRÁGUAS et al., 2015; COSTA et al., 2018) e queratina (MOORE et al., 2006; SHARMA; GUPTA, 2016), também podem ser incorporados aos biofilmes e proporcionar propriedades especiais a esses produtos.

A queratina de penas de frango tem sido utilizada como reforço para melhorar as propriedades mecânica e de barreira em biofilmes de amido-sorbitol (OLADAYO et al., 2016). A queratina é uma proteína que, ao ser incorporada ao biofilme, também pode aumentar sua durabilidade, superando à de outros biopolímeros de amido e proteína vegetal (KING'ORI, 2012).

Neste contexto, realizou-se esta pesquisa com o objetivo avaliar os efeitos da queratina de penas de frango, material considerado como resíduo, nas propriedades de biofilmes de amido de milho-glicerol.

MATERIAL E MÉTODOS

O amido de milho foi adquirido no comércio varejista do Município de Nova Cruz e a matéria prima para extração da queratina, as penas de frango, foi cedida pelo proprietário da granja Santo Expedito, localizada no mesmo Município, Estado do Rio Grande do Norte.

As penas foram inicialmente separadas do material grosseiro (sólidos), por meio de catação, e em seguida lavadas em água corrente. Logo após foram postas em contato com água aquecida a 60 °C, durante 60 minutos. Decorrido esse período, o material foi seco em estufa com circulação de ar, a 40 °C, durante 72 horas. O material seco foi triturado em moinho de facas, obtendo-se um pó fino agregado a uma porção considerável de material fibroso, os quais foram estocados em recipiente plástico e selado com papel filme.

A extração da queratina foi realizada segundo metodologia proposta por Dhayanithi e Meenakshisundaram (2014), com algumas modificações. Adicionou-se 50 g do material em estoque a 2 L de solução de sulfeto de sódio 0,50 mol/L, sob agitação e a 30 °C, por 6 h, mantendo o pH entre 10 e 13. A solução resultante foi filtrada e depois centrifugada a 3600 rpm, por 10 minutos. A porção sobrenadante foi cuidadosamente coletada e filtrada em papel de filtro (solução A).

Para a precipitação da proteína, preparou-se uma solução dissolvendo 700 g de sulfato de amônio em 1 L de água deionizada. A mistura foi filtrada e, em seguida, adicionou-se, sob agitação, a solução (A) na razão de 1:1 (v/v), obtendo-se uma miscelânea, denominada solução (B). Realizou-se uma nova centrifugação (3600 rpm, por 10 minutos) e o sólido precipitado foi coletado. O líquido sobrenadante foi submetido a uma nova precipitação e centrifugação.

A purificação da proteína foi realizada através da lavagem do precipitado em 100 mL de água deionizada, sob agitação. A solução resultante foi mais uma vez centrifugada, a parte sólida foi cuidadosamente removida e dissolvida em 100 mL de hidróxido de sódio 2 M. Separou-se as duas porções, sólida-líquida, descartou-se a sólida e a líquida

(queratina) foi estocada a 5 °C, para posterior utilização. As etapas de precipitação, lavagem e dissolução foram repetidas por duas vezes.

Os filmes foram obtidos por casting a partir da disposição de três diferentes formulações de soluções filmogênicas em painéis metálicas, revestidas internamente com teflon ($\varnothing \approx 13$ cm). As formulações das respectivas soluções aquosas continham 3% de amido de milho, 30% de glicerol, diferentes quantidades de queratina (0, 10 e 20%) e 30% de ácido acético, sendo as quantidades dos três últimos componentes medidas em relação a quantidade de amido (m/m).

As soluções filmogênicas foram aquecidas em Banho Maria até 90 °C, permanecendo nesta temperatura por 20 minutos e, em seguida vertidas (30 mL de cada formulação) nas painéis metálicas revestidas com teflon. A secagem dos biofilmes foi realizada em estufa com circulação de ar, a 45 °C, por 24 h.

Caracterização dos filmes

A análise subjetiva dos biofilmes foi feita verificando-se os parâmetros continuidade (ausência de ruptura após a secagem), manuseabilidade (facilidade de ser manuseado sem risco de ruptura, duro e/ou facilidade de rasgo) e uniformidade (ausência de partículas insolúveis, bolhas de ar ou zonas de opacidade), recebendo cada atributo a avaliação "SIM" para o filme em estado aceitável e "NÃO" para o filme em condições inaceitável (GONTARD, 1991; LIMA JÚNIOR et al., 2016).

Utilizou-se um micrômetro digital (resolução 0,001 mm), marca TMX – MED25. A espessura (mm) do filme foi calculada pela média aritmética de 7 medidas aleatórias sobre a superfície do filme (OLUWASINA et al., 2014).

Calculou-se a gramatura dos filmes (g/cm^2), após desidratação em dessecador durante 24 h, dividindo-se a sua massa (g) pela área superficial (cm^2). Para isso, utilizou-se a Equação 1:

$$G = \frac{m}{A} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que, m é a massa do filme e A é a área correspondente (HENRIQUE et al., 2008).

A densidade dos filmes foi determinada dividindo-se o valor da gramatura do filme pela sua respectiva espessura. O cálculo da densidade (g/cm^3) foi feito com auxílio da Equação 2:

$$d = \frac{G}{e} \quad (\text{Eq. 2})$$

Na qual, G é a gramatura (g/cm^2) e e é a espessura (cm) (MÜLLER et al., 2008).

Para a determinação do teor de umidade, mediu-se, inicialmente a massa do filme (g) e em seguida colocou-se em estufa com circulação de ar, a 105 °C, durante 24 h. Decorrido esse tempo, mediu-se novamente a massa do filme seco. O teor de umidade (%) foi calculado pela diferença entre a massas antes (m_i) e depois (m_f) de seca, tomada em relação a massa inicial (Equação 3) (SOUSA, 2012).

$$U = \frac{m_i - m_f}{m_i} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

Para a determinação da solubilidade, utilizou-se o filme seco em estufa, a 105 °C, durante 24 h, colocou-se em contato com 100 mL de água destilada (erlenmeyer de 125 mL), em mesa agitadora, durante 24 h e temperatura ambiente (25 °C).

Após esse período, descartou-se a porção líquida e novamente secou-se o restante da massa do filme não solubilizada. Mediu-se a massa (g) restante e seca. A solubilidade foi calculada pela diferença entre as massas do filme seco, antes (m_i) e após (m_f) contato com água, calculada em relação a 100 mL de água (Equação 4) (HENRIQUE et al., 2002).

$$S = \frac{m_i - m_f}{100 \text{ mL de } H_2O} \quad (\text{Eq. 4})$$

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi determinada colocando-se 50 mL de água destilada em um erlenmeyer de 125 mL e, em seguida, selou-se o recipiente com o filme produzido e com fita Crepe. Mediu-se a massa (g) inicial do conjunto “erlenmeyer-água-filme-fita” e colocou-se em um dessecador. A cada 2 h, por um período de 24 h, foram realizadas novas medições da massa do conjunto. O cálculo da PVA, em g/(dia.cm²), acumulada nas primeiras 24 h foi feito dividindo-se a diferença entre a massa inicial (m_i) e final (m_f) do conjunto “erlenmeyer-água-filme-fita” pelo produto do tempo (dia) e área (cm²) da abertura do erlenmeyer (Equação 5) (GONTARD et al., 1993).

$$PVA = \frac{m_i - m_f}{A \cdot t} \quad (\text{Eq. 5})$$

A caracterização da transparência foi realizada utilizando um espectrofotômetro UV.- VIS, marca Thermo Scientific, modelo Evolution 60S – UV Visible Spectrophotometer, sendo avaliada indiretamente pela transmitância, na faixa de comprimento de onda de 720 nm. O teste em branco foi realizado medindo-se a transmitância com água destilada na cubeta (HENRIQUE, 2002).

Os testes foram realizados em triplicatas, os resultados submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$), utilizando-se o programa estatístico Sisvar® 5.6 (FERREIRA, 2014).

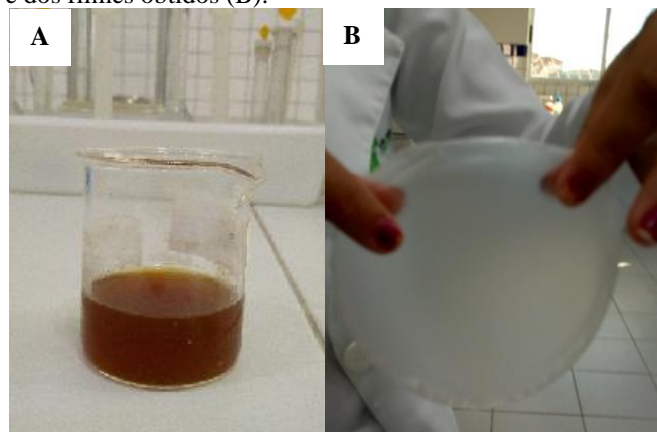
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os filmes produzidos a partir das formulações formatadas, utilizando amido de milho, glicerina e queratina de penas de frango (Figura 1A), apresentaram boa aparência e

consistência, com ausência de bolhas ou rachaduras na superfície (Figura 1B).

Levando-se em consideração essas características, pode-se inferir que a interação entre as matrizes poliméricas naturais, amido-glicerina-queratina, foi bastante efetiva o que proporcionou a obtenção de filmes com boas características visuais. Resultados semelhantes foram obtidos por Araújo (2014) e Costa et al. (2018), ao desenvolverem filmes de amido de mandioca-glicerina, reforçado com extrato etanólico de própolis e filmes à base de amido de feijão macáçar-glicerina, reforçados com quitosana da casca de camarão, respectivamente.

Figura 1. Aspectos visuais da queratina de penas de frango (A) e dos filmes obtidos (B).



Fonte: Autores (2019).

A adição de queratina nas proporções de 10% e 20% não influenciou significativamente ($P \leq 0,05$) os parâmetros espessura, gramatura e densidade dos filmes (Tabela 1). O valor da espessura dos filmes foi superior à dos obtidos por outros pesquisadores (ALTMANN et al., 2018), enquanto a gramatura foi inferior à verificada em filmes de amido de mandioca modificado (HENRIQUE et al., 2008). No primeiro caso, isto pode estar relacionado a quantidade (30 mL) e viscosidade da solução filmogênica utilizada para a obtenção dos filmes, visto que essas propriedades dependem dessa característica. O valor médio para a densidade dos filmes foi igual a 1,4582 g/cm³.

Tabela 1. Espessura (mm), gramatura (g/cm²) e densidade (g/cm³) dos filmes de amido de milho e queratina de penas de frango.

Propriedades	Espessura	Gramatura	Densidade
Referência (sem queratina)	0,1010 ± 0,0082 ^a	0,0160 ± 0,0003 ^a	1,5868 ± 0,1431 ^a
10% de queratina	0,1057 ± 0,0065 ^a	0,0148 ± 0,0006 ^a	1,4046 ± 0,1328 ^a
20% de queratina	0,1003 ± 0,0015 ^a	0,0140 ± 0,0020 ^a	1,3969 ± 0,1865 ^a
CV (%)	2,21	5,96	6,36

CV: Coeficiente de variação; Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

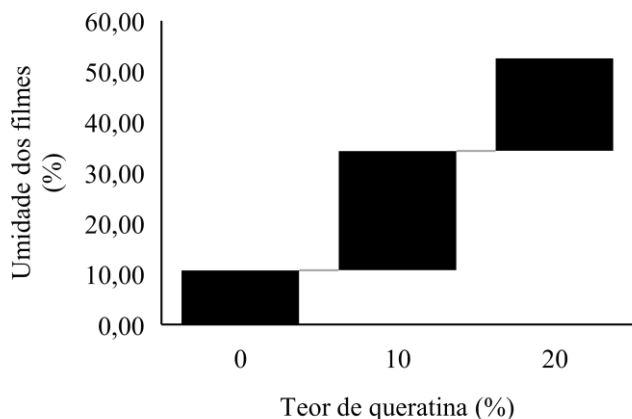
A adição de queratina proporcionou aumento no teor de umidade dos filmes em relação ao filme de referência. No entanto, a elevação no seu teor, de 10% para 20%, produziu efeito contrário ($P \leq 0,05$). A variação nos valores dessa propriedade dos filmes está representada na Figura 2. Provavelmente, a interação entre a matriz polimérica de amido com a queratina sofre influência do teor desta última. Com isso, em menor concentração, a queratina interage mais efetivamente com as moléculas de água que com a matriz polimérica de amido e, desta forma, proporciona aumento do

caráter hidrofílico do filme. Outro fator que pode ter influenciado na redução desse teor de umidade, com o aumento da quantidade de queratina, é a diminuição na relação “massa de glicerina/massa de queratina”.

A variação do nível de umidade relativa do ar também interfere nas propriedades dos biofilmes, seja durante o estoque ou do seu uso, o que pode comprometer e aumentar as limitações tecnológicas à sua comercialização (THIRÉ et al., 2004). Como consequência do não monitoramento da umidade relativa do ar, no interior do recipiente de estocagem dos

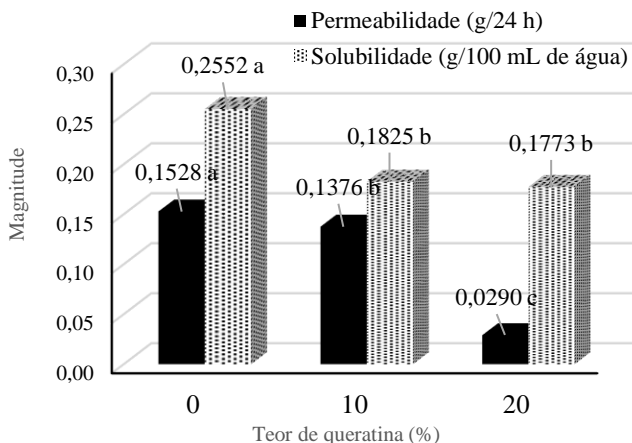
filmes, não é possível inferir se essa variável influenciou na magnitude desse parâmetro dos filmes.

Figura 2. Umidade dos filmes de amido de milho e diferentes teores de queratina de penas de frango.



As análises relativas a taxa de permeação pelo vapor de água e da solubilidade dos filmes em água estão dispostas na Figura 3, através da qual se observa uma redução significativa ($P \leq 0,05$) no valor de ambas propriedades em decorrência do aumento da quantidade de queratina nos filmes biodegradáveis. Os valores da taxa permeação acumulada, nas primeiras 24 h, através dos filmes e da solubilidade em água para os filmes produzidos variaram de 0,1528 g/(dia.cm²) para 0,0290 g/(dia.cm²) e de 0,2552 g/100 mL de água para 0,1773 g/100 mL de água, respectivamente.

Figura 3. Permeabilidade e solubilidade de filmes de amido de milho e diferentes teores de queratina de penas de frango.



Trabalho realizado por Costa et al. (2018) indicou comportamento inverso da permeação do vapor de água através dos filmes nas primeiras 24 h, em decorrência do aumento da concentração de quitosana, em filmes biodegradáveis a base de amido de feijão macáçar. Para a concentração de 10% de quitosana, em relação a quantidade de amido, ele observou uma taxa de permeação igual a 0,1080 g/(dia⁻¹.cm²), valor superior ao verificado no presente estudo.

Outro fator que pode ter influenciado na taxa de percolação é a temperatura de secagem, pois esta modifica a cristalinidade dos filmes, alterando conseqüentemente sua taxa de permeação. Estudos têm comprovado que filmes secos a 70 °C são menos permeáveis ao vapor de água que aqueles secos a 40 °C (MORAES, 2013).

Os filmes reforçados com queratina, em maior concentração, apresentaram solubilidade em água maior que os reforçados com quitosana (10% em relação a quantidade de amido), cujo valor foi igual a 0,0634 g/100 mL de água (COSTA et al., 2018). Os filmes reforçados com queratina, em todas as formulações testadas, apresentaram solubilidade inferior ao filme de referência. Assim, comprovou-se que a interação na matriz polimérica “amido de milho-queratina” foi bastante favorável devido a solubilidade dos filmes produzidos ter sido inferior aos obtidos, com amido nativo e gelatina (FAKHOURI et al., 2007).

Os tratamentos aplicados na elaboração dos filmes de amido de milho-glicerina, reforçados com queratina de penas de frango, não induziram variações na transparência dos biofilmes, cujo valor médio foi igual a 64,218 %. Resultados semelhantes foram obtidos na elaboração de biofilmes de amido de feijão macáçar-glicerina, reforçados com diferentes quantidades de quitosana de exoesqueletos de camarão (0, 5 e 10%), com magnitude igual a 74,1562 % (COSTA et al., 2018). Este fato indica que existe boa interação dos dois polímeros naturais, nas dosagens utilizadas de queratina e quitosana, com as matrizes poliméricas dos amidos oriundos de diferentes fontes – milho e feijão macáçar.

CONCLUSÕES

A inserção de queratina de penas de frango não afeta os parâmetros espessura, gramatura, densidade e transparência dos filmes à base de amido de milho-glicerina. Contudo, reduz a solubilidade e a taxa de permeação ao vapor de água desses filmes.

REFERÊNCIAS

- ALTMANN, I.; ATZ, N. R.; ROSA, S. M. L. Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos a partir de amido de milho: uma proposta experimental de produção de biofilmes em sala de aula. *Química Nova na Escola*, vol. 40, n. 1, p. 53-58, 2018. 10.21577/0104-8899.20160104.
- ARAÚJO, G. K. P. Desenvolvimento de filmes biodegradáveis de amido incorporados com extrato de própolis. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Campo Mourão, 2014.
- COSTA, D. M. A.; SANTOS, A. F.; SILVA, E. D.; SILVA, I. A. Desenvolvimento e caracterização de filmes à base de amido de feijão macáçar (*Vigna unguiculata* (L.) Wap). *Holos*, v. 07, p. 2-16, 2017. 10.15628/holos.2017.6318.
- COSTA, D. M. A.; SILVA, L. A.; LIMA, M. T. J. Caracterização de blendas de amido de feijão macáçar, quitosana e glicerol. *Holos Environment*, v. 18, n. 2, p. 207-226, 2018. 10.14295/holos.v18i2.12290.
- DHAYANITHI, N. B.; MEENAKSHISUNDARAM, S. Separation of Natural Keratin Protein from the Chicken Feather Waste. *International Journal of Scientific Research*, v. 3, n. 7, 2014. 10.36106/ijsr.

- DUFRESNE, A.; VIGNON, M. R. Improvement of starch film performances using cellulose microfibrils. *Macromolecules*, v. 31, p. 2693-2696, 1998. 10.1021/ma971532b.
- FAKHOURI, F. M.; FONTES, L. C. B.; GONÇALVES, P. V. M.; MILANEZ, C. R.; STEEL, C. J.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 2, p. 369-375, 2007. 10.1590/S0101-20612007000200027.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. 10.1590/S1413-70542014000200001.
- FRÁGUAS, R. M.; SIMÃO, A. A.; FARIA, P. V.; QUEIROZ, E. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. N.; ABREU, C. M. P. Preparo e caracterização de filmes comestíveis de quitosana. *Polímeros*, v. 25, p. 48-53, 2015. 10.1590/0104-1428.1656.
- GONTARD, N. Films et enrobages comestibles: etude et amélioration des propriétés filmogène du gluten. These de Doctorat. Montpellier: Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 1991.
- 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 Food Sciences*, v. 53, n. 1, p. 206-211, 1993. [10.1111/j.1365-2621.1993.tb03246.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb03246.x).
- HENRIQUE, C. M. Caracterização de filmes de féculas modificadas de mandioca como subsídios para aplicação em pós colheita de hortaliças. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual de São Paulo. Botucatu, 2002.
- HENRIQUE, C. M.; CASTRO, C. M. R.; CEREDA, M. P. Metodologia de solubilidade adaptada para biofilmes (No prelo). 2002.
- HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 1, p. 231-240, 2008. 10.1590/S0101-20612008000100033.
- KING'ORI, A. M. Management of poultry process by products: Utilization of feathers. *International Journal of Livestock Research*, v. 3, p. 58-64, 2012.
- LIMA JUNIOR, R. G.; VINHAS, G. M.; SOUTO-MAIOR, R. M.; SANTOS, A. M. P.; SANTOS, E. J. P.; ALMEIDA, Y. M. B. Desenvolvimento e Caracterização de filmes à base de poli(3-hidroxibutirato) aditivado com ZnO nano. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 19, e2015082, 2016. 10.1590/1981-6723.8215.
- LUCENA, C. A. A.; COSTA, S. C.; ELEAMEN, G. R. A.; MENDONÇA, E. A. M.; OLIVEIRA, E. E. Desenvolvimento de biofilmes à base de xilana e xilana/gelatina para produção de embalagens biodegradáveis. *Polímeros*, n. 27, p. 35-41, 2017. 10.1590/0104-1428.2223.
- MOORE, G. R. P.; MARTELLI, S. M.; GANDOLFO, C. A.; PIRES, A. T. N.; Laurindo, J. B. Queratina de penas de frango: Extração, caracterização e obtenção de filmes. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 6, n. 2, p. 421-427, 2006. 10.1590/S0101-20612006000200027.
- MORAES, J. O. Produção e caracterização de filmes de amido-glicerol-fibras de celulose elaborados por *tape-casting*. Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.
- MÜLLER, C., LAURINDO, J., YAMASHITA, F. Evolution of the effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach. *Carbohydrate Polymers*, v. 72, p. 82-87, 2008. 10.1016/j.carbpol.2007.07.026.
- OLADAYO, O. O.; QUEENDALINE, U. C.; JOSEPH, O. S.; OLUWASEGUN, W. Physicochemical properties of cassava starch and starch-keratin prepared biofilm. *Journal Science Technology*, v. 38, n. 4, p. 349-355, 2016. 10.14456/sjstpsu.2016.47.
- OLUWASINA, O.O.; LAJIDE, L.; OWOLABI, B. J. Performance of bonded boards using lignin-based resin. *Wood Material Science and Engineering*, v. 10, n. 2, p. 168-177, 2014. 10.1080/17480272.2014.923044.
- PELLISSARI, F. M. Produção e caracterização de filmes de amido de mandioca, quitosana e glicerol com incorporação de óleo essencial de orégano. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2009.
- PRIYA, B.; GUPTA, V. K.; PATHANIA, D.; SINGHA, A. S. Synthesis, characterization and antibacterial activity of biodegradable starch/PVA composite films reinforced with cellulosic fibre. *Carbohydrate Polymers*, v. 109, p. 171 - 179, 2014. 10.1016/j.carbpol.2014.03.044.
- SHARMA, S.; GUPTA, A. Sustainable and management of keratin waste biomass: Applications and future perspectives. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 59, p. 1-14, 2016. 10.1590/1678-4324-2016150684.
- SOUSA, G. M. Desenvolvimento de filmes biodegradáveis ativos e aplicação na conservação de massa alimentícia fresca. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de alimentos da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2012.
- THIRÉ, R. M. S. M.; SIMÃO, R. A.; ARAÚJO, P. J. G.; ACHETE, C. A. Redução da Hidrofilicidade de filmes biodegradáveis à base de amido por meio de polimerização por plasma. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 14, n. 1, p. 57-62, 2004. 10.1590/S0104-14282004000100015.