

Graphical Abstract



Edible productions films based on the bacterial cellulose and passion fruit pectin, with some aspects like: solubility, thickness and swell. Making possible the realization of future studies on food preservation.

PRODUÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS À BASE DE CELULOSE E PECTINA DE MARACUJÁ PARA APLICAÇÃO EM ALIMENTOS

Andressa Elizabete S. de França^a, Cynthia G. De Oliveira^a, Jessyca Lays M. Damasceno^{a,*}

^aDepartamento de Farmácia, Faculdade Associação Caruaruense de Ensino Superior, 55016-901 Caruaru – PE, Brasil.

Manuscrito com material suplementar

Manuscrito sem material suplementar

*e-mail: jessyca.damasceno@hotmail.com

EDIBLE FILMS PRODUCTION BASED IN CELLULOSE AND PASSION FRUIT PECTIN FOR USE IN FOOD

This work has the objective of studying the characteristics of cellulose films: that's a flexible polymer and for your availability interacts with a lot of compounds of hydroxyl group. Pectin, that's a polysaccharide found naturally in plant cell walls. After different conditions of treatment, where cellulose was used as matrix by edible films, then associated with pectin in different concentrations and periods of thermal treatment using microwave after, featured according to their solubility, thickness and swelling properties. The Pectin effect concentration was meaningful about all the checked answers, but the warming time result was meaningful about the solubility and swelling, by the films produced, only was verified the effect of interaction between the studied factors about the solubility of the films. Based on the results obtained, it's possible to conclude that we can mold the solubility, thickness and swelling characteristics of films to be produced, by the modification of the composition and thermal treatment applied, making possible your application in foods, some films will work to extend the food quality and as source of soluble and insoluble fibers in diet.

Keywords: Microwave; bacterial cellulose; pectin; edible films.

INTRODUÇÃO

Os filmes comestíveis, fina camada contínua desenvolvida a partir de materiais biológicos, atuam protegendo o alimento contra elementos externos como, microrganismos, umidade e gases, aumentando assim a vida útil do produto.²⁰ Pode-se definir o filme como uma fina camada pré-moldada elaborada em placa, que envolve o alimento, sendo aplicada de forma líquida pelo método de imersão ou aspensão sobre o produto utilizando uma fina camada do material.³⁴

Há diferentes tipos de materiais para fabricação de filmes, sendo lipídeos, polissacarídeos e as proteínas os mais usados, onde cada categoria oferece vantagens e limitações. Sendo assim, cabe a quem for utilizá-lo analisar o custo benefício³ de modo que dependendo dos constituintes empregados em sua fabricação e da quantidade das substâncias utilizadas os filmes podem ser qualificados como biodegradáveis ou comestíveis.²⁷

A aplicação e o desenvolvimento de filmes ou coberturas biodegradáveis comestíveis, são técnicas praticadas há vários anos que visam promover melhoria na qualidade, durabilidade e manutenção das características do alimento.⁴ As vantagens oferecidas pelos filmes biodegradáveis estão relacionadas com o aumento da qualidade, validade comercial, melhoria das características nutricionais e sensoriais dos alimentos, carreando também alguns nutrientes inerentes do filme utilizado.¹⁷

Os revestimentos e embalagens comestíveis são divididos em ingredientes e aditivos, onde melhoram a qualidade nutricional do produto e quando não incrementam o seu valor nutricional respectivamente. Estes podem interferir na estabilidade físico-química, bioquímica, e microbiológica do alimento pelo fato de serem embalagens e componente alimentar ao mesmo tempo, porém não devem modificar suas características sensoriais.³²

Esses filmes são amplamente utilizados em frutas e hortaliças, onde a aplicação do revestimento comestível pode ser feita de duas maneiras: por meio de imersão rápida do fruto em uma solução filmogênica (após, o alimento é deixado em descanso até que a água desapareça e a película se forme sobre a fruta) ou por meio de aspensão, cujo a técnica é semelhante, porém a solução é aspergida sobre o alimento.²⁴

Uma alternativa para melhorar as propriedades físicas dos filmes é a preparação de blends poliméricas, pois a mistura de dois ou mais polímeros de alta massa molar em conjunto com um plastificante tem se mostrado eficiente na proteção dos alimentos. A celulose é o mais abundante polímero da Terra e de grande importância na economia global. Atualmente, pesquisas tem sido desenvolvidas visando a a produção de celulose de origem bacteriana devido à sua ampla

aplicação, sendo caracterizada como uma nova *commodity* bioquímica, com importante valor comercial.

A composição da celulose bacteriana apresenta fitas ultrafinas variando seu comprimento de 1 a 9 mm, formando uma densa estrutura reticulada que é estabilizada por extensas pontes de hidrogênio e altamente cristalinas. As regiões cristalinas propiciam maior opacidade por refletir ou desviar o feixe de luz incidente, comprometendo a transmissão da luz.¹ A fibra de celulose bacteriana que é desprovida de lignina e hemicelulose possuem uma alta cristalinidade de 60 a 90%, força de tensão, pureza química, elasticidade, biodegradabilidade, durabilidade, elevada capacidade de retenção e absorção de água (99% de sua massa).¹¹ Pelo fato da microfibrilas possuir um diâmetro menor elas não são alergênicas, tóxica e é inerte metabolicamente.²³

Buscar a combinação de biopolímeros para compor os biofilmes permite utilizar vantajosamente suas características funcionais. A pectina, polímero amplamente utilizados na preparação de blendas, é um alcaloide que tem como característica um caráter hidrofílico, por possuir grupos polares, envolve grande quantidade de água, produzindo uma solução viscosa, sendo assim muito utilizada na indústria de alimentos devido sua capacidade de formar géis.¹³ O termo geral pectina designa ácidos pectínicos solúveis em água, com grau variável de grupos metil éster e um grau de neutralização capaz de formar gel com açúcares e ácidos em condições adequadas. Apresenta sua estrutura formada por ligações axiais de ácido 1,4-D-galacturônico contendo moléculas de L-ramnose, arabinose, galactose e xilose nas laterais.^{9,13} Para identificação de suas características físicas ou funcionais da pectina é importante observar a quantidade dos grupos carboxílicos esterificados que é expresso pelo conteúdo de metoxilas. Tais informações servem de parâmetro para a capacidade da pectina constituir um bom gel.^{33,31} A combinação da pectina com a celulose e hemicelulose, as quais ainda apresentam como componente do material estrutural das paredes celulares dos vegetais, através de ligações covalentes, forma a protopectina. A protopectina pode liberar a pectina por ser facilmente atacada por ácidos diluídos.⁸⁻¹⁴

A pectina é amplamente utilizada no preparo de geléias, doces de frutas, e em outros ramos da indústria de alimentos pois possui propriedades espessantes, texturizantes, emulsificantes ou estabilizantes.⁷ Dessa forma são aplicados sobre a superfície do alimento visando o aumento da sua vida de prateleira e também a redução na perda de vapor de água, oxigênio, migração de lipídios e aroma ou para estabilizar os gradientes de atividade de água e assim manter as diferentes propriedades de textura por um tempo maior.²⁸ Pode ainda conter aditivos, antimicrobianos, antioxidantes, e, os quais visam retardar a taxa de deterioração quando utilizados no envolvimento

de um produto alimentício.⁵ Essa interação tem como objetivo melhorar a estabilidade, qualidade, segurança e funcionalidades dos alimentos.¹⁰

A espessura dos filmes um dos parâmetros que irá influenciar de maneira significativa as propriedades do mesmo e pode ser determinada pela distância perpendicular entre duas superfícies principais do material.¹⁵ Para avaliação da igualdade dos materiais, legitimidade das comparações entre filmes e repetibilidade da medida de suas características é de fundamental importância o controle da espessura.³⁰

A influência da espessura é um parâmetro que assegura a conformidade do material. Mudanças na espessura dos filmes podem originar deficiência nas características mecânicas e de barreira. A espessura dos filmes produzidos pelo método de coacervação com uma matriz polimérica insolúvel como foi feito neste trabalho permite maior controle da espessura dos filmes, o que é difícil quando se utilizam processos de produção tipo “*casting*”, principalmente com soluções filmogênicas viscosas, pela dificuldade de espalhamento sobre a placa. Esse controle é uma etapa que exige cuidado e é, ainda, um parâmetro pouco estudado.³⁰

O interesse no uso de filmes comestíveis vem aumentando nos dias atuais devido à sua capacidade de reduzir a rápida deterioração de frutos e/ou alimentos. Desta forma pesquisas estão sendo realizadas com o enfoque no uso de biopolímeros, como polissacarídeos, lipídeos e proteínas, que são completamente biodegradáveis.⁴

Este projeto visa obter filmes comestíveis que associem a flexibilidade e moldabilidade da celulose bacteriana e a resistência conferida pela interação desta com a pectina na obtenção de filmes em que seja possível adequar a sua, a solubilidade, espessura e o intumescimento às características do alimento a ser revestido.

PARTE EXPERIMENTAL

Os experimentos foram desenvolvidos nos Laboratórios de Tecnologia de Alimentos, Produção de Fitoterápicos, Microbiologia de Alimentos e no de Tecnologia Farmacêutica da Faculdade ASCES, no período de julho de 2014 a junho de 2015. Todos os experimentos e análises foram realizados em triplicata e os resultados foram tratados aplicando-se a análise de variância e teste Turkey, com um nível de significância de 0,05. Membranas que rompidas ou contaminadas foram excluídas do uso para a realização dos experimentos.

Obtenção da celulose bacteriana (CB)

As membranas de celulose bacteriana foram adquiridas, previamente purificadas, por doação do laboratório de Processos Biotecnológicos do Departamento de Antibióticos da Universidade Federal de Pernambuco.

Produção das soluções de pectina de maracujá amarelo

O extrato péctico de maracujá foi preparado pelo aquecimento do albedo de maracujás amarelo, triturados a fragmentos com diâmetro inferior a 1 cm², em água à temperatura de ebulição na proporção de 3:1 (m/m) durante tempo necessário para a solubilização de pectina. Esse tempo foi suficiente para formar grandes aglomerados gelatinosos durante o teste da pectina. O teste da pectina consiste na transferência de 1 - 2 mL da solução para vidros de relógio com posterior adição de 15 mL de etanol absoluto e observação da aparência da solução. A formação de um grumo gelatinoso grande e não fragmentado indica a concentração de pectina suficiente para uso na produção de geléias. Os resíduos sólidos provenientes da extração da pectina foram removidos com o auxílio de peneiras, retiraram-se amostras da solução clarificada para a determinação da concentração de pectina no extrato péctico e o volume restante foi congelado até o momento do uso. A concentração de pectina foi determinada por peso-seco, em que volumes exatos de 5 mL da solução foram transferidos para béqueres previamente identificados e tarados, os quais foram então acomodados em estufa a 105 °C durante 24 h. Após esfriarem em dessecador, os béqueres foram novamente pesados e, a média das diferenças entre as massas dos béqueres com pectina seca e vazios era a massa de pectina em 5 mL da solução proveniente da extração.

Preparo dos filmes e Tratamento da celulose bacteriana em forno de micro-ondas

Os filmes foram produzidos pelo método de coacervação simples, mergulhando a membrana de celulose tratada por aquecimento em forno de micro-ondas, já arrefecida, no extrato péctico previamente preparado e diluído conforme planejamento da Tabela 1 abaixo.³²

Tabela 1. Condições de tratamento térmico das membranas de celulose bacteriana e concentrações de pectina do extrato péctico da porção interna da casca de maracujá de acordo com o planejamento fatorial

Experimento	Níveis		CB em MO (min)	CP % (m/v)
	CB em MO	CP		
1	+1	+1	7,00	5,00
2	-1	+1	3,00	5,00
3	+1	-1	7,00	2,00
4	-1	-1	3,00	2,00
5	+ α	0	7,80	3,50
6	- α	0	0,18	3,50
7	0	+ α	5,00	5,61
8	0	- α	5,00	1,38
9	0	0	5,00	3,50
10	0	0	5,00	3,50
11	0	0	5,00	3,50
12	0	0	7,80	18,60

MO- Micro-ondas; CB – Celulose bacteriana; CP – Concentração de pectina.

A membrana embebida no extrato péctico diluído foi estendida sobre uma superfície plana, lisa e limpa, e foi mantida na estufa a 105 °C por 30 min e após, em dessecador até a total evaporação do solvente. A evaporação do solvente foi monitorada pela pesagem das membranas em intervalos de 2 h e mantida até a estabilização da massa determinada.

Avaliação da solubilidade dos filmes em água

A determinação da solubilidade dos filmes produzidos foi determinada pelo método proposto por Gontard et al.²¹ que consiste na secagem inicial de recortes com 2 mm de diâmetro do filme a 105 °C por 24 h e pesagem (M_i). As amostras foram em seguida imersas em 50 mL de água destilada e mantidas sob agitação média (175 rpm) a 25 °C por 24 h. Após este período o peso-seco final das amostras (M_f) foram medidos da mesma forma que o inicial e o material solubilizado (S) foi expresso em percentual, utilizando-se a seguinte Equação 1:

$$S = \frac{(M_i - M_f) \times 100}{M_i} \quad (1)$$

Avaliação da espessura dos filmes

A espessura dos filmes foi medida utilizando-se um micrômetro mecânico

Teste de intumescimento

O filme seco com medida de 1 cm² foi mantido em dessecador até peso constante, pesado, submerso em 25 mL de água destilada e mantido a 4 °C. O ganho de massa foi medido a cada 20 min após retirar delicadamente o excesso de água do filme com papel de filtro. As pesagens foram realizadas até que o peso ficou constante. A taxa de intumescimento (Ti) foi calculada pela seguinte Equação 2:

$$Ti = \frac{(M_u - M_s)}{M_s \times 100} \quad (2)$$

Em que M_u é a massa úmida do recorte da membrana e M_s é a massa seca da mesma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espessura

Na Figura 1 tem-se a representação gráfica da influência dos fatores estudados sobre a espessura dos filmes produzidos. A espessura dos filmes produzidos foi influenciada de maneira significativa pela concentração de pectina utilizada (p=0,000) mas não pelo tempo de aquecimento em micro-ondas (p=0,870) e não houve efeito de interação entre os fatores estudados (p=0,989).

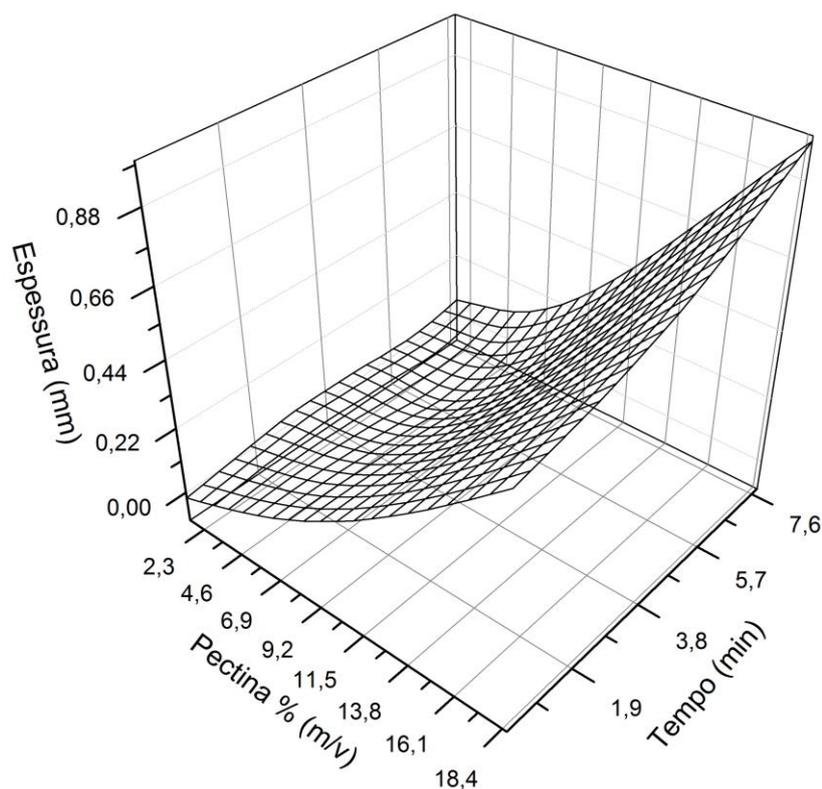


Figura 1. *Variação de espessura dos filmes de celulose e pectina com a concentração de pectina e o tempo de aquecimento em forno de micro-ondas*

Os filmes de celulose tiveram sua espessura elevada proporcionalmente ao aumento da concentração de pectina durante seu preparo, diferente do verificado por Farias¹⁷, cuja espessura foi sutilmente elevada de 0,07 a 0,10 mm ao adicionar polpa de acerola a filmes de amido de mandioca. Esse aumento de espessura não superou o dobro dos filmes sem aditivos, isso justifica o fato de a acerola conter pouca pectina.

A pectina retém mais água do que o glicerol, as variações nas concentrações de glicerol presentes em seus filmes caracterizados pela presença de pectina e íons de cálcio não promoveram diferenças significativas nas espessuras dos filmes.⁶ Isto justifica o fato de que em nosso filme o aumento de pectina se mostrou relevante nos testes de solubilidade, quanto maior a concentração de pectina maior a solubilidade do filme.

A espessura é um parâmetro que está associado a vários fatores como concentração, presença de aditivos, quantidade de solução filmogênica adicionada e processo de obtenção dos mesmos. A literatura reporta uma extensa faixa de variação para filmes biodegradáveis. Por exemplo, Fakhoury et al.¹⁶ conseguiram resultados de espessuras que variaram de 0,034 a 0,075 mm para filmes obtidos a partir de blendas de amido de mandioca e gelatina. Já Souza et al.²⁹ obtiveram espessuras superiores, que variaram de 0,123 a 0,141 mm para filmes de fécula de mandioca com adição de

polpa de manga e acerola. Tal variação na espessura, que pode ser justificada pela afinidade da pectina pela celulose e pode ter ocorrido pela intercalação deste polímero com a celulose em sua malha e pela sua deposição na superfície da membrana de celulose.

Solubilidade

Alguns estudos retratam que os filmes com ausência de celulose bacteriana obtiveram maiores solubilidades. Este fato se dá pela formação de pontes de hidrogênio com a água resultando em filmes solúveis devido ao aumento na quantidade de hidroxilas em matrizes poliméricas polares.²⁵

No presente estudo, a solubilidade dos filmes foi influenciada pela concentração de pectina ($p=0,000$) pelo tempo de aquecimento em forno de micro-ondas ($p=0,000$) e também pelo efeito de interação entre os fatores ($p=0,000$), como é possível observar na Figura 2.

Segundo Laskiewicz³⁵, ao utilizar uma blenda constituídos por de fécula de batata e celulose bacteriana, a solubilidade reduziu 56% em relação a solubilidade inicial.

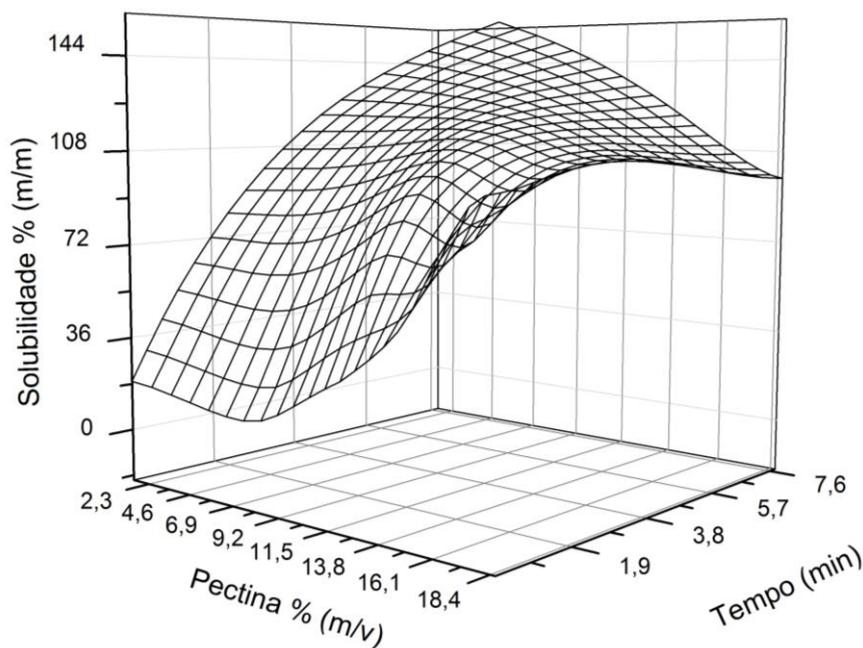


Figura 2. Variação de solubilidade dos filmes de celulose e pectina com a concentração de pectina e o tempo de aquecimento em forno de micro-ondas

A solubilidade aumenta com a elevação da concentração de pectina na solução filmogênica, independente do tempo de aquecimento que a mistura tenha sido submetida, provavelmente porque o uso de concentrações mais elevadas do polissacarídeo solúvel promove a deposição de maior

quantidade na superfície da celulose e, possivelmente também da quantidade de pectina na malha da celulose, o que torna o filme mais facilmente solubilizável. A celulose bacteriana possui microfibrilas com diâmetro pequenos o que proporciona uma alta absorção de água e baixa capacidade de desorção, além de uma alta capacidade de retenção de água.²

Quando foram utilizadas baixas concentrações de pectina, a elevação do tempo de aquecimento elevou a solubilidade. Com baixas concentrações de pectina, a baixa solubilidade dos filmes variou pouco, provavelmente devido à quebra de ligações de hidrogênio da celulose que mantêm as cadeias unidas estabilizando estruturalmente o polímero. Na presença de elevadas concentrações de pectina, porém, a solubilidade dos filmes reduziu com o aumento do tempo de aquecimento. O aquecimento mais prolongado aumenta a energia do sistema e a agitação molecular, dificultando a interação da pectina com a celulose e resultando, conseqüentemente, em redução da concentração de pectina no filme, que é a porção solúvel do filme. Isso justifica, portanto, a queda da solubilidade do filme pelo aumento da representatividade da celulose na composição do filme e, conseqüentemente, da sua insolubilidade.¹² Tem-se como hipótese que restando em maior quantidade a pectina que é a parte solúvel, pode ter aumentado a solubilidade do filme.

Em filmes biodegradáveis é desejável que tenham alta solubilidade e quando utilizados em alimentos como cobertura, podendo assim reduzir problemas de textura nestes alimentos. Entretanto, a baixa solubilidade pode ser exigida quando o objetivo é o acréscimo no conteúdo de fibras, como o caso da celulose bacteriana incorporada ao alimento, como sugerido por Jagannath et al.²²

A solubilidade é uma propriedade importante dos filmes comestíveis, existem produtos que são destinados ao preparo por cozimento, desta forma sendo mais útil o uso de filmes comestíveis que se desfaçam ao entrar em contato com a água. Já para o aumento de sua integridade tem como objetivo reduzir a transferência de água do meio externo para o produto, ou vice-versa.⁵

Intumescimento

A concentração de pectina utilizada e o tempo de aquecimento em forno de micro-ondas influenciaram de maneira significativa a taxa de intumescimento dos filmes ($p=0,009$ e $p=0,000$, respectivamente). O efeito de interação entre os fatores não foi significativo ($p=0,953$), como se observa na Figura 3.

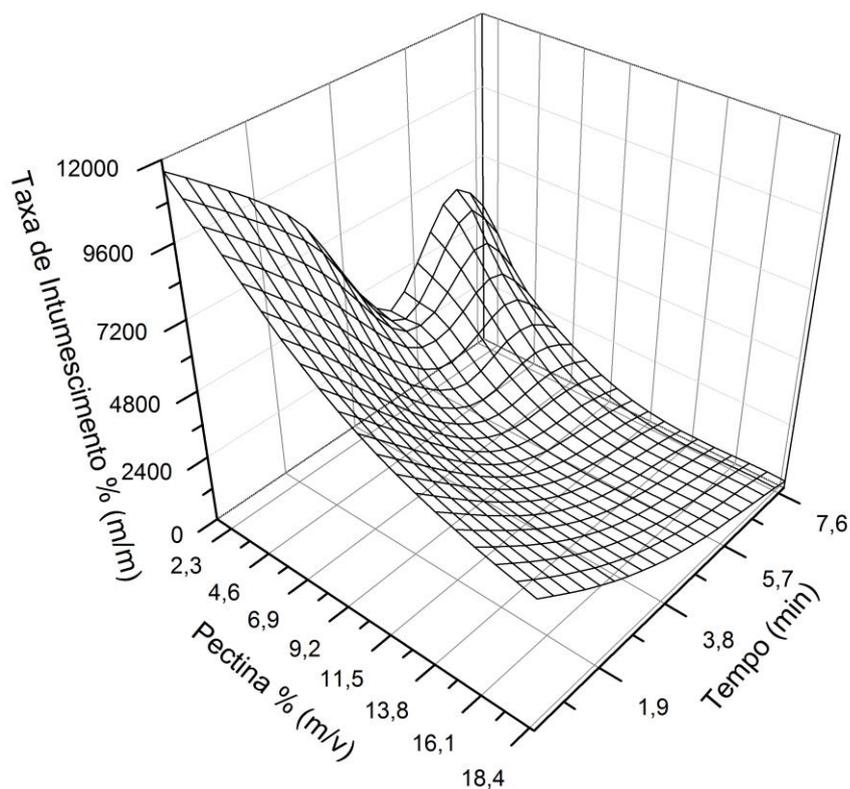


Figura 3. *Varição de intumescimento dos filmes de celulose e pectina com a concentração de pectina e o tempo de aquecimento em forno de micro-ondas*

O aumento da concentração de pectina bem como o aumento do tempo de aquecimento resultou em filmes com menores taxas de intumescimento, provavelmente pelo fato de a pectina se solubilizar na água e haver perda de massa do filme.

Fishmann¹⁹ estudando a extração de pectina do albedo da laranja sob alta pressão através de aquecimento por micro-ondas, reporta que a pectina foi solubilizada em uma estrutura compacta em rede e separada em componentes assimétricos em curtos períodos de 2,5 a 8 min de aquecimento em forno de micro-ondas. Este efeito do aquecimento em forno de micro-ondas sobre a estrutura da pectina também foi estudado por Kratchanova et al.²⁶ utilizando imagens de micrografia de exclusão que permitiram identificar a redução na capacidade de absorção de água após o aquecimento. Desta forma, pôde-se justificar o fato, onde houve uma diminuição da taxa de intumescimento.

Como o teste de intumescimento consiste em ciclos repetidos de imersão dos filmes em água fria e secagem, é possível que a água retida no filme tenha interagido prioritariamente com a pectina, que é solúvel e foi removida durante o tempo em que os filmes estiveram imersos em água. Por isto é possível que o aumento da proporção de pectina no filme tenha aumentado o direcionamento da água para este polímero em detrimento da celulose, reduzindo assim a quantidade de água retida

pela última, que é insolúvel e constituiu a maior porção do filme restante após os ciclos de imersão e secagem.

CONCLUSÃO

O estudo de revestimentos comestíveis à base de celulose e pectina de maracujá para aplicação em alimentos possui grande potencial para ser explorado, através deste vimos que é possível moldar as características de solubilidade, intumescimento e espessura dos filmes a serem produzidos, pela modificação da composição e do tratamento térmico aplicado, possibilitando à sua aplicação em alimentos. Tais filmes funcionarão também para prolongar a qualidade do alimento e vida de prateleira pós-colheita, como fonte de fibras solúveis e insolúveis da dieta. O uso de revestimentos comestíveis é uma tecnologia economicamente interessante, uma vez que são utilizadas pequenas quantidades de matérias-primas e muitas destas de baixo valor comercial. Apesar de existir uma grande variedade de revestimentos comestíveis e muitos estudos em aplicações em frutas, ainda é um campo a ser explorado.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos Pais, H. D. Gomes; J. P. M. Damasceno; E. M. Silva e M. A. França, por toda dedicação, apoio e esforço.

REFERÊNCIAS

1. Almeida, D. M. *Tese Doutorado*, Universidade Federal do Paraná, Brasil, 2010.
2. Almeida, D. M.; Woiciechowski, A. L.; Wosiacki, G.; Prestes, R. A.; Pinheiro, L. A. *Polim.: Cienc. Tecnol.* **2013**, *23*, 538.
3. Azeredo, H. M. C. *Bol. Pesqui. Process. Aliment.* **2003**, *21*, 267.
4. Batista, J. A.; Tanada-Palmu, P. S.; Grosso, C. R. F. *Cienc. Tecnol. Aliment.* **2005**, *25*, 781.

5. Batista, J. A.; Tanada-Palmu, P. S.; Passos, F. A.; Trani, P. E.; Grosso, C. R. F. *Hortic. Bras.* **2005**, *23*, 841.
6. Bierhalz, A. C. K.; Kieckbush, T. G. *Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros*, Foz do Iguaçu, Brasil, 2009.
7. Bowers, J. *Food theory and applications*, 2th ed., Macmillan Publishing Company: New York, 1992.
8. Belitz, H. D.; Grosch, W. *Química de los alimentos*, 2th ed., Acribia S.A: Zaragoza, 1988.
9. Brandão, E. M.; Andrade, C. T. *Polim.: Cienc. Technol.* **1999**, *9*, 38.
10. Cardoso, G. P. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Lavras, Brasil, 2011.
11. Czaja, W.; Krystynowicz, A.; Bielecki, S.; Brown, R. M. *Biomaterials*, **2006**, *27*, 145.
12. Chávez-Pacheco, J. L.; Martínez-Yee, S.; Contreras-Zentella, M.; Escamilla-Marván, E. *TIP, Rev. Espec. Cienc. Quim.-Biol.*, **2004**, *7*, 18.
13. <https://quimicadealimentos.files.wordpress.com/2009/08/pectina-caracteristicas-e-aplicacoes-em-alimentos.pdf>, acessada em Março 2016.
14. Glicksman, M. *Food Hydrocolloids*. CRC Press: Boca Raton, 1986.
15. Cuq, B.; Gontard, N.; Cuq, J. L.; Guilbert, S. *J. Food Sci.* **1996**, *61*, 580.
16. Fakhoury, F. M.; Martelli, S. M.; Bertan, L. C.; Yamashita, F.; Mei, L. H. I.; Queiroz, F. P. C. *LWT--Food Sci. Technol.*, **2012**, *49*, 149.
17. Farias, M. G.; Fakhouri, F. M.; Carvalho, C. W. P.; Ascheri, J. L. R. *Quim. Nova*, **2012**, *35*, 546.

18. Farias, M. G.; Carvalho, C. W. P.; Takeiti, C. Y.; Ascheri, J. L. R. *Anais do VI Workshop da Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio*, Fortaleza, Brasil, 2012.
19. Fishmann, M. L.; Chau, H. K.; Hoagland, P.; Ayyad, K. *Carbohydr. Res.* **2000**, 323, 126.
20. Henrique, C. M.; Cereda, M. P.; Sarmiento, S. B. S. *Cienc. Tecnol. Aliment.*, **2008**, 28, 231.
21. Gontard, N.; Duchez, C.; Cuq, J. L.; Guilbert, S. *Int. J. Food Sci. Technol.* **1994**, 29, 39.
22. Jagannath, A.; Manjunatha, S. S.; Ravi, N.; Raju, P. S. *J. Food Process Eng.*, **2009**, 34, 593.
23. Jonas, R.; Farah, L. F. *Polym. Degrad. Stab.* **1998**, 59, 101.
24. Besinela Júnior, E.; Monarim, M. M. S.; Camargo, M.; Mahl, C. R. A.; Simões, M. R.; Silva, C. F. *Revista Varia Scientia Agrárias*, **2010**, 1, 131.
25. Miller, K. S.; Krochta, J. M. *Trends Food Sci. Technol.*, **1997**, 8, 228.
26. Kratchanova, M.; Bénémou, C.; Kratchanov, C. *Carbohydr. Polym.*, **1991**, 15, 271.
27. Lemos, O. L. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil, 2006.
28. Silva, E. M. *Trabalho de Conclusão de Curso*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2011.
29. Souza, C. O.; Silva, L. T.; Druzian, J. I. *Quim. Nova*, **2012**, 35, 262.
30. Sobral, P. J. A. *Ciência e Engenharia*, **1999**, 8, 60.
31. Turquois, T.; Rinaudo, M.; Taravel, F. R.; Heyraud, A.; *Food Hydrocolloids*, **1999**, 13, 255.

32. Villadiego, A. M. D.; Soares, N. F. F.; Andrade, N. J.; Puschmann, R.; Minim, V. P. R.; Cruz, R. *Revista. Ceres*, **2005**, 52, 221.
33. Wong, D. W. S. *Química de los alimentos: Mecanismos y teoría*. Acríbia S.A: Zaragoza, 1995.
34. Falguera, V.; Quintero, J. P.; Jiménez, A.; Muñoz, J. A.; Ibarz, A. *Trends Food Sci. Technol.*, **2011**, 22, 292.
35. Łaskiewicz, B. *J. Appl. Polym. Sci.*, **1998**, 67, 1871.