



FILMES BIODEGRADÁVEIS

Fotos cedidas pelos autores

Extensão da vida útil de frutas tropicais

Recentemente surgiu um grande interesse pelo desenvolvimento de biofilmes comestíveis ou degradáveis biologicamente, principalmente devido à demanda por alimentos de alta qualidade, às preocupações ambientais sobre o descarte das materiais não renováveis das embalagens para alimentos e às oportunidades para criar novos mercados às matérias-primas formadoras de filme, derivadas de produtos agrícolas. Biofilme é um filme fino preparado de materiais biológicos, que age como barreira a elementos externos e, conseqüentemente, pode proteger o produto e aumentar a sua vida de prateleira. Algumas possíveis propriedades funcionais dos filmes incluem retardar a migração de umidade, o transporte de gases (O_2 , CO_2), a migração de óleo ou gordura, o transporte de solutos, oferecer uma integridade estrutural adicional aos alimentos, podendo

também reter compostos aromáticos e carregar aditivos alimentícios ou componentes com atividade anti-bacteriana ou anti-fúngica, com liberação controlada sobre o produto onde foi aplicado.

Os biofilmes são geralmente produzidos com materiais biológicos, como polissacarídeos, proteínas, lipídios e derivados. Glúten de trigo é um termo geral para as proteínas insolúveis em água da farinha de trigo, suas características de coesão e elasticidade produzem integridade e facilitam a formação de filme. O filme protéico mais comumente utilizado, entretanto, é o colágeno, que é normalmente empregado

como cobertura de carnes processadas. A gelatina é uma proteína derivada do colágeno. A celulose acetato fitalato (CAP) é um polímero comumente utilizado como cobertura em medicamentos (comprimidos) destinados a ser processados no intestino, sendo conhecido como cobertura entérica, por apresentar resistência às condições de pH ácido. Os biofilmes possuem potencial para controlar a perda de umidade e para controlar também a troca de oxigênio, etileno e dióxido de carbono do tecidos de frutas; dessa forma, poderiam controlar a respiração do produto e aumentar sua vida de prateleira, funcionando como uma alternativa ao tratamento por atmosfera controlada (Avena-Bustillos e Krochta, 1993), alternativa essa que está sendo empregada na preservação de frutas e hortaliças, porém que apresenta alguns inconvenientes incluindo custos de processo. Trabalhos recentes estão explorando o potencial das coberturas comestíveis de superfície para manter e estender a qualidade e a vida útil de produtos frescos e reduzir a quantidade de embalagens descartáveis não-biodegradáveis, incluindo as coberturas aplicadas em frutas, como bananas (Banks, 1984), frutas cítricas (Hagenmaier & Baker, 1993), maçãs (Banks et al., 1997), mangas (Carrilo-Lopez et al., 2000), peras (Amarante, 1998), abacates (Johnston & Banks, 1998), morangos (García et al., 1998) e goiabas (Oliveira & Cereda, 1999). As coberturas semi-permeáveis apresentaram influência na fisiologia das frutas, no atraso do amadurecimento e no metabolismo pós-colheita.

Filmes a base de proteínas apresentam efetiva barreira a gases (CO_2 e O_2), porém alta permeabilidade ao vapor d'água (Baldwin et al., 1995;

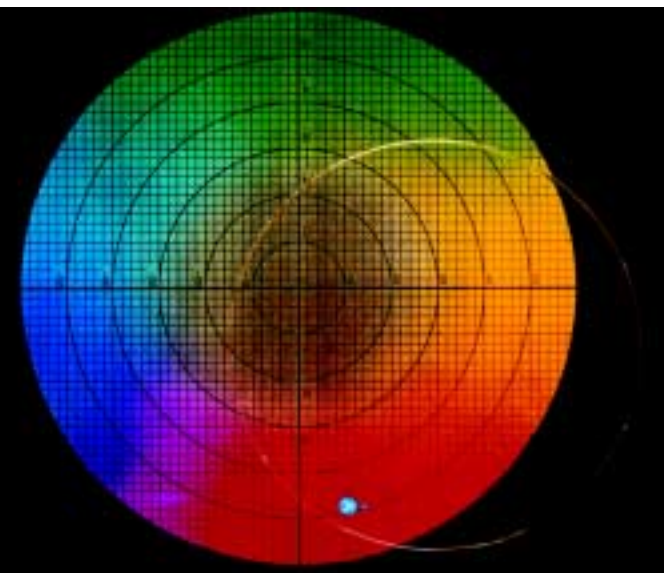


Figura 1 - Filme de gelatina contra um fundo de cor do sistema "Hunter"

Patrícia Tanada-Palmu

Doutoranda em Tecnologia de Alimentos aplicada à Nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp

Farayde Matta Fakhouri

Mestranda em Tecnologia de Alimentos aplicada à Nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp

Carlos R. F. Grosso

Professor de Controle de Qualidade, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp
grosso@fea.unicamp.br

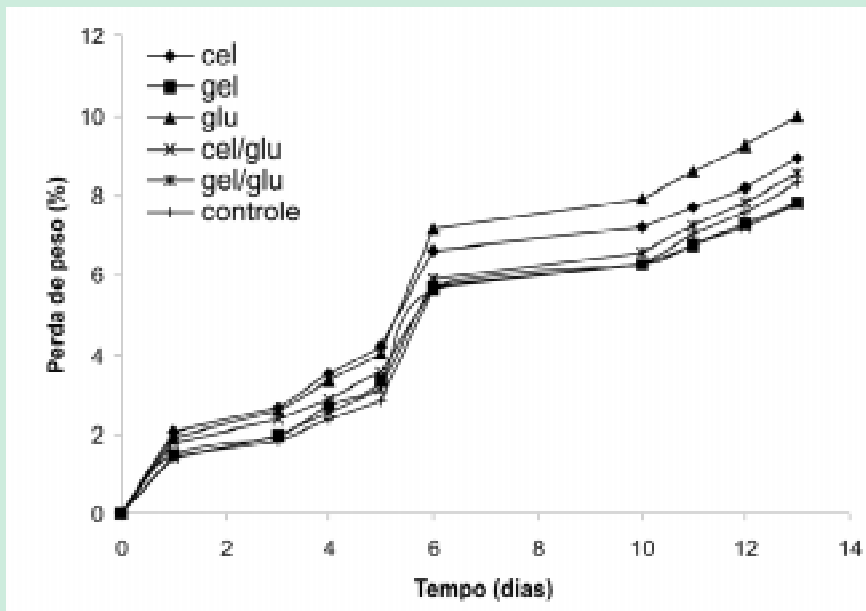


Figura 2 - Perda de peso das goiabas cobertas com glúten, gelatina e celulose acetato fitalato durante 14 dias de armazenamento

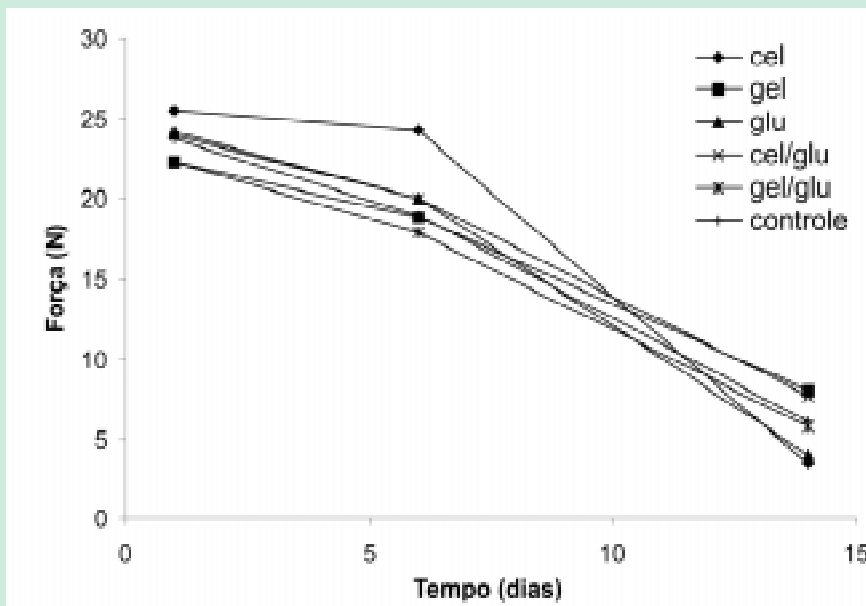


Figura 3 - Força de ruptura das goiabas cobertas com glúten, gelatina e celulose durante 14 dias de armazenamento

Krochta, 1996) em função do seu caráter hidrofílico. De acordo com o uso pretendido dos filmes biopoliméricos, várias modificações das propriedades de barreira ou melhoramento da resistência física podem ser possíveis. Uma forma de modificar as propriedades dos filmes é introduzir associações intermoleculares física, química ou enzimaticamente (**Gennadios et al., 1996; Shih, 1994; Marquie et al., 1995; Lim et al., 1999**). Outra possível abordagem para melhorar as propriedades físicas dos filmes biopoliméricos tem sido a de preparar filmes

compostos através do uso combinado de polissacarídeos, proteínas e lipídeos (**Lim & Jane, 1993; Kamper & Fennema, 1984**). Muitos filmes compostos e em bicamadas estão sendo produzidos para combinar as propriedades apresentadas pelos diferentes materiais para melhorar as características do filme resultante quanto à permeabilidade, resistência mecânica, flexibilidade, cor, valor nutricional e a *performance* de aplicação da cobertura (**Amarante & Banks, 2001**).

O objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de um biofilme com-

posto, contendo misturas de glúten de trigo, gelatina e celulose acetato fitalato, bem como testar sua aplicação em frutas frescas. Entre as frutas, a goiaba encontra-se amplamente distribuída em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. No Brasil, ocorrem grandes perdas da produção agrícola durante a fase pós-colheita, e essas perdas poderiam ser reduzidas com a utilização do biofilme na cobertura de frutas. Segundo **Medina et al. (1988)**, o comportamento do cultivar de goiaba híbrida (branca) exibiu rápido aumento na taxa de produção de CO₂ após a colheita, até atingir um pico climaterico; assim o prolongamento da conservação das goiabas, através da cobertura com os biofilmes, poderia modular melhor a maturação, aumentando o tempo de vida útil da fruta.

No experimento foram utilizados glúten de trigo vital (Rhodia, Campinas), gelatina (Leiner Davis, São Paulo), celulose acetato fitalato (Eastman Kodak, USA), fosfato de sódio monobásico (Synth, São Paulo), fosfato de sódio tribásico (Synth, São Paulo), etanol (Ecibra, São Paulo), glicerol (Merck, Darmstadt, Alemanha), hidróxido de amônio (Synth, São Paulo), cloreto de cálcio (Synth, São Paulo), nitrato de magnésio (Ecibra, São Paulo), cloreto de sódio (Synth, São Paulo), ácido clorídrico (Merck, Darmstadt, Alemanha) e goiabas frescas (adquiridas diretamente do produtor situado próximo a Campinas).

A solução formadora do filme de glúten foi preparada usando-se glúten de trigo (9,0 g/100g solução), glicerol (1,5 g/100g solução), etanol (32,5 ml/100 ml solução), água destilada e hidróxido de amônio 6N para ajustar a solução a pH 10. Todos os componentes foram misturados sob agitação magnética a 70 °C. A solução filmogênica foi centrifugada a 5.856 g por 6 minutos, à temperatura ambiente. Após isso, a solução filmogênica foi colocada sobre uma superfície de teflon e seca a temperatura ambiente por, aproximadamente, 24 horas (método modificado a partir do método de **Gontard et al., 1993**). O filme de gelatina foi preparado hidratando-se, por 1 hora, 10 g de gelatina em 100 ml de água destilada e, em seguida, aquecendo-se essa solução a 75 °C por 10 minutos,

acrescentando-se a ela 0,5 g de glicérol. A solução de gelatina foi misturada, sob agitação magnética, à solução de glúten de trigo nas proporções de 1:1, 1:4 e 4:1 e foi colocada em placas de Petri para secar em quantidade a formar filmes de mesma espessura (16 ml de solução filmogênica por placa), enquanto o filme de celulose acetato fitalato foi preparado dissolvendo-se vagarosamente, em agitador mecânico 10 g deste em solução tampão fosfato de sódio pH 8,0 e adicionando-se 0,5 g de glicérol. A solução de celulose foi misturada, sob agitação magnética, à solução de glúten de trigo nas proporções de 1:1, 1:4 e 4:1, sendo colocada em placas de Petri para secar de forma idêntica às anteriores.

A espessura dos filmes foi medida por meio de um micrômetro (Modelo MDC-25M, Mitutoyo, MFG, Japan), representando a média de 5 medidas aleatórias em diferentes partes do filme e a permeabilidade ao vapor d'água determinada gravimetricamente em triplicata a 25^o C, 75% de umidade relativa, usando-se o método modificado E-96 da ASTM (ASTM, 1980). A taxa de transmissão de oxigênio, feita em duplicata foi medida usando-se uma modificação do método padrão ASTM D 3985-81 com um aparelho Ox-Tran (Mocon, Inc., Minneapolis, USA) a 25^o C. As características de resistência mecânica dos filmes a 25^o C, incluindo a resistência à tração e a porcentagem de alongação na ruptura, foram determinadas usando-se um texturômetro TA.XT2 (SMS, Surrey, UK) operado de acordo com o método padrão ASTM D 882-83, com separação inicial das garras e velocidade do "probe" de 50 mm e 1 mm/s, respectivamente. A força máxima e a extensão no ponto de ruptura foram obtidas para os filmes testados (100 mm de comprimento e 25 mm de largura). Para todos os testes, os filmes foram acondicionados por dois dias em dessecadores com 52% de umidade relativa, antes dos testes.

A solubilidade em água foi obtida determinando-se a porcentagem do material seco do filme solubilizado em água após 24 horas de imersão (Gontard *et al.*, 1994) e do material inicial, determinada por secagem a 105^o C, por 24 horas. Dois discos de 2 cm de

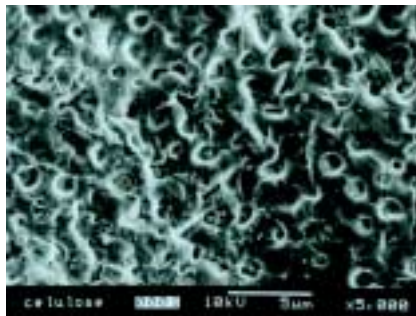


Figura 4 - Micrografia do filme de celulose

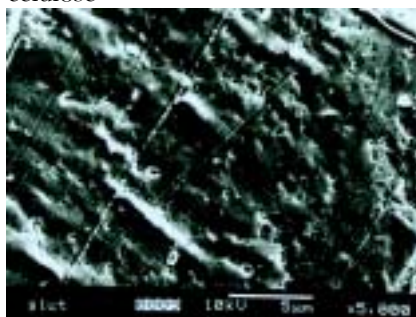


Figura 5 - Micrografia do filme de glúten de trigo

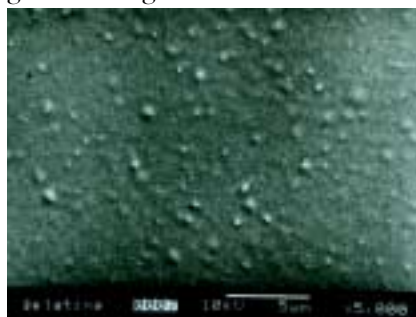


Figura 6 - Micrografia do filme de gelatina

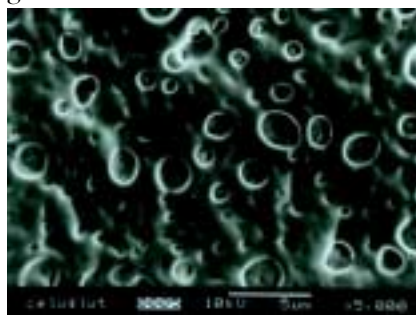


Figura 7 - Micrografia do filme composto de celulose e glúten de trigo

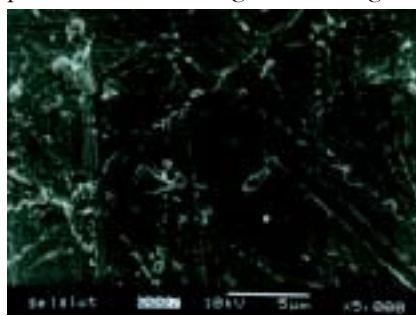


Figura 8 - Micrografia do filme composto de gelatina e glúten de trigo

diâmetro foram cortados dos filmes, pesados e imersos em 50 ml de água por 24 horas em temperatura ambiente e a quantidade remanescente e solubilizada foram determinadas gravimetricamente após secagem. A solubilidade em solução ácida (HCl 1 N) foi determinada de forma semelhante à apresentada acima.

As características de superfície dos filmes foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura, usando-se um microscópio Jeol JMS-T330 (Tokyo, Japan) operado a 10 kV. As amostras de filme foram fixadas em stubs de alumínio com fita de cobre e deixadas no dessecador a 0% de umidade relativa, por 7 dias. As amostras foram cobertas com ouro por meio do sputter Balzers (SDC.050, Baltec, Lichtenstein, Áustria) por 180 seg., a 40 mA. Diferenças estatísticas foram medidas comparando-se médias através do teste de Tukey, em um intervalo de confiança de 95% utilizando-se o programa Statistica (Microsoft, USA).

As goiabas foram escolhidas de modo que apresentassem a mesma uniformidade, coloração e ponto de maturação, fornecendo um lote homogêneo. Foram realizados seis tratamentos para cobrir as goiabas frescas com os biofilmes simples e compostos avaliando-se perda de peso e textura do produto em função do tempo. As concentrações dos filmes compostos utilizados na cobertura das goiabas foram as que apresentaram a menor permeabilidade ao vapor d'água. No tratamento 1, as goiabas frescas foram imersas na solução formadora do filme de celulose acetato fitalato a temperatura ambiente, por 1 minuto, e foram penduradas através do cabo para secar em temperatura ambiente. Em seguida, os frutos foram acondicionados em bandejas plásticas para acompanhamento do tratamento. No tratamento 2, as goiabas foram imersas na solução formadora de filme de gelatina e no tratamento 3, as goiabas foram imersas na solução formadora do filme de glúten. No tratamento 4, as goiabas foram imersas na solução formadora do filme composto de celulose e glúten (1:1) e no tratamento 5, a solução formadora de filme foi composta de gelatina e glúten (4:1). O tratamento 6 foi o controle, onde as goiabas foram imer-

sas por 1 minuto em água destilada. A perda de peso das goiabas foi acompanhada pesando-as no início e durante o armazenamento. A textura das goiabas foi determinada em texturômetro TA.XT2 (Stable Micro System, Surrey, UK), através da medida da força de ruptura usando-se um “probe” cilíndrico de 1cm de diâmetro. A separação inicial do “probe” e sua velocidade foram de 30 mm e 1 mm/s, respectivamente. As medidas de textura das goiabas foram tomadas com 1, 6, e 14 dias de armazenamento em geladeira em temperatura de, aproximadamente, 7°C e 60% de umidade relativa. Fatias centrais com superfícies planas foram retiradas das goiabas para o ensaio de textura.

Os filmes compostos de glúten de trigo e gelatina mostraram-se transparentes e resistentes. Como exemplo, a Figura 1 apresenta um filme de gelatina contra um fundo de cor do sistema “Hunter” de medida de cores (L, a, b), onde o detalhe da transparência pode ser observado claramente. O aumento da concentração de gelatina no filme composto com glúten provocou o aumento da solubilidade tanto em água quanto em ácido. Filmes compostos com maior concentração de gelatina apresentaram-se totalmente solúveis em meio ácido. Todos os filmes compostos da mistura de gelatina e glúten melhoraram a permeabilidade ao vapor d’água em relação ao filme simples de glúten, sendo o melhor resultado o da mistura obtido para gelatina/glúten na proporção 1:4 (Tabela 1).

A adição de gelatina nas misturas aumentou sensivelmente a resistência à tração em relação ao filme simples de glúten, diminuindo porém a elongação em relação a ele. Os valores das propriedades mecânicas dos filmes compostos se aproximam dos valores obtidos para o filme simples de gelatina. Com relação à permeabilidade ao oxigênio, os valores obtidos pelas misturas foram mais baixos se comparados com o valor de permeabilidade do filme simples de glúten, mas, mais, altos se comparados com os do filme simples de gelatina (Tabela 1).

As misturas de glúten de trigo e



Figura 9 - A goiaba durante a análise no texturômetro

celulose formaram filmes opacos mais quebradiços devido à celulose. O aumento da concentração de celulose na mistura (celulose/glúten 1:1 e 4:1) resultou numa redução da permeabilidade ao vapor d’água, com valores significativamente mais baixos do que os apresentados pelos filmes simples de glúten e de celulose.

Os filmes compostos de glúten e celulose foram totalmente solúveis em água e os filmes com maior concentração de glúten apresentaram-se menos solúveis em ácido. Com relação às propriedades mecânicas, o aumento da concentração de celulose na mistura com glúten melhorou a resistência à tração, e piorou a elongação na ruptura quando comparados com o filme simples de glúten.

Devido à fragilidade dos filmes compostos contendo celulose acetato fitalato, só foi possível caracterizar a permeabilidade ao oxigênio do filme composto para a relação 1:1 (glúten e celulose). O valor de permeabilidade ao oxigênio obtido por essa mistura foi significativamente mais baixo comparado com o filme simples de glúten, porém mais alto se comparado com o filme simples de celulose.

Adicionando-se celulose ou gelatina aos filmes de glúten, foi possível

obter melhora na permeabilidade ao vapor d’água e ao oxigênio e na resistência mecânica do filme quanto à resistência à tração comparados com os filmes simples de glúten.

As misturas de glúten e celulose (1:1 e 1:4) e glúten e gelatina (1:1 e 4:1) apresentam valores próximos para a permeabilidade ao vapor d’água. Os valores obtidos foram menores do que os observado para celofane (7.27 gmm/m²dkPa, **Taylor, 1986**) e maiores do que os observados para polietileno de alta densidade (0.02 gmm/m²dkPa, **Smith, 1986**). As misturas contendo gelatina e glúten apresentaram melhor resistência mecânica que as misturas de celulose e glúten, e apresentaram também resistência maior que os filmes de polietileno de alta densidade (17.3-34.6 MPa, **Briston, 1988**). Quanto à permeabilidade ao oxigênio, as misturas apresentaram menor valor do que os filmes simples de glúten, menor que o valor observado para o de polietileno de alta densidade (427 cm³ m/m²dkPa, **Salame, 1986**) e similar ao valor para o celofane (16 cm³ m/m²dkPa, **Taylor, 1986**).

As micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura são apresentadas nas Figuras de 4 a 8. A observação microscópica da superfície dos filmes pode prover informações sobre a integridade, continuidade e também sobre a organização estrutural da matriz polimérica filmogênica. Essas características podem ajudar a explicar a funcionalidade dos filmes quanto à sua resistência física e às propriedades de barreira à permeação de água e gases. O arranjo conformacional característico da gelatina em triplas hélices parece favorecer uma estrutura de matriz mais organizada e assim funcionalmente melhor. A observação das micrografias (Figuras 5 e 6) indica que os filmes de glúten e de gelatina individualmente ou em associação apresentam-se mais contínuos. A morfologia dos filmes onde a celulose acetato fitalato foi utilizada (Figura 4 e 7) mostra, por outro lado, uma organização descontinuada dos filmes, o que poderia justificar a menor resistência física observada nos ensaios mecânicos efetuados. Deve-se obser-



Figura 10 - A espessura do filme na goiaba coberta

var, entretanto, que, além da organização estrutural, existe uma estrutura primária particular de cada proteína, onde o tipo, a quantidade e a disposição espacial dos aminoácidos determinam um comportamento não desejado frente à umidade relativa do ar, o que pode inviabilizar o aproveitamento de algumas proteínas, mesmo apresentando boas propriedades mecânicas e de barreira. Estudos nessa direção

precisam ser mais explorados.

A perda de umidade das goiabas frescas devido à transpiração foi observada durante o armazenamento através de sua perda de peso. As coberturas de glúten de trigo, gelatina, celulose acetato fitalato e as misturas de glúten de trigo e gelatina e glúten de trigo e celulose foram aplicadas a fim de reduzir a perda de peso e a manter a textura das goiabas frescas durante o

armazenamento. Foram realizadas comparações da textura e da perda de entre as goiabas cobertas e os controles, durante duas semanas de armazenamento, em termos de porcentagem de perda de peso e força de ruptura (N), conforme ilustradas nas Figuras 2 e 3. As goiabas cobertas com gelatina pura e mistura de glúten de trigo e celulose apresentaram menor perda de peso do que as goiabas controle, durante o armazenamento, resultado esperado e em concordância com os observados para os testes de permeabilidade ao vapor d'água. Da mesma forma, as goiabas cobertas com esses filmes apresentaram uma maior preservação da textura. Assim, as coberturas de gelatina e da mistura de glúten e celulose foram as mais eficientes na manutenção da qualidade das goiabas frescas. As Figuras 9 e 10, ilustram, respectivamente, o ensaio de textura e a espessura do filme na cobertura da fruta.

Os resultados mostraram que foi possível obter melhores combinações de glúten e celulose acetato fitalato ou de glúten e gelatina com relação à permeabilidade ao vapor de água do que os filmes simples desses mesmos polímeros. Com relação à resistência

Tabela 1 – Propriedades dos filmes compostos de glúten de trigo e gelatina

Filme	Permeabilidade ao vapor d'água (gmm/m ² dkPa)	Permeabilidade ao oxigênio (cm ³ μm/m ² dkPa)	Solubilidade em água (%)*	Solubilidade em ácido (%)	Resistência à tração (MPa)	Elongação na ruptura (%)
Gel:glu (1:4)	4.35 ± 0.06 ^a	20.52 ± 0.40 ^b	19.03 ± 0.88 ^b	40.14 ± 2.52 ^c	41.53 ± 4.85 ^c	6.36 ± 1.98 ^b
Gel:glu (1:1)	5.29 ± 0.75 ^a	16.60 ± 2.53 ^c	19.26 ± 0.67 ^b	84.66 ± 4.52 ^b	33.93 ± 3.43 ^c	4.74 ± 0.29 ^b
Gel:glu (4:1)	6.86 ± 0.71 ^a	14.08 ± 1.23 ^d	30.42 ± 0.20 ^a	100.00 ^a	69.94 ± 4.60 ^a	7.48 ± 0.71 ^b
Gel	5.29 ± 0.65 ^a	9.00 ± 0.17 ^c	18.01 ± 0.78 ^b	100.00 ^a	57.47 ± 2.58 ^b	5.03 ± 0.69 ^b
Glu	8.61 ± 1.03 ^a	41.02 ± 0.86 ^a	22.70 ± 4.10 ^b	-	5.25 ± 0.24 ^d	215.30 ± 12.20 ^a

*Média e desvio padrão de replicatas. ^{a-d} Médias com letras sobrescritas diferentes são significativamente diferentes (P<0.05), de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

Tabela 2 – Propriedades dos filmes compostos de glúten de trigo e celulose fitalato acetato

Filme	Permeabilidade ao vapor d'água (gmm/m ² dkPa)	Permeabilidade ao oxigênio (cm ³ μm/m ² dkPa)	Solubilidade em água (%)*	Solubilidade em ácido (%)	Resistência à tração (MPa)	Elongação na ruptura (%)
Cel:glu (1:4)	12.19 ± 0.25 ^a	-	100.00 ^a	50.69 ± 1.64 ^b	1.32 ± 0.11 ^c	4.06 ± 0.78 ^b
Cel:glu (1:1)	4.11 ± 0.20 ^b	22.21 ± 1,23 ^b	100.00 ^a	100.00 ^a	16.18 ± 3.11 ^b	4.91 ± 1.01 ^b
Cel:glu (4:1)	3.76 ± 0.26 ^b	-	100.00 ^a	100.00 ^a	23.78 ± 5.12 ^a	8.82 ± 0.68 ^b
Cel	10.05 ± 0.47 ^a	9.24 ^{c**}	100.00 ^a	33.14 ± 1.87 ^c	11.76 ± 4.31 ^b	8.60 ± 1.36 ^b
Glu	8.61 ± 1.03 ^a	41.02 ± 0.86 ^a	22.70 ± 4.10 ^b	-	5.25 ± 0.24 ^c	215.30 ± 12.20 ^a

*Média e desvio padrão de replicatas. ^{a-d} Médias com letras sobrescritas diferentes são significativamente diferentes (P<0.05), de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

** Medida individual.

mecânica, os filmes simples de glúten apresentam-se frágeis, podendo ser melhorados quando misturas com celulose ou gelatina são empregadas. Melhores características mecânicas foram, entretanto, apresentadas para misturas filmogênicas gelatina-glúten. Na cobertura das goiabas frescas, o filme simples de gelatina e o composto celulose-glúten foram os mais eficientes na preservação da qualidade das frutas, diminuindo a perda de peso e mantendo a textura durante o período de armazenamento. Novas associações entre diferentes materiais poliméricos devem ser investigadas.

AGRADECIMENTO

Agradecemos à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pela bolsa de doutorado concedida a Patrícia S. Tanada Palmu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amarante, C. & Banks, N.M., 2001. Postharvest physiology and quality of coated fruit and vegetables. *Horticultural Reviews*, vol. 26, 161-238.

Amarante, C. V. T. Gas exchange, ripening behaviour and postharvest quality of coated pears. Palmerston North, 1998. PhD. Dissertation, Massey Univ., New Zealand.

ASTM. 1980. Standard test methods for water vapor transmission of materials. Method E-96. In **Annual Book of ASTM Standards**. American Society for Testing and Materials. Conshohocken, PA.

ASTM. 1980. Standard test methods for gas transmission rate of plastic film and sheeting. Method D 3985-81. In **Annual Book of ASTM Standards**. American Society for Testing and Materials. Conshohocken, PA.

ASTM. 1980. Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting. Method D 882-83. In **Annual Book of ASTM Standards**. American Society for Testing and Materials. Conshohocken, PA.

Avena-Bustillos, R.J. and Krochta, J. M. 1993. Water vapor permeability of caseinate based edible films as affected by pH, calcium cross-linking and lipid content. **J. Food Sci.** 58: 904-907.

Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M.O. and Baker, R.A. 1995. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (an slightly) processed products. **Crit. Rev. food Sci. Nutr.** 35: 509-524.

Banks, N. H. 1984. Some effects of TAL Pro-Long coating on ripening bananas. **J. Expt. Bot** 35: 127-137.

Banks, N. H., Cheng, Q., Nicholson, S .E., Kingsley, A. M., Jeffery, P. B. 1997. Variation with temperature in effects of surface coatings on gas exchange of apples. **Int. Cong. Plastics Agric.**, Tel Aviv, Israel, 9-15 March.

Briston, J.H. 1988. **Plastic films, Third Edition**. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.

Carrilo-Lopez, A., Ramirez-Bustamante, F., Vadez-Torres, J. B., Rojas-Villegas. 2000. Ripening and quality changes in mango fruit as affected by coating with an edible film. **J. Food Quality** 23: 479-486.

García, M. A., Martino, M. N., Zaritsky, N.E. 1998. Starch-based coatings: effect on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. **J. Sci. Food Agric.** 76: 411-420.

Gennadios, A.; Weller, C.I.; Hanna, M.A.; Gontard, N.; Thibault, R.; Cuq, B. and Guilbert, S. 1996. Influence of relative humidity and film composition on oxygen and carbon dioxide permabilities of edible films. **J. Agric. Food Chem.** 44: 1064-1069.

Gontard N., Guilbert S., Cuq J.L. 1993. Water and glycerol as plasticizer affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. **J Food Sci** 58 (1): 206-211.

Gontard N., Duchez C., Cuq J. L., Guilbert S. 1994. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. **Intern J Food Sci Tech** 29: 39-50.

Hagenmaier, R. D., Baker, R. A. Reduction in gas exchange of citrus fruit by wax coatings. 1993. **J. Agric. Food Chem.** 42: 899-902.

Johnston, J. W. and Banks, N. H. 1998. Selection of a surface coating and optimization of its concentration for use on "Hass" avocado (*Persea amaricana*) fruit. **New Zealand L. Crop Hort. Sci.** 26: 143-151.

Kemper, S.L. and Fennema, O. 1984. Water vapor permeability of edible bilayer films. 1984. **J. Food Sci.** 49:1478-1481, 1485.

Krochta, J. M. Edible composite moisture-barrier films. In: **Packaging Yearbook**. 1996 Blakstone, B. Ed. National Food Processors Association. N. York, pp 38-54.

Lim, L.T., Mine, Y. and Tung, M.A. 1999. Barrier and tensile properties of transglutaminase cross-linked gelatin films as affected by relative humidity, temperature and glycerol content. **J. Food Sci.** 64 (4): 616- 622.

Lim, S.T. and Jane, J.L. 1993. Preparation of water resistant biodegradable plastics with starch-zein mixtures In: **Carbohydrates and Carbohydrates Polymers. Analysis, Biotechnology, Modification, Antiviral, Biomedical and Other Applications**. Yalpani M. (Ed.) p 288-297 ATC Press.

Marquie, C.; Aymard C.; Cuq J.L. and Guilbert S. 1995. Biodegradable packaging made from cottonseed flour formation and improvement by chemical treatments with gossypol, formaldehyde and glutaraldehyde. **J. Agric. Food Chem.** 43: 2762-2767.

Medina, J. C., Garcia, J. L. M., Kato, K., De Martin, Z., Vieira, L. R., Renesto, O.V. 1988. **Goiaba**. Campinas, ITAL, 244pp (Série Frutas Tropicais, 6).

Oliveira, M. A. and Cereda, M. P. 1999. Efeito da película de mandioca na conservação de goiabas. **Braz. J. Food Technol.** 21 (2): 97-102.

Salame, M. 1986. Barrier polymers. In: **The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology**, M. Bakker, ed., New York, John Wiley & Sons, pp. 48-54.

Smith, S. A. 1986. Modelling of gas and vapour transport through hydrophilic films. In: **The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology**, M. Bakker, ed., New York, John Wiley & Sons, pp. 514-523.

Taylor, C. C. 1986. Cellophane. In: **The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology**, M. Bakker, ed., New York, John Wiley & Sons, pp. 159-163.

Shih, F.F. 1994. Interaction of soy isolate with polysaccharide and its effects on film properties. **J. Agric. Food Chem.** 71: 1281-1285.