

# Filmes de Polpa de Banana Produzidos por Batelada: Propriedades Mecânicas e Coloração

Milena dos Reis Martelli, Tais Téo de Barros, Odílio Benedito Garrido Assis  
*Embrapa Instrumentação – CNPDIA*

**Resumo:** Polpa de bananas sobremaduras e impróprias ao consumo foram utilizadas como matéria-prima para a elaboração de formulações para o processamento de filmes biodegradáveis. Os filmes foram obtidos fazendo uso de uma máquina semi-industrial de laminação plástica da Mathis no modo batelada. Pequenas adições de glicerol como plastificante e de pectina como aglutinante foram avaliadas. O processamento via Mathis garantiu lâminas homogêneas e reprodutivas. O glicerol mostrou ser necessário para conferir plasticidade aos filmes. A melhor combinação entre módulo de elasticidade e máxima elongação foi a composição com 4,5% purê obtido da polpa de banana (g purê seco/100 g de solução filmogênica), 5% glicerol (g glicerol/100 g de purê seco) e 0,5% pectina (g pectina/100 g de solução filmogênica). A adição de 0,5% de pectina também proporcionou maior estabilidade da coloração dos filmes.

**Palavras-chave:** Polpa de banana, biopolímeros, filmes biodegradáveis, propriedades mecânicas, filmes por casting.

## Puree Films from Bananas Processed in the Batching Mode: Mechanical Properties and Coloring Variations

**Abstract:** Puree prepared from over-ripe bananas, unfit for human consumption, was used as raw material for processing biodegradable films. The films were processed using a semi-industrial plastic lamination padder from Mathis running in the batch mode. Small amounts of glycerol as plasticizer and pectin as binding agent were evaluated. The use of the Mathis machine in the processing assured film homogeneity and repeatability. The addition of glycerol was necessary to confer film plasticity. The better combination of elasticity modulus and elongation was found for the puree with composition of 4.5% of banana pulp (g of dry weight/100 g of film solution), 5% glycerol (g of glycerol/100 g of puree) and 0.5% pectin (g pectin/100 g film solution). The addition of 0.5% pectin also resulted in a better film color stability.

**Keywords:** Banana puree, biopolymers, biodegradable plastics, mechanical properties, cast films.

## Introdução

A demanda por materiais plásticos produzidos a partir de fontes renováveis tem experimentado um crescimento contínuo tanto em função de interesses econômicos quanto por razões ambientais. Apesar de ainda apresentar custos de produção superiores aos polímeros convencionais, estes materiais designados como “biodegradáveis” ou “verdes”, têm sido objeto de extensas pesquisas e avaliações. De acordo com Gross & Kalra<sup>[1]</sup>, o mercado mundial para polímeros “biodegradáveis” que era em torno de 14000 toneladas em 1996, cresceu em valores absolutos para 28000 toneladas em 2000 atingindo 94800 toneladas em 2005<sup>[2]</sup>. Segundo dados mais recentes fornecidos pela *European Bioplastics*, o crescimento é exponencial e extremamente otimista, principalmente para os próximos anos, estimando uma produção mundial em torno de 1 milhão de toneladas para 2013<sup>[3]</sup>, podendo chegar a 2 milhões em 2020<sup>[4]</sup>. Embora apenas 0,5% do total de plástico produzido no mundo possa ser considerado biodegradável, a previsão é de que este venha a ocupar pelo menos 2% do mercado mundial nos próximos anos<sup>[5]</sup>.

Materiais como proteínas (colágeno, glúten e zeínas), polissacarídeos (alginato, amido, quitosana e celulose) e

gomas (de origem vegetal ou microbiológica), têm sido historicamente as matérias-primas mais avaliadas para o processamento de plásticos biodegradáveis. Além de versáteis e ecologicamente amigáveis estes materiais já apresentam propriedades que podem substituir, em certa parcela, alguns polímeros sintetizados a partir do petróleo.

Outra possibilidade em avaliação recente é a produção de filmes a partir de polpa de frutas (purê), como uma alternativa potencialmente viável para a confecção de filmes com boas propriedades mecânicas e de barreira a gases<sup>[6,7]</sup>. Os filmes de purê de frutas tiveram seu início de desenvolvimento em 1996 através do processamento de membranas elaborados a partir da polpa de maçãs<sup>[8]</sup>, sendo sugeridas para aplicações como embalagens ou em substituição aos revestimentos comestíveis normalmente obtidos por imersão. Além da maçã, uma série de frutas como pêssego<sup>[8]</sup>, manga<sup>[9]</sup>, tomate<sup>[10]</sup>, goiaba<sup>[11]</sup> e acerola<sup>[12]</sup> foram processadas e avaliadas.

Além das vantagens funcionais dos filmes de purês, existem atributos sensoriais provenientes do fruto (cor, sabor e aroma), que podem ser preservados e que representam, em certas aplicações, um atrativo adicional

se comparado aos demais filmes inodoros e incolores. Além disso, purês de frutas são fartamente disponíveis ao longo de todo o ano, sendo obtidos a partir do próprio fruto ou advindos de rejeitos de seu processamento.

A produção de filmes de purê parte de uma sequência simples: após a remoção das sementes e da casca, a polpa (composta de pectinas, hemicelulose, celulose e amido) é homogeneizada por meio de atividade mecânica (maceração) em meio aquoso. Após a separação da fração não homogeneizável plastificantes ou aglutinantes são adicionados. Os filmes a partir desse material podem ser processados por *casting* ou por extrusão.

Processar filmes com características mecânicas razoáveis a partir de resíduos de frutas abre grandes perspectivas para a indústria de plásticos e, em particular, para o agronegócio brasileiro. Um dos produtos locais fartamente disponíveis para este fim é a banana. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de banana com uma produção anual de 6,7 milhões de toneladas, só perdendo para a Índia<sup>[13]</sup> e segundo o SEBRAE<sup>[14]</sup>, as perdas da colheita à comercialização giram em torno de 50% do total de volume produzido. Parte dessa perda, fração não apropriada à comercialização e ao consumo, são frutos em adiantado estado de maturação, descartados e, poderiam perfeitamente ser aproveitados como matéria-prima para a elaboração de polpas. Assim, no presente trabalho avaliamos a polpa de banana maduras e inapropriadas para o consumo como matéria-prima. Os filmes foram processados fazendo uso de uma máquina de laminação para a produção em modo batelada.

## Experimental

### Preparação do purê

O purê de banana foi preparado seguindo o processo descrito por Ditchfield & Tadini<sup>[15]</sup>, com algumas modificações. Foram utilizadas 750g de banana da variedade “nanica” (*Musa cavendishii* Lamb.), sobremaduras e em estágio inadequado para o consumo. Essa polpa foi mecanicamente homogeneizada em 250 g de água destilada por 3 min e acidificada pela adição de solução combinada de ácido cítrico e ascórbico, ambos a 0,2% (w/w). A mistura foi então centrifugada e o sobrenadante descartado. O purê resultante foi submetido a um aquecimento de 115 °C por 60s objetivando inativação enzimática e então acondicionado em saco plástico e conservado sob congelamento a -18 °C.

### Processamento dos filmes

As formulações filmogênicas foram preparadas com 3; 4,5 e 6% de purê (g de matéria seca por 100 g de solução total). O planejamento experimental foi baseado apenas na formação dos filmes e em suas propriedades mecânicas resultantes. Primeiramente, foram testadas duas diferentes concentrações de glicerol (Synth, Diadema, SP) para as concentrações de purê: 5 e 10g glicerol/100g de purê seco.

Tendo por base a melhor formulação de cada teor de purê, avaliou-se então diferentes concentrações de pectina (CP Kelco, Limeira, SP), variando de 0,25 a 0,75 g de

pectina/100 g de solução. No total quatorze formulações foram preparadas, cujas concentrações apresentam as proporções dispostas na Tabela 1.

Todas as misturas foram homogeneizadas por 24 h sob agitação moderada e os filmes processados empregando uma máquina de laminação semi-industrial da Mathis (Werner Mathis AG, Niederhasli, Switzerland) operando em modo batelada. Cada batelada constituiu-se de 80 g de solução filmogênica distribuída sobre um filme de poliéster (14 × 20 cm) empregada como suporte e os filmes obtidos em dois ciclos de 40 min a 50 °C cada ciclo. Todos os filmes foram acondicionados em dissecador com solução saturada de NaBr (58% de unidade relativa) por 4 dias na temperatura ambiente anterior aos ensaios.

### Propriedades mecânicas

Os ensaios mecânicos foram realizados por tração uniaxial até a ruptura empregando um texturômetro TA.XT Plus (Texture Analyzer Stable Micro System, Surrey, UK). Foi empregada célula de carga de 50N e garras com separação inicial de 80 mm. As amostras ensaiadas consistiam de retângulos nas dimensões de 100 mm × 16 mm e velocidade de aplicação de carga de 80 mm/min, seguindo norma ASTM D882-97. Cinco amostras foram testadas para cada formulação e curvas tensão-deformação foram obtidas em cada ensaio. Os parâmetros analisados foram resistência a tração ( $\sigma_{max}$ , MPa), o alongamento percentual na ruptura ( $\epsilon_{max}$ , %) e o módulo de elasticidade calculado como a inclinação da porção linear da curva tensão-deformação ( $E = \sigma/\epsilon$ , MPa). Diferenças entre médias para cada composição foram comparadas utilizando o teste de Tukey ao nível de 5% de significância (Microcal Origin 8.0, OriginLab Co., Northampton, MA, USA).

As espessuras dos filmes foram medidas por micrômetro digital (Mitutoyo Co., Kawasaki-shi, Japan), tomando a média de três valores medidos aleatoriamente em cada amostra.

**Tabela 1.** Avaliação das formulações filmogênicas a base de purê de banana com adições de glicerol e pectina.

Amostra	Purê (%)*	Glicerol (%)**	Pectina (%)**
A	3	0	0
B	3	5	0
C	3	10	0
D	3	0	0,5
E	3	0	0,75
F	4,5	0	0
G	4,5	5	0
H	4,5	10	0
I	4,5	5	0,5
J	6	0	0
K	6	5	0
L	6	10	0
M	6	10	0,25
N	6	10	0,5

\*(g/100 g de solução), \*\*(g/100 g de purê seco).

### Caracterização colorimétrica

Por se tratar de polpa amarelada clara e haver a possibilidade de ações enzimáticas gerando um escurecimento superficial, as alterações de coloração nos filmes foram acompanhadas através de medidas de colorimetria. Foi empregada a escala de cor “Hunter” considerando  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , sendo  $L^*$  a luminosidade que varia de 0 (preto) a 100 (branco) e “a” e “b” coordenadas de croma ( $-a$  = verde,  $+a$  = vermelho,  $-b$  = azul e  $+b$  = amarelo). Os parâmetros foram registrados em colorímetro Chroma Meter CR – 400 (Konica Minolta Sensing Inc, Sakai, Japan), tendo como referência os valores medidos imediatamente após o processamento. As medidas foram realizadas nos dias 1, 3, 6, 10, 32, 40, 48, 54 e 57 após o processamento, para amostras sem e com pectina. Para a análise considerou-se a variação total de cor estimada de acordo com<sup>[16]</sup>:

$$\Delta E = [(L^* - L_o^*)^2 + (a^* - a_o^*)^2 + (b^* - b_o^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

Sendo  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , os parâmetros de cor das amostras e  $L_o^*$ ,  $a_o^*$  e  $b_o^*$  os respectivos valores do padrão. Três ou mais replicatas de cada filme foram avaliadas.

### Resultados e Discussão

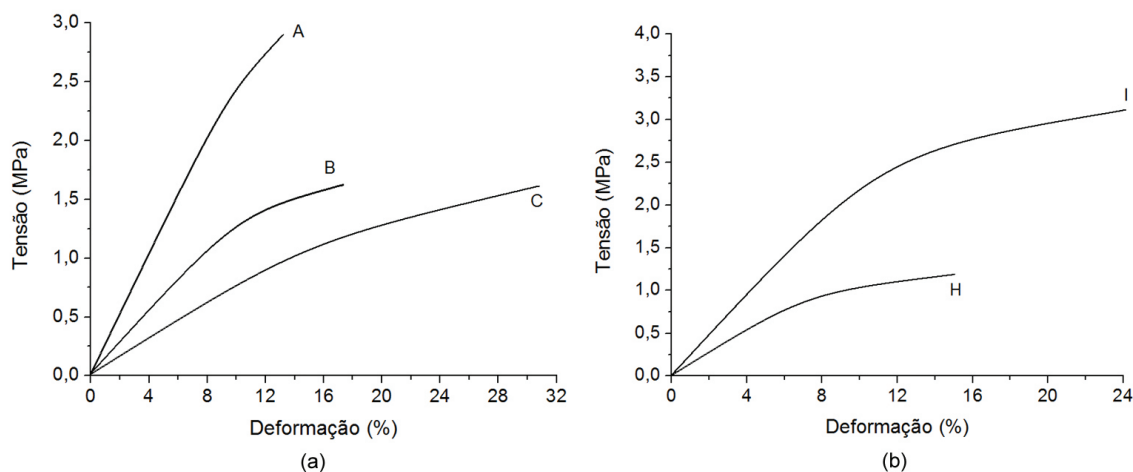
O uso da máquina Mathis assegurou a formação rápida (80 min) de filmes homogêneos e reprodutíveis, tanto em espessura quanto em textura, e com boa manuseabilidade. A Figura 1 ilustra detalhes da máquina e de um filme de banana resultante antes de sua secagem completa.

#### Propriedades mecânicas

As análises mecânicas indicaram que pequenas adições de glicerol geram diferenças significativas no comportamento mecânico. Temos como exemplo algumas curvas típicas de tensão x deformação dos filmes processados e o efeito das variações nos teores de plastificante e da adição de pectina, Figura 2.



**Figura 1.** Aspecto externo do acesso à câmara de laminação e aquecimento (A); filme de purê de banana resultante sobre suporte de poliéster (B).



**Figura 2.** Curvas tensão X deformação ilustrativas para filmes processados com 3,0% de purê e 0,5% pectina (w/w). Em (A) o efeito da adição de glicerol como plastificante e em (B) o comportamento de filme com 4,5% de purê e o efeito da variação da adição apenas de pectina. Identificação das amostras conforme Tabela 1.

Os valores numéricos obtidos para os parâmetros mecânicos estão dispostos na Tabela 2 para o efeito da concentração de purê e da adição de plastificante e na Tabela 3 para diversas adições de pectina. De uma maneira geral, temos que independente da concentração de purê, a adição de glicerol eleva em um fator de 2 a 2,5 vezes o alongamento ( $\epsilon_{max}$ ). A tensão máxima, como esperado, foi reduzida em todas as amostras em função do aumento da plasticidade pela adição de glicerol e, por conseguinte, gerou uma redução no módulo de elasticidade.

O efeito plastificante do glicerol e de demais polióis em matriz polimérica foi discutido por diversos autores tendo por base suas interações com as principais cadeias poliméricas<sup>[17,18]</sup>. A principal ação ocorre pelo rompimento predominante nas ligações de hidrogênio que conferem estabilidade entre as cadeias<sup>[19,20]</sup>. Ao se inserirem entre as cadeias, os plastificantes reduzem as forças intermoleculares facilitando o movimento das mesmas.

A pectina tem ação diferente dos polióis, por ser um polissacarídeo linear complexo, altamente polar e rico em ácido galacturônico com capacidade de gelificação na presença de açúcares. Em meio celulósico a pectina pode formar ligações intermoleculares entre as regiões homogalacturônicas e as microfibrilas celulósicas conferindo firmeza e resistência mecânica na matriz<sup>[21]</sup>. Na indústria de alimentos é comum o uso de pectinas como espessantes, texturizantes, emulsificantes ou estabilizantes. No processamento de nossos filmes, vemos que pequenas frações de pectina podem ser empregadas para manter as propriedades mecânicas reduzindo a quantidade de purê no processamento. Adicionalmente, a presença de pectina pode contrabalançar certas características negativas decorrentes da adição de glicerol. Esse efeito é melhor observado nos parâmetros  $E$  e  $\sigma_{max}$  quando comparados aos filmes processados somente com purê e com adições de glicerol (Tabela 2). Para a

amostra com maior concentração de purê avaliada (6%) e com adição de glicerol em 10%, os efeitos benéficos da pectina tornam-se mais evidentes (amostras L, M e N, contendo 0,25 e 0,5% de pectina, respectivamente). Para estas, quando 0,25% de pectina é adicionada a resistência a tração elava em um fator de 3 ( $\sigma_{max} = 2,0 \pm 0,2$  MPa) e a elongação em mais de 70 % ( $\epsilon_{max} = 24 \pm 3$  %). Para filmes com menor concentração de purê (3%), amostras A – E, uma adição maior de pectina faz necessária para obter melhores propriedades (amostras A, D e E, contendo 0, 0,5 e 0,75% de pectina, respectivamente). Nestes 0,75% pectina gera um aumento da  $\sigma_{max}$  de  $2,7 \pm 0,8$  MPa para  $4,3 \pm 0,7$  MPa, e para E temos a variação de  $37 \pm 5$  para  $53 \pm 3$  MPa.

Elegendo a máxima elongação com melhor módulo de elasticidade, a amostra I (4,5% purê, 5% Glicerol, 0,5% pectina) resulta na combinação mais apropriada entre as avaliadas para a confecção de filmes para múltiplas aplicações. Com esses resultados é possível uma comparação direta com os dados apresentados na literatura para filmes processados de forma similar com polpas de outras frutas (Tabela 4). Cabe ressaltar que os dados apresentados são das composições de referencia e que melhoras nas propriedades mecânicas podem ser conseguidas pela formação de compósitos pela adição de nanopartículas<sup>[11,22]</sup> ou nanofibras de celulose<sup>[12,23]</sup>.

## Cor

Estudos têm indicado que a aparência de filmes e embalagens para usos alimentares desempenha importante papel na aceitabilidade do consumidor<sup>[24,25]</sup>. Nos filmes processados por purês há a tendência natural da manutenção da coloração da polpa sem a necessidade da adição de corantes. A avaliação da manutenção ou alteração da coloração original é um aspecto importante e facilmente acompanhado por colorimetria instrumental.

**Tabela 2.** Efeito da concentração de purê e adição de plastificante glicerol na propriedade mecânica dos filmes processados.

Amostra	Espessura (mm)	$\sigma_{max}$ (MPa)	$\epsilon_{max}$ (%)	$E$ (MPa)
A	0,13 ± 0,00 <sup>a</sup>	2,7 ± 0,9 <sup>a</sup>	13 ± 4 <sup>a</sup>	37 ± 6 <sup>a</sup>
B	0,15 ± 0,02 <sup>ab</sup>	1,3 ± 0,2 <sup>bc</sup>	27 ± 2 <sup>bc</sup>	5 ± 1 <sup>b</sup>
C	0,15 ± 0,02 <sup>abc</sup>	1,3 ± 0,4 <sup>b</sup>	31 ± 3 <sup>b</sup>	4 ± 2 <sup>b</sup>
F	0,16 ± 0,01 <sup>bcd</sup>	3,9 ± 0,6 <sup>d</sup>	10 ± 2 <sup>a</sup>	70 ± 5 <sup>c</sup>
G	0,15 ± 0,01 <sup>bc</sup>	3,2 ± 0,5 <sup>ad</sup>	23 ± 3 <sup>cde</sup>	21 ± 3 <sup>d</sup>
H	0,17 ± 0,01 <sup>cd</sup>	3,1 ± 0,6 <sup>ad</sup>	19 ± 2 <sup>c</sup>	27 ± 4 <sup>ad</sup>
J	0,18 ± 0,01 <sup>d</sup>	6,9 ± 0,6 <sup>e</sup>	13 ± 1 <sup>a</sup>	120 ± 17 <sup>c</sup>
K	0,16 ± 0,01 <sup>bcd</sup>	5,0 ± 0,5 <sup>f</sup>	24 ± 2 <sup>cd</sup>	34 ± 2 <sup>a</sup>
L	0,18 ± 0,02 <sup>d</sup>	2,4 ± 0,6 <sup>ac</sup>	19 ± 4 <sup>de</sup>	19 ± 4 <sup>d</sup>

<sup>a-f</sup>Médias com diferente letras são estatisticamente significativas a  $p < 0,05$ .

**Tabela 3.** Efeito da adição de pectina nas propriedades mecânicas dos filmes processados.

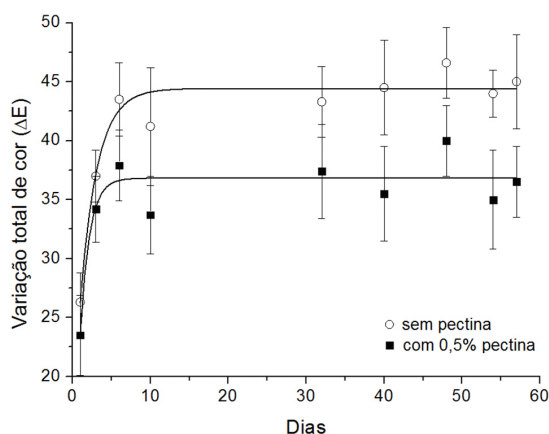
Amostra	Espessura (mm)	$\sigma_{max}$ (MPa)	$\epsilon_{max}$ (%)	$E$ (MPa)
D	0,13 ± 0,00 <sup>a</sup>	2,7 ± 0,8 <sup>ab</sup>	13 ± 4 <sup>a</sup>	37 ± 5 <sup>a</sup>
E	0,14 ± 0,01 <sup>ab</sup>	4,3 ± 0,7 <sup>b</sup>	16 ± 4 <sup>ab</sup>	53 ± 3 <sup>b</sup>
I	0,15 ± 0,01 <sup>b</sup>	3,2 ± 0,5 <sup>a</sup>	24 ± 3 <sup>c</sup>	21 ± 3 <sup>d</sup>
M	0,18 ± 0,02 <sup>d</sup>	2,0 ± 0,2 <sup>cd</sup>	24 ± 3 <sup>c</sup>	13 ± 2 <sup>c</sup>
N	0,18 ± 0,02 <sup>d</sup>	2,4 ± 0,6 <sup>ad</sup>	19 ± 4 <sup>bc</sup>	19 ± 4 <sup>d</sup>

<sup>a-c</sup>Médias com diferente letras são estatisticamente significativas a  $p < 0,05$ .

**Tabela 4.** Comparação das propriedades mecânicas dos filmes de purê de banana com alguns trabalhos encontrados na literatura referentes a filmes processados a partir de purês de outras frutas.

Filme	$\sigma_{\max}$ (MPa)	$\epsilon_{\max}$ (%)	E (MPa)	Referência
Purê Banana	3,2 ± 0,5	24,0 ± 3,0	21,0 ± 3,0	[*]
Purê de maçã	0,64 ± 0,01	25,4 ± 2,1	5,06 ± 0,54	[7]
Purê de manga	1,2	18,5	8,3	[9]**
Purê de tomate	11,4 ± 1,5	11,2 ± 2,0	248,1 ± 45,9	[10]
Purê de Goiaba e HPMC	5,4 ± 0,2	2,2 ± 0,2	-	[11]
Purê de Acerola	3,16 ± 0,61	28,26 ± 2,88	15,35 ± 1,68	[12]
Purê de manga	4,09 ± 0,12	44,07 ± 0,98	19,89 ± 0,51	[23]
Purê de cenoura	5,06 ± 0,26	8,64 ± 0,56	-	[24]

\*presente estudo. \*\*os desvios não são apresentados no trabalho original.



**Figura 3.** Variação total da cor ( $\Delta E$ ) em função do tempo (dias) de permanência dos filmes a temperatura ambiente. Por essa figura, vê-se a tendência de estabilização dos valores a partir do 6º dia, com alterações menores para os filmes com adição de 0,5% de pectina em massa.

Dos parâmetros da escala Hunter, temos que a variação total de cor ( $\Delta E$ ) ao longo do tempo, medido nos filmes com e sem pectina, é muito similar nos primeiros dias após o processamento vindo a estabilizar-se após 6 dias com alterações em todas as dimensões medidas ( $L^*$ ;  $a^*$  e  $b^*$ ). As medidas indicam que após as alterações iniciais, a presença de pectina em 0,5% no filme reduz em torno de 10% as alterações globais de cores (Figura 3), mantendo os filmes por um período maior com aparência mais próxima a inicial. De um modo geral, independente da formulação, os filmes se tornam mais escuros, com tons tirantes ao amarelo mais intenso ou vermelho logo nos três primeiros dias após o processamento. Estas mudanças são decorrentes principalmente de reações químicas como a de Maillard, considerando que houve um processo de inativação prévia das enzimas no processamento da polpa. A reação de Maillard é uma reação entre um aminoácido ou proteína e um carboidrato reduzido (o grupo carbonila ( $=O$ ) do carboidrato interage com o grupo amino ( $-NH_2$ ) do aminoácido), gerando melanoidinas que conferem escurecimento superficial<sup>[26]</sup>.

## Conclusão

Polpas de bananas maduras são uma interessante matéria-prima para o processamento de plásticos

biodegradáveis. Partindo de um processamento inicial simples e com pequenas adições de glicerol e de pectina, filmes com razoáveis propriedades mecânicas podem ser obtidos por *casting*. Neste trabalho, o emprego de máquina de processamento Mathis foi um recurso útil na produção, padronizada por batelada, de lâminas homogêneas. A reposição de 0,5% de pectina (em massa) no purê gerou filmes com propriedades iguais, ou superiores, aos relatados na literatura para demais polpas de frutas. A presença de pectina também assegurou uma maior estabilidade na manutenção da coloração inicial da polpa.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à FAPESP por auxílios recebidos. Este trabalho é parte das pesquisas em andamento financiadas pela Rede AgroNano da Embrapa.

## Referências Bibliográficas

- Gross, R. A. & Kalra, B. - Science, **297**, p.803 (2002). <http://dx.doi.org/10.1126/science.297.5582.803>
- Platt, D. K. - "Biodegradable Polymers: Market Report", Smithers Rapra Technology Limited, Shawbury (2006).
- Eyre, C. - "Growth in EU bioplastics market defies recession" (2010). Disponível em: <<http://www.europeanplasticsnews.com/subscriber/newscat2.html?cat=1&channel=620&id=1265706653>>. Acesso em: 24 out. 2012.
- Vialli, A. - "Cresce interesse pelo plástico renovável", O Estado de São Paulo, Caderno Economia (2009).
- Maia, F. - "Seminário debate viabilidade do bioplástico" (2004). Disponível em: <<http://www2.al.rs.gov.br/giovanicherini/Imprensa/DetalhesdaNot%C3%ADcia/tabid/1119/IdOrigem/1/IdMateria/78399/Default.aspx>>. Acesso em: 24 out. 2012.
- McHugh, T. H. & Senesi, E. - J. Food Sci., **65**, p.480 (2000). <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb16032.x>
- Rojas-Grau, M. A.; Avena-Bustillos, R.J.; Friedman, M.; Henika, P. R.; Martin-Belloso, O. & McHugh, T. H. - J. Agric. Food. Chem., **54**, p.9262 (2006). <http://dx.doi.org/10.1021/jf061717u>
- McHugh, T. H.; Huxsoll, C. C. & Krochta, J. M. - J. Food Sci., **61**, p.88 (1996). <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb14732.x>

9. Sothornvit, R. & Rodsamran, P. - Postharv. Biol. Technol., **47**, p.407 (2008). <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.08.005>
10. Du, W. X.; Olsen, C. W.; Avena-Bustillos, R. J.; McHugh, T. H.; Levin, C. E. & Friedman, M. - J. Food Sci., **73**, p.M378 (2008). <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00892.x>
11. Lorevice, M. V.; De Moura, M. R.; Aouada, F. A. & Mattoso, L. H. C. - J. Nanosci. Nanotechnol., **12**, p.2711 (2012). <http://dx.doi.org/10.1166/jnn.2012.5716>
12. Azeredo, H. M. C.; Miranda, K. H. E.; Rosa, M. F.; Nascimento, D. M. & De Moura, M. R. - LWT Food Sci. Technol., **46**, p.294 (2012). <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2011.09.016>
13. Food and Agriculture Organization of United Nations – FAO. (2006). Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org/>>. Acesso em: 19 nov. 2012.
14. SEBRAE - “Banana: Estudos de Mercado”, in: Série Mercado, Relatório SEBRAE/ESPM, Brasília, 87 p. (2008).
15. Ditchfield, C. & Tadini, C. C. - “Produção de purê de banana de alta qualidade a partir de frutas rejeitadas para comercialização”, in: Produção de Alimentos: busca de soluções para a fome. Grupo Gerdau, (Org.), CNPq, Eletrobrás, Fundação Roberto Marinho, Porto Alegre, p.47-86. (2005).
16. HUNTERLAB. - “CIE L\*a\*b\* color scale”, Applications Note, 8, p.1-4 (1996).
17. Sobral, P. J. A.; Menegali, F. C.; Hubinger, M. D. & Roques, M. A. - Food Hydrocoll., **15**, p.423 (2001). [http://dx.doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00061-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00061-3)
18. Scramin, J. A.; de Britto, D.; Forato, L. A.; Bernardes, R.; Colnago, L. A. & Assis, O. B. G. - Int. J. Food Sci. Techn., **46**, p.2145 (2011). <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02729.x>
19. Forato, L. A.; de Britto, D.; Scramin, J. A.; Colnago, L. A. & Assis, O. B. G. - Polímeros, **23**, p.19 (2013). <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282012005000075>
20. Shaw, N. B.; Monahan, F. J.; O’Riordan, E. D. & O’Sullivan, M. - J. Food Sci., **67**, p.164 (2002). <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11377.x>
21. Canteri, M. H. G.; Moreno, L.; Wosiacki, G. & Scheer, A. P. - Polímeros, **22**, p.149 (2012). <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282012005000024>
22. Martelli, M. R.; Barros, T. T.; Moura, M. R.; Mattoso, L. H. C. & Assis, O. B. G. - J. Food Sci. **78**, p.N98 (2013). <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.03006.x>
23. Azeredo, H. M. C.; Mattoso, L. H. C.; Wood, D.; Williams, T. G.; Avena-Bustillos, R. J. & McHugh, T. H. - J. Food Sci., **74**, p.N31 (2009). <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01186.x>
24. Wang, X.; Sun, X.; Liu, H.; Li, M. & Ma, Z. - Food Bioprod. Process., **89**, p.149 (2011). <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2010.03.012>
25. Falguera, V.; Quintero, J. P.; Jiménez, A.; Muñoz, J. A. & Ibarz, A. - Trends Food Sci. Technol., **22**, p.292 (2011). <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004>
26. Imasato, H. - “Reação de Maillard: propriedades e estrutura das melanoidinas da frutose e glicina”, Dissertação Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas (1979).

Enviado: 04/12/12  
Reenviado: 25/02/13  
Aceito: 24/06/13