

## PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BANDEJAS DE ESPUMA DE AMIDO DE MANDIOCA COM QUITOSANA E MICROCELULOSE

Fernanda Stoffel, Eduarda F. Weschenfelder, Luciani T. Piemolini-Barreto, Mara Zeni\*

Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, Brasil.  
Correo electrónico: mzandrad@ucs.br)

Recibido: Diciembre 2014; Aceptado: Septiembre 2015

### RESUMO

Neste trabalho, bandejas de espuma de amido de mandioca foram preparadas com microcelulose (0 e 1%) e quitosana (solução em ácido acético a 1% m/v). As bandejas foram analisadas quanto a sua morfologia, propriedades físico-químicas e mecânicas. Bandejas com 1% de microcelulose apresentaram-se mais espessa ( $p < 0,05$ ) (2,12 mm) do que as bandejas sem microcelulose (2,07 mm). Em relação à densidade, não foram encontradas diferenças ( $p < 0,05$ ), variando 0,24–0,26 g·cm<sup>-3</sup>. A análise da capacidade de absorção de água revelou que, após 1 minuto de imersão, as espumas contendo 1% microcelulose absorveram 15,68% menos água do que as amostras sem microcelulose. No entanto, após 60 minutos de imersão, não houve diferença significativa na capacidade de absorção de água entre as amostras de espumas de amido analisadas ( $p < 0,05$ ).

**Palavras-chave:** amido de mandioca, espumas, expansão térmica, quitosana, microcelulose.

### ABSTRACT

In this work, cassava starch foam trays were prepared with microcellulose (0 e 1%) and chitosan (solution acetic acid 1% w/v). The trays were analyzed for morphology, physics and mechanical properties. Trays with 1% of microcellulose ( $p < 0.05$ ) submit thicker (2.12 mm) the trays without microcellulose (2.07 mm). Regarding density, no differences were found ( $p < 0.05$ ), ranging from 0.24 to 0.26 g·cm<sup>-3</sup>. The analysis of water absorption capacity revealed that after 1 minute of immersion, the foams containing 1% microcellulose absorbed 15.68% less water than the samples without microcellulose. However, after 60 minutes of immersion, there were no significant differences ( $p < 0,05$ ).

**Keywords:** Cassava starch, foams, thermal expansion, chitosan, microcellulose.

### INTRODUÇÃO

O estudo e desenvolvimento de embalagens a base de materiais biodegradáveis têm atraído cada vez mais atenção na busca pela solução de problemas ambientais causados pelo descarte inadequado e deterioração prolongada das embalagens de polímeros sintéticos de fonte não renovável [1,2]. O amido e a celulose, biopolímeros abundantes na natureza, têm sido estudados como materiais alternativos para a produção da embalagem devido ao seu baixo custo e biodegradabilidade [3,4]. Espumas de amido são pesquisados como substitutos para as embalagem de espuma de poli(estireno) expandido, que podem ser obtidas por meio de extrusão ou expansão térmica dentro de um molde aquecida [2,5]. Durante o processo de expansão térmica, a matriz de amido colocada num molde fechado e aquecido, gelatiniza-se, expande e seca [7].

No entanto, bandejas de espumas de amido apresentam algumas desvantagens, como a baixa resistência à umidade e baixa flexibilidade [1–4]. A adição de quitosana e celulose na composição

das espumas de amido pode aumentar sua resistência à umidade e incrementar as propriedades mecânicas [4–6].

O objetivo deste trabalho foi produzir bandejas a base de espumas de amido de mandioca com quitosana e microcelulose de *Eucalyptus globulus* através do processo de expansão térmica. As espumas foram caracterizadas quanto à sua morfologia, das características físico-químicas e mecânicas.

## PARTE EXPERIMENTAL

**Materiais.** As bandejas a base de espuma de amido foram preparadas com amido de mandioca (18% de amilose, *Valore*), microcelulose de *Eucalyptus globulus* (*Celulose Riograndense*), o quitosana (*Bioforte Produtos Naturais*). Glicerol (*Vetec*), estearato de magnésio (*Labsynth*) e goma de guar (*Danisco*) foram usados como aditivos.

**Processamento das bandejas a base de espuma de amido.** As bandejas a base de espuma de amido de mandioca foram preparadas com as formulações F1 e F2 (Tabela 1). Microcelulose foi adicionada em níveis de 0% e 1%. O quitosana em solução a 1% (m/v) foi dissolvida em ácido acético a 1% (m/v), durante 24 h, 25°C, com constante agitação. No preparo das formulações, os componentes foram misturados durante 20 minutos. 10 g de cada formulação foram colocados, de forma homogênea, dentro de um molde metálico (80x80x2 mm<sup>3</sup>), aquecido a 170°C. Este molde foi colocado numa prensa hidráulica, a 170°C, durante 3 minutos, aplicando-se uma pressão de 2 toneladas. Na sequência, as espumas de amido foram removidas do molde, resfriadas e armazenadas em ambiente com umidade relativa de 55% e 23°C, até a realização das análises de caracterização.

Tabela 1. Formulação das bandejas a base de espuma de amido de mandioca com quitosana e microcelulose.

<i>Componentes da formulação</i>	<i>F1 (%)</i>	<i>F2(%)</i>
Amido de mandioca	48,30	47,82
Quitosana em solução	48,30	48,30
Microcelulose	0,00	0,48
Glicerol	2,42	2,42
Goma guar	0,49	0,49
Estearato de magnésio	0,49	0,49

## ANÁLISES DE CARACTERIZAÇÃO

**Densidade.** A densidade ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) foi determinada em triplicata através de relação entre a massa (g) e o volume ( $\text{cm}^{-3}$ ) de cada amostra [7].

**Espessura.** A espessura foi determinada com um micrometro digital (*Mitutoyu*, Japão). Para cada formulação a espessura reportada é a média aritmética de 10 medidas de três amostras por formulação.

**Capacidade de absorção de água (CCA).** A análise CCA foi realizada de acordo com o método de *Cobb* [8]. As amostras, com dimensões de 25x50 mm foram pesadas e imersas em 100 ml de água destilada durante 1, 15, 30 e 60 min. Após a remoção do excesso de água com auxílio de papel absorvente, as amostras foram novamente pesadas em balança analítica. A quantidade de água adsorvida pela amostra foi calculada como a diferença de massa e expressa como a massa de água absorvida por massa do inicial da amostra [8].

**Microscopia eletrônica de varredura (MEV).** A morfologia das amostras foi examinada no microscópio eletrônico JSM 5800 (*JEOL, Japan*). Amostras foram preparadas através de fratura criogênica, montadas para visualização de seção transversal em bases de bronze com fita de carbono. As superfícies foram revestidas com uma fina camada de ouro (40–50 nm). Todas as amostras foram analisadas usando uma tensão de aceleração de 10 kV.

**Propriedades mecânicas.** Um analisador de textura modelo TA.HD (SMS, Reino Unido) com uma célula de carga de 50 N foi utilizado para determinar as propriedades mecânicas das bandejas em conformidade com a norma ASTM D828–97. Os ensaios de tração foram realizados com corpos de prova (80 x 25 mm), com separação de aderência inicial de 50 mm e velocidade de 1  $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Curvas tensão *versus* deformação foram registradas durante o ensaio, e os valores de tensão e deformação na ruptura foram determinados. Cada formulação de espuma foi testada três vezes, e os valores relatados são as médias de cada uma das amostras testadas.

**Análise estatística.** Análise de variância (*ANOVA*) e teste de comparação de médias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) foram realizados com o software *Prism* versão 2.01 (*GraphPad Software Inc*).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As bandejas a base de espuma de amido com adição de quitosana e microcelulose, obtidas pelo processo de expansão térmica, apresentaram-se bem formadas, com preenchimento completo de molde, conforme Figura 1. As bandejas preparadas com F1 apresentam superfície mais áspera

em comparação com a bandeja obtida através da F2. Assim, a incorporação de microcelulose contribuiu para a formação de uma superfície mais homogênea da bandeja.

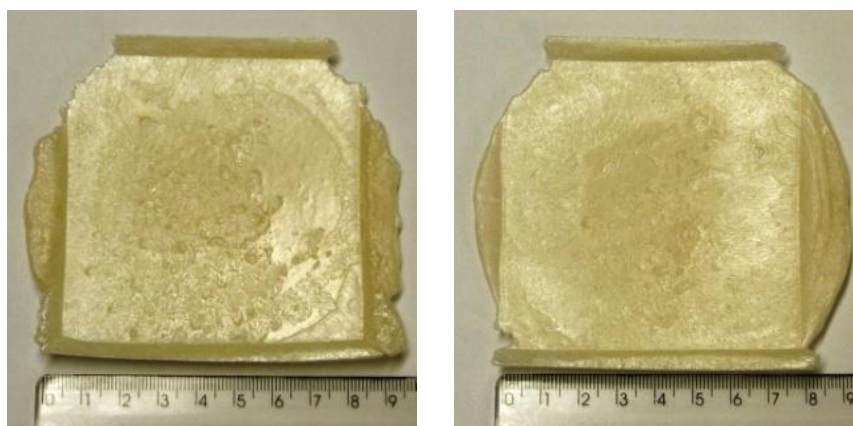


Figura 1. Bandejas a base de espumas de amido de mandioca elaboradas com: F1 (à esquerda) e F2 (à direita)

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises de densidade de espessura. A densidade das espumas de amido com quitosana e microcelulose não mostrou diferença significativa ( $p < 0,05$ ), entre as formulações. Bandejas de espuma de amido na formulação F2 apresentaram densidade inferior ( $0,24 \pm 0,01 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) que as bandejas a base de espuma de amido preparadas com a formulação F1 ( $0,26 \pm 0,01 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ). Este resultado está de acordo com *Silva et al.* [4] em que a adição de celulose bacteriana de bandejas de espuma de amido resultaram em espumas menos densas. Isto é, provavelmente, devido ao fato de que as fibras de celulose atuam como reforço [2,4]. As espumas de amido preparadas com a formulação F2 apresentaram espessura maior ( $p < 0,05$ ) do que as espumas com F1, sendo os valores de espessura média de  $2,12 \pm 0,00 \text{ mm}$  e  $2,07 \pm 0,00 \text{ mm}$ , respectivamente.

Tabela 2. Resultados de espessura e densidade das bandejas a base de espuma de amido de mandioca com quitosana e microcelulose.

	<i>F1</i>	<i>F2</i>
Densidade ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	$0,26 \pm 0,01^a$	$0,24 \pm 0,01^a$
Espessura (mm)	$2,07 \pm 0,00^a$	$2,12 \pm 0,00^b$

Os valores determinados em triplicata. Mesmas letras para cada linha não diferem estatisticamente a 5% ( $p < 0,05$ ) em cada parâmetro.

Quanto à capacidade de absorção de água (CCA) das amostras de bandejas a base de espuma de amido de mandioca preparadas com as formulações F1 e F2, observa-se na Figura 2 que nos tempos de imersão 1, 15 e 30 minutos, as bandejas preparadas com F2 apresentaram menor CCA do que as bandejas preparadas com F1. No entanto, após 60 minutos de imersão das amostras em água,

não houve diferenças ( $p < 0,05$ ) na CCA entre as espumas produzidas a partir de F1 e F2, demonstrando que a adição de microcelulose a 1% (m/m) às espumas de amido de mandioca não resultou em diminuição da sua hidrofília. Estes resultados estão em desacordo com *Silva et al.* [4], que se avaliaram a capacidade de absorção de água das espumas de amido incorporadas com celulose bacteriana demonstrando aumento da sua hidrofobicidade.

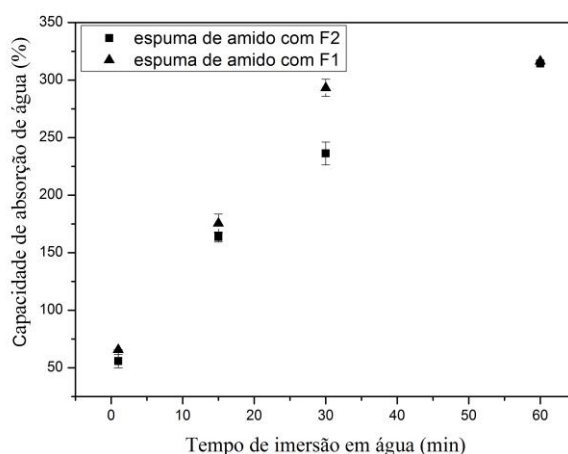


Figura 2. Capacidade de absorção de água das amostras de bandejas a base de espuma de amido de mandioca preparadas a partir das formulações F1 (0% microcelulose) e F2 (1% microcelulose).

As micrografias no MEV das espumas de amido podem ser analisadas na Figura 3. Foi observada estrutura composta por paredes mais espessas e espaços vazios em seu interior. A formulação F1 resultou em espumas com vazios (células) maiores do que as observadas na estrutura interna das espumas com o F2 (Figura 3A). Espumas de amido de mandioca produzidas a partir da formulação F2 apresentaram células menores e mais distribuídas além de paredes com melhor definição do que as espuma a partir de F1 (Figura 3B). Este resultado sugere que a adição de microcelulose contribuiu para reforçar a estrutura interna da espuma.

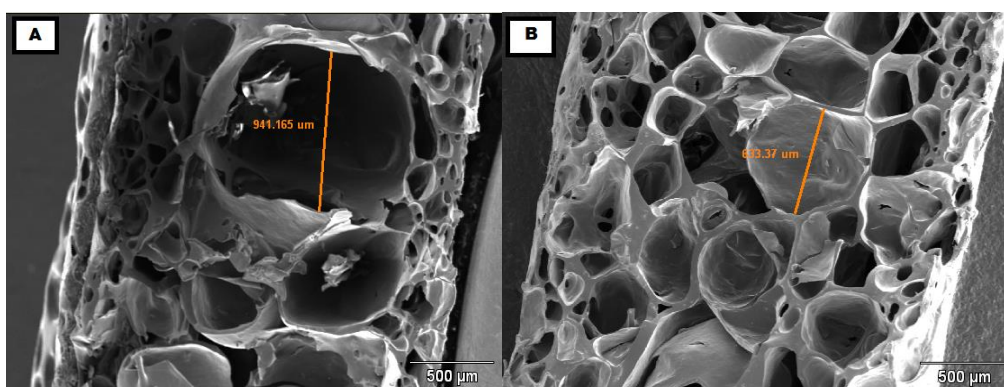


Figura 3. Micrografias no MEV (seção transversal) de amostras de bandejas de espumas de amido de mandioca produzidas a partir de: formulação F1 (A); formulação F2 (B) (magnificação: 45X).

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises de propriedades mecânicas realizadas em amostras de bandejas a base de espuma de amido de mandioca.

Tabela 3. Propriedades mecânicas das espumas de amido de mandioca.

	F1	F2
Resistência à tração (MPa)	0,69 ± 0,19 <sup>a</sup>	0,59 ± 0,16 <sup>a</sup>
Alongamento na ruptura (%)	0,51 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,41 ± 0,14 <sup>a</sup>

\* Os valores determinados em triplicata. Mesmas letras para cada linha não diferem estatisticamente a 5% ( $p < 0,05$ ) em cada parâmetro.

Espumas de amido preparadas com formulações F1 e F2 apresenta resistência à tração de 0,69 ± 0,19 e 0,59 ± 0,16 MPa, respectivamente. Apesar F1 apresentar maior valor, não há diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as formulações. Do mesmo modo, na análise de alongamento na ruptura, não foram observadas diferenças significativas entre as formulações, o que mostra que a adição de 1% de microcelulose não influenciou nas propriedades mecânicas das espumas de amido.

## CONCLUSÕES

As bandejas a base de espumas de amido de mandioca preparadas com a adição de quitosana e microcelulose por meio do processo de expansão térmica é apresentam-se bem formadas. A adição de 1% de microcelulose resultou em espumas menos densas. A incorporação de microcelulose resultou na redução da capacidade de absorção de água pelas espumas de amido de mandioca até tempos de imersão em água de 30 minutos, mas não provou ser eficaz para aumentar a sua hidrofobicidade após 60 minutos de imersão. As espumas feitas com amido e microcelulose apresentaram uma morfologia com distribuição mais uniforme de células com paredes e mais reforçadas do que as espumas sem a adição de microcelulose. Em relação à resistência mecânica, a adição de microcelulose não afetou significativamente estas propriedades.

**Agradecimentos.** Agradecemos à *FAPERGS* e ao *CNPQ* e à *Universidade de Caxias do Sul* (UCS), pelo suporte financeiro e bolsas ao projeto.

## REFERÊNCIAS

- [1] Marengo VA, Vercelheze AES, Mali S, *Quim Nova*, **36**, 680 (2013)
- [2] Vercelheze AES, Fakhouri FM, Dall'Antônia LH, Urbano A, Youssef EY, Yamashita F, Mali S, *Carbohydr. Polym.*, **87**, 1302–1310 (2012)
- [3] Lawton JW, Shogren RL, Tiefenbacher KF, *Ind. Crop. Prod.*, **19**, 41 (2004)

- [4] Silva A, Nievola LM, Tischer CA, Mali S, Faria-Tischer PCS, *J. Appl. Polym. Sci.*, **130**, 3043 (2013)
- [5] Cinelli P, Chiellini E, Lawton J W, Imam S H, *Polym. Degrad. Stabil.*, **91**, 1147 (2006)
- [6] Kaisangsri N, Kerdchoechuen O, Laohakunjit N, *Ind. Crop. Prod.*, **37**, 542 (2012)
- [7] Shogren RL, Lawton JW, Doane WM, Tiefenbacher KF, *Polymer*, **39**, 6649 (1997)
- [8] ABNT NBR ISO 535. Papel e Cartão. Determinação da capacidade de absorção de água. Método Cobb, 1999