

BIOEMBALAGEM COM CELULOSE BACTERIANA DO SCOPY DE KOMBUCHA

Eve Gonçalves Reis Bruno*

Gabriela Ramos Degaki Lima*

Julia Oliveira Auresco*

Lucas da Costa Martins*

Mônica do Couto Silva*

Michele Christine Machado-Oliveira*

Resumo: No contexto de produção global excessiva de material plástico, e portanto, correspondendo a um dos resíduos sólidos mais descartados do momento, o desenvolvimento de uma embalagem celulósica biodegradável a partir de cultivo microbiológico é essencial na criação de novos meios de combate ao poluente. Nessa lógica, o produto foi submetido a variações de temperatura, apresentando ressecamento e aspecto quebradiço às temperaturas entre -4°C e 10°C e grande deformação física e degradação em temperaturas elevadas. Ademais, observou-se que, em contato direto com água, o polímero tende à textura gelatinosa. Outrossim, amostras do material mostraram-se biodegradáveis em solo. Dessa forma, a bioembalagem provou-se excelente enquanto secundária, no entanto, tendo como perspectiva a solubilidade e a degradação em temperaturas muito além da ambiente, entende-se que o insumo não é recomendável para a produção de embalagens primárias.

Palavras-chave: bioembalagem; celulose; chá; kombucha.

BIOPACKAGING WITH BACTERIAL CELLULOSE FROM KOMBUCHA SCOPY

Abstract: In the context of excessive global production of plastic material, and therefore, corresponding to one of the most discarded solid residues of the moment, the development of biodegradable cellulosic packaging from microbiological cultivation is essential in creating new means of combating the pollutant. Following this logic, the product was subjected to temperature variations, showing dryness and brittle appearance at temperatures between -4°C and 10°C and physical deformation and degradation at high temperatures. Furthermore, it was observed that, in direct contact with water, the polymer tends to have a gelatinous texture. Furthermore, samples of the material were shown to be biodegradable in soil. Thus, biopackaging proved to be excellent as a secondary one, however, considering the solubility and degradation at temperatures far beyond the ambient temperature, it is understood that the input is not recommended for the production of primary packaging.

Keywords: biopackaging; cellulose; kombucha; tea.

* Escola Técnica Estadual Conselheiro Antonio Prado: evereis.bruno02@gmail.com,
g.degaki@gmail.com, julia.auresco@hotmail@gmail.com, lucasdacostamartins000@gmail.com,
monicacouto05@gmail.com, mcmo.michele@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O estudo destina-se ao desenvolvimento de um material base para produção de embalagens que, por sua vez, não tenha impactos significativamente negativos sob o ecossistema, em virtude da demasia de resíduos danosos gerados na produção e descarte de embalagens de papel e plástico.

As bioembalagens têm por objetivo reprimir as concentrações de compostos residuais inorgânicos, o que permite um processo de degradação extremamente eficiente e rápido. O SCOBY do chá kombucha mostrou potencialidade para atingir tal objetivo, a cultura simbiótica à base de celulose é de fácil e acessível cultivo e os efluentes gerados são orgânicos e de simples gerenciamento.

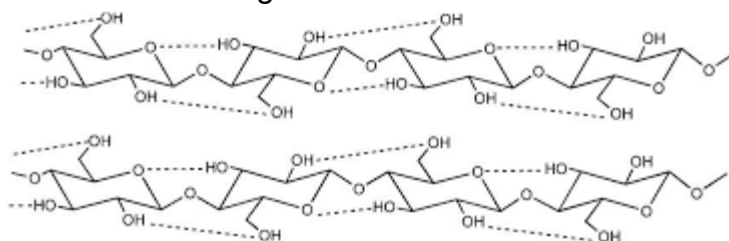
O kombucha é uma bebida fermentada, naturalmente gaseificada rica em vitaminas, minerais, enzimas e aminoácidos. É fermentada a partir de uma colônia simbiótica de bactérias e leveduras denominada SCOBY “Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts” (MOURA, 2019).

A associação de microrganismos presentes no SCOBY estabelece processos metabólicos de maneira complementar, formando um ciclo. A sacarose no chá é hidrolisada em moléculas de glucose e frutose pelas leveduras por meio da enzima invertase, durante o processo há produção de etanol e dióxido de carbono. Em seguida a glucose é convertida em ácido glucônico e a frutose em ácido acético, que estimula a produção de etanol pelas leveduras, assim, as bactérias acéticas utilizam o etanol no seu desenvolvimento produzindo mais ácido acético (SANTOS, 2016).

A estrutura é formada por uma matriz de nanofibras de celulose sintetizada pela *Gluconacetobacter xylinus*, acomodando e melhorando a associação entre os microrganismos (BALENTINE; WISEMAN; BOUWENS, 1997, apud PALUDO, 2017, p. 14).

A celulose bacteriana possui fórmula molecular idêntica à celulose da parede celular das plantas, todavia as diferenças na estrutura de suas cadeias são significativas, alterando características físicas e mecânicas. As primeiras cadeias que se formam na celulose bacteriana se integram formando subfibrilas (aproximadamente 1,5nm de largura), em seguida são cristalizadas em microfibrilas e adiante formam feixes de microfibrilas (microfitas ultrafinas de 1nm a 9nm de largura). Assim, é estabelecida uma estrutura retiforme e densa, que se estabiliza por ligações de hidrogênio, conforme Figura 1 (LIMA *et al.*, 2015).

Figura 1. Estrutura da cadeia β -D-glicopiranoose (celulose) e as ligações de hidrogênio intramolecular.



Fonte: ROY *et al.* (2009).

Por conseguinte, os nanocristais que originam a celulose bacteriana oferecem propriedades como: elevada área superficial, baixa densidade, resistência mecânica, facilidade de modificação, elasticidade, força de tensão e biodegradabilidade, características que podem ser amplamente exploradas, sobretudo como material base para produção de embalagens e afins (LIMA *et al.*, 2015).

Portanto, tem-se como objetivo o desenvolvimento de um material base para produção de embalagens menos danosas ao meio ambiente, utilizando-se das propriedades dos nanocristais de celulose do SCOBY.

Entende-se como objetivos específicos do projeto a elaboração de exemplares de embalagem primária (contato direto com o produto), secundária (sem contato direto com o produto); assegurar a espessura ideal de SCOBY necessária para cada material (bem como o tempo médio de crescimento para tal dimensão); analisar potenciais de alterações em contato direto com materiais embalados; testar a durabilidade, resistência a temperaturas, umidade e acompanhar sua biodegradabilidade em solo.

MATERIAIS E MÉTODOS PARA PREPARAÇÃO DO SUBSTRATO E SCOBY

Materiais

Tabela 1 - Materiais para preparação do substrato

MATERIAL	QUANTIDADE
Água filtrada	1L
Chá Preto (Dr. Oetker)	5g
Açúcar	100g
SCOBY (Cultura de microrganismos)	-
Caixa plástica 3,5L	1un
Vinagre de limão	50 mL
Bicarbonato de sódio	30g
Álcool 70%	100mL

Fonte: elaborado pelos autores.

Métodos

- I. A água foi fervida e, em ebulição, adicionou-se açúcar.
- II. Foi dissolvida a sacarose por agitação e interrompeu-se o fogo para acréscimo dos sachês.
- III. Ao atingir aproximadamente 25°C, foi transferido 10% do “chá de arranque”, precursor (para a regulação do pH do substrato), e inoculado o SCOBY.
- IV. Posteriormente, foi feita a higienização dos frascos que acondicionam o kombucha (água fervente e vinagre de álcool) e, pós inoculação, foram tampados com material ideal para fluxo de gases (papel toalha, gaze).
- V. Em seguida, após atingir tamanho considerável, o SCOBY foi transferido para a caixa plástica contendo em média 1L de chá preto.
- VI. Após crescimento o SCOBY foi higienizado em solução de vinagre, água (o necessário para imergi-lo), bicarbonato de sódio e álcool.

MATERIAIS E MÉTODOS PARA A EMBALAGEM PRIMÁRIA

Materiais

Tabela 2 - Materiais para Preparação da Embalagem Primária

MATERIAL	QUANTIDADE
SCOBY dessecado	
Água filtrada	60mL
CMC (Carboximetilcelulose)	2g

Fonte: elaborado pelos autores.

Métodos

- I. Foi dessecado um SCOBY de aproximadamente 0,4cm de espessura em luz solar pelo período aproximado de 2 dias.
- II. Em seguida, foi recortado do mesmo um retângulo de 14cm X 11cm (CxL) e as margens, esquerda e direita, foram dobradas de modo que se encontrassem no centro do retângulo, e de maneira que, umas delas, ficasse 1cm acima da outra.
- III. Posteriormente, foi preparada uma cola não tóxica, admissível para embalagens primárias, a partir de uma solução de água e CMC.
- IV. Foi aplicada cola na área de contato entre as duas margens de comprimento (esquerda e direita) e foi dobrado 1cm das margens de largura (superior e inferior), também seladas com a cola.

MATERIAIS E MÉTODOS PARA A EMBALAGEM SECUNDÁRIA

Materiais

Tabela 3 - Materiais para Preparação da Embalagem Secundária

MATERIAL	QUANTIDADE
SCOBY dessecado	
Água filtrada	60mL
CMC (Carboximetilcelulose)	2g

Fonte: elaborado pelos autores.

Métodos

- I. Foram dessecados dois SCOBYS de aproximadamente 0,8cm de espessura em luz solar pelo período aproximado de 3 dias.
- II. A partir destes, foram recortados dois retângulos de 28cm X 21cm (CxL).
- III. Foi realizada a sobreposição dos retângulos e as margens direita, esquerda e inferior foram coladas com auxílio da solução de CMC.
- IV. Foi executado, 2,5cm abaixo da margem superior, um recorte ovalado de 9,5cm X 3cm (CxL), realizando uma abertura na área traseira e frontal da embalagem, originando as alças do formato sacola.

MATERIAIS E MÉTODOS PARA ADIÇÃO PRÉVIA DE PIGMENTO

Materiais

Tabela 4 - Materiais para Adição Prévia de Pigmento

MATERIAL	QUANTIDADE
SCOBY	
Corante natural	500mL
Liquidificador	1un
Caixa plástica	1un
Óleo vegetal	2 gotas

Fonte: elaborado pelos autores.

Métodos

- I. Foi extraído o pigmento de vegetais e legumes como o feijão preto e repolho roxo pelo simples contato com a água ou cozimento.
- II. O SCOBY foi triturado em liquidificador com o corante desejado e despejado em caixa plástica, previamente untada com 2 gotas do óleo vegetal, logo então foi dessecado em luz solar.

MATERIAIS E MÉTODOS PARA A ANÁLISE DE RESISTÊNCIA A BAIXAS TEMPERATURAS

Materiais

Tabela 5 - Materiais para a Análise de Resistência a Baixas Temperaturas

MATERIAL	QUANTIDADE
SCOBY dessecado	1un
Refrigerador (Panasonic NR-BT49PV2X)	1un

Fonte: elaborado pelos autores.

Métodos

- Foram colocadas duas amostras de SCOBYS, já secos, às temperaturas de -4°C e 10°C (geladeira e congelador) e observou-se durante sete dias a ocorrência de alterações.

MATERIAIS E MÉTODOS PARA A ANÁLISE DE RESISTÊNCIA À ELEVADA TEMPERATURA

Materiais

Tabela 6 - Materiais para a Análise de Resistência à Elevada Temperatura

MATERIAL	QUANTIDADE
SCOBY dessecado	1un
Micro-ondas (Electrolux MTD30)	1un

Fonte: elaborado pelos autores.

Métodos

- I. Foi colocada uma amostra dessecada em micro-ondas na potência máxima por 2 minutos (tempo aproximado para aquecer alimentos) e observou-se deformações resultantes.

MATERIAIS E MÉTODOS PARA A ANÁLISE DE SOLUBILIDADE

Materiais

Tabela 7 - Materiais para a Análise de Solubilidade

MATERIAL	QUANTIDADE
SCOBY dessecado	1un
Béquer	250mL
Água	200mL

Fonte: elaborado pelos autores.

Métodos

- I. Foi submergido, em um béquer de 250 mL com água, um SCOBY dessecado, pelo período de 1 minuto.
- II. Foram observadas modificações no SCOBY decorrente da absorção da água.

MATERIAIS E MÉTODOS PARA A ANÁLISE DE BIODEGRADABILIDADE

Materiais

Tabela 8 - Materiais para a análise de biodegradabilidade

MATERIAL	QUANTIDADE
SCOBY dessecado	
Água filtrada	24 mL
Tubos de ensaio	3 un
Amostra de solo - 1	23,6 gr
Amostra de solo - 2	23,6 gr
Amostra de solo - 3	23,6 gr

Fonte: elaborado pelos autores.

Métodos

- I. Foi colocado 23g de cada amostras de solo em três tubos de ensaio com 8mL de água cada.
- II. Foi distribuído em cada tubo uma tira de 10cm do SCOBY e observou-se a degradação durante 1 mês à aproximadamente 25°C.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Embalagem Primária

O modelo de embalagem primária (Figura 2) foi confeccionado a partir de um SCOBY de aproximadamente 0,4 cm de espessura (o tempo aproximado para atingir a espessura é 2 semanas), a qual mostrou-se ideal para o armazenamento de alimentos secos, posto que, ofereceu textura lisa e sem fortes odores.

Figura 2 - Modelos de embalagem primária à base da celulose bacteriana contendo pipoca e biscoitos.



Fonte: elaborado pelos autores.

Grãos de arroz foram embalados e não mostraram alterações significativas no período de 30 dias.

Embalagem Secundária

O modelo de embalagem secundária tipo sacola (Figura 3), foi confeccionado a partir de um SCOPY de aproximadamente 0,8cm de espessura (o tempo aproximado para atingir a espessura é 3 semanas), a qual apresentou-se promissora, oferecendo textura lisa, porém odores significativos.

Figura 3 - Modelo de embalagem secundária à base da celulose bacteriana (contendo frutas à esquerda e vazia à direita).



Fonte: elaborado pelos autores.

A resistência do material e da cola são pontos de destaque observados neste modelo. A cola, por ser sintética, não atrai fungos ou insetos que poderiam causar dano à embalagem.

Análise de Resistência a Baixas Temperaturas

O experimento testou a reação das bioembalagens em exposição a temperaturas de -4°C e 10°C , no refrigerador Panasonic NR-BT49PV2X, durante 7 dias (Figura 4).

Figura 4 - Celulose bacteriana sob baixa temperatura (à esquerda: congelador -4°C , à direita: geladeira 10°C)



Fonte: elaborado pelos autores.

Ao final do teste, não se notaram alterações quanto a absorção de umidade ou degradação térmica recente. Porém, após três dias do término do teste, o SCOBY acondicionado no congelador apresentou ressecamento e aspecto quebradiço, tornando-o mais frágil.

Análise de Resistência a Altas Temperaturas

O objetivo do experimento foi testar o potencial de resistência e possíveis alterações na bioembalagem, exposta a uma temperatura máxima de aproximadamente 100°C , no aparelho micro-ondas Electrolux MTD30 que atua a uma potência de 1130W com micro-ondas em frequência de 2450MHz.

Observou-se que o SCOBY sofreu grande deformação física e degradação térmica. Encontrou-se rachaduras e regiões queimadas no material (Figura 5), decorrentes do processo acelerado de perda de água, que contribui para o ressecamento da celulose.

Figura 5 - Celulose bacteriana sob alta temperatura



Fonte: elaborado pelos autores.

Análise de Solubilidade

O objetivo deste experimento foi analisar se o material em questão apresentava solubilização em água. São indesejáveis interações do mesmo com o alimento.

Ao final do teste, observou-se que o SCOBY apresentou estado gelatinoso (Figura 6) em consequência da natural absorção da água. Com isso, atestou-se que a bioembalagem celulósica não pode entrar em contato com quaisquer substâncias líquidas, pois pode comprometer o produto embalado.

Figura 6 - Teste de solubilidade do SCOBY utilizando água como material líquido



Fonte: elaborado pelos autores.

Tanto a água quanto a celulose, podem ter suas propriedades influenciadas dependendo do grau de associação física e química entre ambas (MOREIRA, 2009).

Análise de Biodegradabilidade

O projeto visa criar um produto biodegradável a fim de substituir o plástico, cujo maiores impactos advém do seu elevado tempo de degradação. Assim, biodegradabilidade é a propriedade de uma substância orgânica ser metabolizada, ou seja, consumida por microrganismos presentes no meio ambiente (AVALIAÇÃO... 2014).

Figura 7 - Teste de Biodegradabilidade do SCOBY utilizando amostras de solo



Fonte: elaborado pelos autores.

Após um mês do início do teste, foi observado que duas das três amostras haviam degradado o material biológico (Tabela 9).

Tabela 9 - Resultados do teste de biodegradabilidade

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	APÓS 1 MÊS
Amostra de solo - 1	Degradou
Amostra de solo - 2	Pouco degradado
Amostra de solo - 3	Degradou

Fonte: elaborado pelos autores.

As variações no processo de biodegradação do material relacionam-se com os microrganismos existentes em cada solo. Os microbiomas do solo são extremamente variados, mesmo sob a ótica de distâncias milimétricas. Portanto, variações como as obtidas na Tabela 9 são naturalmente esperadas.

CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados obtidos em paralelo aos objetivos gerais e específicos do projeto, observou-se que todos foram atingidos, devido ao suprimento das expectativas de ótima resistência da bioembalagem ao assegurar o conteúdo embalado e, principalmente, capacidade biodegradável, visto que a intenção majoritária do projeto era produzir um substituinte dos polímeros industrializados. Porém, assim como quaisquer projeções, há pontos negativos nos quais poderão ser solucionados com mais tempo para pesquisas e testes, tal como o forte odor ácido (como de vinagre) do fermentado durante e após o processo de cultivo. Por fim, a bioembalagem apresentou-se excelente enquanto secundária, todavia, resultados como solubilidade e degradação em temperaturas altas, podem interferir no contato direto com alimentos quentes, úmidos ou bebidas, ou seja, como embalagem primária.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Escola Técnica Estadual Conselheiro Antonio Prado por disponibilizar os materiais e o espaço para a execução do artigo. Em especial, aos esforços e dedicação jamais negados pela professora orientadora Michele Oliveira, que conduziu e acompanhou o projeto com exímio cuidado e carinho.

REFERÊNCIAS

- AVALIAÇÃO de biodegradabilidade: IPT implementa metodologia para ensaios mais rápidos e limpos de avaliação da propriedade biodegradável. 2014. Disponível em: http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=809. Acesso em: 16 jun. 2020.
- BALENTINE, D. A.; WISEMAN, S. A.; BOUWENS, L. C. M. The chemistry of tea flavonoids. critical reviews in food science nutrition, **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**; WALES, v. 37, n. 8, p. 693-704, 1997.
- LIMA, L. R. *et al.* CELLULOSE NANOCRYSTALS FROM BACTERIAL CELLULOSE. **Química Nova**, [s.l.], v. 38, n. 9, p. 1140-1147, 12 ago. 2015.
- MOREIRA, M. R. **Natureza das Interações Celulose-Água**. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Física, Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- MOURA, A. **Monitoramento do processo fermentativo da kombucha de chá mate**. 2019. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, 2019.
- PALUDO, N. **Desenvolvimento e caracterização de kombucha obtida a partir de chá verde e extrato de erva-mate: processo artesanal e escala laboratorial**. 2017. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- ROY, D.; SEMSARILAR, M.; GUTHRIE, J. T.; PERRIER, S. Cellulose Modification by Polymer Grafting: A Review. **Chem. Soc. Rev.**, v. 38, p. 2046-2064, 2009.
- SANTOS, M. **Kombucha: Caracterização da microbiota e desenvolvimento de novos produtos alimentares para uso em restauração**. 2016. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Gastronômicas, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2016.