

Estabelecimento de processo enzimático para estonagem de tecidos de algodão em escala de bancada¹

Feipe Augusto Navarro Debiasi², Diogo Keiji Nakai³, Thaís Fabiana Chan Salum⁴

Resumo

A estonagem enzimática é um processo no qual celulases são aplicadas em tecidos a fim de proporcionar uma aparência desbotada, com toque mais macio e maleável. Este trabalho teve por objetivo desenvolver uma metodologia de processo de estonagem enzimática de denim (tecido de algodão) utilizando equipamento de bancada. Utilizou-se para isso a enzima Akmev Biotecnologia Têxtil BioKey STLV. Estudaram-se diversas variáveis, como relação de banho, quantidade e tipo de abrasivos, disposição do tecido no reator e tempo de processo. O melhor resultado de estonagem foi obtido nas seguintes condições de processo: denim disposto de forma cilíndrica encostado nas paredes da caneca, tratado com enzima BioKey STLV a 0,7% (m/m) com tampão de ácido acético/acetato de sódio 0,1 mol/L pH 5,0 utilizando sete esferas de vidro e 30 g de pirâmide PET em 2 horas de processamento. Nessas condições, foi observado que o tecido tratado apresentou coloração desbotada em relação ao controle. A diferença de cor entre o controle e a amostra estonada foi mensurada com auxílio de colorímetro de reflectância e mostrou-se significativa (ΔE igual a 5,14). Estudos posteriores devem ser feitos para avaliar a resistência à tração dos tecidos tratados a fim de garantir que ela é conservada ao final do processamento.

Termos para indexação: algodão, estonagem, colorimetria, celulases.

Introdução

A produção de tecidos passa por processos que necessitam de agentes químicos tóxicos, que geram uma grande quantidade de efluentes prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. A indústria têxtil é responsável por aproximadamente 20% da poluição de recursos hídricos, liberando metais pesados, detergentes e corantes. Para a melhoria dos processos da indústria têxtil, a fim de torná-los mais sustentáveis, enzimas têm sido utilizadas na eliminação de impurezas e em processos como desengomagem e estonagem. Entre as enzimas aplicadas nesses processos estão as amilases utilizadas durante a desengomagem e as celulases utilizadas durante a estonagem do algodão (Kumar et al., 2021).

Durante a estonagem do denim, ocorre o desbotamento de tecidos de algodão, por meio da remoção do corante índigo da superfície do algodão tingido. Esse processo inicialmente era realizado utilizando substâncias químicas, como permanganato de potássio, hipoclorito de sódio e pedra pomes. Entretanto, esses processos apresentam limitações como o desgaste do tecido, além da grande quantidade de pedra pomes necessária para o tratamento. Celulases são capazes de catalisar a clivagem da celulose e surgem como uma alternativa para realização desse processo por meio da ruptura da ligação química entre as fibras do tecido e o corante (Sen et al., 2021).

¹ Trabalho realizado no âmbito do projeto BIOFIBRAS, em parceria com Senai/CETIQT

² Engenheiro químico, colaborador da Embrapa Agroenergia, felipe.debiasi@colaborador.embrapa.br

³ Engenheiro de bioprocessos e biotecnologista, mestre em Ciências Mecânicas, analista da Embrapa Agroenergia, diogo.nakai@embrapa.br

⁴ Farmacêutica, doutora em Bioquímica, pesquisadora da Embrapa Agroenergia, thais.salum@embrapa.br

Materiais e métodos

Tecidos e enzimas

Utilizou-se um tecido denim azul 100% algodão de aproximadamente 260 g/m² corado com índigo blue (comprado de Silvenina Uniformes Ltda.). Duas composições enzimáticas comerciais foram utilizadas: composição enzimática alfa amilase para desengomagem Akmey Biotecnologia Têxtil BioKey BLSH e composição enzimática para estonagem Akmey Biotecnologia Têxtil BioKey STLV.

Desengomagem

O tecido foi desengomado no equipamento de tingimento Mathis Alt-FIVE. Foram utilizadas tiras de denim cortadas em medidas que variaram de 4,5 g a 8 g. Foi mantida uma razão de banho de 1:10, que representa a relação entre a massa de tecido e o volume de solução enzimática presente em cada caneca. A enzima BioKey BLSH foi adicionada em cada caneca de 200 mL na quantidade de 1% (v/v) em tampão ácido cítrico/citrato de sódio ou ácido acético/acetato de sódio 0,1 mol/L e pH 5,0. As amostras de tecido foram incubadas no equipamento por 30 min, a 70 °C a 180 rpm.

Estonagem

Após a desengomagem, retirou-se a solução enzimática das canecas. Para a estonagem, a BioKey STLV foi adicionada em cada caneca de 200 mL na quantidade de 0,7% (m/m) em tampão de ácido cítrico/citrato de sódio ou ácido acético/acetato de sódio 0,1 mol/L e pH 5,0. As amostras foram incubadas por 60 min, a 60 °C a 180 rpm. Após o processamento, os tecidos foram lavados em água corrente e secos *overnight* em estufa a 50 °C. Algumas variáveis foram estudadas, como adição de abrasivos, relação de banho, forma de inserção do tecido na caneca e tempo de reação. Para todos os tratamentos, fez-se um controle com solução tampão sem adição da enzima. As variáveis foram estudadas da seguinte forma:

Relação de banho

Os tecidos foram adicionados às canecas e a composição enzimática BioKey STLV foi adicionada de três diferentes formas: a) sólida (pulverizada sobre o tecido úmido), b) dissolvida em 10 mL de tampão ácido cítrico/citrato de sódio e c) dissolvida em 20 mL de tampão de ácido cítrico/citrato de sódio. Nas três condições, utilizou-se a quantidade de 0,7% (m/m) de BioKey STLV e adicionaram-se cinco esferas de vidro (12 mm de diâmetro) como abrasivo.

Forma de inserção do tecido na caneca

Os tecidos foram adicionados às canecas de duas formas diferentes:

x)



y)



Figura 1. Formas de inserção do tecido denim às canecas: x) com o centro do tecido tocando o fundo da caneca e y) em formato cilíndrico, em contato com as paredes da caneca.

Tempo de reação

Testaram-se os tempos de 1 hora e 2 horas de reação.

Abrasivos

Os tecidos e a composição enzimática BioKey STLV são adicionados às canecas juntamente com os abrasivos de três diferentes formas: a) sem abrasivos, b) cinco esferas de vidro de 12 mm de diâmetro e c) sete esferas de vidro, sendo duas de 19 mm e cinco de 12 mm de diâmetro e 30 g de pirâmide PET de aproximadamente 6,5 mm de lado.

Utilizou-se o colorímetro de reflectância modelo CR-400, da marca Konica Minolta, calibrado com iluminante D65. As medições foram realizadas em três pontos de cada corpo de prova no espaço de cor CIE XYZ convertida para o espaço Lab* (CIELAB). A partir disso, foram calculados os deltas L*, a* e b* e E*, em que L* é a variável associada com luminosidade e a* e b* são as coordenadas cromáticas, sendo a* associada com a coordenada vermelha/verde e b* associada com a coordenada amarela/azul nesse espaço de cor Lab*. A distância geométrica entre os pontos do espaço de cor de tecidos diferentes é representada pela variável E*, calculada a partir das variáveis L*, a* e b*.

Resultados e discussão

Após os tratamentos enzimáticos (Tabela 1), as amostras de tecidos foram fotografadas e podem ser observadas na Figura 2.

Tabela 1. Condições de processo das amostras de denim da Figura 2.

Letra	Quantidade de enzima BioKey STLV (% m/m de tecido)	Relação de banho (mL de tampão)	Disposição de tecido	Abrasivos	Tempo (h)
A	Sem enzima (denim bruto)	Não processado	Não processado	Sem abrasivos	Não processado
B	Sem enzima (controle)	20	Formato cilíndrico	Sete esferas e 30g de PET	2
C	7,2	130	Centro tocando fundo da caneca	Sem abrasivos	1
D	0,7	Pulverizada sob tecido	Centro tocando fundo da caneca	Cinco esferas	1
E	0,7	10	Centro tocando fundo da caneca	Cinco esferas	1
F	0,7	20	Centro tocando fundo da caneca	Cinco esferas	1
G	0,7	20	Formato cilíndrico	Sete esferas e 30 g de PET	1
H	0,7	20	Formato cilíndrico	Sete esferas e 30 g de PET	2

Observando-se as imagens obtidas, nota-se que o desbotamento do tecido ocorreu de forma pontual nos tratamentos D, E e F. Nesses tratamentos, a disposição do tecido não foi ideal. Nos tratamentos G e H, o desbotamento mostrou-se mais homogêneo. Esse desbotamento mais bem

distribuído deve-se principalmente à disposição do tecido na caneca, visto que toda a superfície do tecido estava exposta. Além disso, uma maior quantidade de abrasivos também foi utilizada nessas amostras.

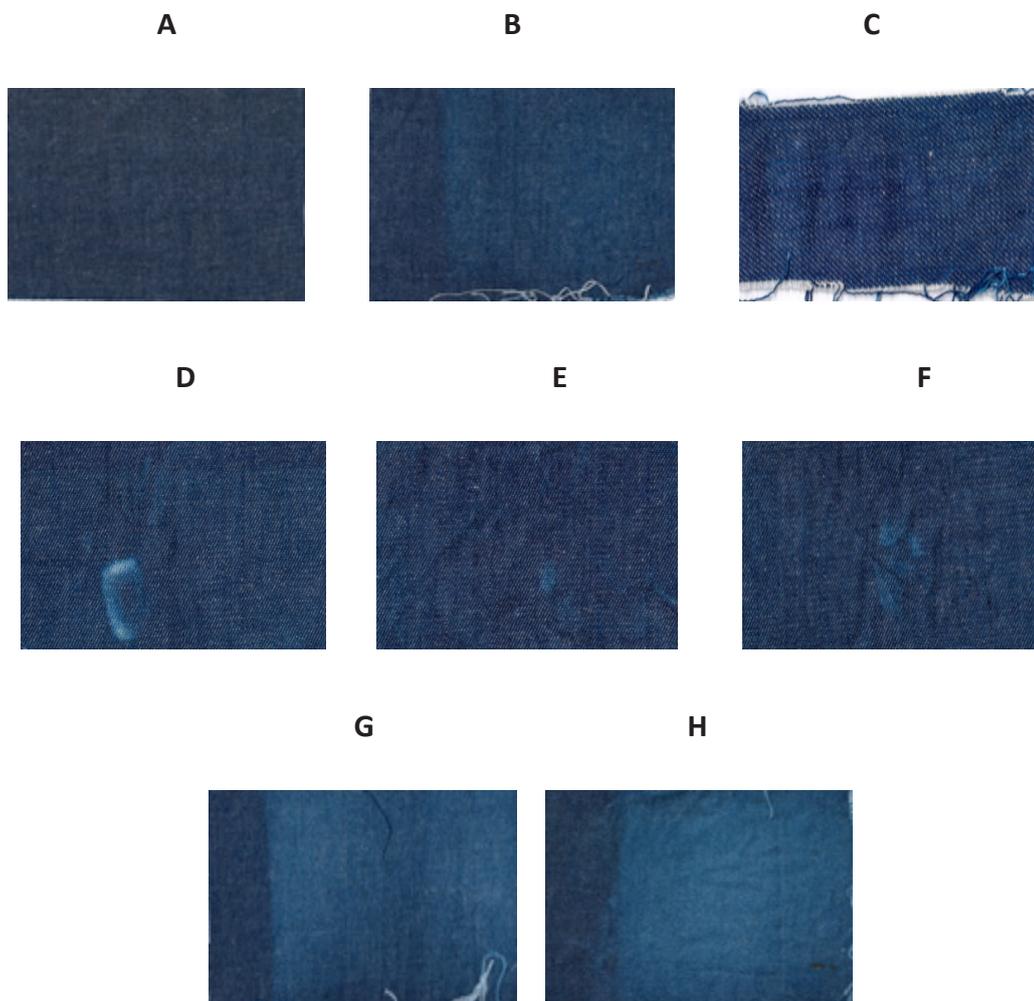


Figura 2. Imagens de amostras de tecido após tratamento enzimático.

A partir dos dados de colorimetria (Tabela 2), é possível comparar a variação dos aspectos colorimétricos observados entre duas amostras diferentes ao se calcular a distância geométrica entre os pontos medidos em um espaço de cor tridimensional. Foram avaliadas somente as amostras que apresentaram uma estonagem no tecido todo.

Tabela 2. ΔE^* entre as amostras de tecido submetidas ao tratamento enzimático.

ΔE^*	C	G	H
B	2,10	1,46	5,14
C		3,06	5,63
G			4,05

ΔE^* foram classificados da seguinte maneira: $\Delta E < 1$ – diferença imperceptível; $1 \leq \Delta E < 2$ – diferença quase imperceptível; $2 \leq \Delta E < 3,5$ – diferença perceptível, mas pequena; $3,5 \leq \Delta E < 5$ – diferença perceptível; $\Delta E \geq 5$ – diferença considerável.

ΔE é a distância geométrica entre pontos no espaço de cor Lab* de dois tecidos diferentes, calculada a partir da raiz quadrada da soma dos quadrados da diferença entre as coordenadas

de dois tecidos processados, indicando a variação de cor dos tecidos em relação a cada par de tratamentos. Os eixos horizontais e verticais representam diferentes tratamentos, e a intercessão desses corresponde à diferença de cor entre esses dois tratamentos. Espaços de intercessão vazios representam diferença nula entre as amostras de tecido comparadas ou que já tiveram sido apresentadas na Tabela 1.

Observando-se os valores obtidos do ΔE , comparando-se diferentes tratamentos de denim, foi notada uma diferença de cor considerável entre o disposto de forma cilíndrica encostado nas paredes da caneca com BioKey STLV e 2 horas de processamento e os demais tratamentos, justificado por apresentarem uma distância geométrica no espaço de cor Lab* entre 4 e 6. Já entre o disposto de forma cilíndrica encostado nas paredes da caneca com BioKey STLV e 1 hora de processamento e o controle e o BioKey STLV sem abrasivos foi observada uma diferença perceptível, embora pequena, como foi constatado com base na escala de valores de ΔE mencionada anteriormente. Entre o controle e o processamento sem abrasivos, foram notadas diferenças pouco perceptíveis também.

Com base na comparação feita, nota-se que existem três fatores capazes influenciar o desbotamento do tecido durante a estonagem enzimática: presença de abrasivos, duração do processo e disposição do tecido na caneca.

Conclusão

Conclui-se que entre as variáveis que influenciam no processo de desbotamento do tecido durante o processo de estonagem utilizando enzimas comerciais, estão o uso de abrasivos, forma de inserção do tecido na caneca e a duração do processo. As melhores condições de processo foram denim disposto de forma cilíndrica encostado nas paredes da caneca, tratado com enzima BioKey STLV a 0,7% (m/m) com tampão de ácido acético/acetato de sódio 0,1 mol/L pH 5,0, utilizando sete esferas de vidro e 30 g de pirâmide PET em 2 horas de processo. Estudos posteriores necessitam ser feitos a fim de avaliar se as propriedades físicas dos tecidos após os tratamentos são mantidas.

Referências bibliográficas

- KUMAR, D.; BHARDWAJ, R.; JASSAL, S.; GOYAL, T.; KHULLAR, A.; GUPTA, N. Application of enzymes for an eco-friendly approach to textile processing. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 28, 2021. 71838.
- SEN, A., KAPILA, R.; CHAUDHARY, S.; NIGAM, A. Biotechnological applications of microbial enzymes to replace chemicals in the textile industry: a review. *Journal of the Textile Association*, v. 82, n. 2, p. 68-73, 2021.