

Revestimento comestível incorporado com cisteína para inibição do escurecimento enzimático de maçã minimamente processada

RESUMO

A maçã minimamente processada sofre escurecimento devido à ação da polifenoloxidase. Este trabalho objetivou um revestimento comestível para inibir esse escurecimento. O revestimento foi preparado com incorporação de cisteína a 0,1; 0,3 e 0,5%. Os cubos de maçã revestidos foram armazenados sob refrigeração. Perda de massa, atividade de água, pH e cor foram avaliados em 0, 2, 4 e 6 dias. Análises de psicrótricos, coliformes e *Salmonella* foram feitas nos tempos 0 e 6 dias. O teste sensorial discriminativo por diferença do controle avaliou a influência dos revestimentos no sabor das maçãs. Os resultados mostraram que o uso de revestimento com cisteína inibiu o escurecimento enzimático das maçãs minimamente processadas. O revestimento não afetou o sabor dos cubos de maçã. As análises microbiológicas mostraram que as maçãs revestidas continuaram aptas para o consumo. O uso deste revestimento mostrou-se uma alternativa potencial para que a maçã seja comercializada minimamente processada.

PALAVRAS-CHAVE: Fécula de mandioca; Polifenoloxidase; Antioxidante; Análise Sensorial.

Camila Cheker Brandão Turella
camilacheker@yahoo.com.br
Instituto Federal de Goiás, Departamento de Alimentos, Câmpus Inhumas, Inhumas, Goiás, Brasil

Mara Lina Rodrigues
mara.lina.alimentos@gmail.com
Instituto Federal de Goiás, Departamento de Alimentos, Câmpus Aparecida de Goiânia, Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil

Maria Célia Lopes Torres
celialopes.ufg@gmail.com
Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Alimentos, Câmpus Samambaia, Goiânia, Goiás, Brasil

Robson Maia Geraldine
robson.agro.ufg@gmail.com
Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Alimentos, Câmpus Samambaia, Goiânia, Goiás, Brasil

Miriam Fontes Araújo Silveira
miriamfas.ufg@gmail.com
Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Alimentos, Câmpus Samambaia, Goiânia, Goiás, Brasil

INTRODUÇÃO

Na década de 90 surgiu uma forte tendência de consumo de alimentos minimamente processados em decorrência da exigência do consumidor por alimentos prontos e semi-prontos (RINALDI, 2005).

As principais etapas para a obtenção de um vegetal minimamente processado são sanitização, descascamento, corte e/ou abrasões, embalagem e resfriamento. Assim, obtêm-se frutas e hortaliças aptas ao consumo, a expensas de redução de vida útil pós-colheita. O corte dos tecidos descompartmentaliza células, favorecendo a atividade de enzimas que causam o escurecimento e o amaciamento dos tecidos (MELO et al., 2009).

Frutas e hortaliças minimamente processadas apresentam grandes vantagens ao consumidor, como a redução do tempo de preparo das refeições e o acesso a produtos mais saudáveis. O aumento do interesse do consumidor pelos minimamente processados evidencia a necessidade de tecnologias que evitem o escurecimento enzimático e aumentem a vida útil desses produtos (GRAÇA, 2011).

A maçã é uma das frutas que apresenta problema de escurecimento depois da etapa de corte durante o processamento mínimo. Ao sofrer o corte, a superfície da polpa da maçã escurece, devido a ação da enzima polifenoloxidase, o que resulta na formação de pigmentos escuros, frequentemente, acompanhados de diminuição do valor nutricional, mudanças indesejáveis na aparência, e nas propriedades organolépticas do produto, resultando na diminuição da vida útil e do valor de mercado (JANG, 2011; ARAÚJO, 2006). O escurecimento enzimático limita a comercialização da maçã minimamente processada, levando a indústria de alimentos a pesquisar antioxidantes que sejam eficazes, baratos, seguros e que consigam controlar essas reações.

Existem várias maneiras de se bloquear a oxidação enzimática de vegetais minimamente processados, dentre elas a adição de compostos sulfurados (KAHN, 1985; JUNQUEIRA et al., 2009; SON; LEE, 2001). Molnar-Pearl e Friedman (1990) utilizaram a cisteína para a conservação de maçãs e Rocculi et al. (2007) para batatas. A cisteína tem sido utilizada com eficácia na conservação de banana (MELO; VILAS-BOAS, 2006), maçãs e batatas.

A cisteína é um aminoácido que apresenta um grupo tiol em sua formação, com ação redutora. Seu poder de inibir o escurecimento varia de acordo com a concentração de cisteína/composto fenólico. Existem três diferentes mecanismos de atuação da cisteína: redução das o-quinonas a o-dihidroxifenóis; inibição direta da atividade da polifenoloxidase e reação com o-quinonas, dando origem a compostos incolores cis-quinona (MELO; VILAS BOAS, 2006).

Considerando o aumento na produção de minimamente processados e da sensibilidade desses produtos, artifícios associados à refrigeração foram sendo desenvolvidos para aumentar a vida útil, retardar a senescência e permitir o consumo dos mesmos. Dessa forma, o desenvolvimento de embalagens protetoras e de revestimentos com películas comestíveis foi acontecendo. As

coberturas comestíveis são películas formadas sobre a própria superfície do alimento e têm sido bastante exploradas (QUEIROZ et al., 2010).

Para a elaboração de coberturas comestíveis é necessário dispersar ou dissolver macromoléculas (amido, pectina, celulose) em um solvente (água, álcool ou ácidos orgânicos) para que se consiga uma solução capaz de formar uma película ao ser aplicada na superfície de um alimento (CEREDA et al., 2000).

Considerando o crescimento no mercado de vegetais minimamente processados, a produção e venda “*in natura*” da maçã e sua susceptibilidade ao escurecimento enzimático, o presente trabalho objetivou desenvolver um revestimento comestível a base de fécula de mandioca incorporado com L-cisteína para inibir o escurecimento enzimático da maçã minimamente processada.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos laboratórios do setor de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás. As maçãs (*Malus domestica* Borkhausen) royal gala, foram adquiridas no comércio local, a fécula de mandioca e a cisteína foram cedidas pela Fego (Goiânia) e Vetec (Rio de Janeiro), respectivamente.

ELABORAÇÃO DO REVESTIMENTO

O revestimento foi preparado por meio da dissolução de 3% (m/v) de fécula de mandioca em água e aquecimento até 70°C (BROTEL, 2007) com agitação constante para formação do gel. O gel formado foi resfriado até 40°C para incorporação da cisteína nas concentrações de 0,1; 0,3 e 0,5% em relação ao gel, definidas em testes preliminares conforme Fontes et al. (2008), com alterações.

PROCESSAMENTO MÍNIMO DAS MAÇÃS

As maçãs foram mantidas em sacos de polietileno em câmara climatizada a $6 \pm 2^\circ\text{C}$ (temperatura de armazenamento da fruta no mercado local) até o processamento. Os frutos foram selecionados considerando as características visuais de uniformidade de maturação, ausência de injúrias mecânicas e tamanho.

Depois de selecionados, os frutos foram lavados com água corrente para retirada de sujidades, imersos em solução sanitizante de 200 mg.L⁻¹ de cloro residual total por 10 minutos à temperatura de 20°C e enxaguados em solução com 3 mg.L⁻¹ de cloro residual total (FONTES et al., 2008). O miolo das maçãs foi retirado e os frutos foram cortados em cubos de 1,5 cm de aresta.

APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO

Foram utilizados os revestimentos identificados como A, B, C e D com 0 (controle); 0,1; 0,3 e 0,5% de cisteína, respectivamente. Os cubos de maçã foram imersos nos revestimentos por 10 segundos e colocados em bandejas de tela de nylon para serem drenados. Em seguida os cubos foram secos com fluxo de ar à temperatura ambiente, por 1 hora, e acondicionados em bandejas de poliestireno expandido (150 mm x 150 mm) envoltas com camada simples de filme de policloreto de vinila (PVC) (15µm de espessura). As bandejas foram armazenadas em câmaras climatizadas a 6±2°C e o produto foi analisado nos tempos 0, 2, 4 e 6 dias (FONTES et al., 2008).

PERDA DE MASSA

Os pedaços de maçã submetidos aos tratamentos A, B, C e D foram avaliados quanto à perda de massa por meio da pesagem das bandejas em balança semi-analítica, calculada em porcentagem (ASSIS; PESSOA, 2004), conforme a equação 1:

$$\% \text{ perda de massa} = [(massa \text{ inicial} - massa \text{ final}) / massa \text{ inicial}] \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

ATIVIDADE DE ÁGUA

Para a análise da atividade de água, os cubos de maçã tratados foram cortados em tamanho menor e analisados em higrômetro elétrico de medida direta (AQUALAB Decagon CX-2 acoplado a um banho termostático controlado a 25 ± 0,2°C devidamente calibrados (SOARES et al., 2007).

DETERMINAÇÃO DO PH

A determinação do pH foi realizada pela homogeneização de 10g da amostra e dissolução em 100 mL de água destilada utilizando-se potenciômetro digital (IAL, 2005).

AVALIAÇÃO DA COR

A avaliação instrumental de cor foi realizada usando colorímetro (Color Quest II, Hunterlab, Virginia, Estados Unidos) conectado a um computador provido de software (Universal Versão 4.10, Hunterlab, Virginia, Estados Unidos). Para cálculo das coordenadas de cor, foi estabelecido o iluminante D65, o ângulo de 10° para o observador e a escala do sistema de cor CIE Lab. As coordenadas medidas foram: L* que representa a luminosidade numa escala de 0 (preto) a 100 (branco), a* que representa uma escala de tonalidades de vermelho a verde e b* que representa uma escala de tonalidades de amarelo a azul. Os cubos de maçã foram colocados em uma placa de vidro e as leituras de refletâncias realizadas diretamente. A diferença de cor foi obtida em relação a um cubo de maçã recém cortada sem revestimento (padrão) (JUNQUEIRA et al., 2009). A diferença de cor

(DE) entre a amostra padrão e a amostra dos demais tratamentos foi expressa conforme a equação 2.

$$DE = [(DL^*)^2 + (Da^*)^2 + (Db^*)^2]^{0,5} \quad (\text{Equação 2})$$

ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As amostras foram analisadas nos tempos inicial e final (0 e 6 dias) quanto à contagem de psicotróficos e de coliformes a 35°C e a 45°C e ainda quanto a presença de *Salmonella sp.* Todas as análises foram feitas conforme metodologias descritas no American Public Health Association – APHA (APHA, 2002).

ANÁLISE SENSORIAL

Para avaliar a influência dos revestimentos A, B, C e D no sabor dos cubos de maçã foi realizada a análise sensorial com teste discriminativo, utilizando o método de diferença do controle (ABNT, 1995). Os testes foram realizados por uma equipe de 15 provadores instruídos e semi-treinados para a participação, recrutados entre alunos e funcionários da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da UFG.

A cada provador foram fornecidas, aleatoriamente, cinco amostras de maçã preparadas com cerca de uma hora de antecedência (conforme descrito em aplicação de revestimento), sendo uma amostra controle conhecida (A) mais quatro amostras dos tratamentos A, B, C e D, (DUTCOSKY, 2011). As amostras foram codificadas com números de três dígitos obtidos de uma tabela de números aleatórios e servidas em pratos brancos descartáveis em cabines individuais sob luz branca. Solicitou-se aos provadores que discriminassem as amostras quanto ao sabor em relação a amostra A (padrão) utilizando uma escala de diferença de 7 pontos. Os testes foram realizados em três repetições e os dados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância e teste de média a 5% de probabilidade.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi realizado em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos e nas subparcelas os tempos de armazenamento, com três repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e de regressão, ao nível de 5% de significância, com auxílio do software Statistica 6.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PERDA DE MASSA

Apesar de não ter ocorrido diferença significativa ($p>0,05$) nas taxas de perda de massa entre os tratamentos analisados (Figura 1), ao longo do tempo de armazenamento, observou-se uma tendência crescente de perda de massa, em todos os tratamentos, alcançando uma redução de até 4,11% no sexto dia.

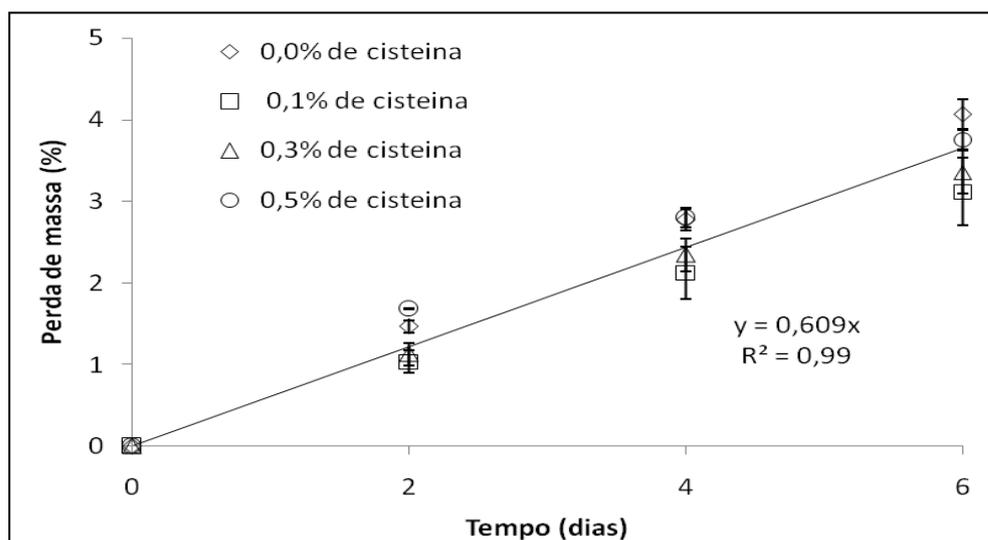


Figura 1. Taxa de perda de massa da maçã nos diferentes tratamentos com cisteína

Silva et al. (2011), estudando mexericas revestidas com 0, 2, 3 e 4 % de fécula de mandioca durante 12 dias, observaram diferença significativa quanto à perda de massa nas mexericas com e sem revestimento, demonstraram que o revestimento diminuiu a perda de massa durante esse período. Pereira et al. (2006) utilizando revestimento de fécula de mandioca em mamão “Formosa” e analisando por 12 dias, não encontraram diferença significativa entre os tratamentos com 0, 1, 2 e 3%. Botrel et al. (2007) também demonstraram não haver diferença estatística na perda de massa, para revestimento de fécula de mandioca em alho minimamente processado.

Júnior et al. (2007) e Pereira et al. (2006) utilizaram um revestimento com fécula de mandioca e demonstraram que com o passar do tempo há um aumento da perda de massa e ainda verificaram a relação entre perda de massa e quantidade de fécula utilizada, quanto maior a quantidade de fécula menor a perda de massa.

Com o armazenamento as frutas tendem a perder umidade, tendo assim perda de massa. Os revestimentos ajudam a diminuir essa perda, protegendo a fruta (DHALL, 2013). O presente trabalho não encontrou diferença estatística neste parâmetro, uma vez que, todos os tratamentos (inclusive o controle) apresentavam o revestimento. Dessa forma, todas as maçãs minimamente processadas estavam protegidas contra uma grande perda de massa.

Ao contrário dos resultados obtidos, Fakhouri et al. (2007) utilizando diferentes amidos (trigo, sorgo, batata e arroz) para a elaboração de revestimentos comestíveis em uvas *Crimson*, encontraram diferença estatística nas taxas de perda de massa entre os tratamentos com e sem revestimento e entre os diferentes revestimentos, mostrando que a presença do revestimento protege o produto e que de acordo com a matéria prima utilizada para a elaboração do revestimento, maior ou menor será a ligação com a água, influenciando na perda de massa ao longo do tempo.

A não diferença estatística observada entre os tratamentos pode estar relacionada e explicada, segundo Silva et al. (2011), ao filme de PVC, utilizado como proteção, devido sua propriedade de barreira ao vapor d'água, levando à formação de alta umidade relativa no interior da embalagem, impedindo adequada diferenciação de perda de massa entre os tratamentos.

ATIVIDADE DE ÁGUA (Aa)

A atividade de água das amostras não foi significativamente alterada ($p > 0,05$) pelos tratamentos analisados (Figura 2), mantendo-se em torno de 0,97 no decorrer dos 6 dias de estocagem. Segundo Nieto et al. (2013), a maçã comercial possui atividade de água em torno de 0,99, próxima à média obtida neste estudo, que foi de 0,97. Este resultado sugere que o revestimento não interferiu significativamente neste parâmetro.

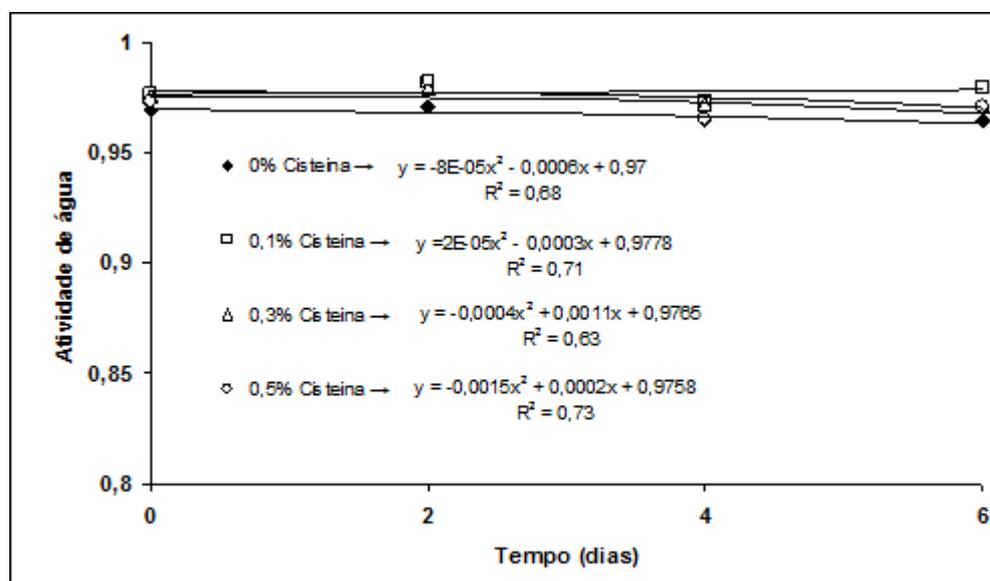


Figura 2. Atividade de água da maçã durante armazenamento (6 ± 2 °C).

Endo et al. (2008) analisaram diferentes revestimentos de celulose (com cisteína, ácido cítrico e ácido sórbico) em batata minimamente processada e também demonstraram não haver diferença significativa na atividade de água ao longo do tempo de armazenamento (9 dias).

A atividade de água é uma forma de mostrar o comportamento da água nas frutas revestidas. Como demonstrado pelo trabalho, o revestimento protege a

fruta, não tendo diferenças estatísticas nem para perda de água, nem para atividade de água.

DETERMINAÇÃO DO pH

A adição de cisteína alterou significativamente ($p \leq 0,05$) o pH da maçã com revestimento comestível (Figura 3). Esse resultado é bastante próximo ao obtido por Fagundes et al., (2013) em estudos envolvendo maçã gala refrigerada (pH=3,75) e ao valor obtido por Selmo et al. (1996) em maçãs branqueadas por microondas (pH=4,00).

No decorrer dos 6 dias de estocagem o pH se manteve praticamente sem alterações nos tratamentos com e sem cisteína. Isso indica que este aminoácido não interferiu no comportamento do pH durante o armazenamento.

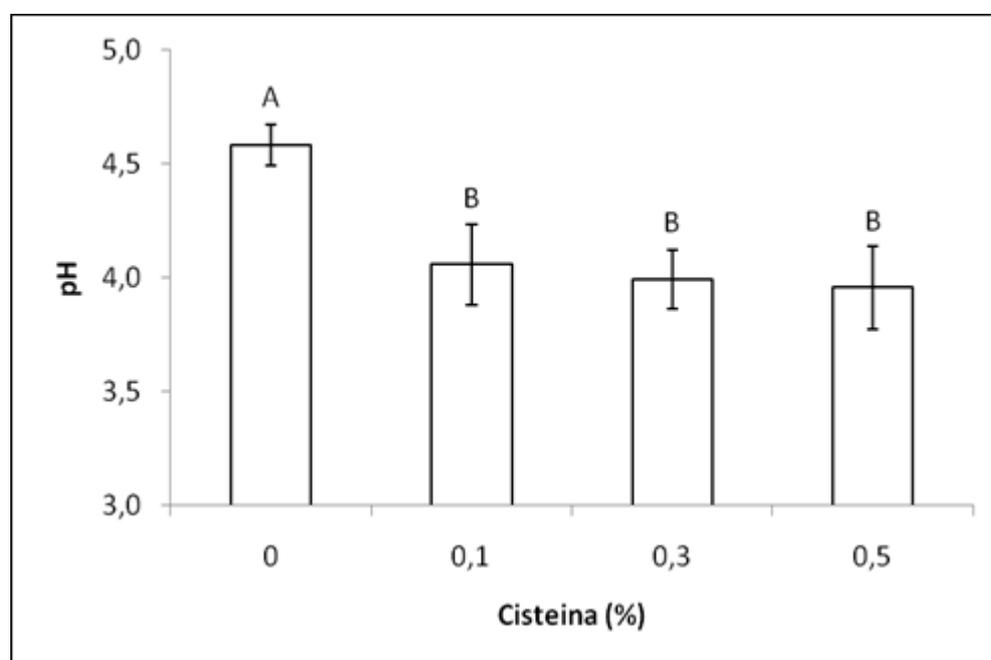


Figura 3. Potencial hidrogeniônico da maçã durante estocagem (médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5%).

Fontes et al. (2008) trabalharam com diferentes revestimentos à base de fécula de mandioca, adicionados de ácido cítrico, cloreto de sódio e cloreto de cálcio, também em maçãs. Notaram uma queda no pH após a adição dos conservantes, porém, ao longo do tempo (13 dias), o revestimento não alterou significativamente o pH das maçãs.

AValiação DA COR

Os valores obtidos para cor, ao final de 6 dias de armazenamento, apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação ao padrão, para todos os tratamentos, sendo que o tratamento A (0% de cisteína) apresentou a maior

diferença de cor, seguido dos tratamentos B (0,1%), C (0,3%) e D (0,5%) (Figura 04).

Observa-se pelo gráfico que o tratamento A, desde o primeiro dia de análise foi o que apresentou a maior diferença de cor em relação ao padrão, ou seja, foi a amostra mais “escura” ao final dos 6 dias de armazenamento em relação à maçã recém cortada.

Fontes et al. (2008) utilizando dextrina, fécula de mandioca e alginato de sódio com adição de ácido ascórbico; ácido cítrico; cloreto de sódio e cloreto de cálcio na produção de revestimentos comestíveis para maçã, demonstraram que a adição de qualquer um desses conservantes foi significativa para minimizar as alterações de cor ao longo de 13 dias de armazenamento.

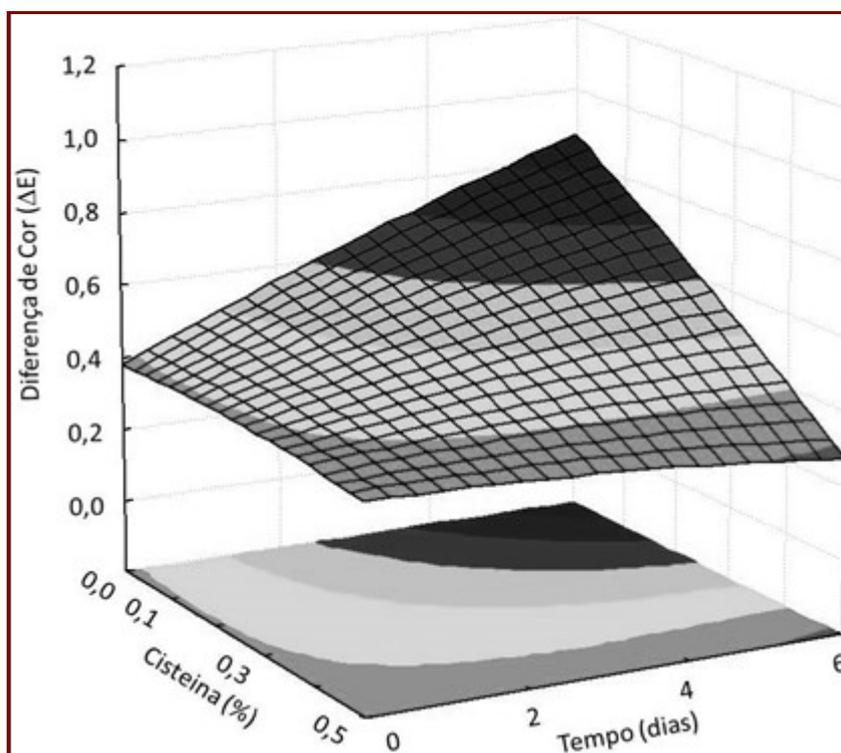


Figura 4. Diferença de cor das maçãs com revestimento (0; 0,1; 0,3 e 0,5% de cisteína), durante armazenamento.

Oliveira et al. (2008) trabalharam com filmes incorporados com sulfitos e cisteína para evitar o escurecimento de maçã minimamente processada e ao final de 6 dias encontraram diferença estatística entre as amostras e o controle, comprovando a eficácia da utilização desses dois aditivos na inibição do escurecimento enzimático, minimizando as alterações de cor ao longo do armazenamento.

Bico et al. (2009) utilizaram dois tratamentos em banana minimamente processada, sendo o primeiro com banho em solução de cloreto de cálcio, ácido cítrico e cisteína, seguida da aplicação de revestimento de carragenina e o segundo com o mesmo banho seguido de um armazenamento sob atmosfera controlada (AC= 3% O₂ + 10% CO₂). Ambos tratamentos obtiveram sucesso para evitar o escurecimento enzimático, durante 7 dias, porém entre os dois, a AC

conseguiu melhores resultados.

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001) não estabelece um padrão microbiológico para produtos minimamente processados, fixando, somente, os valores de 10^2 NMP/g para coliformes a 45 °C, ausência de *Salmonella sp.* em 25g de amostra para raízes, tubérculos e similares frescos “*in natura*”, preparados, sanificados, refrigerados ou congelados para consumo direto.

Nas análises microbiológicas realizadas na maçã minimamente processada, com o revestimento comestível, verificou-se, nos tempos inicial e final, ausência de *Salmonella sp.* em 25 gramas de amostra.

Na análise de psicrotóxicos, no tempo final (6 dias), os valores encontrados foram de, 2,5 (controle) a 3,4 ciclos log (amostra). Endo et al. (2008) encontraram para batata minimamente processada valores de 4,6 para o seu controle e 5,4 ciclos log para as amostras, mostrando valores maiores que os encontrados nesse estudo.

Coliformes a 35 °C no tempo final foi de $< 35 \times 10$ NMP de coliformes 35°C.g⁻¹ de maçã revestida, o que é considerado dentro da legislação, uma vez que a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 12 de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de vigilância Sanitária para frutas, produtos de frutas e similares: “frescos, *in natura*, preparados (descascados ou selecionados ou fracionados), sanificados, refrigerados ou congelados, para consumo direto”, que estabelece um limite máximo tolerado de 5×10^2 NMP/g para coliformes a 35°C. Já o estudo de Alves et al., (2010) que obtiveram, um aumento de coliformes a 35°C em mix de hortaliças minimamente processada, durante o 8 dias de armazenamento, de $0,9 \times 10^1$ para $2,4 \times 10^4$ NMP/g. Para os coliformes a 45°C não houve contagem, comprovando as boas condições higiênico-sanitárias em que foi realizado o processamento.

ANÁLISE SENSORIAL

Na análise sensorial realizada por meio do teste discriminativo, de diferença pelo controle, observou-se que os tratamentos não diferiram significativamente ($p>0,05$) em relação ao padrão, quanto ao sabor. Isso indica que a incorporação da cisteína no revestimento, nas concentrações utilizadas, não influenciou o sabor da maçã.

Fakhouri et al. (2007) analisaram uvas com revestimentos à base de diferentes amidos (trigo, sorgo, batata e arroz) e, sensorialmente, nenhum dos revestimentos diferiram do controle, mostrando que diferentes bases não influenciaram sensorialmente no sabor do produto. Também Lee et al. (2003) analisaram revestimentos à base de carragena e proteína de soro em maçã, com adição de ácido ascórbico, ácido cítrico e ácido oxálico e nenhum dos tratamentos diferiram em relação ao sabor da maçã.

CONCLUSÃO

O uso de revestimento comestível a base de fécula de mandioca com cisteína, inibiu o escurecimento enzimático das maçãs minimamente processadas, minimizando as alterações de cor ao longo do tempo de armazenamento. O revestimento comestível alterou o valor de pH ao longo do tempo, não alterou valores de atividade de água e não afetou o sabor na análise sensorial realizada. As análises microbiológicas mostraram que as maçãs revestidas continuaram aptas para o consumo após 6 dias de armazenamento. Dessa forma, o uso do revestimento com cisteína mostrou-se uma alternativa potencial para que a maçã seja comercializada minimamente processada.

Edible coating incorporated with cysteine for enzymatic browning inhibition of apple minimally processed

ABSTRACT

The minimally processed apple suffers browning due to the action of polyphenyloxidase. This study aimed to develop an edible coating to inhibit this dimming. The coating was prepared with L-cysteine at 0,1; 0,3 and 0,5%. The apple cubes were stored under refrigeration. Mass loss, water activity, pH and color were evaluated at 0, 2, 4 and 6 days of storage. Analyses of psychrotrophic, coliforms and Salmonella were made at 0 and 6 days. The sensorial test of difference discriminative control evaluated the influence of coatings in flavor cubes. The results showed that the use of edible can inhibit browning of apples minimally processed. The edible coating did not affect the taste of the apple cubes. Microbiological analyzes showed the coated apples continued suitable for consumption. The use of the coating cysteine showed a potential alternative to the apple is marketed minimally processed.

KEYWORDS: Cassava starch; Polyphenoloxidase; Antioxidant; Sensory Analysis.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. A.; VILAS BOAS, E. V. B.; SOUZA, E. C.; VILAS BOAS, B. M.; PICCOLI, R. H. Vida útil de produto minimamente processado composto por abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 182-189, 2010.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: APHA, 2002.

ARAÚJO, F. S.; MACHADO, A. V.; CHITARRA, A. B. Efeito da atmosfera modificada ativa na qualidade do melão 'orange flesh' minimamente processado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 817-823, 2006.

ASSIS, O. B. G.; PESSOA, J. D. C. Scientific Note: Preparation of Thin Films of Chitosan for use as Edible Coatings to Inhibit Fungal Growth on Sliced Fruits. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.7, n.1, p.17-22, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR13526: Teste De Comparação Múltipla em Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas**. São Paulo: ABNT, 1995.

BICO, S. L. S.; RAPOSO, M. F. J.; MORAIS, R. M. S. C.; MORAIS, A. M. M. B. Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. **Food Control**, Guildford, v. 20, n.5, p. 508-514, 2009.

BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M.; PEREIRA, R. M.; FONTES, E. A. F. Qualidade de alho (*Allium sativum*) minimamente processado envolvido com revestimento comestível antimicrobiano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n.1, p. 32-38, 2007.

BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M.; PEREIRA, R. M.; FONTES, E. A. F. Qualidade de alho (*Allium sativum*) minimamente processado envolvido com revestimento comestível antimicrobiano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n.1, p. 32-38, 2007.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução **RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 2001.

CEREDA, M. P.; HENRIQUE, C. M.; OLIVEIRA, M. A.; FERRZ, M. V.; VICENTINI, N. M. Characterization of edible films of cassava starch by electron microscopy. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 3, n. X, p. 91-95, 2000.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 3. ed. Curitiba: Champagnat, 426p, 2011.

DHALL, K. R. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.53, n.5, p.435-450, 2013.

ENDO, E; SOARES, N. F. F.; SANTOS, D. A.; BORGES, S. V.; FONTES, E. F.; GONÇALVES, M. J. Uso de filmes ativos na conservação de batata minimamente processada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 349-360, 2008.

FAGUNDES, C; CARCIOFI, B. A. M.; MONTEIRO, A. R. Estimate of respiration rate and physicochemical changes of fresh-cut apples stored under different temperatures. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.33, n.1, p. 60-67, 2013.

FONTES, L. C. B.; SARMENTO, S. B. S.; SPOTO, M. H. F.; DIAS, C. T. S. Conservação de maçã minimamente processada com o uso de películas comestíveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n.4, p. 872-880, 2008.

GRAÇA, A.; ABADIAS, M.; SALAZAR, M.; NUNES, C. The use of electrolyzed water as a disinfectant for minimally processed apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v. 61, n. 2, p. 172-177, 2011.

IAL – Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005.

JANG, J; MOON, K.D. Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. **Food Chemistry**, Londres, v. 124, n. 2, p. 444-449, 2011.

SCANAVACA JÚNIOR, L.; FONSECA, N. F.; PEREIRA, M. E. C. Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga 'surpresa'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 067-071, 2007.

JUNQUEIRA, M. S.; SOARES, N. F.; REIS, R. C.; CARNEIRO, J. S.; BENICIO, R. T.; YOKOTA, S. R. Efeito de embalagens ativas no escurecimento enzimático de batatas (*Solanum tuberosum*) fatiadas e minimamente processadas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 613-618, 2009.

KAHN, V. Effect of proteins, protein hydrolyzates and amino acids on o-dihydroxyphenolase activity of polyphenoloxidase of mushroom, avocado and banana. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, p.111-115, 1985.

LEE, J. Y.; PARK, H. J.; LEE, C. Y.; CHOI, W. Y. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. **Swiss Society of Food Science and Technology**, Zurique, v.36, n.2, p. 323–329, 2003.

MELO, A. A. M.; VILAS BOAS, E. V. B. Inibição do escurecimento enzimático de banana maçã minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n.1, p. 110-115, 2006.

MELO, A. A. M.; VILASBOAS, E. V. B.; JUSTO, C. F. Uso de aditivos químicos para a conservação pós-colheita de banana 'maçã' minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 228-236, 2009.

MOLNAR-PERL, I.; FRIEDMAN, M. Inhibition of browning by sulfur amino acids. Apples and potatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 38, n.8, p. 1652–1656, 1990.

NIETO, A. B.; VICENTE, S.; HODARA, K.; CASTRO, M. A.; ALZAMORA, S. M. Osmotic dehydration of apple: Influence of sugar and water activity on tissue structure, rheological properties and water mobility. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 119, n.1, p. 104–114, 2013.

OLIVEIRA, T. M.; SOARES, N. F.; PAULA, C. D.; VIANA, G. A. Uso de embalagem ativa na inibição do escurecimento enzimático de maçãs. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 117-128, 2008.

PEREIRA, M. E. C.; SILVA, A. S.; BISPO, A. S. R.; SANTOS, D. B.; SANTOS, S. B.; SANTOS, V. J. Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1116-1119, 2006.

QUEIROZ, V. A. V.; MORAES, E. A.; QUEIROZ, L. R.; TARDIN, F. D.; GUEDES, E. O.; PEREIRA FILHO, I. A.; LOMBARDI, C. T. Utilização de cobertura comestível na conservação pós-colheita de minimilho minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n.4, p. 910-916, 2010.

RINALDI, M. M.; BENEDETTI, B. C.; SARANTÓPOULOS, C. I.; MORETTI, C. L. Estabilidade de repolho minimamente processado sobre diferentes sistemas de embalagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 310-315, 2009.

ROCCULI, P.; GALINDO, F. G.; MENDOZA, F.; WADSO, L.; ROMANI, S.; ROSA, M. D.; SJOHOLM, I. Effects of the application of anti-browning substances on the

metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v. 43, n. 1, p. 151-157, 2007.

SELMO, M. S.; TREPTOW, R. O.; ANTUNES, P. L. Avaliação físico-química e sensorial de maçãs (*malus doméstica*, borkh.) branqueadas em microondas e desidratadas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.2, n 1, p. 33-38, 1996.

SILVA, D. F.; SIQUEIRA, D. L.; SANTOS, D.; MACHADO, D. L.; SALOMÃO, L. C. Recobrimentos comestíveis na conservação pós-colheita de 'mexerica-do-rio'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, volume especial, p. 357-362, 2011.

SOARES, N. F.; LOPES, F. A.; MEDEIROS, E. A. A.; SILVA, W. A.; GOMES, S. G.; CHAVES, D. V.; FONTES, V. A. Avaliação de revestimento contendo extrato de mostarda e da sanitização na conservação de batata-baroa. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 314, p: 383-388, 2007.

SON, S. M., MOON, K. D.; LEE, C. Y. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. **Food Chemistry**, Londres, v. 73, n. 03, p. 23–30, 2001.

Recebido: 14 jan. 2016.

Aprovado: 20 out. 2016.

DOI: 10.3895/rebrapa.v8n1.3686

Como citar:

TURELLA, C.C. B. et al. Revestimento comestível incorporado com cisteína para inibição do escurecimento enzimático de maçã minimamente processada. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 8, n.1, p. 56-71, jan./mar. 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa>

Correspondência:

Camila Cheker Brandão Turella

Instituto Federal de Goiás, Departamento de Alimentos, Câmpus Inhumas, Inhumas, Goiás, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

