



Produção de revestimento comestível à base de resíduo de frutas e hortaliças: aplicação em cenoura (*Daucus carota* L.) minimamente processada

Producción de recubrimiento comestible a base de residuo de frutas y hortalizas: aplicación en zanahoria (*Daucus carota* L.) mínimamente procesada

Production of edible coating based on fruit and vegetable residues: application on minimally processed carrot (*Daucus carota* L.)

Ana Elizabeth Cavalcante Fai; Mariana Rangel Alves de Souza; Natalia Vinhosa Bruno; Édira Castello Branco de Andrade Gonçalves*

Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição, Escola de Nutrição, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Recibido 09 diciembre 2014. Aceptado 01 febrero 2015.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um revestimento biodegradável à base de farinha de resíduos de frutas e hortaliças. A estratégia de revestimento por imersão foi escolhida para avaliar a qualidade de cenouras minimamente processadas em termos de perda de massa, variação de cor, pH, acidez titulável e sólidos solúveis durante o armazenamento em temperatura de refrigeração. As cenouras revestidas demonstraram um melhor desempenho, apresentando tendência de diminuição do índice de esbranquiçamento quando comparadas ao controle e melhor aspecto geral. Apesar de ter sido observada uma tendência de queda na saturação da cor expressa pelos valores de croma (variando de 59 a 46), o índice de cor apresentou um valor positivo para todas as amostras (entre 13 e 15), indicando a preservação da cor laranja durante o armazenamento das mesmas. Embora o parâmetro de cor tenha sido influenciado pelo tratamento de revestimento nas cenouras, pequenas modificações ocorreram em relação à perda de peso, pH, acidez titulável e teor de sólidos solúveis ao longo do armazenamento. Os resultados obtidos demonstraram o potencial da farinha de resíduos de frutas e hortaliças para a formulação de revestimentos comestíveis. A aplicação prática em cenouras minimamente processadas confirma a adequação deste resíduo como um material de revestimento alternativo e constitui uma rota motivadora para avaliar e otimizar esta técnica de conservação.

Palavras-chave: conservação de alimentos; processamento mínimo; revestimento comestível; resíduo agroindustrial.

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo desarrollar un recubrimiento biodegradable a base de harina de residuos de frutas y hortalizas. La estrategia de recubrimiento por inmersión fue elegida para evaluar la calidad de las zanahorias mínimamente procesadas en términos de pérdida de peso, cambio de color, pH, acidez titulable y sólidos solubles durante el almacenamiento refrigerado. Zanahorias recubiertas mostraron un mejor rendimiento, con una tendencia de disminución del índice de blancura en comparación con el control y una mejor apariencia general. A pesar de haberse observado una tendencia a disminuir la saturación del color expresado por los valores de croma (en el rango de 59 a 46), el índice de color fue positivo para todas las muestras (13 a 15), indicando la preservación del color naranja durante el almacenamiento de las mismas. Aunque el parámetro de color haya sido influenciado por el tratamiento de recubrimiento en las zanahorias, pequeños cambios ocurrieron en relación a la pérdida de peso, pH, acidez total y sólidos solubles totales durante el almacenamiento. Los resultados demostraron el potencial de la harina de residuos de frutas y hortalizas para la formulación de recubrimientos comestibles. La aplicación práctica en zanahorias mínimamente procesadas confirma la adecuación de este resíduo como un material de recubrimiento alternativo y constituye una ruta motivadora para evaluar y optimizar esta técnica de conservación.

Palabras clave: conservación de los alimentos; procesamiento mínimo; recubrimiento comestible; desechos agroindustriales.

* Autor para correspondencia
E-mail: ediracba@analisedalimentos.com.br (E. Gonçalves).

Abstract

The application of edible coatings obtainable from alternative biodegradable materials has gained attention as a promising treatment to prolong the shelf-life of fresh-cut vegetables. Thus, this work aimed to develop a biodegradable coating based on fruit and vegetable residues flour. Immersion coating strategy was studied on the quality of minimally fresh-cut carrots during refrigeration storage by means of weight loss, color variation, pH, titratable acidity and soluble solids content. Better performance was obtained for coated carrots, which exhibited a tendency to have lower whiteness index than uncoated counterparts and enhanced overall quality. Despite a drop in color saturation expressed by chroma values (varying from 59 to 46) was observed, color index presented a positive value for all samples (varying from 13 to 15) indicating orange color preservation throughout storage. Although color parameter was influenced by coating treatment, minor modifications occur over storage concerning weight loss, pH, titratable acidity and soluble content. Results obtained demonstrated the potential of the fruit and vegetable residues flour for edible coatings formulation. Practical application on minimally processed carrots supported its suitability to be used as an alternative coating material and constitute a motivating route to evaluate and optimize this alternative preservation technique.

Keywords: food preservation; minimal-processing; edible coating; agroindustrial residue.

1. Introdução

A elevada busca por produtos prontos para consumo, com qualidade de frescos e contendo apenas ingredientes naturais é considerada uma tendência atual (Alarcón-Flores *et al.*, 2014; Ahmed *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2008). Neste contexto, observa-se uma crescente demanda por vegetais minimamente processados, em razão das vantagens que estes apresentam: facilidade de preparo e/ou consumo, menor espaço para armazenamento; disponibilidade de venda em porções menores e consequente redução do desperdício (Kluge *et al.*, 2014).

Contudo, se por um lado o processamento mínimo agrega valor aos produtos vegetais contribuindo para sua valorização, por outro, causa danos mecânicos aos tecidos dos mesmos, modificando sua atividade fisiológica e tornando-os os mais perecíveis quando comparados aos produtos íntegros (Lucera *et al.*, 2010).

Das hortaliças minimamente processadas a cenoura é uma das mais populares pela sua versatilidade de uso e formas de apresentação ao consumidor, sendo um dos produtos mais utilizados na indústria do processamento mínimo, justificando o desenvolvimento de estratégias para aprimorar e aumentar a vida útil pós-colheita de seus derivados minimamente processados (Lai *et al.*, 2013; Porta *et al.*, 2013).

Uma das técnicas para estender a vida de prateleira desses vegetais é a aplicação de revestimentos comestíveis, com o intuito

de reduzir a perda de umidade, diminuir as taxas de respiração, atuar na manutenção da cor, impedir a perda de compostos voláteis, entre outros (Cortez-Vega *et al.*, 2014; Azeredo *et al.*, 2012).

Leceta *et al.* (2015) reportaram a utilização de um revestimento a base de quitosana aplicado por imersão e aspersão em minicenouras mantidas em temperatura de refrigeração. Os autores observaram que as amostras revestidas por ambas as técnicas apresentaram uma melhor manutenção da cor e textura ao longo do estudo. Lai *et al.* (2013) produziram e aplicaram em cenoura minimamente processada um revestimento derivado do amido de tapioca e relataram que este processo reduziu o nível de esbranquiçamento na superfície das cenouras e preservou a cor das mesmas durante o armazenamento em refrigeração. Pereira *et al.* (2008) avaliaram a eficácia de uma solução comestível à base de polipeptídeo solúvel em água na concentração de 2%, visando diminuir o esbranquiçamento superficial de minicenouras armazenadas a 5 °C por 4 dias e constataram redução significativa deste parâmetro nas amostras revestidas quando comparadas ao controle.

Uma vez que este tipo de revestimento é formado diretamente sobre a superfície do produto, estas coberturas passam a fazer parte do vegetal a ser consumido e sua formulação deve conter apenas materiais considerados como GRAS (*Generally Recognized as Safe*), em outras palavras, estes devem ser atóxicos e seguros para o

uso em alimentos (Assis e Britto, 2014; Espitia *et al.*, 2014).

Neste sentido, a utilização de vegetais como matéria-prima para a elaboração de revestimentos comestíveis e embalagens biodegradáveis tem sido relatada na literatura (Azeredo *et al.*, 2012; Du *et al.*, 2011; Martelli *et al.*, 2014); porém, poucos trabalhos associam o uso de resíduos orgânicos como talos, cascas e sementes como fontes alternativas para este fim (Ooi *et al.*, 2012; Barbosa *et al.*, 2011; Park e Zhao, 2006). Tal uso está relacionado à presença de polissacarídeos em sua composição, como pectina, amido e derivados de celulose, que apresentam capacidade filmogênica, formando matrizes coesas com uma variedade de açúcares, que podem atuar como plastificantes naturais (Martelli *et al.*, 2014; Moura *et al.*, 2012).

Além do mais, ao se produzir revestimentos comestíveis a partir de matéria-prima vegetal, estima-se que vários ingredientes bioativos naturalmente presentes nestas matrizes sejam incorporados ao produto final, suplementando o valor funcional do mesmo (Benbettaïeb *et al.*, 2014; Pascall e Lin, 2013; Du *et al.*, 2011).

Assim, esta pesquisa teve como objetivo produzir e aplicar um revestimento biodegradável à base de resíduo de frutas e hortaliças em cenoura minimamente processada ralada (*Daucus carota* L.) e avaliar sua eficiência em termos de perda de massa, variação de cor, sólidos solúveis, acidez titulável e pH ao longo do armazenamento a 5 °C por 12 dias.

2. Materiais e métodos

Fabricação da farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH)

A FFH foi produzida segundo método estabelecido por Ferreira *et al.* (*in press*). As frutas utilizadas foram: laranja seleta (*Citrus sinensis*), maracujá (*Passiflora edulis*) e melancia (*Citrullus lanatus*). As hortaliças utilizadas foram: abobrinha (*Cucúrbita pepo*), alface (*Lactuca sativa*),

cenoura (*Daucus carota*), espinafre (*Spinacea oleracea*), hortelã (*Mentha s.p.*), inhame (*Colocasia esculenta*), pepino (*Cucumis sativus*) e rúcula (*Eruca sativa*). Todas as amostras foram adquiridas em um supermercado local (Rio de Janeiro, Brasil) e transportadas ao laboratório para uso imediato.

Preparação da cenoura minimamente processada

As cenouras foram adquiridas em dois supermercados na zona sul do Rio de Janeiro, Brasil, caracterizando dois lotes e foram codificadas da seguinte forma: C1: controle lote 1; R1: cenoura com revestimento lote 1; C2: controle lote 2; R2: cenoura com revestimento lote 2. Em seguida transportadas para o laboratório, sendo armazenadas em temperatura de 4° C/12 h, para remoção do calor. As cenouras foram adequadamente lavadas com água destilada depois de terem sido sanitizadas durante 30 minutos em um banho contendo 200 ppm de hipoclorito de sódio. Todos os equipamentos e utensílios utilizados também foram convenientemente higienizados. Os cortes foram feitos mecanicamente na forma de cenoura ralada, com auxílio de um multiprocessador da marca Fun Kitchen (Brasil).

Elaboração de solução para revestimento

Para a elaboração dos revestimentos foi preparada uma solução filmogênica obtida mediante a extração da FFH em água a 70 °C / 45 min com agitação constante; posteriormente a solução foi filtrada em filtros de poliéster e então centrifugada (Centrífuga SL-700, Solab, Brasil), sendo utilizado apenas o sobrenadante como solução de revestimento.

Aplicação dos revestimentos em cenoura minimamente processada

As amostras após processamento mínimo foram imersas na solução filmogênica por 5 minutos, drenadas e secas em ambiente a 23 ° C por 90 minutos. O controle foi imerso em água destilada nas mesmas condições. As amostras foram acondicio-

nadas em potes tampados de poliestireno e armazenadas a 5 °C, em câmara climática (Marconi, MA 035, Brasil) por até 12 dias.

Análises fisiológicas

A variação de massa foi determinada pesando-se as amostras em balança analítica (Edutec, Brasil, d = 0,0001g), a cada três dias, durante o armazenamento. As análises foram realizadas em triplicata.

A determinação da cor das amostras durante o armazenamento foi realizada utilizando-se um colorímetro da marca Konica Minolta (Modelo CM-5, Minolta Co., Japão) com a determinação no modo CIE $L^*a^*b^*$. Os parâmetros de cromaticidade a^* , b^* e L^* mensurados foram utilizados para cálculo do índice de esbranquiçamento (Equação 1), chroma (Equação 2) e índice de cor (Equação 3), considerando as equações abaixo (Botrel *et al.* 2010; Pereira *et al.* 2008).

$$IE = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$C^* = [(a^{*2} + b^{*2})]^{1/2} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$IC^* = (a^* \cdot 1000) / (L^* \cdot b^*) \quad (\text{Eq. 3})$$

Análises químicas e físico-químicas

Todas as amostras foram avaliadas em triplicata no tempo zero e a cada 3 dias de armazenamento através dos seguintes parâmetros químicos e físico-químicos: Sólidos Solúveis Totais (SST) determinados por leitura direta em refratômetro (Analytik Jena, Alemanha), corrigido em relação à temperatura com resultados expressos em °Brix; Acidez Total Titulável (ATT) por titulometria com resultados expressos em % de ácido cítrico; pH determinado através de potenciômetro digital (Digimed, Brasil) (Gonçalves, 2006).

Tratamento estatístico

Os resultados obtidos (perda de massa, cor e análises físico-químicas) foram analisados pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância utilizando-se o programa ASSISTAT versão 7.7 beta.

3. Resultados e discussão

A composição e as características funcionais das soluções filmogênicas

variam de acordo com o biopolímero utilizado como matéria-prima (Assis e Britto, 2014; García *et al.*, 2014; Cisneros-Zevallos e Krochta, 2003). A farinha de frutas e hortaliças (FFH) utilizada neste estudo é um subproduto do processamento integral de frutas e hortaliças utilizadas na elaboração de uma bebida isotônica (Martins *et al.*, 2011) e seu rendimento corresponde a aproximadamente 10% do peso bruto do resíduo gerado neste processamento (Ferreira *et al.*, *in press*). Conforme descrito por Ferreira *et al.* (*in press*) e Andrade *et al.* (2014) a FFH é composta principalmente por fibras alimentares (48,4%, sendo 80,0% deste total de fibras insolúveis) e carboidratos (26,5%), contendo, ainda, quantidade significativa de proteínas (9,5%) e lipídios (5,0%). A umidade e o teor de cinzas da FFH correspondem a 5,9 e 4,9%, respectivamente, da sua composição. A FFH é considerada, assim, um “multicompósito”, apresentando em sua composição 84% de biopolímeros; estes componentes podem ser extraídos a partir de extração sólido-líquido, resultando em uma solução filmogênica hábil de ser aplicada diretamente sobre a superfície de vegetais na conservação dos mesmos, configurando um revestimento comestível.

A solução filmogênica utilizada como revestimento neste estudo apresentou-se homogênea, translúcida, com a cor amarelo claro e proporcionou boa aderência quando aplicada como revestimento nas cenouras minimamente processadas.

Análises fisiológicas

O parâmetro perda de massa não apresentou diferença significativa entre os lotes, sendo representado pela média dos mesmos (Tabela 1), embora tenha apresentado diferença significativa se comparado dia após dia. Observa-se que o tratamento com a solução filmogênica não influenciou nesta análise, tendo ocorrido comportamento similar em estudo relatado por Henrique e Evangelista (2006) ao aplicar películas biodegradáveis à base de amido em cenoura minimamente processada.

da. Acredita-se que o acondicionamento em pote de poliestireno, o qual apresenta boa barreira à permeabilidade a vapor de água, explica a não diferença na perda de massa, fato este também observado por Botrel *et al.* (2007).

Um dos principais problemas tecnológicos atribuídos ao processamento mínimo de cenouras é a mudança na cor superficial, geralmente resultante do esbranquiçamento, impactando na escolha do consumidor que prefere produtos com aparência de cenoura fresca (Pereira *et al.*, 2008).

Lavelli *et al.* (2006) averiguaram a qualidade de cenouras minimamente processadas, armazenadas em refrigeração durante 10 dias, através de análises físico-químicas, sensoriais e microbiológicas e

concluíram que dos índices avaliados, o esbranquiçamento foi o indicador mais sensível da qualidade do produto.

A cor é representada pelo método CIE (1978) que consiste em mensurar a intensidade de absorção na região do visível em três comprimentos de onda correlacionados aos valores de intensidade de absorção de um padrão branco os quais, matematicamente calculados, permitem obter três parâmetros L*, a* e b*. L* indica luminosidade da cor definida pela relação entre a luz refletida e absorvida. Valores iguais a zero e 100 se referem à cor preta e branca, respectivamente. Valores positivos de a* e b* indicam, respectivamente, tendência à coloração vermelha e amarela intensa.

Tabela 1

Valores médios obtidos para as análises fisiológicas e físico-químicas de cenoura minimamente processada ralada com e sem revestimento armazenada 5 °C por 12 dias

Amostras	Dia 0	Dia 3	Dia 6	Dia 9	Dia 12
Perda de Massa (%)					
C	-	0,529 ± 0,328 ^{ABc}	1,471 ± 0,225 ^{Ab}	2,444 ± 0,438 ^{Aa}	3,432 ± 0,860 ^{Aa}
R	-	0,713 ± 0,077 ^{Accd}	1,532 ± 0,197 ^{Abc}	2,488 ± 0,354 ^{Ab}	4,156 ± 1,118 ^{Aa}
a*					
C1	33,33 ± 0,465 ^{Aba}	32,77 ± 0,150 ^{Aa}	31,19 ± 0,513 ^{Ab}	30,19 ± 0,413 ^{ABb}	29,06 ± 0,416 ^{ABC}
R1	34,17 ± 0,258 ^{Aa}	32,37 ± 0,365 ^{ABb}	30,43 ± 0,120 ^{Ac}	29,26 ± 0,437 ^{Bd}	27,64 ± 0,222 ^{BCe}
C2	31,97 ± 0,667 ^{Ca}	31,89 ± 0,504 ^{Ba}	31,37 ± 0,603 ^{Ab}	31,44 ± 0,961 ^{Aab}	29,88 ± 0,782 ^{Ab}
R2	33,00 ± 0,267 ^{BCa}	32,07 ± 0,153 ^{ABb}	30,43 ± 0,120 ^{Ac}	29,80 ± 0,090 ^{Bc}	26,70 ± 0,659 ^{Cd}
b*					
C1	45,08 ± 1,375 ^{ABa}	43,98 ± 0,497 ^{ABab}	45,52 ± 0,047 ^{ABa}	41,13 ± 0,562 ^{Ac}	38,82 ± 0,485 ^{Ad}
R1	48,18 ± 1,975 ^{Aa}	44,75 ± 1,357 ^{Aab}	42,49 ± 1,006 ^{Abc}	41,67 ± 1,316 ^{Abc}	38,82 ± 1,110 ^{Ac}
C2	42,24 ± 1,053 ^{Ba}	41,60 ± 1,005 ^{Ca}	40,76 ± 1,030 ^{Aa}	40,91 ± 1,669 ^{Aa}	39,45 ± 0,828 ^{Aa}
R2	43,90 ± 0,642 ^{Ba}	42,35 ± 0,151 ^{BCab}	42,49 ± 1,006 ^{Aab}	41,30 ± 0,503 ^{Ab}	37,87 ± 0,625 ^{Ac}
L*					
C1	52,54 ± 0,686 ^{Ab}	53,60 ± 0,540 ^{ABb}	53,31 ± 1,031 ^{Aab}	54,22 ± 0,686 ^{Aab}	55,35 ± 0,932 ^{Aa}
R1	52,18 ± 0,372 ^{Ab}	52,25 ± 0,245 ^{Ab}	52,05 ± 0,408 ^{Ab}	53,13 ± 0,751 ^{Aab}	53,61 ± 0,503 ^{Aa}
C2	51,50 ± 0,946 ^{Aa}	53,53 ± 1,067 ^{Aa}	53,37 ± 0,695 ^{Aa}	53,22 ± 1,057 ^{Aa}	53,34 ± 1,308 ^{Aa}
R2	49,52 ± 0,222 ^{Bbc}	50,46 ± 0,598 ^{Bab}	50,90 ± 0,770 ^{Aa}	50,99 ± 0,355 ^{Bab}	48,12 ± 1,312 ^{Bc}
ATT (% Ácido Cítrico)					
C1	0,012 ± 0,001 ^{Bb}	0,009 ± 0,001 ^{Bc}	0,011 ± 0,001 ^{Cbc}	0,016 ± 0,002 ^{Ba}	0,017 ± 0,001 ^{Aa}
R1	0,042 ± 0,004 ^{Ab}	0,027 ± 0,003 ^{Ac}	0,053 ± 0,000 ^{Aa}	0,017 ± 0,004 ^{Bd}	0,012 ± 0,000 ^{Bd}
C2	0,015 ± 0,004 ^{Bb}	0,014 ± 0,004 ^{Bb}	0,012 ± 0,001 ^{Cb}	0,052 ± 0,001 ^{Aa}	0,013 ± 0,001 ^{Bb}
R2	0,040 ± 0,004 ^{Aa}	0,035 ± 0,005 ^{Aa}	0,021 ± 0,005 ^{Bb}	0,014 ± 0,002 ^{Bb}	0,018 ± 0,002 ^{Ab}
pH					
C1	5,987 ± 0,047 ^{Ab}	6,153 ± 0,046 ^{ABa}	5,950 ± 0,026 ^{Bbc}	5,770 ± 0,017 ^{Cd}	5,883 ± 0,040 ^{Bc}
R1	5,330 ± 0,017 ^{Cd}	6,213 ± 0,015 ^{Aa}	6,187 ± 0,021 ^{Aab}	5,950 ± 0,061 ^{BCc}	6,127 ± 0,021 ^{Ab}
C2	5,887 ± 0,023 ^{Bb}	6,107 ± 0,031 ^{Ba}	6,147 ± 0,029 ^{Aa}	6,093 ± 0,125 ^{Ba}	6,040 ± 0,040 ^{Aab}
R2	5,270 ± 0,020 ^{Cd}	6,020 ± 0,026 ^{Cc}	6,157 ± 0,012 ^{Ab}	6,333 ± 0,029 ^{Aa}	6,120 ± 0,070 ^{Abc}

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p > 0,05$). C1: controle lote 1; R1: cenoura com revestimento lote 1; C2: controle lote 2; R2: cenoura com revestimento lote 2; C: média C1 e C2; R: média R1 e R2.

Como resultado, a cor pode ser definida em termos de L^* , a^* e b^* , e os valores individuais representam as características de cor da cenoura (Bhale, 2004). Na presente pesquisa, os parâmetros cromáticos (L^* , a^* , b^*) e os índices de qualidade de cor (índice de esbranquiçamento, croma e índice de cor), inferidos a partir das médias das coordenadas cromáticas, foram avaliados.

Todas as amostras apresentaram uma tendência de reduzir a intensidade da cor vermelha (decréscimo no valor de a^*) e amarela (decréscimo do valor de b^*) ao longo do tempo de armazenamento, porém não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as cenouras revestidas e o controle (Tabela 1).

Paralelamente, observou-se uma tendência de aumento nos valores da luminosidade (L) em relação ao tempo, indicando um gradual aparecimento de componentes de cor mais clara na superfície da cenoura (Tabela 1). O revestimento da cenoura, porém, provocou uma tendência de redução da coordenada de cor L^* em comparação ao grupo controle, mas somente nas amostras do lote 2 esta foi significativa ($p < 0,05$). Essa diferença pode ser explicada uma vez que os lotes 1 e 2 foram adquiridos em estabelecimentos distintos e, conforme informação expressa por estes, são provenientes de fornecedores (agricultores) diferentes. Um estudo interessante conduzido por Grangeiro *et al.* (2012) constatou uma divergência genética de cenoura “Brasília” em relação à cor das raízes em função da procedência das sementes. Os autores afirmaram que grande parte das seleções da cultivar “Brasília” que estão disponíveis no mercado está geneticamente descaracterizada, fato este explicado pelo melhoramento realizado pelas empresas sementeiras, resultando em alta variabilidade entre a cor das cenouras de diferentes produtores.

Apesar deste fato, o resultado obtido evidencia o potencial da solução de revestimento estudada em reduzir a formação de componentes de cor clara na

superfície da cenoura, seja por funcionar como uma barreira à perda de água prevenindo assim o esbranquiçamento e/ou pela incorporação de compostos antioxidantes e de pigmentos presentes naturalmente na composição dos resíduos de frutas e hortaliças que originaram este revestimento.

Os valores de índice de esbranquiçamento (IE) encontrados neste estudo corroboram com a discussão anterior e variaram de 24 a 33 e de 26 a 34 para as amostras revestidas e não revestidas, respectivamente (Figura 1).

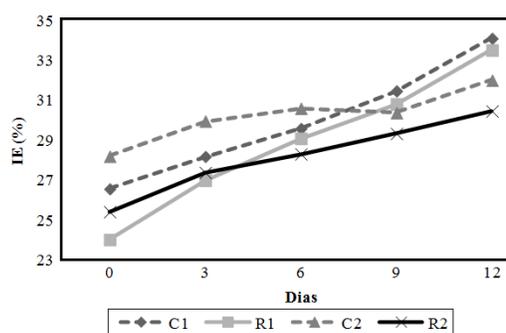


Figura 1. Evolução do índice de esbranquiçamento (%) de cenoura minimamente processada ralada com e sem revestimento durante o armazenamento a 5 °C por 12 dias. C1: controle lote 1; R1: cenoura com revestimento lote 1; C2: controle lote 2; R2: cenoura com revestimento lote 2.

Observa-se que todas as amostras apresentaram um progressivo aumento no IE durante o experimento. Porém, observou-se uma tendência de redução do IE nas amostras revestidas, demonstrando o potencial da solução aplicada na conservação de cenoura minimamente processada no intuito de retardar a formação da camada esbranquiçada na superfície das amostras tratadas.

Resultado semelhante foi reportado por Barbosa (2007) estudando a influência da temperatura nas taxas de respiração, parâmetros físico-químicos e sensoriais de cenoura orgânica minimamente processada, sem e com película de gelatina, acondicionadas em embalagens de

polietileno. Os valores de IE variaram de 29 a 31 e de 31 a 35 para as amostras armazenadas a 5 °C com e sem película, respectivamente.

Pereira *et al.* (2008) observaram que o índice de esbranquiçamento de minicenouras revestidas em solução polipeptídica a 2 % diferiram significativamente daquelas não revestidas variando de aproximadamente 18 a 20 e de 21 a 28, respectivamente, para as amostras revestidas e o grupo controle.

O esbranquiçamento desenvolvido nas cenouras minimamente processadas é atribuído, principalmente à desidratação parcial da superfície, sendo uma resposta de ordem física, que inicialmente é reversível e/ou da ativação do metabolismo de ordem fisiológica, irreversível, a qual é responsável pela descoloração de laranja intenso para laranja pálido (Simões *et al.*, 2010; Villalobos-Carvajal *et al.*, 2009; Barbosa, 2007).

Neste sentido, o uso de materiais hidrofílicos, como o revestimento aplicado neste estudo, que conduzem à formação de uma película úmida sobre a superfície da cenoura minimamente processada, pode contribuir para postergar e diminuir o grau de esbranquiçamento superficial (Vargas *et al.*, 2009).

O Cromo (C^*) é definido como uma medida da intensidade de cor ou de saturação, e varia de cores pálidas (valor baixo) para cores vivas (valor alto) (Goyenèche *et al.*, 2014). A redução observada nas coordenadas cromáticas a^* e b^* em função do tempo implica em um consequente decréscimo nos valores de C^* . Assim, as amostras avaliadas apresentaram uma tendência a diminuir o valor de C^* ao longo do experimento, variando de 59 a 46 e de 52 a 48 para as amostras revestidas e não revestidas, respectivamente (Figura 2). Percebe-se que até o dia 3 e o dia 6 para as amostras do lote 1 e 2, respectivamente, o revestimento aplicado promoveu uma sensível tendência de aumento nos valores de C^* , significando maior intensidade da coloração dessas amostras nesse período.

Vale a pena notar que o valor de C^* diminui de forma expressiva entre os dias 9 e 12, apresentando uma correlação inversamente proporcional com os valores de IE, ou seja, a cor torna-se menos intensa à medida que o esbranquiçamento torna-se mais acentuado.

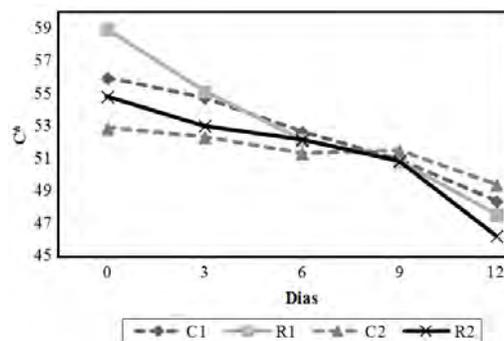


Figura 2. Evolução do croma (C^*) de cenoura minimamente processada ralada com e sem revestimento durante o armazenamento a 5 °C por 12 dias. C1: controle lote 1; R1: cenoura com revestimento lote 1; C2: controle lote 2; R2: cenoura com revestimento lote 2.

O índice de cor (IC^*), por sua vez, é uma função inferida a partir das três coordenadas cromáticas L^* , a^* e b^* . Valores positivos de IC^* entre 2 e 20 estão associados a cores entre amarelo claro e laranja escuro; e entre 20 e 40 a cores entre as tonalidades de laranja e vermelho escuro (Goyeneche *et al.*, 2014). Durante este experimento, embora tenham sido observadas algumas flutuações no IC^* , todas as amostras apresentaram um valor positivo variando de 14 a 13 e de 15 a 13 para a cenoura revestida e controle, respectivamente, indicando uma preservação da cor laranja das cenouras ao longo deste estudo (Figura 3).

A partir dos dados obtidos neste estudo, verifica-se o potencial da FFH em ser utilizada como revestimento comestível capaz de postergar o esbranquiçamento de cenouras minimamente processadas. Estudos posteriores verificando a aplicação deste revestimento e sua relação com diferentes variáveis, como concentração de FFH utilizada, tempo de imersão, tipo de

corte da cenoura, estratégia de revestimento, entre outros, são encorajados visando aperfeiçoar esta técnica de conservação de cenoura minimamente processada.

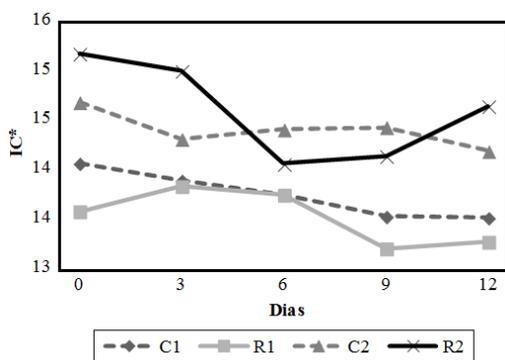


Figura 3. Evolução do índice de cor (IC*) de cenoura minimamente processada ralada com e sem revestimento durante o armazenamento a 5 °C por 12 dias. C1: controle lote 1; R1: cenoura com revestimento lote 1; C2: controle lote 2; R2: cenoura com revestimento lote 2.

Ressalta-se que não há uma solução de revestimento comestível que possa ser aplicada a qualquer vegetal indiscriminadamente; a escolha do revestimento apropriado está condicionada às características do vegetal em questão, da fonte do biopolímero e dos objetivos almejados para o revestimento (Assis e Britto, 2014).

Análises químicas e físico-químicas

O teor de °Brix iniciou em média com 1,8 e 2,4 respectivamente para amostra controle e tratada. Durante o armazenamento o comportamento foi similar havendo decréscimo linear de aproximadamente 0,4° Brix no 12° dia. Essa diminuição pode ser atribuída à degradação do produto durante o armazenamento (Pereira *et al.*, 2008).

Os teores de acidez total titulável (ATT) das amostras variou de forma complexa ao longo do experimento. Parte das amostras apresentou uma tendência de aumento pontual seguido de redução durante o armazenamento (Tabela 1). Em uma observação inicial, pode-se acreditar que a amostra tratada promoveu uma redução da

acidez superior ao controle, mas considerando que a solução filmogênica apresenta pH em torno de 4,0 (Andrade, 2013), justifica-se o aumento inicial da acidez. Todas as amostras, no final do experimento, apresentaram acidez similar ou com irrelevante diferença quando comparado às amostras controle no tempo zero.

O parâmetro pH apresentou comportamento similar ao descrito para ATT, onde as amostras tratadas iniciaram com pH mais ácido que as do controle, conforme esperado, e no final com pequenas variações na comparação com as amostras controle tempo zero (Tabela 1). O perfil de mudança do pH e os valores encontrados assemelham-se aos obtidos por Kohatsu *et al.* (2009) e Henrique e Evangelista (2006) avaliando as características de cenouras minimamente processadas com e sem revestimento polissacarídico, respectivamente.

4. Conclusões

Constatou-se que as amostras revestidas apresentaram uma tendência em reduzir o grau de esbranquiçamento, sugerindo que o revestimento aplicado é capaz de postergar e/ou reduzir a formação de compostos de cor clara na superfície da cenoura processada. O revestimento não impactou sobremaneira na perda de massa, pH, ATT e conteúdo de sólidos solúveis; contudo, considerando que a mudança na cor superficial, resultante do esbranquiçamento, é um dos principais problemas tecnológicos atribuídos ao processamento mínimo de cenouras, pode-se concluir que o revestimento produzido a partir da FFH apresenta potencial para utilização como revestimento comestível em cenouras minimamente processadas. Em adição, uma vez que o revestimento aplicado é oriundo do resíduo de frutas e hortaliças acredita-se que este tratamento é capaz de manter por mais tempo e até mesmo suplementar o valor funcional das cenouras processadas em função dos compostos bioativos naturalmente presentes na

composição deste resíduo (por exemplo, compostos antioxidantes e açúcares funcionais). Além do mais, estima-se que seria possível melhorar as características sensoriais de sabor e aroma quando consumidos juntamente com a cenoura minimamente processada revestida. Assim, este estudo segue em andamento visando verificar o teor de compostos bioativos nas cenouras minimamente processadas revestidas e mensurar suas características sensoriais.

5. Referências bibliográficas

- Ahmed, L.; Martin-Diana, A.B.; Rico, D.; Barry-Ryan, C. 2011. Quality and nutritional status of fresh-cut tomato as affected by spraying of delactosed whey permeate compared to industrial washing treatment. *Food and Bioprocess Technology* 8(5): 3103-3114.
- Alarcón-Flores, M. I.; Romero-González, R.; Vidal, J. L. M.; González, F. J. E.; Frenich, A. G. 2014. Monitoring of phytochemicals in fresh and fresh-cut vegetables: A comparison. *Food Chemistry* 142: 392-399.
- Andrade, R.M.S. 2013. Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis à base de resíduos de frutas e hortaliças. 2013. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 70p.
- Assis, O.B.G.; Brito, D. 2014. Review: edible protective coatings for fruits: fundamentals and applications. *Brazilian Journal of Food Technology* 17(2): 87-97.
- Azeredo, H. M. C.; Miranda, K. W. E.; Rosa, M. F.; Nascimento, D. M.; Mora, M. R. 2012. Edible films from alginate-acerola puree reinforced with cellulose whiskers. *LWT - Food Science and Technology* 46: 294-297.
- Barbosa, H. R.; Ascheri, R. P. R.; Ascheri, J. L. R.; Carvalho, C. W. P. 2011. Permeabilidade, estabilidade e funcionalidade de filmes biodegradáveis de amido de caroço de jaca (*Artocarpus heterophyllus*). *Revista Agrotec* 2: 73-88.
- Barbosa, L.N. 2007. Influência da temperatura na composição gasosa e nos parâmetros físico-químicos e sensoriais de cenoura orgânica (*Daucus carota* L. var. Brasília) minimamente processada. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Florianópolis. 98p.
- Benbettaieb, N.; Kurek, M.; Bornazc, S.; Debeaufort, F. 2014. Barrier, structural and mechanical properties of bovine gelatin-chitosan blend films related to biopolymer interactions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94: 2409-2419.
- Bhale, S.D. 2004. Effect of ohmic heating on color, rehydration and textural characteristics of fresh carrot cubes. Master Thesis (Master of Science in Biological and Agricultural Engineering) - Louisiana State University, Lake Arthur, Louisiana. 56p.
- Botrel, D.A.; Soares, N.F.F.; Camilloto, G.P.; Fernandes, R.V.B. 2010. Revestimento ativo de amido na conservação pós-colheita de pera Williams minimamente processada. *Ciência Rural* 40(8): 1814-1820.
- Botrel, D.A.; Soares, N.F.F.; Geraldine, R.M.; Pereira, R.M.; Fontes, E.A.F. 2007. Quality of minimally processed garlic (*Allium sativum*) coated with antimicrobial edible coating. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 27(1): 32-38.
- CIE, 1978. Recommendations on Uniform Color Spaces – Color Difference Equations. Psychometric Color Terms. CIE, Paris, France, Supplement No. 2. CIE Publication No. 15 (E-1-3.1) 1971/(TC-1-3).
- Cisneros-Zevallos, L.; Krochta, J.M. 2003. Dependence of coating thickness on viscosity of coating solution applied to fruits and vegetables by dipping method. *Journal of Food Science* 68: 503-510.
- Cortez-Vega, W.R.; Pizato, S.; Souza, J.T.A. 2014. Prentice C. Using edible coatings from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) protein isolate and organo-clay nanocomposite for improve the conservation properties of fresh-cut 'Formosa' papaya. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 22: 197-202.
- Du, W.X.; Olsen, C.W.; Avena-Bustillos, R. J.; Friedman, M.; Mchugh, T. H. 2011. Physical and antibacterial properties of edible films formulated with apple skin polyphenols. *Journal of Food Science* 76(2): 149-155.
- Espitia, P.J.E.; Du, W.X.; Avena-Bustillos, R.J.; Soares, N.F.F.; McHugh, T.H. 2014. Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review. *Food Hydrocolloids* 35: 287-296.
- Ferreira, M. S. L.; Santos, M. C. P.; Moro, T.M. A.; Basto, G. J.; Andrade, R. M. S.; Gonçalves, E. C. B. A. (*in press*). Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. *Journal of Food Science and Technology*, doi: 10.1007/s13197-013-1061-4.
- García, M.; Casariego, A.; Díaz, R.; Roblejo, L. 2014. Effect of edible chitosan/zeolite coating on tomatoes quality during refrigerated storage. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 26 (3): 238-246.
- Gonçalves, E. C. B. A. 2006. Análise de Alimentos. Uma Visão Química da Nutrição. 2ª Edição. Livraria Varela, São Paulo, Brasil.
- Goyeneche, R.; Agüero, M.V.; Roura, S.; Scala, K.D. 2014. Application of citric acid and mild heat shock to minimally processed sliced radish: Color evaluation. *Postharvest Biology and Technology* 93: 106-113.
- Grangeiro, L.C.; Azevêdo, P.E.; Nunes, G.H.S.; Dantas, M.S.M.; Cruz, C.A. 2012. Desempenho e divergência genética de cenoura 'Brasília' em função da procedência das sementes. *Horticultura Brasileira* 30(1): 137-142.
- Henrique, C.M.; Evangelista, R.M. 2006. Processamento mínimo de cenouras orgânicas com uso de películas biodegradáveis. *Revista Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias* 12(3): 7-14.
- Kluge, R.A.; Geerdink, G.M.; Tezotto-Uliana, J.V.; Guassi, S.A.D.; Zorzeto, T.Q.; Sasaki, F.F.C.; Mello, S.C. 2014. Quality of minimally processed yellow bell pepper treated with antioxidants. *Semina: Ciências Agrárias* 35(2): 801-812.
- Kohatsu, D.S.; Evangelista, R.M.; Seabra JR, S.S.; Veites, R.L.; Goto, R. 2009. Características físicas, físico-químicas, químicas e sensoriais de cenoura minimamente processada. *Cascavel* 2(4): 57-68.
- Lai, T.Y.; Chen, C.H.; Lai, L.S. 2013. Effects of Tapioca Starch/Decolorized Hsian-Tsao Leaf Gum Based Active Coatings on the Quality of Minimally Processed Carrots. *Food Bioprocess Technology* 6: 249-258.

- Lavelli, V.; Pagliarini, E.; Ambrosoli, R.; Minati, J.L.; Zanoni, B. 2006. Physicochemical, microbial, and sensory parameters as indices to evaluate the quality of minimally-processed carrots. *Postharvest Biology and Technology* 40(1): 34-40.
- Leceta, I.; Molinaro, S.; Guerrero, P.; Kerry, J.P.; Caba, K. 2015. Quality attributes of map packaged ready-to-eat baby carrots by using chitosan-based coatings. *Postharvest Biology and Technology* 100: 142-150.
- Lucera, A.; Costa, C.; Mastromatteo, M.; Conte, A.; Del Nobile, M.A. 2010. Influence of different packaging systems on fresh-cut zucchini (*Cucurbita pepo*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11: 361-368.
- Martelli, M.R.; Barros, T.T.; Assis, O.B.G. 2014. Filmes de polpa de banana produzidos por batelada: propriedades mecânicas e coloração. *Polímeros* 24 (1): 137-142.
- Martins, R.C.; Chiapetta, S.C.; Paula, F.D.; Gonçalves, E.C.B.A. 2011. Evaluation isotonic drink fruit and vegetables shelf life in 30 days. *Brazilian Journal of Food and Nutrition* 22:623-629.
- Moura, M.R.; Mattoso, L.H.C.; Zucolotto, V. 2012. Development of cellulose-based bactericidal nanocomposites containing silver nanoparticles and their use as active food packaging. *Journal of Food Engineering* 109: 520-524.
- Ooi, Z.X.; Ismail, H.; Bakar, A.A., Aziz, N.A.A. 2012. Properties of the Crosslinked Plasticized Biodegradable Poly(vinyl alcohol)/Rambutan Skin Waste Flour Blends. *Journal of Applied Polymer Science* 125: 1127-1135.
- Park, S.; Zhao, Y. 2006. Development and characterization of edible films from cranberry pomace extracts. *Journal of Food Science* 71: 95-101.
- Pascall, M.A.; Lin, S.J. 2013. The application of edible polymeric films and coatings in the food industry. *Food Processing & Technology* 4: e116
- Pereira, J.M.A.K; Minim, V.P.R.; Puschmann, R.; Vanetti, M.C.D.; Soares, N.F.F.; Moretti, C.L. Vieira, J.V. 2008. Qualidade físico-química de mini-cenouras revestidas. *Revista Ceres* 55(6): 537-542.
- Porta, R.; Rossi-Marquez, G.; Mariniello, L.; Sorrentino A.; Giosafatto V.; Esposito, M.; Pierro, P.D. 2013. Edible Coating as Packaging Strategy to Extend the Shelf-life of Fresh- Cut Fruits and Vegetables. *Journal of Biotechnology & Biomaterials* 3: e124.
- Andrade, R.M.S; Ferreira, M.S.L.; Gonçalves, E.C.B.A.G. 2014. Functional capacity of flour obtained from residues of fruit and vegetables. *International Food Research Journal* 21(4): 1675-1681.
- Simões, A.N.; Ventrella, M.C.; Moretti, C.L.; Carnellosi, M. A. G.; Puschmann, R. 2010. Anatomical and physiological evidence of white brush on baby carrot surfaces. *Postharvest Biology and Technology* 55: 45-52.
- Vargas, M.; Chiralt, A.; Albors, A.; González-Martínez, C. 2009. Effect of chitosan-based edible coatings applied by vacuum impregnation on quality preservation of fresh-cut carrot. *Postharvest Biology and Technology* 51: 263-271.
- Villalobos-Carvajal, R.; Hernández-Munõz, P.; Albors, A.; Chiralt, A. 2009. Barrier and optical properties of edible hydroxypropyl methylcellulose coatings containing surfactants applied to fresh cut carrot slices. *Food Hydrocolloids* 23: 526-535.