

**ALBA MANUELA DURANGO VILLADIEGO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM REVESTIMENTO COMESTÍVEL  
ANTIMICROBIANO A BASE DE AMIDO DE INHAME COM QUITOSANA NA  
CONSERVAÇÃO DE CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2004**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

D949d  
2004

Durango Villadiego, Alba Manuela, 1960-  
Desenvolvimento de um revestimento comestível  
antimicrobiano a base de amido de inhame com quitosana  
na conservação da cenoura minimamente processada /  
Alba Manuela Durango Villadiego. – Viçosa : UFV, 2004.  
xii, 128f. : il. ; 29cm.

Inclui anexos

Orientador: Nilda de Fátima Ferreira Soares  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de  
Viçosa.

Inclui bibliografia

1. Alimentos - Embalagens. 2. Cenoura - Conservação.  
3. Cenoura - Qualidade. 4. *Dioscorea alata*.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 664.07

**ALBA MANUELA DURANGO VILLADIEGO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM REVESTIMENTO COMESTÍVEL  
ANTIMICROBIANO A BASE DE AMIDO DE INHAME COM QUITOSANA NA  
CONSERVAÇÃO DA CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”

APROVADA: 8 de dezembro de 2004

---

Prof. Nélio José de Andrade  
(Conselheiro)

---

Prof<sup>a</sup>. Valéria Paula R. Minim

---

Prof. Mário Puiatti

---

Dra. Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto

---

Prof<sup>a</sup>. Nilda de Fátima Ferreira Soares  
(Orientadora)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida, por estar sempre comigo mostrando-me o caminho a seguir.

À Universidad de Córdoba, Montería – Colômbia, por seu apoio incondicional.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade de realizar meu treinamento e consolidar meus conhecimentos através do Programa de Pós-Graduação.

À Professora Nilda de Fátima Ferreira Soares, por sua amizade, pela sua excelente orientação no trabalho científico e seus conselhos cheios de sabedoria e carinho.

Ao professor Nélio José de Andrade, por sua amizade, por seus conselhos e apoio durante todo o curso.

A meus amigos, colegas e estagiários do Laboratório de Embalagem, pela sua amizade, convivência e valiosa colaboração.

Ao professor Rolf Puschmann, pelo seu aconselhamento.

À professora Valéria Paula R. Minim, por sua orientação nas análises sensoriais.

Ao professor Mário Puiatti, por sua orientação e doação das amostras de inhamé.

## CONTEÚDO

	Página
<b>RESUMO</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>REVESTIMENTOS E FILMES COMESTÍVEIS NA CONSERVAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS</b> .....	7
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2. COMPOSIÇÃO DOS REVESTIMENTOS E FILMES COMESTÍVEIS</b> ....	9
<b>3. MÉTODOS DE FABRICAÇÃO DE REVESTIMENTOS E FILMES COMESTÍVEIS</b> .....	13
<b>4. BIODEGRADABILIDADE DAS EMBALAGENS COMESTÍVEIS</b> .....	15
<b>5. PROPRIEDADES DE BARREIRA</b> .....	16
<b>6. PROPRIEDADES MECÂNICAS</b> .....	21
<b>7. CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS</b> .....	22
<b>8. REVESTIMENTO COMESTÍVEL ANTIMICROBIANO</b> .....	24
<b>9. APLICAÇÃO EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS</b> .....	27
<b>10. SEGURANÇA ALIMENTARIA E SAÚDE</b> .....	29
<b>11. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	31
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	32
<b>EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE INHAME E DESENVOLVIMENTO DE FILMES COMESTÍVEIS ANTIMICROBIANOS</b> .....	40

<b>RESUMO</b> .....	40
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	41
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	44
2.1. Extração e caracterização do amido de inhame .....	44
2.1.1. Matéria prima .....	44
2.1.2. Extração do amido .....	44
2.1.3. Índice de absorção de água e índice de solubilidade .....	45
2.1.4. Densidade absoluta .....	45
2.1.5. Propriedades visco-amilográficas .....	45
2.1.6. Consistência do gel .....	45
2.1.7. Ciclo de congelamento e descongelamento .....	46
2.1.8. Composição físico-química .....	46
2.2. Elaboração de filmes comestíveis .....	46
2.2.1. Matéria prima .....	46
2.2.2. Preparação dos filmes .....	47
2.2.3. Determinação da espessura .....	47
2.2.4. Determinação da permeabilidade ao vapor de água .....	48
2.3. Análise estatística .....	48
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	49
3.1. Extração e caracterização do amido .....	49
3.1.1. Composição físico-química .....	49
3.1.2. Caracterização do amido .....	50
3.2. Produção de filmes comestíveis e permeabilidade ao vapor de água .....	54
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	56
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	56

<b>DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CLORO E DO TEMPO DE CENTRIFUGAÇÃO NO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE CENOURA FATIADA EM RODELAS</b> .....	60
--	----

<b>RESUMO</b> .....	60
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	61
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	63
2.1. Processamento mínimo .....	63

2.1.1. Matéria prima .....	63
2.1.2. Determinação do tempo de centrifugação .....	64
2.1.3 Determinação da concentração de cloro .....	64
2.2. Análises microbiológicas .....	65
2.3. Análise sensorial .....	65
2.4. Análise estatística .....	65
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>66</b>
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>72</b>

**REVESTIMENTO COMESTÍVEL ANTIMICROBIANO NA CONSERVAÇÃO  
DE CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA .....** 75

<b>RESUMO .....</b>	<b>75</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>76</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>78</b>
2.1. Processamento mínimo da cenoura .....	78
2.2. Revestimento comestível antimicrobiano .....	79
2.3. Aplicação dos revestimentos em cenoura minimamente processada e armazenamento.....	80
2.4. Características dos revestimentos .....	80
2.5. Análises microbiológicas .....	81
2.6. Perda de massa .....	81
2.7. Análise estatística .....	81
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>81</b>
3.1. Características dos revestimentos .....	81
3.2. Análises microbiológicas .....	83
3.3. Perda de massa .....	90
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>95</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>101</b>

<b>REVESTIMENTOS COMESTÍVEL ANTIMICROBIANO NA QUALIDADE SENSORIAL DE CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA. ....</b>	<b>103</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>103</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>104</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>106</b>
2.1. Processamento mínimo da cenoura .....	106
2.2. Revestimento comestível antimicrobiano .....	107
2.3. Aplicação dos revestimentos em cenoura minimamente processada e armazenamento .....	107
2.4. Análise sensorial .....	108
2.5. Índice de esbranquiçamento .....	109
2.6. Análise estatística .....	110
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>110</b>
3.1. Aceitabilidade da cor.....	110
3.2. Aceitabilidade do sabor.....	112
3.3. Índice de esbranquiçamento.....	114
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>117</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>117</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>121</b>
<b>FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE CENOURA COM REVESTIMENTO COMESTÍVEL ANTIMICROBIANO.....</b>	<b>123</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>123</b>
<b>2. FLUXOGRAMA .....</b>	<b>124</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>125</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>126</b>
<b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>127</b>

## RESUMO

DURANGO VILLADIEGO, Alba Manuela, D. S. Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2004. **Desenvolvimento de um revestimento comestível antimicrobiano a base de amido de inhame com quitosana na conservação da cenoura minimamente processada.** Orientadora: Nilda de Fátima Ferreira Soares. Conselheiros: Nélio José de Andrade e Rolf Puschmann.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um revestimento comestível a base de amido de inhame "caramujo" adicionado de quitosana, como antimicrobiano, e avaliar seu efeito na conservação de cenoura minimamente processada. O amido foi extraído dos tubérculos e sua composição físico-química e propriedades reológicas foram determinadas. Raízes de cenoura "Brasília", foram fatiadas em rodela e minimamente processadas. Foram preparados filmes e revestimentos a partir de soluções aquosas de 4% de amido de inhame (p/p) + 2% de glicerol (p/p), 4% de amido de inhame (p/p) + 2% de glicerol (p/p) + quitosana nas concentrações de 0,5, 0,75, 1,0 e 1,5%. As amostras de cenouras foram imersas nos revestimentos durante 3 minutos e secas a 20°C por 3 horas. As amostras do grupo controle foram imersas em água destilada esterilizada. Todas as amostras foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido, envoltas em filme de poli (vinil cloreto) e estocadas a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$  por 15 dias. Foram realizadas análises microbiológicas, perda de massa, índice de esbranquiçamento, aceitabilidade de cor e sabor com 0, 5, 10 e 15 dias de estocagem. Os filmes foram formados pelo método "casting" e sua permeabilidade ao vapor de água foi determinada. O rendimento da extração do amido a partir dos tubérculos foi de 9,3%. Os componentes físico-químicos, em base seca, foram de 11,57% de umidade, 0,64% de proteínas,

0,052% de matéria graxa e 0,17% de cinzas. Os conteúdos de amido e de amilose foram de 99,17% e 22%, respectivamente. A temperatura inicial de pasta foi de 60,3°C e a máxima temperatura de viscosidade foi de 98,5°C, apresentando baixa tendência a retrogradação (100 UA). Os filmes produzidos foram visualmente transparentes com espessura de  $30 \pm 5 \mu\text{m}$  com valores de permeabilidade ao vapor de água entre  $4,58 \text{ g mm kPa}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$ , para o filme de amido e glicerol, e  $3,57 \text{ g mm kPa}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$ , para o filme de amido+glicerol+1,5% de quitosana, respectivamente. Os valores de permeabilidade foram estatisticamente diferentes ( $P < 0,05$ ) entre eles. A permeabilidade ao vapor de água dos filmes diminuiu com o aumento do teor de quitosana. Para a sanitização da cenoura em rodela foi utilizada a concentração de 200 mg/L de cloro residual total, que se apresentou como a mais eficiente para o controle de coliformes totais e fecais e aeróbios mesófilos. O tempo ideal de centrifugação para amostras contendo 1500 g de cenoura em rodela foi de 6 minutos, quando se utilizou centrífuga doméstica (ARNO) e 3,5 minutos para amostras contendo 3000 g quando foi usada centrífuga industrial. Nas fotomicrografias foi observado que os revestimentos apresentaram distribuição homogênea sobre a superfície da cenoura com uma espessura entre 15 a 20  $\mu\text{m}$ . Os revestimentos apresentaram efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para o controle de coliformes totais, psicotróficos, fungos filamentosos e leveduras e nos atributos cor, sabor e índice de esbranquiçamento. Entretanto, não apresentaram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para perda de massa. Durante o armazenamento, todas as amostras apresentaram contagens  $< 3 \text{ NMP/g}$  para coliformes fecais e *Escherichia coli* e ausência de *Salmonella* sp em 25/g. Os revestimentos que continham quitosana apresentaram efeito antimicrobiano para coliformes totais, psicotróficos, fungos e leveduras. O revestimento com 1,5% de quitosana apresentou a melhor eficiência sobre esses grupos microbianos com reduções de 2,1, 1,83 e 3,64 ciclos log, respectivamente, em relação ao controle. O grupo controle e as amostras revestidas somente com amido e glicerol apresentaram contagens mais altas dos grupos de microrganismos avaliados durante a estocagem. No tempo zero de estocagem, os revestimentos que continham quitosana mantiveram melhor a cor da cenoura, obtendo as notas hedônicas mais altas. Após 15

dias de estocagem, o revestimento de amido e glicerol, obteve a nota mais alta (7,4) para o atributo cor, enquanto que o grupo controle (sem revestimento) apresentou nota 4,7. Quanto ao sabor, as amostras revestidas com amido e glicerol também obtiveram a maior nota (6,5). Notas em torno de 5 foram obtidas para o controle e amostras revestidas com amido e quitosana. Para o índice de esbranquiçamento, as amostras revestidas não diferiram entre elas e diferiram do controle. O menor índice de esbranquiçamento foi de 37,6, apresentado pela amostra revestida com amido e 1,5% de quitosana, em comparação a 44,2, apresentado pelo grupo controle. O amido de inhame apresentou-se como uma boa fonte para a produção de filmes e revestimentos comestíveis, com grande potencial de aplicação na indústria de alimentos, com a vantagem de serem biodegradáveis. O uso do revestimento comestível antimicrobiano, constituído de amido de inhame e quitosana é uma alternativa viável para controlar o crescimento microbiano, manter a cor, retardar o aparecimento do esbranquiçamento na cenoura minimamente processada e estender a vida de prateleira do produto.

## ABSTRACT

DURANGO VILLADIEGO, Alba Manuela, D. S. Universidade Federal de Viçosa, december, 2004. **Development of an edible antimicrobiano coating based on yam starch and quitosana on the conservation of the minimally processed carrots.** Adviser: Nilda de Fátima Ferreira Soares. Committee members: Nélio José de Andrade and Rolf Puschmann.

This work aimed to develop an edible coating from yam starch incorporated with chitosan, as an antimicrobial compound, and to evaluate its effect on minimally processed carrots conservation. The starch was extracted from yam and had characterized its physical, chemical and reological properties. Brazilian variety carrots were sliced and minimally processed. Films and coatings were prepared as the following composition: 4% yam starch (p/p) + 2% glycerol (p/p), 4% yam starch (p/p) + 2% glycerol (p/p) added with 0,5, 0,75, 1,0 and 1,5 % of chitosan. Samples of sliced carrots were immersed into these coatings for 3 minutes and dried at 20°C/ 3 hours. The control samples were immersed into pure water. All the samples were acondicionated in polystyrene trays, wrapped in polyvinyl chloride and stored at 10°C during 15 days. Microbiological analyses, mass loss, whitish index, sensorial evaluation of color and flavor were realized at 0, 5, 10 and 15 days of storage. The casted films had its vapor permeabilities determined. The starch presented the following characteristics: yield of 9,3%, humidity content of 11,57%, proteins content of 0,64%, lipids:0,052%, ash:0,17%, starch:99,17% and amylose:22%. The gel initial temperature was 60,3°C and the temperature of maximum viscosity was of 98,5°C, showing a low tendency for retrogradation (100 UA). The films with thickness of  $30 \pm 5 \mu\text{m}$  showed transparency and presented a vapor permeability ranging from 4,58  $\text{g.mm.dia}^{-1}.\text{m}^{-2}.\text{KPa}^{-1}$ , for starch-glycerol film, to 3,57  $\text{g.mm.dia}^{-1}.\text{m}^{-2}.\text{KPa}^{-1}$ , for the film containing 1,5% of chitosan + starch + glycerol. The permeabilities values showed significant ( $p < 0,05$ ) difference among them. The film permeability decreased as the chitosan level in the film increased. The

concentration of 200 mg/L of total residual chlorine was used for carrots sanitification treatment and, among the others treatments, presented the highest efficiency on coliforms and mesophilics aerobes inhibition. The centrifugation time for 1500 g of sliced carrots was 6 minutes for houseware centrifuge and 3.5 minutes for industrial centrifuge. Photomicrografies from the coated carrots showed a homogeneous distribution of the coating on the carrots and a thickness ranging from 15 to 20  $\mu\text{m}$ . The coatings showed a significant ( $P < 0,05$ ) effect on microbiological control of coliforms, psychrotrophic and fungi as well as in the sensorial evaluation of color and flavor and whiteness index, but did not showed significant difference for mass loss ( $P < 0,05$ ). During storage period, all the samples presented countings  $< 3\text{NMP/g}$  for coliforms fecal and *E. coli* and no presence of Salmonella in 25 g. The edible coatings with chitosan inhibited the microorganisms growth. Coating containing 1,5% of chitosan reduced 2,1, 1,83 and 3,64 log cycles for coliforms, psychrotrophic and fungi and yeast, respectively, compared with the control. The control group and the samples coated with starch and glycerol showed the highest microorganisms countings evaluated during the storage period. Chitosan-coatings protected carrots against color loss at the beginning of the storage, but at the end the treatment with starch and glycerol obtained the highest score for color attribute. For flavor sensorial analyses, this treatment also was evaluated by the painelist and obtained the highest score (6,4) compared with the control and the chitosan-starch treatments (5,0). The whitish index was lower for the chitosan 1,5% (37,6) compared with the value of 44,2 showed in the control treatment. The yam starch presents as a good source for production of edible coating and film with a potential availability for food industry. The edible coating incorporated with chitosan demonstrated to be a barrier hurdle for food preservation, inhibiting microorganism growth, decreasing color loss and whitish index of the minimally processed carrots and, therefore, increase its shelf-life.

## INTRODUÇÃO GERAL

A qualidade de um produto alimentício está diretamente relacionada com as etapas de pós-colheita, processamento, estocagem e comercialização. Esses fatores influenciam nas características sensoriais, nutricionais e higiênicas do produto, que podem mudar durante a estocagem e comercialização. Muitos processos químicos e físicos têm sido desenvolvidos para preservar a qualidade dos alimentos. Dentre eles, a embalagem é um fator determinante nas etapas de conservação e comercialização. Portanto, a embalagem tem um papel preponderante na manutenção da qualidade de um alimento (DEBEAUFORT et al., 1998).

O uso de filmes e revestimentos comestíveis vêm se tornando um tópico de grande interesse devido ao potencial para evitar a deterioração dos alimentos por degradação oxidativa e reações respiratórias, melhorando assim a qualidade dos alimentos e aumentando sua vida de prateleira (McHUGH et al., 1996).

As pesquisas sobre embalagens têm sido enfocadas em filmes e revestimentos comestíveis à base de biopolímeros, como proteínas, polissacarídeos e lipídios, que podem ser reciclados e completamente biodegradados em compostos naturais, como CO<sub>2</sub>, água, metano, hidrogênio e biomassa, dentro de um período consideravelmente curto de tempo (KROCHTA e DeMULDER-JOHNSTON, 1997; GUILBERT et al., 1996).

Recentemente, pesquisas neste campo têm-se intensificado, devido a fatores como a demanda de alimentos de alta qualidade pelo consumidor, indústrias de alimentos que precisam de novas técnicas de estocagem, conceitos ambientais sobre disposição de matérias renováveis para

embalagem e oportunidades para criar novos mercados através do uso de resíduos agrícolas (GENNADIOS et al., 1997).

Os filmes e revestimentos comestíveis antimicrobianos são uma inovação dentro do conceito de embalagem ativa e têm sido desenvolvidos com o objetivo de reduzir, inibir ou retardar o crescimento de microrganismos na superfície dos alimentos, quando em contato com os produtos acondicionados (APPENDINI e HOTCHKISS, 2002).

A quitosana tem sido muito utilizada na composição de filmes e revestimentos antimicrobianos porque, além de ter boas propriedades formadoras de filmes, possui ação bactericida e fungicida. Esta ação é devida a sua capacidade de ligar-se às moléculas de água, inativar as enzimas microbianas e absorver os nutrientes usados pelos microrganismos (OUATTARA et al., 2000). Os revestimentos à base de quitosana aplicado em frutas induzem a produção da enzima quitinase, que é um agente antifúngico natural (DEBEAUFORT et al., 1998). Em fungos, a quitosana pode também produzir alterações nas funções da membrana, por interação com a superfície eletronegativa deles, levando a mudanças na permeabilidade, distúrbios metabólicos e morte celular (FANG et al., 1994). Segundo MUZZARELLI et al. (1990), a atividade antimicrobiana da quitosana sobre bactérias é devida à natureza policatiônica da molécula de quitosana, que permite a interação e formação de complexos polieletrólitos com os polímeros ácidos produzidos na superfície da bactéria (lipopolissacarídeos, ácido teicóico e teicurônico).

Dentre os polissacarídeos utilizados para produção de filmes e revestimentos comestíveis, o amido é o biopolímero natural mais comumente utilizado. O uso do amido pode ser uma interessante alternativa para filmes e revestimentos comestíveis devido a seu fácil processamento, baixo custo, abundância, biodegradabilidade, comestibilidade e fácil manipulação (MALI et al., 2002). Estudos feitos por LAWTON (1996), mostram que as embalagens a base de amido apresentam diferentes propriedades e estas diferenças são atribuídas ao conteúdo de amilose no amido. O inhame (*Dioscorea sp*) poderia ser uma boa fonte de amido para

produção de embalagens comestíveis, já que seu amido contém cerca de 30% de amilose, responsável pela formação dos filmes (MALI et al., 2002).

Os filmes e revestimentos comestíveis têm demonstrado ser uma técnica efetiva de preservação de frutas e hortaliças para manter a aparência fresca, a firmeza e o brilho, aumentando assim, o valor comercial (XU et al., 2002).

O aumento da demanda por alimentos de alta qualidade, longa vida de prateleira e prontos para servir, tem incentivado o desenvolvimento de produtos minimamente processados, que mantêm sua aparência natural e fresca (ARVANITOYANNIS e BILIADERIS, 1999).

A cenoura (*Daucus carota*) é uns dos vegetais mais populares, mas sua comercialização é limitada por sua rápida deterioração durante a estocagem, devido a mudanças fisiológicas que diminui sua vida de prateleira (PEIYIN et al., 1998). O produto perde a firmeza e desenvolve odores característicos do catabolismo anaeróbico, devido a alta taxa de respiração e a deterioração microbiológica (BARRY-RYAN et al., 2000). A cenoura minimamente processada durante a estocagem, rapidamente perde sua cor laranja brilhante e desenvolve uma cor esbranquiçada na superfície (BOLIN e HUXSOLL, 1991), diminuindo sua aceitabilidade pelo consumidor.

Segundo GARG et al. (1990), a vida útil dos vegetais refrigerados é principalmente afetada pela população psicotrófica, sendo *Pseudomonas* sp. o principal psicotrófico presente nestes alimentos. Vários autores têm encontrado contagens de psicotróficos em cenoura minimamente processada comercializadas em supermercados oscilando entre  $10^6$  e  $10^9$  UFC/mL. (GARG et al., 1990; GARCÍA-GIMENO et al., 1997; ROSA, 2002). Em 1993, nos EUA, a cenoura foi associada a um surto de infecção causada por *Escherichia coli* enterotoxigênica (BEUCHAT, 2002). TORRIANI e MASSA (1994), encontraram contagens altas de coliformes totais em amostras de cenoura minimamente processadas comercializadas industrialmente. Uma das doenças da cenoura estocadas sob refrigeração é a podridão causada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, ocasionando grandes perdas econômicas (MOLLOY, et al., 2004).

Tanto a proliferação microbiana quanto a descoloração na superfície do produto, podem ser controladas mediante a utilização de revestimentos comestíveis a base de biopolímeros (CISNEROS-ZEVALLOS et al., 1997) incorporados com compostos antimicrobianos.

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um revestimento comestível a base de amido de inhame adicionado de quitosana, como antimicrobiano, e avaliar seu efeito na conservação de cenoura minimamente processada.

## **BIBLIOGRAFAIA**

APPENDINI, P., HOTCHKISS, J. H. Review of antimicrobial food packaging. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 3, p.113-126, 2002.

ARVANITOYANNIS, I. & BILIADERIS, C. G. Physical properties of polyol-plasticized edible blends made of methylcellulose and soluble starch. **Carbohydrate Polymers**. v. 38, p.47-58, 1999.

BARRY-RYAN, C., PACUSSI, J. M., O'BEIRNE, D. Quality of Shredded Carrots as Affected by Packaging Film and Storage Temperature. **Journal of Food Science**. v.65, n.4, p.726-730, 2000.

BEUCHAT, L. R. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. **Microbes and infection**. v. 4, p.413-423, 2002.

BOLIN, H. R., HUXSOLL, C. C. Control of Minimally Processed Carrot (*Daucus carota*) Surface Discoloration Caused by Abrasion Peeling. **Journal of Food Science**. v. 56, p.416-418, 1991.

CISNEROS-ZEVALLOS, L., SALTVEIT, M. E., KROCHTA, J. M.. Hygroscopic Coatings Control Surface White Discoloration of Peeled (Minimally Processed) Carrots During Storage. **Journal of Food Science**. v. 62, n.2, p.363-366, 1997.

DEBEAUFORT, F., QUEZADA-GALLO, J. A., VOILLEY, A. Edible Films and Coatings: Tomorrow Packaging: A Review. **Critical Reviews in Food Science**. v. 38, n.4, p.299-313, 1998.

FANG, S. W., LI, C. F., SHIH, D. Y. C. Antifungal activity of chitosan and its preservative effect on low-sugar candied kumquat. **Journal of Food Protection**. v. 56, p.136-140, 1994.

- GARCÍA-GIMENO, R.M., ZURERA-COSANO, G. Determination of ready-to-eat vegetable salad shelf-life. **International Journal of Food Microbiology**. v. 36, p.31-38, 1997.
- GARG, N., CHUREY, J. J., SPLITTSTOESSER, D. F. Effect of processing conditions on the microflora of fresh-cut vegetables. **Journal Food Protection**. v. 53, n.8, p.701-703, 1990.
- GENNADIOS, A., HANNA, M. A. & KURTH, L. B. Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods: A Review. *Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie*, 30(4):337-350, 1997.
- GUILBERT, S., GONTARD, N., GORRIS G. M. Prolongation of the Self-life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings. **Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie**. v. 29, n.1 & 2, p.10-17, 1996.
- KROCHTA, J. M., DeMULDER-JOHNSTON C. Edible and Biodegradable Polymer Films: Challengers and Opportunities. **Food Technology**. v. 51, n.2, p. 61-74, 1997.
- LAWTON, J. W. Effect of starch type on the properties of starch containing films. **Carbohydrate Polymers**. v. 29, p.203-208, 1996.
- MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N., ZARITZKY N. E. Microstructural characterization of yam starch films. **Carbohydrate Polymers**. v. 50, p.379-386, 2002.
- McHUGH, T. H., HUXSOLL, C. C., KROCHTA, J. M. Permeability Properties of Fruit Puree Edible Films. **Journal of Food Science**. v. 61, n.1, p.88-91, 1996.
- MOLLOY, C., CHEAH, L-H., KOOLAARD, J.P. Induced resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in carrots treated with enzymatically hydrolysed chitosan. **Postharvest Biology and Technology**. v. 33, p.61-65, 2004.
- MUZZARELLI, R., TARSI, R., FILLIPPINI, O., GIOVANETTI, E., BIAGINI, G., VARALDO, P. R. Antimicrobial properties of N-carboxybutyl chitosan. **Antimicrobial Agents Chemotherapy**. p.2019-2023, 1990.
- OUATTARA, B., SIMARD, R., PIETTE, G., BÉGIN, A., HOLLEY R. A. Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. **International Journal of Food Microbiology**. v. 62, p.139-148, 2000.
- PEIYIN, L., BARTH, M. M. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**. v. 14, p.51-60, 1998.

- ROSA, O. O. **Microbiota associada a produtos hortícolas minimamente processados comercializados em supermercados.** Lavras-MG. Universidade Federal de Lavras. 2002. 120p. (Tese Doutorado).
- TORRIANI, S., MASSA, S. Bacteriological Survey on Ready-to-use Sliced Carrots. **Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie.** v. 27, n.5, p.487-490, 1990
- XU, S., XU, L. D. & CHEN, X. Determining optimum edible films for kiwifruits using an analytical hierarchy process. **Computers & Operations Research.** v. 908, p.1-9, 2002.

# REVESTIMENTOS E FILMES COMESTÍVEIS NA CONSERVAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade de um produto alimentício depende de suas características sensoriais, nutricionais e higiênicas, que mudam durante a estocagem e comercialização. Muitos processos químicos e físicos têm sido desenvolvidos para preservar a qualidade dos alimentos. Contudo, é necessária embalagem adequada para a conservação e comercialização do produto, por ter um papel preponderante na manutenção da qualidade do alimento (DEBEAUFORT et al., 1998).

O uso de filmes e revestimentos comestíveis vem se tornando tópico de grande interesse devido ao potencial para evitar a deterioração dos alimentos e pela característica de biodegradabilidade (McHUGH et al., 1996). Desta forma, as pesquisas sobre embalagens têm sido enfocadas em filmes e revestimentos comestíveis à base de biopolímeros, como proteínas, polissacarídeos e lipídios, que são completamente biodegradados, dentro de um período consideravelmente curto de tempo, contribuindo sobremaneira para a diminuição da poluição ambiental (GUILBERT et al., 1996).

Os filmes e revestimentos comestíveis têm demonstrado ser uma técnica efetiva de preservação de frutas e hortaliças para manter a aparência fresca, a firmeza e o brilho, aumentando assim, o valor comercial (XU et al., 2002).

Com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre filmes e revestimentos comestíveis, este trabalho discorrerá sobre os desenvolvimentos e os desafios que se encontram em suas aplicações, especialmente em alimentos com alto conteúdo de umidade.

O conceito de empregar filmes e revestimentos comestíveis em alimentos não é uma novidade. Os filmes comestíveis têm sido usados há muito tempo, por exemplo, o revestimento das salsichas inicialmente era de intestinos de animais (KROCHTA et al., 1997). Desde o século XII os chineses aplicavam cera nas

laranjas e limões, para aumentar a vida de prateleira dessas frutas (HARDENBERG, 1967).

O primeiro documento sobre filmes e revestimentos comestíveis apareceu em torno de 1800 (ALLEN et al., 1963). A partir de 1930, as ceras de abelha, parafina e carnaúba e os óleos mineral e vegetal foram usadas na conservação de frutas. Emulsões de cera e óleo têm sido utilizadas sobre frutas frescas para melhorar a aparência, cor e brilho, controlar o amadurecimento e retardar a perda de água (KAPLAN, 1986).

Cerca de 100 tipos de filmes e revestimentos comestíveis foram patenteados a partir de 1950. Apesar disso, o uso de embalagens comestíveis em alimentos processados, especialmente aqueles que contêm alto conteúdo de umidade, é uma área que tem recebido pouca atenção (GUILBERT et al., 1996).

Recentemente, pesquisas neste campo têm-se intensificado, devido a fatores como, demanda por alimentos de alta qualidade pelo consumidor, indústrias de alimentos que precisam de novas técnicas de estocagem, conceitos ambientais sobre disposição de matérias renováveis para embalagem e oportunidades para criar novos mercados por meio do uso de resíduos agrícolas (GENNADIOS et al., 1997).

Os filmes e revestimentos comestíveis são definidos por dois princípios. Primeiro, o termo comestível implica em os compostos usados na elaboração da embalagem serem GRAS, sigla em inglês que significa compostos geralmente reconhecidos como seguros pelo FDA (Food and Drug Administration), e processados dentro das Boas Práticas de Fabricação (BPF), estabelecidas para alimentos. Segundo, estes filmes e revestimentos devem ser feitos a partir de um polímero, tipicamente um biopolímero, já que a cadeia longa é necessária para dar certa insolubilidade e estabilidade à matriz da embalagem em meio aquoso (KESTER e FENNEMA, 1986; KLAHORST, 1999).

Os filmes e revestimentos comestíveis são apresentados em formas diferentes. Como filme, é uma fina película formada separadamente do alimento e depois aplicada sobre o ele. Como revestimento ou cobertura, é uma suspensão ou emulsão aplicada diretamente sobre a superfície do alimento, ocorrendo, após

a secagem, a formação de uma fina película sobre o produto (GENNADIOS e WELLER, 1990). O fino recobrimento sobre o produto alimentício age como barreira aos elementos externos, como umidade, óleo, vapor orgânico, protegendo o produto e estendendo a vida de prateleira (GUILBERT et al., 1996; KROCHTA, 1997; KLAHORST, 1999;).

## **2. COMPOSIÇÃO DOS REVESTIMENTOS E FILMES COMESTÍVEIS**

De acordo com sua composição, os filmes e revestimentos comestíveis podem ser classificados em três categorias.

1<sup>a</sup>. Hidrocoloidais - são filmes à base de polissacarídeos ou proteínas. Apresentam baixa permeabilidade ao oxigênio, dióxido de carbono e lipídeos. No entanto, devido à natureza hidrofílica, têm baixa barreira ao vapor de água (KROCHTA et al., 1994).

2<sup>a</sup>. Lipídicos - são compostos de lipídeos, os quais por sua natureza hidrofóbica apresentam baixa permeabilidade ao vapor de água (GUILBERT et al., 1996). Existem muitos lipídeos em forma cristalina, com baixa permeabilidade aos gases e ao vapor de água (KROCHTA et al., 1994).

3<sup>a</sup>. Compostos - são à base de proteínas mais lipídeos ou polissacarídeos mais lipídeos. Podem existir como camadas separadas, ou associados, em que ambos os componentes são adicionados ao filme. Na atualidade, as pesquisas têm sido focalizadas sobre embalagens compostas, porque combinam as vantagens de cada um dos componentes, reduzindo assim suas desvantagens (KROCHTA et al., 1994).

A base dos filmes e revestimentos comestíveis são os biopolímeros, como polissacarídeos, proteínas e lipídeos, derivados de várias fontes naturais.

O amido é um dos polissacarídeos mais importantes e abundantes na natureza, e tem sido objeto de numerosas investigações que relatam dentre outras, sua capacidade de formar revestimentos para aplicação na indústria de alimentos (ARVANITOYANNIS et al., 1998). O uso do amido pode ser uma solução interessante para filmes e revestimentos comestíveis devido a seu baixo

custo, alta produção, biodegradabilidade, comestibilidade e fácil manipulação (MALI et al., 2002).

O amido é obtido em forma granular de fontes renováveis como milho, inhame, mandioca, batata, cereais e legumes. É um material apropriado para uma variedade de usos na indústria (PETERSEN et al., 1999). Segundo LAWTON (1996) os filmes, dependendo da fonte do amido, apresentam diferentes propriedades atribuídas ao conteúdo de amilose no amido, que varia entre 18 e 30%. Quanto maior o teor, melhor será o filme formado (PETERSEN et al., 1999). No entanto, devido ao caráter hidrofílico, os filmes ou revestimentos à base de amido apresentam baixas propriedades de barreira ao vapor de água, mas estratégias estão sendo desenvolvidas para melhorar a estabilidade destes filmes e revestimentos à umidade (PETERSEN et al., 1999). A adição de plastificantes, como o sorbitol e glicerol, a filmes e revestimentos à base de amido de milho e de batata, com diferentes conteúdos de amilose, melhorou suas propriedades de barreira ao vapor de água. Assim, quanto maior foi a concentração do plastificante nos revestimentos menor foi a permeabilidade ao vapor de água, apresentando os revestimentos com sorbitol os menores valores de permeabilidade. Os revestimentos contendo maior conteúdo de amilose apresentaram menor permeabilidade ao vapor de água (GARCIA et al., 1999). A adição de óleo de girassol aos revestimentos à base de amido de milho, com diferente conteúdo de amilose, diminuiu significativamente a permeabilidade ao vapor de água; quando foram adicionados lipídeo e plastificante ao mesmo tempo, a permeabilidade foi ainda menor (GARCIA et al., 2000).

No Brasil, as principais fontes de amido para a indústria de alimentos são o milho (*Zea mays*) e a mandioca (*Manihot utilissima*). O inhame (*Dioscorea sp*) é considerado como fonte alternativa, por causa de várias propriedades desejáveis de seu amido, como a estabilidade em temperatura alta e pH baixo (ALVES et al., 1999). É uma boa fonte de amido para a produção de filmes e revestimentos comestíveis, porque o seu amido em base seca contém 30% de amilose, e este polissacarídeo no amido é o responsável pela formação dos filmes. Estes à base de amido de inhame (3,3% p/p de amido e 2% p/p de glicerol), apresentam matriz

homogênea, com estrutura estável em condições ambientes e permeabilidade ao vapor de água de  $1,55 \times 10^{-10} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$  a 25°C e 75% de umidade relativa, muito menor que a apresentada por outros filmes comestíveis à base de glúten de trigo/glicerol ( $7,0 \times 10^{-10} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ ) e hidroxipropil metilcelulose/glicerol ( $1,9 \times 10^{-10} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ ) nas mesmas temperatura e umidade relativa (MALI et al., 2002). Assim, esses filmes têm grande potencial de aplicação na indústria de alimentos, além de serem biodegradáveis.

Outros polissacarídeos usados para a produção de filmes e revestimentos comestíveis são os éteres de celulose, polímeros obtidos pela substituição parcial de grupos hidroxilas na celulose, que são solúveis em água e possuem boas propriedades formadoras de filmes. Entre eles estão a metilcelulose (MC), hidroxipropil celulose (HPC), hidroxipropil metilcelulose (HPMC) e carboximetilcelulose (CMC) (GENNADIOS et al., 1997; PETERSEN et al., 1999).

Pesquisas têm sido realizadas utilizando-se a quitosana, que é um polissacarídeo obtido da desacetilação da quitina, que produz filmes claros, consistentes e flexíveis, com boas propriedades de barreira ao oxigênio (KROCHTA et al., 1997). Os polissacarídeos alginato, pectina, carragenina, pululana, dentre outros, também têm sido muito pesquisados como base para filmes e revestimentos comestíveis.

Dentre as proteínas, são usadas as de origem animal como colágeno, gelatina, caseína, proteínas do soro de queijo, e as de origem vegetal, como a zeína, derivada do milho, a proteína isolada de soja e a proteína do glúten de trigo (GENNADIOS e WELLER, 1990; KROCHTA et al., 1997). Esta é composta por duas frações protéicas, a gliadina e a glutenina. A gliadina, solúvel em etanol a 70%, corresponde ao componente viscoso do glúten, enquanto a glutenina, insolúvel em etanol a 70%, contribui para as propriedades elásticas (MOREL et al., 2000).

A zeína é uma proteína de caráter hidrofóbico, devido à elevada concentração de aminoácidos não-polares, como leucina, alanina e prolina. Ela produz filmes com excelentes propriedades de barreira à umidade. Os revestimentos à base de zeína de milho formam cobertura insípida, dura e

transparente e apresentam estabilidade em alta umidade e calor, sendo normalmente usados para cobertura de doces, frutas secas, nozes, arroz, sementes e tabletes farmacêuticos. Um benefício adicional da zeína é sua resistência natural ao ataque bacteriano e de alguns insetos (KLAHORST, 1999).

As proteínas solúveis de soja também são usadas em produtos de padaria. Os revestimentos comestíveis nesses produtos freqüentemente são utilizados para dar brilho ou, como impermeabilizantes, em sementes, nozes e grãos inteiros (KLAHORST, 1999).

Pesquisadores vêm usando proteínas do leite, como caseína e do soro, na elaboração de filmes comestíveis e biodegradáveis. Esta é uma nova aplicação dos ingredientes derivados do leite, fornecendo uma alternativa à indústria de produtos lácteos, ou seja, agregar valor aos resíduos dos laticínios (CHEN, 1995; KLAHORST, 1999). A proteína do leite é composta de 80% de caseína e 20% de proteínas de soro. Estas são obtidas a partir do soro de queijo e separadas da lactose por ultrafiltração, depois são evaporadas e liofilizadas. As proteínas do soro são formadas por cinco frações:  $\alpha$ -Lactoalbumina ( $\alpha$ -La),  $\beta$ -Lactoglobulina ( $\beta$ -Lg), albumina sérica bovina (BSA), imunoglobulinas (Ig) e peptona-protease, sendo a  $\beta$ -Lg o componente de maior concentração, representando de 50 a 60% das proteínas. Comercialmente, são produzidas proteínas de soro concentradas (WPC) com 80% de proteína e proteínas isoladas de soro (WPI) com um conteúdo de proteína maior que 90% (McHUGH e KROCHTA, 1994; CHEN, 1995). As proteínas isoladas do soro têm a vantagem de ser muito solúveis em água em uma faixa extensa de pH e produzir filmes brilhantes, flexíveis e com excelentes propriedades de barreira para o oxigênio, aroma e óleos em umidades relativas intermédias e baixas (MILLER e KROCHTA, 1997; KLAHORST, 1999; SOTHORNVIT e KROCHTA, 2001). Filmes comestíveis usando frações individuais da proteína de soro têm sido pouco estudados devido ao alto custo de purificação e separação. Além disso, pesquisa feita por MATE e KROCHTA (1996), comparando as propriedades dos filmes feitos de proteína isolada de soro e filmes de  $\beta$ -Lactoglobulinas, mostra que não existem entre eles diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) na permeabilidade ao vapor de água e oxigênio.

Outras proteínas de origem animal, como gelatina e colágeno, têm sido utilizadas para produzir filmes comestíveis. A albumina de ovo é eficiente para dar brilho a produtos de padaria (KLAHORST, 1999).

Dentre os lipídeos estão as ceras de abelha, parafina, e carnaúba e os óleos mineral e vegetal, glicerídeos e acetilglicerídeos (GENNADIOS et al., 1997).

Alguns componentes são importantes na formação dos filmes e revestimentos, como os plastificantes, que são substâncias não-voláteis com alto ponto de fusão que quando adicionadas a outro material, mudam suas propriedades físicas e, ou, mecânicas (BANKER, 1966). Em filmes e revestimentos comestíveis, os plastificantes mais usados são o glicerol e o sorbitol, que atuam nas das pontes de hidrogênio, reduzindo as forças intermoleculares ao longo das cadeias do polímero, melhorando na embalagem suas propriedades mecânicas, como flexibilidade, força e resistência (KESTER e FENNEMA, 1986; McHUGH e KROCHTA, 1994a). McHUGH et al. (1994) examinaram o efeito do glicerol e sorbitol em filmes à base de proteína isolada de soro, e constataram que esses plastificantes reduziam as pontes de hidrogênio internas, aumentando, assim, a flexibilidade e permeabilidade ao vapor de água deles. Na mesma condição de concentração de plastificante e umidade relativa, os filmes com sorbitol apresentaram menor permeabilidade ao vapor de água do que os com glicerol.

### **3. MÉTODOS DE FABRICAÇÃO DE REVESTIMENTOS E FILMES COMESTÍVEIS**

A composição dos filmes e revestimentos deve conter substâncias que formem uma matriz resistente e que tenha capacidade de adesão às superfícies dos alimentos. Essas substâncias são capazes de formar uma estrutura contínua por ajuste das interações entre as moléculas submetidas a um tratamento químico ou físico (DEBEAUFORT et al., 1998). A formação de filmes e revestimentos comestíveis pode envolver um dos seguintes mecanismos.

1. Fusão e solidificação, usadas para gorduras sólidas e ceras.

2. Coacervação simples, que consiste na precipitação de um hidrocolóide que está disperso em solução aquosa. Esta precipitação pode ser obtida pela evaporação de um solvente (secagem), pela adição de um soluto não eletrólito e no qual o hidrocolóide não é solúvel (por exemplo, etanol), pela adição de um eletrólito que induz precipitação ou cruzamento dos componentes, ou pela modificação do pH da solução (DEBEAUFORT et al., 1998; KESTER e FENNEMA, 1986).
3. Coacervação complexa, que consiste em se obter a precipitação pela mistura de duas soluções de hidrocolóides com cargas elétricas opostas que interagem, formando o polímero complexo.
4. Gelificação ou coagulação térmica, que consiste no aquecimento das macromoléculas que envolvem desnaturação, formação de gel e precipitação. Isto ocorre, por exemplo, quando a proteína ovoalbumina é aquecida. A gelificação também pode ser obtida pelo resfriamento rápido de uma solução hidrocolóide que se encontra aquecida. Por exemplo, o ágar a 95°C está líquido, e quando resfriado abaixo de 45°C forma um gel e se solidifica (KESTER e FENNEMA, 1986; GUILBERT, 1996; DEBEAUFORT et al., 1998).

Os filmes são obtidos no laboratório pelo método “casting”, que consiste em espalhar a solução formadora do filme em uma superfície lisa e deixar secar. Na indústria, os filmes podem ser obtidos mediante os mesmos métodos usados para filmes plásticos flexíveis, como extrusão e co-extrusão para filmes multicamadas, laminação e, principalmente, por secagem em rolos para a remoção do solvente da solução polimérica (DEBEAUFORT et al., 1998).

Na indústria alimentícia são usados, principalmente, os revestimentos, os quais podem ser aplicados nos alimentos por diferentes métodos, como pulverização, imersão ou aplicação com pincéis, seguido de uma etapa de secagem para revestimentos hidrocoloidais ou esfriamento para revestimentos à base de lipídeos (DEBEAUFORT et al., 1998).

#### 4. BIODEGRADABILIDADE DAS EMBALAGENS COMESTÍVEIS

A grande importância dos filmes e revestimentos comestíveis é sua biodegradabilidade. Para que um material seja chamado de biodegradável, ele deve ser degradado completamente por microrganismos em compostos naturais, como CO<sub>2</sub>, água, metano, hidrogênio e biomassa (KROCHTA et al., 1997).

O processo de biodegradação envolve duas etapas: a despolimerização, que é a clivagem da cadeia do polímero, e a mineralização para carbono, água e sais, entre outros. Este processo possui três elementos-chave: microrganismo apropriado, ambiente e substrato adequados. Para que o processo de biodegradação seja eficiente, é importante que os microrganismos envolvidos tenham condições ambientes adequadas de calor, umidade, pH, nutrientes e oxigênio (KROCHTA et al., 1997). A degradação microbiológica pode seguir duas rotas: a degradação anaeróbica, que resulta na produção de biogás como metano e hidrogênio, que podem ser usados como fonte de energia, e a degradação aeróbica (PETERSEN et al., 1999).

O uso de embalagens biodegradáveis poderá contribuir na redução do uso de fontes não-renováveis e diminuir o lixo por meio da reciclagem biológica (KROCHTA et al., 1997) em que produtos da biodegradação como CO<sub>2</sub>, água e sais podem ser utilizados para a fertilização dos solos, e fotossíntese das plantas, com produção de novos biopolímeros. O uso de polímeros biodegradáveis pode substituir os polímeros sintéticos derivados do petróleo e diminuir a produção de dióxido de carbono na atmosfera proveniente dos combustíveis fósseis. A biodegradação de biopolímeros derivados de fontes renováveis recicla o CO<sub>2</sub> para a atmosfera em lugar de aumentá-lo (KROCHTA et al., 1997).

Nos últimos anos, têm sido estudadas misturas de biopolímeros naturais mais plásticos, com o objetivo de obter embalagens plásticas biodegradáveis; como o amido e polietileno de baixa densidade (PEBD). Essas embalagens desintegram-se em compostos menores, que, no entanto, podem não ser completamente biodegradáveis (KROCHTA et al., 1997; THRANATHAN, 2003). Devido a sua total biodegradabilidade, os biopolímeros utilizados nos filmes e revestimentos

comestíveis ajustam-se perfeitamente no ecossistema, evitando a poluição ambiental causada por resíduos sólidos não-biodegradáveis (THRANATHAN, 2003).

Segundo o Escritório de Avaliação Tecnológica do Congresso dos Estados Unidos (OTAUSC), as embalagens geram, anualmente, em média 60 milhões de toneladas de resíduos sólidos e, aproximadamente, 32 milhões correspondem à embalagem para alimentos (CHEN, 1995) representando, aproximadamente, 30% do resíduo urbano municipal, dos quais 13% são materiais plásticos não biodegradáveis (KROCHTA et al., 1997).

No Brasil, são produzidas de 240 mil a 300 mil toneladas/dia de resíduo urbano, dos quais o plástico, que é um dos materiais mais utilizados para acondicionamento de alimentos, representa 20% do total. A produção anual de plástico é de 2,2 milhões de toneladas e 40% deste total destina-se à indústria de embalagem. O consumo de plástico no Brasil, por habitante, é de 14 a 15 kg por ano (SOTERO, 2000). A maioria dos plásticos não é biodegradável ou degrada lentamente, o que gera volumes enormes de lixo. Além disso, sua decomposição muitas vezes origina substâncias nocivas como dioxinas, furanos e ftalatos entre outros, que afetam a saúde humana e o ambiente, aumentando assim a poluição ambiental, que é um dos fatores que mais está contribuindo para o aquecimento da terra (KLAHORST, 1999). Outra propriedade importante das embalagens comestíveis é que elas são obtidas de fontes naturais renováveis, criando novos mercados e oportunidades de utilização dos produtos base, que em sua maioria, são provenientes do setor agrícola (GENNADIOS et al., 1997).

## **5. PROPRIEDADES DE BARREIRA**

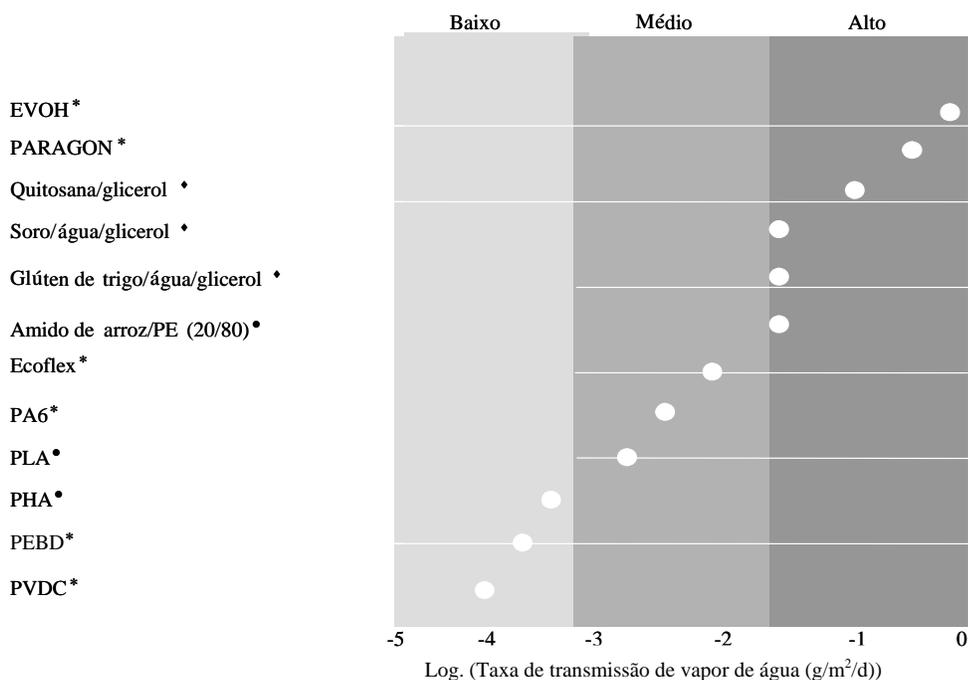
Muitos alimentos requerem condições atmosféricas específicas para manter sua qualidade durante a estocagem. Para assegurar uma composição de gases constante dentro da embalagem é necessário que o material da embalagem apresente uma barreira aos gases e ao vapor de água.

A eficiência funcional dos filmes e revestimentos comestíveis vai depender de sua composição. Muitos, por serem à base de polissacarídeos ou proteínas possuem caráter hidrofílico, apresentando, por isso, baixa ou moderada resistência à umidade; contudo quando se compara a taxa de transmissão de vapor de água de filmes comestíveis, em relação aos sintéticos (Figura 1), torna-se claro que é possível produzir filmes e revestimentos comestíveis com taxa de transmissão ao vapor de água similar a alguns filmes plásticos e ainda melhor que a apresentada pelo etileno vinil álcool (EVOH), que é um filme plástico com alta taxa de permeabilidade ao vapor de água. Uma embalagem com eficiente barreira ao vapor de água é desejável para a conservação de muitos alimentos, como produtos frescos ou congelados, evitando a desidratação na superfície (DEBEAUFORT et al., 1998). Devido a essa natureza hidrofílica, os filmes e revestimentos comestíveis hidrocoloidais apresentam permeabilidade ao oxigênio baixa, comparada a alguns tipos de embalagens sintéticas, o que é desejável, por exemplo, quando se quer diminuir a taxa de respiração de frutas, para retardar o amadurecimento (Figura 2) (KROCHTA et al., 1994; DEBEAUFORT et al., 1998).

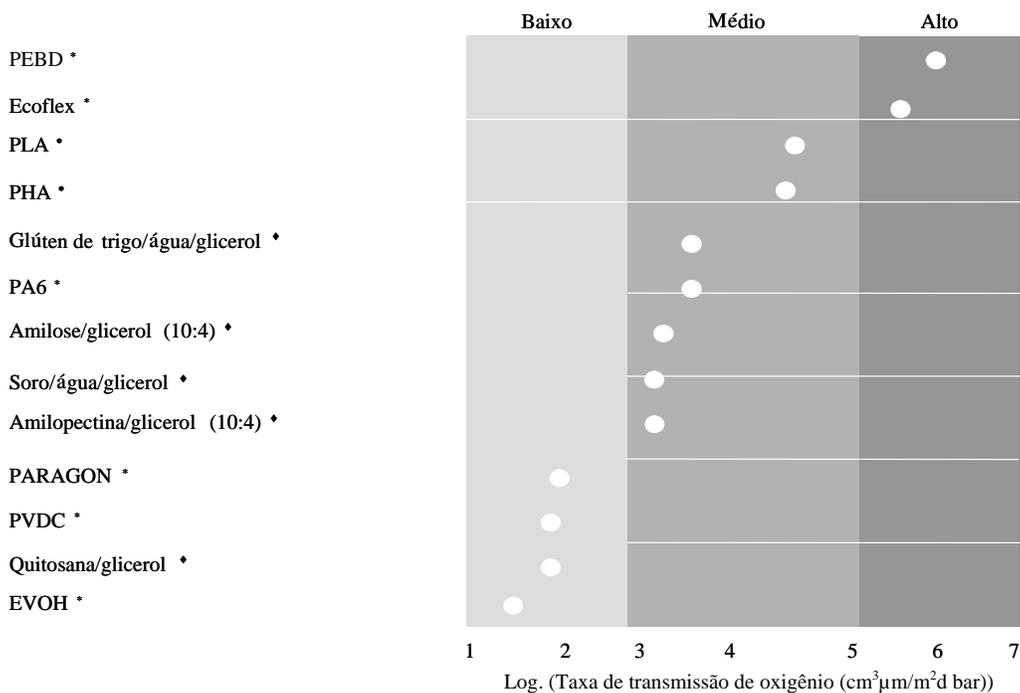
As propriedades de barreira à umidade de filmes comestíveis são influenciadas pela adição de compostos lipídicos que reduzem o transporte da umidade. ANKER et al. (2002) estudaram o efeito de lipídeos em filmes compostos à base de proteína isolada de soro e éster monoglicerídeo de ácido acético, elaborados nas formas de laminados, ou seja, em camadas separadas, e associados, isto é, feitos a partir da emulsão. Observaram que a adição do lipídeo nas duas formas de preparação dos filmes diminuiu a permeabilidade ao vapor de água, sendo na forma de camadas separadas o efeito ainda melhor, diminuindo a permeabilidade em torno de 70 vezes, enquanto nos filmes feitos a partir da emulsão a permeabilidade foi de, aproximadamente, metade do valor, em relação ao filme de proteína isolada de soro. Esta diferença de permeabilidade nos dois filmes está relacionada com a distribuição do lipídeo; o filme em bicamada, o lipídeo forma uma camada contínua e homogênea sobre a matriz hidrocoloidal, enquanto no filme feito a partir da emulsão, o lipídeo fica disperso dentro da matriz

hidrocoloidal e, portanto, as moléculas de água podem permear através da fase hidrofílica (DEBEAUFORT et al., 1993).

QUEZADA GALLO et al. (2000), usando filmes compostos, feitos a partir de emulsões de metilcelulose e diferentes lipídeos (óleo e cera de parafina, triglicerídeos), observaram que eles compostos apresentavam melhor barreira ao vapor de água que os à base de metilcelulose sem lipídeos, e que a permeabilidade ao vapor de água era influenciada pela natureza do lipídeo utilizado. Quando foi usado óleo ou cera de parafina, que são lipídeos mais densos e menos polares, observou-se uma permeabilidade duas a três vezes menor do que quando foram usados triglicerídeos relativamente mais hidrofílicos e menos densos. Este efeito também foi observado por AVENA-BUSTILLOS e KROCHTA (1993), em filmes à base de caseinato com diferentes lipídeos (acetilmonoglicerídeos, cera de abelha e ácido esteárico). O filme caseinato/cera de abelha foi o que apresentou a menor permeabilidade. Este comportamento dos lipídeos está relacionado com sua estrutura cristalina. As ceras de parafina e abelha apresentam cristais ortorrômbicos que fazem sua estrutura mais densa e compacta, com pouco espaço livre para a migração das moléculas de água, enquanto os triglicerídeos apresentam cristais hexagonais, fazendo uma estrutura menos compacta (DEBEAUFORT et al., 2000).



**FIGURA 1.** Permeabilidade ao vapor de água de filmes comestíveis e sintéticos a 23°C e 50% de UR. Fontes: BUTLER et al., 1996; RINDLAV-WESTLING et al., 1998. \* Sintético, ♦ Comestível e biodegradável, • Biodegradável. EVOH: Etileno vinil álcool, PA6: Poliamida 6. PLA: ácido poliláctico. PHA: Polihidroxi alceno. PEBD: Polietileno de baixa Densidade, PVDC: Policloreto de vinilideno



**FIGURA 2.** Permeabilidade ao oxigênio de filmes comestíveis hidrocoloidais e sintéticos a 23°C e 50% de UR. Fontes: BUTLER ET AL., 1996; RINDLAV-WESTLING et al., 1998. \* Sintético, ♦ Comestível e biodegradável, • Biodegradável. EVOH: Etileno vinil álcool. PA6: Poliamida 6. PLA: ácido poliláctico. PHA: Polihidroxi alceno, PEBD: Polietileno de baixa Densidade, PVDC: Policloreto de vinilideno.

Estudos têm demonstrado que a umidade relativa (UR) exerce forte influência sobre as propriedades de barreira dos filmes e revestimentos comestíveis. Em UR de 0% os filmes de glúten de trigo apresentam baixa permeabilidade a oxigênio e CO<sub>2</sub>, porém à medida que aumenta a UR a permeabilidades dos filmes aos gases aumenta substancialmente. No caso de UR acima de 50%, o efeito torna-se exponencial (GONTARD et al., 1996). Este efeito pode ser explicado por modificações na matriz estrutural da proteína pelas moléculas de vapor de água, com conseqüente, aumento na mobilidade das cadeias poliméricas, correspondendo à transição da fase vítrea para a viscoelástica em UR altas (GONTARD et al., 1992). Este mesmo efeito exponencial da UR sobre as propriedades de barreira dos filmes foi observado por McHUGH e KROCHTA (1994a) em filmes à base de proteína isolada de soro. Um comportamento similar nas propriedades de barreira tem sido observado em outros filmes comestíveis em diferentes umidades relativas (Quadro 1). Um mesmo filme em diferentes umidades relativas apresenta diferente permeabilidade aos gases e quanto maior for a umidade relativa mais alta será a permeabilidade aos gases, indicando que a permeabilidade ao oxigênio e gás carbônico dos filmes comestíveis hidrocoloidais é dependente da umidade relativa do ambiente. No Quadro 1 observa-se claramente a ação dos lipídeos (Éster tártarico diacetilado monoglicerídeo, cera de abelha, ácidos graxos) sobre as propriedades de barreira dos filmes comestíveis. A diminuição da permeabilidade pela adição dos lipídeos pode ser relacionada a uma redução no conteúdo de água do filme, devido à presença de substâncias hidrofóbicas ou ao fortalecimento da matriz estrutural das proteínas pelos lipídios. A permeabilidade dos filmes comestíveis ao oxigênio pode ser muito baixa e até mesmo criar condições de anaerobiose no interior das embalagens. Nestes casos, métodos de processamento deveriam ser usados para evitar o crescimento de microrganismos anaeróbios (GUILBERT et al., 1996).

## 6. PROPRIEDADES MECÂNICAS

As propriedades mecânicas de filmes comestíveis dependem da matéria-prima usada na obtenção do filme e, especialmente, de sua coesão estrutural. Coesão é o resultado da habilidade de um polímero de formar uniões moleculares fortes e numerosas entre as cadeias do polímero, dificultando assim a separação delas. Esta habilidade depende da estrutura do polímero e, especialmente, de sua força molecular, geometria, peso molecular e distribuição e posição de seus grupos laterais (GUILBERT et al., 1996).

As propriedades mecânicas nos filmes são tão importantes como as de barreira. Dentre elas estão a força de tensão, alongamento, resistência à tração, módulo elástico, flexibilidade, entre outras (CHEN, 1995; ROBERTSON, 1993). Os filmes devem ser geralmente resistentes à quebra e abrasão, para proteger a estrutura de um alimento e flexíveis para se adaptarem à possível deformação do alimento sem se romper (GUILBERT et al., 1996).

As interações entre os biopolímeros e pequenas moléculas como água, plastificantes, lipídeos e outros aditivos dispersos na matriz também contribuem para o comportamento mecânico das embalagens (CHEN, 1995). ARVANITOYANNIS e BILLIADERIS (1999) estudaram o efeito dos plastificantes glicerol, sorbitol e xilose sobre as propriedades mecânicas de filmes à base de amido e metilcelulose e observaram que, à medida que aumenta a concentração de plastificantes na composição do filme, diminui a força de tensão e aumenta a porcentagem de alongamento. Em filmes à base de proteína isolada de soro, os plastificantes glicerol e sorbitol também mudaram as propriedades mecânicas do filme. A porcentagem de alongamento dos filmes aumenta com a concentração dos plastificantes. Em uma mesma concentração de plastificante (30%), os filmes com glicerol apresentaram porcentagem de alongamento de 30%, enquanto nos filmes com sorbitol foi menor que 5%. Em maior concentração de plastificante, o módulo elástico diminui e a flexibilidade do filme aumenta (McHUGH e KROCHTA, 1994a).

**QUADRO 1.** Permeabilidade de filmes comestíveis ao oxigênio e gás carbônico, a 25°C, em diferentes umidades relativas.

Tipo de filme	Espessura (mm)	Permeabilidade O <sub>2</sub> mL.mm/(m <sup>2</sup> .d.atm)	Permeabilidade CO <sub>2</sub> mL.mm/(m <sup>2</sup> .d.atm)	Umidade	
				Seletividade (pCO <sub>2</sub> /pO <sub>2</sub> )	relativa (%)
Pectina	0,055	57,50	-	-	87
Pectina	0,055	258,80	4132	16,00	96
Quitosana	0,020	91,40	1553	17,00	93
Pullulana	0,020	3,30	14	4,24	30
Pullulana/goma arábica	-	3,05	10	3,27	36
Glúten de trigo	0,100	190,00	4750	25,00	91
Glúten de trigo	0,100	250,00	7100	28,40	94,5
Proteínas de peixe	0,030	56,00	-	-	86
Proteínas de peixe	0,030	169,00	2156	12,75	92
Caseinato de sódio	0,083	77,00	462	6,00	77
Gluten-DATEM	0,100	153,00	1705	11,14	94,5
Glúten-cera de abelha	0,100	133,00	1282	9,64	91
Caseinato de sódio/Myvacet	0,088	83,00	154	1,85	48
MC/HPMC/ácidos graxos	-	46,60	180	3,86	52
MC/cera de abelha (bicamada)	-	4,00	27	6,75	42
Gluten-DATEM/cera de abelha	0,140	<3,00	15	>5,00	56
Glúten-cera de abelha/cera de abelha	0,140	<3,00	13	>5,00	56

DATEM: Éster tartárico diacetilado monoglicerídeo. HPMC: Hidroxipropilmetil celulose. MC: Metilcelulose.

Fonte: GUILBERT et al., 1996; GONTARD et al., 1996.

## 7. CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS

As características sensoriais de um alimento são usualmente um reflexo de sua qualidade, por isso, é importante que essas características prevaleçam durante todo o tempo de estocagem dos produtos. Os filmes e revestimentos comestíveis mantêm as características sensoriais e propriedades de textura dos alimentos (GENNADIOS et al., 1997; GUILBERT et al., 1996). Pesquisa feita por

GARCÍA et al. (1998) mostra que revestimentos à base de amido aplicados em morangos podem manter as suas características sensoriais, pois os frutos revestidos retiveram por mais tempo a firmeza, aroma, cor, peso e frescura.

Filmes e revestimentos comestíveis ajudam a manter as características desejáveis no alimento, como cor, umidade, sabor, acidez, doçura, salinidade e tempero, entre outras (KESTER e FENNEMA, 1986). PARK et al. (1994) avaliaram as propriedades sensoriais em tomates revestidos com zeína e estocados a 21°C. Dos atributos sensoriais estudados, a acidez e o sabor não foram afetados pelo revestimento, enquanto a cor e a firmeza foram significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) entre os tomates revestidos e os não-revestidos. O revestimento de zeína retardou a maturação do tomate preservando a firmeza e cor, seus principais atributos no mercado. LERDTHANANGKUL e KROCHTA (1996) avaliaram o efeito de diferentes revestimentos, como proteína isolada de soro, óleo mineral, caseinato de sódio, caseinato de sódio/cera de abelha e Nature Seal (produto comercial à base de celulose) sobre o pimentão verde. Os autores observaram que o pimentão não se beneficiava com os revestimentos de barreira a gases, e sim com os que ofereciam barreira ao vapor de água, devido ao pimentão verde ser um fruto não climatérico e apresentar baixa taxa de respiração. A perda de água foi a característica mais importante apresentada pelo produto durante a estocagem. Depois de 18 dias de estocagem a 10°C e UR de 80-85%, os pimentões revestidos com óleo mineral apresentaram perda de umidade de 3,2%; com os outros revestimentos, a perda foi acima de 7,5%. Assim, o óleo mineral foi o revestimento mais indicado para evitar a redução de umidade nos pimentões, mantendo a firmeza do produto.

Os filmes e revestimentos comestíveis são utilizados também para veicular antioxidantes, que evitam o escurecimento em frutas e vegetais cortados. O ácido ascórbico adicionado em revestimentos à base de carboximetilcelulose/proteína de soja foi mais eficaz para retardar o escurecimento em maçãs e batatas cortadas, do que quando aplicado em solução aquosa no produto. Isso se deve ao fato de que o ácido ascórbico dentro da matriz do biopolímero é mais estável e menos propenso a apresentar degradação oxidativa (BALDWIN et al., 1996).

A taxa de rancidez nos alimentos também pode ser reduzida pelo uso de embalagens com baixa permeabilidade ao oxigênio. Filmes e revestimentos à base de proteína de glúten, proteína de soja, carragenina e quitosana foram aplicados em carne de boi pré-cozida, para avaliar a oxidação dos lipídeos e perda de umidade. Os revestimentos, à exceção da quitosana, foram eficientes no controle da oxidação dos lipídeos (WU et al., 2000).

## **8. REVESTIMENTO COMESTÍVEL ANTIMICROBIANO**

Uma inovação da embalagem comestível é que ela pode carrear aditivos alimentares, como antimicrobianos, vitaminas, saborizantes, antioxidantes, nutrientes, corantes e outros ingredientes funcionais, interagindo com o alimento, para se obter um resultado desejável. Essa interação objetiva melhorar a estabilidade, qualidade, segurança e funcionalidade dos alimentos (LABUZA e BREENE, 1989). É importante lembrar que essas substâncias, ao serem consumidas, devem ser GRAS, processadas dentro das Boas Práticas de Fabricação e adicionadas em quantidades estabelecidas pela regulamentação vigente.

A embalagem antimicrobiana pode reduzir, inibir ou retardar o crescimento da microbiota presente no alimento (APPENDINI e HOTCHKISS, 2002). Os antimicrobianos podem controlar a contaminação microbiana mediante três mecanismos: redução da taxa de crescimento dos microrganismos, aumento da fase lag ou inativação por contato (QUINTAVALLA e VICINI, 2002).

O crescimento de microrganismos, tanto deterioradores quanto patogênicos, pode ser prevenido pela incorporação de agentes antimicrobianos no filme ou revestimento, ou pelo uso de polissacarídeos com propriedades antimicrobianas naturais (DEBEAUFORT et al., 1998).

Os antimicrobianos mais utilizados são o ácido sórbico, ácido propiônico, sorbato de potássio, ácido benzóico, benzoato de sódio e ácido cítrico (QUINTAVALLA e VICINI, 2002). Como antimicrobianos também estão sendo usadas bacteriocinas, como nisina e pediocina (SEBTI e COMA, 2002). A lisozima

é outra substância natural que está sendo incorporada nas embalagens comestíveis para inibir o crescimento microbiano, especialmente de bactérias gram-positivas (PADGETT et al., 1998).

A contaminação microbiana reduz a vida de prateleira dos alimentos e aumenta o risco de transmissão de doenças. Ela é maior na superfície do produto, e a embalagem antimicrobiana pelo contato com o alimento e liberação gradativa dos compostos antimicrobianos, têm função importante na conservação do alimento (APPENDINI e HOTCHKISS, 2002).

Tradicionalmente, os antimicrobianos são adicionados diretamente aos alimentos, mas sua atividade pode ser inibida por muitas substâncias do próprio alimento. Por exemplo, emulsificantes e ácidos graxos no leite interagem com a nisina reduzindo sua atividade antimicrobiana sobre a *Listeria monocytogenes* (JUNG et al., 1992). VOJDANI e TORRES (1989) constataram que o sorbato de potássio, quando adicionado diretamente no alimento, pode ser rapidamente absorvido da superfície do alimento, perdendo seu efeito protetor nesse local. Quando o sorbato foi adicionado na matriz de um filme à base de metilcelulose e hidroxipropilmetilcelulose, o filme permitiu lenta difusão do sorbato para a superfície do alimento, o que melhorou a proteção desta. Outra pesquisa também mostra que o ácido sórbico, quando incorporado em filmes a base de pectina/glúten/monoglicérides, apresentou uma atividade antimicrobiana maior sobre o crescimento de fungos do que quando incorporado diretamente ao alimento (GUILBERT et al., 1997).

Os filmes e revestimentos comestíveis com uma taxa de difusão baixa do antimicrobiano são desejáveis, por manter alta concentração do antimicrobiano por um tempo mais longo. A liberação do antimicrobiano a partir do polímero tem que ser mantida em uma taxa mínima. No entanto, a concentração do antimicrobiano na superfície deve permanecer acima da concentração inibitória mínima (HAN, 2000).

Os antimicrobianos podem ser adicionados aos polímeros mediante fusão, ou por solubilização do composto dentro da matriz. Devido a muitos antimicrobianos serem sensíveis ao calor, o método por solubilização é o mais indicado para

incorporá-los na matriz do biopolímero (APPENDINI e HOTCHKISS, 2002). Por exemplo, para evitar a desnaturação da lisozima, uma enzima sensível ao calor, foi utilizado o método de solubilização para a sua incorporação no filme à base de ésteres de celulose (APPENDINI e HOTCHKISS, 1997). Embora as bacteriocinas, como nisina e pediocina, sejam relativamente resistentes ao calor, suas atividades antimicrobianas podem ser maiores quando o calor não for utilizado no processo. Pesquisas feitas sobre a nisina mostram que sua atividade antimicrobiana em filmes comestíveis à base de metilcelulose, hidroxipropilmetilcelulose, carragenina e quitosana, feitos mediante processo *cast*, que não utiliza calor, é três vezes maior que em filmes processados mediante calor (CHA, 2001).

A difusão dos antimicrobianos na matriz dos biopolímeros pode ser reduzida pela adição de compostos hidrofóbicos. Redl et al. (1996) demonstraram que a adição de cera de abelha e acetilmonoglicerídeos em filmes de glúten de trigo reduziu a difusão do ácido sórbico. Efeito similar foi observado por VOJDANI e TORRES (1990) em filmes à base de metilcelulose e hidroxipropilmetilcelulose/ácidos graxos, nos quais os ácidos graxos diminuíram a liberação do sorbato de potássio. Ouatarra et al. (2000) observaram que o ácido acético incorporado em filmes de quitosana ficou mais retido quando ao filme foi adicionado ácido láurico.

A quitosana tem sido muito utilizada na composição de filmes antimicrobianos, porque, além de ter boas propriedades formadoras de filmes, possui ação bactericida e fungicida. Esta ação é devida a sua capacidade de ligar-se às moléculas de água, inativar as enzimas microbianas e absorver os nutrientes usados pelos microrganismos (OUATTARA et al., 2000). Os revestimentos à base de quitosana aplicados em frutas induzem a produção da enzima quitinase, que é um agente antifúngico natural (DEBEAUFORT et al., 1998). Em fungos, a quitosana pode também produzir alterações nas funções da membrana, por interação com a superfície eletronegativa deles, levando a mudanças na permeabilidade, distúrbios metabólicos e morte celular (FANG et al., 1994). Segundo MUZZARELLI et al. (1990), a atividade antimicrobiana da quitosana sobre bactérias é devida à natureza policatiônica da molécula de

quitosana, que permite a interação e formação de complexos polieletrólitos com os polímeros ácidos produzidos na superfície da bactéria (lipopolissacarídeos, ácido teicóico e teicurônico). Filmes e revestimentos à base de quitosana testados sobre *Listeria monocytogenes* inibiram o crescimento desse microrganismo (COMA et al., 2002). EL GHAOUTH et al. (1992) mostraram que revestimentos a base de 1 e 2% de quitosana reduziram no tomate a incidência de deterioração, principalmente a causada por *Botrytis cinerea*. Depois de 28 dias de estocagem a 20°C, a porcentagem de contaminação nos tomates revestidos com 2% de quitosana foi de 3,1%, enquanto nos não-revestidos foi de 28,1%. Em tomates revestidos com quitosana, a porcentagem de deterioração foi significativamente menor ( $P \leq 0,05$ ).

## 9. APLICAÇÕES EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

O uso de filmes e revestimentos comestíveis nos alimentos tem diversos objetivos, dos quais os mais importantes são: reduzir a perda de umidade, controlar a permeabilidade aos gases, controlar a atividade microbiana, preservar a integridade estrutural dos produtos e possibilitar liberação gradual do sabor e de antioxidantes em alimentos (ARVANITTOYANNIS et al., 1996).

As embalagens comestíveis têm muitas aplicações na indústria de alimentos. Na indústria de carnes, os revestimentos à base de carragenina têm sido utilizados para evitar a desidratação superficial de carnes frescas e congeladas (DEBEAUFORT et al., 1998). Revestimentos à base de alginato de cálcio têm sido utilizados em carcaça de cordeiro para reduzir a população microbiana e preservar o sabor e as características sensoriais (LAZARUS et al., 1976) e em carne bovina para a manutenção da cor desejada (WILLIAMS et al., 1978). Revestimentos comestíveis à base de proteína isolada de soro e acetilmonoglicerídeos aplicados no salmão reduziram a perda de água de 42 a 65% durante as três primeiras semanas de estocagem em temperatura de congelamento a -23°C (STUCHELL e KROCHTA, 1995).

Revestimentos à base de amido de mandioca aplicado como emulsão em morangos frescos contribuíram para diminuição da perda de peso, retenção de cor e aumento da vida de prateleira dos frutos, comparados com o controle (HENRIQUE e CEREDA, 1999). No mercado norte-americano, existe uma cobertura para conservação de frutas à base de hidroxipropilcelulose e uma mistura de vitaminas e minerais, comercializada com o nome de Nature Seal. Resultados de pesquisas que avaliaram este produto em manga mostraram que os frutos revestidos apresentavam aumento na vida de prateleira, um retardo no processo de amadurecimento, menor amolecimento e perda de peso, comparados com os não-revestidos (BALDWIN et al., 1999).

Os revestimentos comestíveis também têm sido usados em frutas e vegetais minimamente processados. Nesses produtos, os revestimentos comestíveis oferecem uma barreira semipermeável aos gases e ao vapor de água e reduzem a taxa de respiração. Além disso, evitam a perda de água, as mudanças de cor, melhoram a textura e a integridade mecânica, retendo o sabor e reduzindo o crescimento microbiano, aumentando, dessa forma, a vida de prateleira do produto (BALDWIN et al., 1995; BALDWIN et al., 1996). Os revestimentos comestíveis podem criar uma barreira que retarda a perda de sabor e água. Por outro lado, restringem o intercâmbio de  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ , criando uma atmosfera modificada com níveis relativamente altos de  $\text{CO}_2$  e baixos de  $\text{O}_2$ . Essa atmosfera não deve, porém, criar condições de anaerobiose que possam causar respiração anaeróbia, sabor não-desejável e crescimento de microrganismos anaeróbios (BALDWIN et al., 1995).

A taxa de respiração alta e a produção de etileno em produtos minimamente processados, resultantes do processo, podem ser teoricamente reduzidas por aplicação de uma membrana semipermeável, como os revestimentos comestíveis (BALDWIN et al., 1995). Estudos feitos por WONG et al. (1994) com revestimentos compostos à base de diferentes polissacarídeos, como pectina, celulose microcristalina, carragenina e alginato e acetilmonoglicerídeos usados em maçãs cortadas em cubos mostram que todos os revestimentos testados reduziram

substancialmente a taxa de produção de CO<sub>2</sub> e etileno no produto, sendo a redução do etileno de aproximadamente 90%.

AVENA-BUSTILLOS et al. (1994) observaram que o uso de revestimentos à base de caseinato de sódio/ácido esteárico em cenouras descascadas ajudava a manter a umidade e reduzia o esbranquiçamento na superfície do produto. Segundo TATSUMI et al. (1991), o esbranquiçamento na superfície de cenouras minimamente processadas é atribuído à desidratação. Filmes e revestimentos a base de purê de maçã e lipídeos resultaram ser um método excelente para estender a vida de prateleira de maçãs minimamente processadas, reduzindo a perda de água e mantendo a cor por 12 dias a 5°C, sendo os filmes mais eficientes que os revestimentos no controle da transferência de massa (McHUGH e SENESI, 2000).

Uma aplicação interessante dos revestimentos comestíveis ocorre em alimentos para fritar. Um revestimento de metilcelulose e sorbitol foi utilizado em batata palito. Depois de fritas as batatas apresentaram redução do 40,6% no teor de lipídeos em relação ao controle (GARCÍA et al., 2002). Outra aplicação muito usada ocorre em alimentos compostos de produtos de diferentes teores de umidades prontos para o consumo, como cereais secos contendo uvas passas. Estas têm um teor de umidade de 13 a 18%, enquanto o dos cereais é de 2 a 3%. Portanto, as uvas devem ser cobertas com um revestimento para evitar a perda de água para os cereais, o que levaria à perda da crocância destes. Outra pesquisa mostra que um revestimento feito de metilcelulose e ácido palmítico utilizado na conservação do cone para sorvete evitou a perda de crocância do cone por três meses a -23°C, ao evitar que a umidade do sorvete passasse para o cone (RICO-PEÑA e TORRES, 1990).

## **10. SEGURANÇA ALIMENTAR E SAÚDE**

A segurança alimentar, um dos principais objetivos dos processadores de alimento, e a demanda de alimentos seguros, por parte do consumidor, têm aumentado consideravelmente nos últimos anos. A determinação de aceitabilidade

de materiais para filmes e revestimentos comestíveis segue procedimentos idênticos para os materiais utilizados nas formulações alimentícias. Um polímero comestível geralmente é reconhecido como seguro para ser utilizado na elaboração de filmes comestíveis se previamente tem sido determinado como GRAS, e seu uso em filmes ou revestimentos comestíveis deve ser de acordo com as boas práticas de processamento, como grau alimentício, preparo e manipulação e usado em quantidades não maiores que as necessárias para executar sua função (KROCHTA, 1997).

Os filmes e revestimentos comestíveis podem ser considerados como ingrediente, quando melhoram a qualidade nutricional do alimento, ou aditivo, quando não incrementa o seu valor nutricional. Por serem embalagem e componente alimentar ao mesmo tempo, não devem interferir nas características sensoriais do produto e na estabilidade bioquímica, físico-química e microbiológica, além de terem eficientes propriedades mecânicas e de barreira, serem livres de tóxicos, seguros para a saúde, não poluentes e possuem baixo custo do material e do processo de produção (DEBEAUFORT et al., 1998).

No Brasil, não existe na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) uma legislação específica para filmes e revestimentos comestíveis, mas eles são considerados como ingrediente ou aditivo e devem obedecer ao Decreto 55.871, de 26 de março de 1965, sobre normas reguladoras de emprego de aditivos para alimentos, e à Portaria nº 540 – SVS/MS, de 27 de outubro de 1997 (ANVISA) que trata sobre o Regulamento Técnico de Aditivos Alimentares e Coadjuvantes de Tecnologia de Fabricação, além das considerações do Codex Alimentarius e do FDA.

Os filmes e revestimentos comestíveis podem carrear suplementos alimentícios, e os preparados à base de proteína dependendo da qualidade desta, podem melhorar o valor nutricional dos alimentos. A qualidade nutricional dos materiais utilizados para filmes comestíveis pode ser afetada positiva ou negativamente pela temperatura, pH e, ou, solventes usados na preparação dos filmes (KROCHTA e DeMULDER-JOHNSTON, 1997).

## 11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os filmes e revestimentos comestíveis produzidos a partir de biopolímeros apresentam numerosas vantagens, dentre elas a de serem biodegradáveis, recicláveis, carreadores de aditivos alimentares e possuem boas propriedades de barreira e mecânicas, contribuindo, assim para melhorar a aparência dos alimentos e proteger suas propriedades durante a estocagem e manipulação. Mantêm ou melhoram as características sensoriais e propriedades de textura nos alimentos (PSOMIADOU et al., 1996) e adicionam valor nutricional ao produto, especificamente os produzidos a base de proteínas (GENNADIOS e WELLER, 1990; PADGETT et al., 1998). Os benefícios e aplicações de filmes e revestimentos comestíveis em alimentos são evidentes. Embora ofereçam muitas oportunidades para manter ou melhorar a qualidade, estabilidade ou segurança dos alimentos, relativamente poucos destes benefícios são explorados comercialmente, principalmente por não existir um sinergismo entre a pesquisa básica aplicada realizada em institutos e universidades e a indústria alimentícia.

Os filmes e revestimentos comestíveis, contudo, apresentam algumas desvantagens, entre elas as reações alérgicas e intolerância a seus componentes, apresentadas por alguns consumidores, às proteínas do glúten de trigo ou às do leite (GENNADIOS et al., 1997; KROCHTA e DeMULDER-JOHNSTON, 1997). Apresentam, ainda, modificação de suas propriedades mecânicas e óticas em UR altas (GONTARD et al., 1996), alta permeabilidade ao vapor de água, no caso dos filmes e revestimentos hidrocoloidais (CHEN, 1995), e susceptibilidade à oxidação, no caso daqueles produzidos à base de lipídeos (GUILBERT et al., 1996).

Com os filmes e revestimentos comestíveis tem-se a embalagem perfeita? Dentro de uma visão ambiental os filmes e revestimentos comestíveis seriam uma embalagem perfeita, mas observando as características necessárias às embalagens, eles não preenchem todas essas características. Entretanto, os filmes e revestimentos comestíveis apresentam grande potencial na substituição da embalagem sintética em muitas aplicações. Por exemplo, em alimentos heterogêneos prontos para o consumo, em que se separam os diferentes

componentes desse alimento, evitando a transferência de massa entre eles. E em alimentos com baixo conteúdo de água vulneráveis à oxidação e perda de aroma, como os revestimentos usados em frutas e hortaliças inteiras ou minimamente processadas, onde oferecem proteção individual.

Embora seja improvável que os filmes e revestimentos comestíveis possam substituir a embalagem sintética convencional, pesquisas sobre filmes e revestimentos comestíveis e, ou, biodegradáveis são necessárias e ajudam a diminuir os milhões de toneladas de plásticos que se consomem na atualidade, particularmente quando os resíduos dessa embalagem ameaçam a qualidade de vida sobre o planeta.

## **BIBLIOGRAFIA**

ALLEN, L. NELSON, A. I. STEINBERG, M. P. & MCGILL, J. N. Edible carbohydrates food coating II: Evaluation on fresh meat products. **Food Technology**. v. 17, p. 442-446, 1963.

ALVES, R. M. L., GROSSMANN, M. V. E. & SILVA, R. S. S. F. Gelling properties of extruded yam (*Dioscorea alata*) starch. **Food Chemistry**. v. 67, p.123-127, 1999.

ANKER, M., BERNTSEN, J., HERMANSSON, A.M. & STADING M. Improved water vapor barrier of whey protein films by addition of an acetylated monoglyceride. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 3, p. 81-92, 2002.

[www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br). Legislação para alimentos.

APPENDINI, P. & HOTCHKISS, J. H. Immobilization of lysozyme on food contact polymers as potential antimicrobial film. **Packaging Technology and Science**. v. 10, p. 271-279, 1997.

APPENDINI, P. & HOTCHKISS, J. H. Review of antimicrobial food packaging. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 3, p.113-126, 2002.

ARVANITOYANNIS, I., PSOMIADOU, E. & NAKAYAMA, A. Edible films made from sodium caseinate, starches, sugars or glycerol. Part 1. **Carbohydrate Polymers**. v. 31, p.179-192, 1996.

- ARVANITOYANNIS, I., NAKAYAMA, A. & AIBA, S. Edible films made from hydroxypropyl starch and gelatin and plasticized by polyols and water. **Carbohydrate Polymers**. v. 36, p.105-119, 1998.
- ARVANITOYANNIS, I. & BILIADERIS, C. G. Physical properties of polyol-plasticized edible blends made of methylcellulose and soluble starch. **Carbohydrate Polymers**. v. 38, p. 47-58, 1999.
- AVENA-BUSTILLOS, R. J., CISNEROS-ZEVALLOS, L. A., KROCHTA, J. M. & SALTVEIT, Jr. M. E. Application of casein-lipid edible film emulsions to reduce white blush on minimally processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**. v. 4, p. 319-329, 1994.
- AVENA-BUSTILLOS, R. J. & KROCHTA, J. M. Water Vapor Permeability of Caseinate-Based Edible Films as Affected by pH, Calcium Crosslinking and Lipid Content. **Journal of Food Science**. v. 58, n. 4, p. 904-907, 1993.
- BALDWIN, E. A., NISPEROS-CARRIEDO, M. O. & BAKER, R. A. Edible Coatings for Lightly Processed Fruits and Vegetables. **HortScience**. v. 30, n. 1, p. 35-38, 1995.
- BALDWIN, E. A., NISPEROS, M. O., CHEN, X. & HAGENMAIER, R. D. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. . **Postharvest Biology and Technology**. v. 9, p. 151-163, 1996.
- BALDWIN, E. A., BURNS, J. K., KAZOKAS, W., BRECHT, J. K., HAGENMAIER, R. D., BENDER, R. J. & PESIS, E. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. **Postharvest Biology and Technology**. v. 17, p. 215-226, 1999.
- BANKER, G. S. Film Coating Theory and Practice. **Journal of Pharmaceutical Science**. v. 55, n. 1, p. 81-89, 1966.
- BUTLER, B. L., VERGANO, P. J. TESTIN, R. F., BUNN, J. M. & WILES, J. L. Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. **Journal of Food Science**. v. 61, n. 5, p. 953-956, 1996.
- CHA, D., PARK, H. & COOKSEY, K. Preparation and diffusion rate of a nisin incorporated antimicrobial film. In: **Book of abstracts, IFT Annual Meeting Technical Program**. New Orleans, 2001.
- CHEN, H. Functional Properties and Applications of Edible Films Made of Milk Proteins. **Journal Dairy Science**. v. 78, n. 11, p. 2563-2583, 1995.

- COMA, V., MARTIAL-GIROS, A., GARREAU, S., COPINET, A., SALIN, F & DESCHAMPS, A. Edible Antimicrobial Films Based on Chitosan Matrix. **Journal of Food Science**. v. 67, n. 3, p. 1162-1168, 2002.
- DEBEAUFORT, F., MARTIN-POLO, M. O. & VOILLEY, A. Polarity, homogeneity and structure affect water vapor permeability of model edible films. **Journal of Food Science**. v. 58, n. 3, p. 426-429, 434, 1993.
- DEBEAUFORT, F., QUEZADA-GALLO, J. A. & VOILLEY, A. Edible Films and Coatings: Tomorrow Packaging: A Review. **Critical Reviews in Food Science**. v. 38, n. 4, p.299-313, 1998.
- DEBEAUFORT, F., QUEZADA-GALLO, J. A., DELPORTE B. & VOILLEY, A. Lipid hydrophobicity and physical state effects on the properties of bilary edible films. **Journal of Membrane Science**. v. 180, p.47-55, 2000.
- EL GHAOUTH, A., PONNAMPALAM, R., CASTAIGNE, F. & ARUL, J. Chitosan Coating to Extend the Storage Life of Tomatoes. **HortScience**. v. 27, n. 9, p.1016-1018, 1992.
- FANG, S. W., LI, C. F. & SHIH, D. Y. C. Antifungal activity of chitosan and its preservative effect on low-sugar candied kumquat. **Journal of Food Protection**. v. 56, p.136-140, 1994.
- GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N. & ZARITZKY N. E. Starch-Based Coatings: Effect on Refrigerated Strawberry (*fragaria ananassa*) Quality. **Journal Science Food Agriculture**. v. 76, p. 411-420, 1998.
- GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N. & ZARITZKY N. E. Edible Starch Films and Coatings Characterization: Scanning Electron Microscopy, Water Vapor, and Gas Permeabilities. **Scanning**. v. 21, n. 5, p. 348-353, 1999.
- GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N. & ZARITZKY N. E. Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Edible Starch-based Films and Coatings. **Journal of Food Science**. v. 65, n. 6, p. 941-947, 2000.
- GARCÍA, M. A., FERRERO, C., BÉRTOLA, N., MARTINO, M. & ZARITZKY N. Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 3, p. 391-397, 2002.
- GENNADIOS, A. & WELLER, C. Edible Films and Coatings from Wheat and Corn Proteins. **Food Technology**. v. 44, n. 10, p.63-69, 1990.
- GENNADIOS, A., HANNA, M. A. & KURTH, L. B. Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods: A Review. **Lebensmittel- Wissenschaft und Technologie**. v. 30, n. 4, p.337-350, 1997.

- GONTARD, N., GUILBERT, S. & CUQ, B. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. **Journal of Food Science**. v.57, p.190-195, 1992.
- GONTARD, N.; THUBAULT, R.; CUQ, B. & GUILBERT, S. Influence of Relative Humidity and Film Composition on Oxygen and Carbon Dioxide Permeabilities of Edible Films. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.44, n. 4, p.1064-1069, 1996.
- GUILBERT, S., GONTARD, N. & GORRIS G. M. Prolongation of the Self-life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings. **Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie**. v. 29, n. 1, 2, p. 10-17, 1996.
- GUILBERT, S., CUQ, B. & GONTARD, N. Recent innovations in edible and / or biodegradable packaging materials. **Food Additives and contaminants**. v. 14, n. 6,7, p.741-751, 1997.
- HAN, J.H. Antimicrobial Food Packaging. **Food Technology**. v. 54, n. 3, p. 3-65, 2000.
- HARDENBERG, R. E. **Wax and Related Coatings for Horticultural Products**. Agr. Res. Bul. 51-52. U. S. Dept. of Agric. Washington, D.C. 1967.
- HENRIQUE, C. M. & CEREDA, M. P. Utilização de Biofilmes na Conservação Pós-colheita de Morango (*Fragaria ananassa* Duch) CV IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 19(2):231-233, 1999.
- JUNG, D., BODYFELT, F. W. & DAESCHEL, M.A. Influence of Fat and Emulsifiers on the Efficacy of Nisin in Inhibiting *Listeria monocytogenes* in Fluid Milk. **Journal of Dairy Science**. v. 75, n. 2, p.387-393, 1992.
- KAPLAN, H. J. Washing, waxing, and color-adding. In: WARDOWSKI, W. F., NAGY, S. & GRIERSON, W. (Eds). **Fresh Citrus Fruits**. AVI, Westport, CT. 1986. p.379.
- KESTER, J. J. & FENNEMA, O. R. Edible Films and Coatings: A Review. **Food Technology**. v. 40, n. 12, p. 47-59, 1986.
- KLAHORST, S. J. Applications: Credible Edible Films. **Food Product Design**. p.1-6. September 1999.
- KROCHTA, J. M., BALDWIN, E. A. & NISPEROS-CARRIEDO, M. **Edible Coatings and Films to Improve Food Quality**. Pennsylvania, Technomic, 1994. 379 p.

- KROCHTA, J. M. & DeMULDER-JOHNSTON C. Edible and Biodegradable Polymer Films: Challengers and Opportunities. **Food Technology**. v. 51, n. 2, p. 61-74, 1997.
- LABUZA, T. & BREENE, W. Application of active packaging for improvement of self-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 13, p. 81-89, 1989.
- LAWTON, J. W. Effect of starch type on the properties of starch containing films. **Carbohydrate Polymers**. v. 29, p.203-208, 1996.
- LAZARUS, C. R., WEST, R. I., OBLINGER, J. I. & PALMER, A. Z. Evaluation of a calcium alginate coating and protective plastic wrapping for the control of lamb carcass shrinkage. **Journal of Food Science**. v. 4, p. 639, 1976.
- LERDTHANANGKUL, S. & KROCHTA, J. M. Edible Coating Effects on Postharvest Quality of Green Bell Peppers. **Journal of Food Science**. v. 67, n. 1, p.176, 179, 1996.
- MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N. & ZARITZKY N. E. Microstructural characterization of yam starch films. **Carbohydrate Polymers**. v.50, p. 379-386, 2002.
- MATE, J. I. & KROCHTA, J. M. Comparison of oxygen and water vapor permeabilities of whey protein isolate and b-lactoglobulin edible films. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v. 44, n. 10, p.3001-3004, 1996.
- McHUGH, T. H. & KROCHTA, J. M. Milk-Protein-Base Edible Films and Coatings. **Food Technology**. v. 48, n. 1, p. 97-103, 1994.
- McHUGH, T. H. & KROCHTA, J. M. Sorbitol- vs Glycerol-Plasticized Whey Protein Edible Films: Integrated Oxygen Permeability and Tensile Property Evaluation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 42, n. 4, p.841-845, 1994a.
- McHUGH, T. H., AUJARD, J. F. & KROCHTA, J. M. Plasticized whey protein edible films: Water vapor permeability properties. **Journal of Food Science**. v. 59, p.416-420, 1994.
- McHUGH, T. H., HUXSOLL, C. C. & KROCHTA, J. M. Permeability Properties of Fruit Puree Edible Films. **Journal of Food Science**. v. 61, n. 1, p.88-91, 1996.
- McHUGH, T. H. & SENESI, E. Apple Wraps: A Novel Method to Improve the Quality and Extend the Shelf Life of Fresh-cut Apples. **Journal of Food Science**. v.65, n.3, p. 480-485, 2000.

- MILLER, K. S. & KROCHTA, J. M. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. **Trends in Food Science & Technology**. v. 8, p.228-237, 1997.
- MOREL, M. H., BONICEL, J., MICARD, V. & GUILBERT, S. Protein Insolubilization Thiol Oxidation in Sulfite-Treated Wheat Gluten Films During Aging at Various Temperatures and Relative Humidities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 48, n. 2, p. 186-192, 2000.
- MUZZARELLI, R., TARSI, R., FILLIPPINI, O., GIOVANETTI, E., BIAGINI, G. & VARALDO, P. R. Antimicrobial properties of N-carboxybutyl chitosan. **Antimicrobial Agents Chemotherapy**. p. 2019-2023, 1990.
- OUATTARA, B., SIMARD, R., PIETTE, G., BÉGIN, A. & HOLLEY R. A. Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. **International Journal of Food Microbiology**. v. 62, p. 139-148, 2000.
- PADGETT, T.; HAN, L. Y. & DAWSON, P. L. Incorporation of Food-Grade Antimicrobial Compounds into Biodegradable Packaging Films. **Journal of Food Protection**. v. 61, n.10, p.1330-1335, 1998.
- PARK, H. J., CHINNAN, M. s. & SHEWFELT, R. L. Edible Coating Effects on Storage Life and Quality of Tomatoes. **Journal of Food Science**. v. 59, n. 3, p. 568-570, 1994.
- PETERSEN, K., NIELSEN, P. V., BERTELSEN, G., LAWThER, M., OLSEN, M. B., NILSSON, N. H. & MORTENSEN, G. Potential of biobased materials for food packaging. **Food Science and Technology**. v. 10, p. 52-68, 1999.
- PSOMIADOU, E.; ARVANITTOYANNIS, I. & YAMAMOTO, N. Edible films made from natural resources; microcrystalline cellulose (MCC), methylcellulose (MC) and corn starch and polyols – Part 2. **Carbohydrate Polymers**. v.31, p.193-204, 1996.
- QUEZADA GALLO, J. A., DEBEAUFORT, F., CALLEGARIN, F. & VOILLEY, A. Lipid hydrophobicity, physical state and distribution effects on the properties of emulsion-based edible films. **Journal of Membrane Science**. v. 180, p.37-46, 2000
- QUINTAVALLA, S. & VICINI, L. Antimicrobial food packaging in meat industry. **Meat Science**. v. 62, p.373-380, 2002.
- REDL, A., GONTARD, N. & GUILBERT, S. Determination of sórbico acid diffusivity in edible wheat gluten and lipid films. **Journal of Food Science**. v. 61, p.116-120, 1996.

- RINDLAV-WESTLING, A., STADING, M., HERMANSSON, A. M. & GATENHOLM, P. Structure, mechanical and barrier properties of amylase and amylopectin films. **Carbohydrate Polymers**. v. 36, p.217-224, 1998.
- RICO-PEÑA, D. C. & TORRES, J. A. Edible methylcellulose-base films a moisture impermeable barrier in ice cream cones. **Journal of Food Science**. v. 55, n. 5, p.1468-1469, 1990.
- ROBERTSON, G. L. **Food Packaging: Principles and Practice**. N. Yor, Marcel Dekker INC., 1993. 676p.
- SEBTI, I. & COMA, V. Active edible polisaccharide coating and interactions between solution coating compounds. **Carbohydrate Polymers**. v. 49, p.139-144, 2002.
- SOTERO, A. P. Plásticos biodegradáveis trazem melhoria ambiental. **Jornal de plásticos**. Unicamp, 8/2000.
- SOTHORNVIT, R. & KROCHTA, J. M. Plasticizer effect on mechanical properties of  $\beta$ -Lactoglobulin films. **Journal of Food Engineering**. v. 50, p.149-155, 2001.
- STUCHELL, Y. M. & KROCHTA, J. M. Edible coating on frozen king Salmon: effect of whey protein isolate and acetylated monoglycerides on moisture loss and lipid oxidation. **Journal of Food Science**. v. 60, n. 1, p.28-31, 1995.
- TATSUMI, Y., WATADA, A. E. & WERGIN, W. P. Scanning electron microscopy of carrots stick surface to determine cause of white translucent appearance. **Journal of Food Science**. v. 56, n. (1), p.1357-1359, 1991.
- THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. **Trends in Food Science & Technology**. v.14, p.71-78, 2003.
- VOJDANI, F. & TORRES, A. Potassium Sorbate Permeability of Methylcellulose and Hydroxypropyl methylcellulose multi-lyers films. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 13, p. 417-430, 1989.
- VOJDANI, F. & TORRES, A. Potassium Sorbate Permeability of Methylcellulose and Hydroxypropyl Metylcellulose Coatings: Effect of Fatty Acids. **Journal of Food Science**. v. 55, n. 3, p. 841-846, 1990.
- WILLIAMS, S. K. OBLINGER, J. I. & WEST, R. I. Evaluation of calcium alginate films for use on beef cuts. **Journal of Food Science**. v. 43, p.292, 1978.
- WONG, D. W. S., TILLIN, S. J., HUDSON, J. S. & PAVLATH, A. E. Gas Exchange in Cut Apples with Bilayer Coatings. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 42, n. 10, p. 2278-2285, 1994.

WU, Y., RHIM, J. W., WELLER, C. L., HAMOUZ, F., CUPPETT, S. & SCHNEPF, M. Moisture Loss and gLipid Oxidation for Precooked Beef Patties Stored in Edible Coatings and films. **Journal of Food Science**. v. 65, n. 2, p.300-304, 2000.

XU, S., XU, L. D. & CHEN, X. Determining optimum edible films for kiwifruits using an analytical hierarchy process. **Computers & Operations Research**. v. 908, p. 1-9, 2002.

# EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE INHAME E DESENVOLVIMENTO DE FILMES COMESTÍVEIS ANTIMICROBIANOS

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi extrair e caracterizar o amido de inhame (*Dioscorea alata*) variedade Caramujo e desenvolver filmes comestíveis antimicrobianos a partir desse amido. O amido foi extraído dos tubérculos e sua composição físico-química e propriedades reológicas foram determinadas. Foram preparados filmes a base de 4% de amido de inhame (p/p) + 2% de glicerol (p/p), 4% de amido de inhame (p/p) + 2% de glicerol (p/p) + quitosana em concentrações de 0,5, 0,75, 1,0 e 1,5%. Os filmes foram formados pelo método “casting” e foram determinadas suas permeabilidades ao vapor de água. O rendimento do processo de extração do amido a partir dos tubérculos foi de 9,3%. Os componentes físico-químicos foram, em base seca: 11,57% para umidade, 0,64% de proteínas, 0,052% de matéria graxa e 0,17% de cinzas. O conteúdo de amido e amilose foram 99,17% e 22%, respectivamente. A densidade absoluta foi de 1,522 g/mL. Os índices de absorção de água e solubilidade a temperatura ambiente foram de 1,84 e 0,46, respectivamente, aumentando para 15,76 e 19,32 em temperatura de 100°C. A temperatura inicial de pasta foi de 60,3°C e a máxima temperatura de viscosidade foi de 98,5°C, apresentando baixa tendência a retrogradação (100 UA). Os filmes produzidos foram visualmente transparentes com espessuras de  $30 \pm 5 \mu\text{m}$  e apresentaram valores de permeabilidade ao vapor de água variando entre  $4,58 \text{ g mm kPa}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$ , para o filme de amido e glicerol, e  $3,57 \text{ g mm kPa}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$ , para o filme de amido+glicerol+1,5% de quitosana. Os valores de permeabilidade foram estatisticamente diferentes ( $P < 0,05$ ) entre eles. A permeabilidade ao vapor de água dos filmes diminuiu com o aumento do teor de quitosana. considerando as propriedades físico-químicas e reológicas observadas para o amido de inhame pode-se concluir que o mesmo representa uma boa fonte para a produção de filmes comestíveis com grande potencial de aplicação na indústria de alimentos, com a vantagem de serem biodegradáveis.

**Palavras Chave:** amido, amido de inhame, *Dioscorea alata*, isolamento, caracterização.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os polissacarídeos utilizados para produção de filmes e revestimentos comestíveis, o amido é o biopolímero natural mais empregado. O uso do amido pode ser uma interessante alternativa para filmes e revestimentos comestíveis devido ao seu fácil processamento, baixo custo, abundância, biodegradabilidade, comestibilidade e fácil manipulação (MALI et al., 2002).

O amido é um dos polissacarídeos mais importantes e abundantes na natureza e tem sido objeto de numerosas investigações que reportam, entre outras, sua capacidade para formar revestimentos para aplicação na indústria de alimentos (ARVANITTOYANNIS et al., 1998). É obtido em forma granular de fontes renováveis como milho, mandioca, batata, inhame, cereais e legumes, sendo apropriado para uma variedade de usos na indústria (PETERSEN et al., 1999).

O amido é formado por dois tipos de polímeros da glicose: amilose e amilopectina. A amilose e amilopectina estão radialmente dispostas nos grânulos de amido com seus grupos redutores terminais orientados em direção ao centro. A amilose é uma cadeia linear de unidades de D-glicose unidas por ligações  $\alpha$ 1-4 e a amilopectina é uma molécula altamente ramificada composta também de resíduos de glicose unidos por ligações  $\alpha$ 1-4 e pontos ramificados, a cada 24 a 30 resíduos através de ligações  $\alpha$ 1-6 (LEHNINGER et al., 1995). A relação destes dois componentes varia de acordo com o tipo de amido, mas normalmente os amidos contêm entre 18 a 30% de amilose. O conteúdo de amilose no amido é uma propriedade muito importante quando se deseja preparar filmes. Quanto maior o teor de amilose melhor será a qualidade do filme formado (PETERSEN et al., 1999). Em estudos feitos por LAWTON (1996), foi observado que os filmes e revestimentos à base de amido apresentam diferentes propriedades e estas diferenças são atribuídas ao conteúdo de amilose no amido.

No Brasil, as principais fontes de amido para a indústria de alimentos são milho (*Zea mays*) e mandioca (*Manihot utilissima*). O inhame (*Dioscorea* sp) é considerado como uma fonte alternativa, pelas características tecnológicas desejáveis de seu amido como, estabilidade às altas temperaturas e sob valores baixos de pH (ALVES et al., 1999).

O inhame pertence à família Dioscoreaceae, gênero *Dioscorea*, e as espécies mais cultivadas são *Dioscorea alata* L., *Dioscorea rotundata* L. e a *Dioscorea cayennensis* Lamb. Esta última plantada no litoral nordestino (ANUÁRIO, 1994; SANTOS, 1996). O inhame é uma amilácea bastante cultivada para o consumo direto. Segundo LEONEL e CEREDA (2002), o inhame apresentou o maior rendimento na produção de amido por área (6,1 t/há) entre as espécies estudadas.

O inhame é composto, principalmente, de amido com pequenas quantidades de proteínas, lipídeos e muitas vitaminas como A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, vitamina C e rico em minerais (OMONIGHO e IKENEBOMEH, 2000). Seu amido é semelhante ao amido do milho, em sabor, textura e cor. A farinha pode ser adicionada à do trigo para a fabricação de pães ou pode ser usada em diversos pratos, doces ou salgados (ABRAMO, 1990). O amido de inhame apresenta ótimas qualidades, podendo ser amplamente empregado na indústria de tecidos, colas, glicoses e produtos panificáveis. Algumas espécies de inhame têm sido cultivadas com finalidade farmacológicas para obtenção de material para síntese de cortisona e hormônios esteróides (INHAME, 2002).

De acordo com inhame MALI et al. (2002), o inhame (*Dioscorea* sp) constitui uma boa fonte de amido para produção de filmes e revestimentos comestíveis, já que seu amido contém aproximadamente, 30% de amilose.

Os filmes e revestimentos comestíveis são considerados embalagens primárias por estarem em contacto direto com o alimento. O filme, é uma película fina formada separadamente do alimento e posteriormente aplicada sobre o mesmo. O revestimento ou cobertura, é uma suspensão ou emulsão aplicada diretamente sobre a superfície do alimento e formação posterior da película sobre o produto (GENNADIOS e WELLER, 1990). Agem como uma barreira, protegendo o alimento dos elementos externos, como umidade, óleo, vapor orgânico e desta forma estende sua vida de

prateleira (GUILBERT et al., 1996; KROCHTA e DeMULDER-JOHNSTON, 1997; KLAHORST, 1999).

Uma das principais funções das embalagens nos alimentos é evitar ou diminuir a transferência de umidade entre o alimento e a atmosfera circundante. Por isso a permeabilidade ao vapor de água deve ser o mais baixa possível (GONTARD et al., 1992).

A eficiência funcional dos filmes e revestimentos comestíveis depende de sua composição. Por possuir caráter hidrofílico, as embalagens à base de amido apresentam baixas propriedades de barreira ao vapor de água. Entretanto, estratégias vêm sendo desenvolvidas para melhorar a estabilidade dos filmes e revestimentos à umidade (PETERSEN et al., 1999). A adição de plastificantes, como o sorbitol e glicerol, na formulação de filmes e revestimentos a base de amido de milho e de batata, com diferentes conteúdos de amilose, melhorou suas propriedades de barreira ao vapor de água. Assim, quanto maior foi a concentração do plastificante nos revestimentos menor foi a permeabilidade ao vapor de água, apresentando os revestimentos com sorbitol os menores valores de permeabilidade. Os revestimentos contendo maior conteúdo de amilose apresentaram menor permeabilidade ao vapor de água (GARCÍA et al., 1999). A adição de óleo de girassol aos revestimentos à base de amido de milho, com diferente conteúdo de amilose, diminuiu significativamente a permeabilidade ao vapor de água; quando foram adicionados lipídeo e plastificante ao mesmo tempo, a permeabilidade foi ainda menor (GARCÍA et al., 2000). A adição de lipídeos nos filmes à base de polissacarídeos melhora as propriedades de barreira devido a aumento da hidrofobicidade na embalagem.

MALI et al. (2002), constataram que os filmes à base de amido de inhame (3,3% p/p de amido e 2% p/p de glicerol) apresentam uma matriz homogênea, com estrutura estável à condições ambientais e uma permeabilidade a vapor de água de  $1,55 \times 10^{-10} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$  a 25°C e 75% de umidade relativa (UR). Esse resultado foi muito menor que os apresentados por outros filmes comestíveis à base de glúten de trigo/glicerol ( $7,0 \times 10^{-10} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ ) e hidroxipropilmetilcelulose/glicerol ( $1,9 \times 10^{-10} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ ) nas mesmas condições de temperatura e de umidade relativa.

A aplicação de revestimentos à base de amido de mandioca em morangos frescos, contribuiu para uma diminuição da perda de peso, retenção da cor e aumento da vida de prateleira dos frutos, comparados com o controle (morango sem revestimento) (HENRIQUE e CEREDA, 1999).

O objetivo deste trabalho foi extrair e caracterizar o amido de inhame (*Dioscorea alata*), variedade Caramujo, desenvolver filmes comestíveis antimicrobianos a partir desse amido e determinar a sua permeabilidade ao vapor de água dos mesmos.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. extração e caracterização do amido de inhame**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Amido e Farinha e Laboratório de Análises de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Todas as análises foram realizadas em três repetições.

#### **2.1.1. Matéria prima**

Foi utilizado o inhame (*Dioscorea alata*), var. Caramujo, registrado no Banco de Germoplasma da UFV com o código BGH 7270 e cultivado na Horta de Pesquisa do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. As amostras de inhame foram coletadas aos 10 meses de cultivo. Foram selecionados tubérculos saudáveis, livres de injúrias mecânicas e defeitos fitossanitários, os quais foram armazenados por 24 horas, em câmara fria a  $5 \pm 1$  °C.

#### **2.1.2. Extração do amido**

A extração foi realizada segundo a metodologia de CRUZ e EL DASH (1984), com adaptações. A trituração do amido foi feita no liquidificador industrial e o tempo de decantação foi de aproximadamente 24 horas a 4°C,

pela presença de mucilagens que dificulta o processo de decantação. Depois de seco, o amido foi triturado e peneirado em malhas de 200 mesh.

### **2.1.3. Índice de absorção de água e índice de solubilidade**

Os índices de absorção de água e de solubilidade foram determinados com soluções de 5% de amido nas temperaturas ambiente, 50°C, 75°C e 100°C (SCHOCH, 1964)

### **2.1.4. Densidade absoluta**

A densidade absoluta do amido foi determinada segundo o método de deslocamento de líquido, à temperatura ambiente, empregando-se xileno (SCHOCH e LEACH, 1964).

### **2.1.5. Propriedades visco-amilográficas**

A viscosidade da pasta foi estudada em soluções aquosas de amido a 6%, utilizando Viscoamilógrafo Brabender, com agitação constante de 75 rpm e temperatura inicial de 25°C com incremento de 1,5°C por minuto, seguindo-se o método AACC 22-10 (1982). Para avaliação das propriedades do amido foram determinados os parâmetros de temperatura inicial da pasta, viscosidade máxima, temperatura de viscosidade máxima, viscosidade mínima à temperatura constante, viscosidade final, quebra ("shear thinning) e tendência à retrogradação ("set back").

### **2.1.6. Consistência do gel (Penetrômetro)**

Foi determinada em suspensões de amido a 6% gelatinizadas e incubadas a temperatura ambiente e a 4°C por 5 dias. As leituras foram feitas com o penetrômetro e o enrijecimento do gel foi expresso em mm/cm<sup>2</sup>.

### **2.1.7. Ciclo de congelamento e descongelamento**

Foi feito com uma suspensão de 4% de amido, gelatinizada e resfriada até a formação do gel, e após, distribuídos em 10 tubos plásticos, previamente pesados. Os tubos foram divididos em dois grupos (A e B) e estocados a -20°C por 5 dias. Diariamente, um tubo do grupo A, foi retirado do freezer, deixado à temperatura ambiente, por uma hora e centrifugado a 3500 rpm/15 minutos. O sobrenadante foi descartado e o tubo pesado para calcular a perda de água. Procedimento similar foi realizado com o grupo B, sendo que diariamente todos os tubos deste grupo eram retirados do freezer e após uma hora, um tubo era centrifugado e os demais retornavam ao freezer.

### **2.1.8. Composição físico-química**

Foram determinados os teores de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, pH e acidez titulável pelo método standard da AOAC (1995). Os teores de amido e de amilose foram determinados segundo metodologia descrita por CEREDA (2001).

## **2.2. Elaboração de filmes comestíveis**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Embalagem da Universidade Federal de Viçosa. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Foram feitas quatro repetições.

### **2.2.1. Matéria-prima**

Para a elaboração dos filmes comestíveis antimicrobianos foi usado amido de inhame (*Dioscorea alata*, var. Caramujo) extraído no Laboratório de Amido da UFV e quitosana como composto antimicrobiano, com grau de desacetilação acima de 85%, produzida pela Padetec, Fortaleza, Ceará.

### 2.2.2. Preparação dos filmes

Foram elaborados cinco tipos de filmes a partir de suspensões aquosas de amido, glicerol e quitosana. Suspensões de 4% de amido (p/p) e 2% (p/p) de glicerol (concentrações definidas em testes prévios) foram gelatinizadas em amilógrafo Brabender, por 45 minutos, sob agitação constante de 75 rpm e temperatura inicial de 25°C, com incremento de 1,5°C por minuto, mantendo-se a 95°C durante 10 minutos, seguido de resfriamento. Após essa etapa, foi adicionada quitosana nas concentrações de 0,5, 0,75, 1,0 e 1,5% (p/p), previamente dissolvida em solução de ácido acético glacial 0,4% (concentração definida em testes prévios). As suspensões foram homogeneizadas em agitador Ultra Turrax T 18 basic a 10.000 rpm por 10 segundos. Também foram preparados filmes de amido sem adição de quitosana, os quais representaram o teste controle (Quadro 1).

Os filmes foram formados por processo “casting”, sobre placas de acrílico quadradas de 30 cm x 30 cm, e secados em estufa a 60°C, durante 8 horas. Os filmes foram removidos da placa e condicionados a 25°C e umidade relativa de 75% para testes posteriores.

**QUADRO 1.** Composição dos filmes comestíveis antimicrobianos

<b>Tratamento</b>	<b>Amido (%)</b>	<b>Glicerol (%)</b>	<b>Quitosana (%)</b>
Filme 1	4,0	2,0	0,0
Filme 2	4,0	2,0	0,5
Filme 3	4,0	2,0	0,75
Filme 4	4,0	2,0	1,0
Filme 5	4,0	2,0	1,5

### 2.2.3. Determinação da espessura

A espessura dos filmes foi determinada com um micrômetro Mitutoyo (0 a 25 mm e precisão de 0,01 mm). Foram efetuadas 5 medições em posições diferentes do filme, usando-se a média como a medida final da espessura.

#### **2.2.4. Determinação da permeabilidade ao vapor de água**

Os filmes foram condicionados a 25°C e UR de 75%, por 72 horas. O teste de permeabilidade foi realizado segundo a metodologia da ASTM (1995) método E96-95.

Os filmes foram cortados em círculos do mesmo diâmetro da cápsula (7,5 cm) e depois selados, com parafina, na borda da cápsula que continha cloreto de cálcio anidro (0% de UR). As cápsulas foram pesadas em balança analítica e colocadas em dessecadores contendo solução saturada de cloreto de sódio (UR de 75%). Os dessecadores foram colocados em uma câmara a 25°C. As cápsulas foram pesadas a cada 12 h até peso constante.

As mudanças no peso foram plotadas em função do tempo. Mediante a inclinação da reta, obtida por regressão linear, determinou-se a taxa de permeabilidade que foi igual à inclinação da reta (g/h) dividida pela área da cápsula (m<sup>2</sup>). A taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) foi expressa em g água dia<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>.

A permeabilidade foi determinada mediante a fórmula  $P = \frac{TPVA \cdot espessura}{ps(UR_1 - UR_2)}$ , onde ps é a pressão de saturação de vapor à temperatura do ensaio (25°C), UR<sub>1</sub> é a umidade relativa do dessecador e UR<sub>2</sub> é a umidade relativa no interior da cápsula. A permeabilidade foi expressa em g mm dia<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> kPa<sup>-1</sup>.

#### **2.3. Análise estatística**

Para as análises físico-químicas do amido, foi feita análise estatística descritiva, obtendo-se como valor final de cada análise a média das repetições, com seus respectivos desvios padrões. Para o teste de permeabilidade, foi utilizada análise de variância e análise de regressão, ao nível do 5% de probabilidade.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Extração e caracterização do amido**

O processo de extração determina a quantidade de amido que se consegue obter dos tubérculos. Em condições laboratoriais ou industriais, dificilmente consegue-se retirar da matéria-prima, todo o conteúdo de amido. Neste experimento, o rendimento da extração de amido do inhame foi de 9,3%, rendimento considerado baixo quando comparado ao de outras tuberosas como, por exemplo, a mandioca, que apresenta um rendimento de extração industrial entre 25 a 28% (CEREDA, 2001). Este foi, porém, semelhante aos 10% obtido por DAIÚTO e CEREDA (2003), em condições de laboratório, utilizando extração natural com água, na proporção 2:1 de sólido. No caso do inhame, o processo de extração de amido é influenciado pela presença de mucilagem nos tubérculos, que aumenta a viscosidade e dificulta a passagem pelas peneiras, ocasionando o aumento do tempo de decantação, o que dificulta a recuperação do amido. A mucilagem no inhame está formada de polissacarídeos não amiláceos (PNA), esses PNA são proteínas-arabinogalactanas e muito deles têm função de componente da parede celular (DAIÚTO e CEREDA, 2003).

##### **3.1.1. Composição físico-química**

Os dados da composição físico-química do amido de inhame, quanto à umidade, matéria graxa, cinzas e conteúdo de amilose (Quadro 2), são comparáveis aos citados por EMIOLA e DELAROSA (1981), para amido de inhame de quatro espécies de *Dioscorea* (*D. alata*, *D. cayenensis*, *D. dumetorum* e *D. rotundata*)

O teor de proteínas do amido de inhame neste experimento foi maior do que o teor de 0,2% reportado por ALVES et al. (1999) e MALI et al. (2002) para *D. alata*. DAIÚTO e CEREDA (2003), reportam 0,39% de proteína em base seca para amido da mesma espécie, extraído com água. O baixo conteúdo de matéria graxa no amido é considerado uma característica desejável, por permitir a estocagem do produto por longos

períodos de tempo, sem o risco de rancificação (EMIOLA e DELAROSA, 1981).

**QUADRO 2.** Caracterização físico-química do amido de inhame (*Dioscorea alata*), var. Caramujo, em base seca.

<b>Análises</b>	<b>Média e desvio padrão</b>
Umidade	11,57 ± 0,08%
Amido	99,17 ± 0,76%
Proteínas (N x 6,25)	0,64 ± 0,10%
Matéria graxa	0,052 ± 0,002%
Cinzas	0,17 ± 0,02%
Amilose	22,00 ± 0,0%
pH	6,34 ± 0,06
Acidez titulável	1,5 ± 0,0

Nesta pesquisa o conteúdo de amido do inhame foi semelhante aos resultados reportados por MALI et al. (2002), porém superior ao resultado de EMIOLA e DELAROSA (1981), para *D. alata*, que foi de 88%. O conteúdo de amilose foi comparável ao citado por DAIÚTO e CEREDA (2003) e inferior aos resultados de MALI et al. (2002) para *D. alata*, que foi de 30%. As diferenças na composição físico-química do amido de inhame, podem ser explicadas pelas diferentes condições de cultivo e obtenção do tubérculo e pelos procedimentos analíticos utilizados.

### 3.1.2. Caracterização do amido

As propriedades de pasta do amido são de particular interesse na maioria das aplicações industriais. Na indústria alimentícia a temperatura de gelatinização, poder de inchamento, viscosidade e estabilidade da pasta são de grande importância e determinam a utilização do amido.

Os Índices de absorção de água e de solubilização do amido de inhame à temperatura ambiente, 50°C, 75°C e 100°C (Quadro 3), foram semelhantes aos reportados por EMIOLA e DELAROSA (1981).

**QUADRO 3.** Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilização (IS) do amido de inhame (*Dioscorea alata*), var. Caramujo.

Temperatura (°C)	IAA	IS (%)
Ambiente	1,854 ± 0,009	0,46 ± 0,02
50°C	1,89 ± 0,01	0,92 ± 0,06
75°C	6,61 ± 0,39	7,37 ± 0,95
100°C	15,26 ± 0,49	19,32 ± 0,32

O IAA à temperatura ambiente e à 50°C foram semelhantes. No entanto, ao aumentar a temperatura para 75°C e 100°C, observou-se um aumento nos valores do IAA e do IS. Os IAA e IS mostraram que os grânulos do amido de inhame (*Dioscorea alata*), var. Caramujo, tem grande capacidade de absorção de água e resistência à ruptura com o aumento da temperatura. Segundo CIACCO e CRUZ (1982), a consequência direta do intumescimento é o aumento na solubilidade, claridade e viscosidade da pasta do amido.

A densidade absoluta do amido de inhame (*Dioscorea alata*), var. Caramujo foi de 1,522 ± 0,009g/mL, valor comparável ao valor 1,513 g/mL, citado por EMIOLA e DELAROSA (1981), para *D. alata*. A densidade do amido é de fundamental importância para propósitos tecnológicos. Este parâmetro representa o conteúdo de material, por unidade de volume real ocupado pelo material (SCHOCH e LEACH, 1964).

As propriedades viscoamilográficas do amido de inhame, em suspensões de 6% de amido estão apresentadas no Quadro 4. A temperatura inicial de pasta foi um pouco menor que a reportada por EMIOLA e DELAROSA (1981) para *D. alata* que foi de 65°C. DAIÚTO e CEREDA (2003) reportam um “setback” (tendência à retrogradação) de 129,58 para amido de inhame de *D. alata*, isolado com água, maior que o observado neste trabalho.

**QUADRO 4.** Propriedades viscomilográficas do amido de inhame (*Dioscorea alata*) var. Caramujo.

<b>Propriedades Viscomilográficas</b>	<b>Valor</b>
Temperatura inicial de pasta (°C)	60,3
Viscosidade máxima (UA)	760
Temperatura de viscosidade máxima (°C)	98,5
Viscosidade mínima (UA)	660
Viscosidade final	760
Quebra (UA)	100
Setback (UA)	100

Foi avaliada a tendência à retrogradação do gel de amido de inhame preparado a partir de uma suspensão a 6%. A retrogradação é responsável pelo encolhimento, sinérese, e endurecimento de géis de amido conservados por determinado período, principalmente à temperatura de refrigeração. Estes efeitos são mais evidenciados quando o gel é congelado e descongelado por várias vezes. Embora os efeitos da retrogradação sejam indesejáveis para a maioria dos produtos alimentícios, existem alguns casos onde a ocorrência deste fenômeno é benéfica, por exemplo em aplicações industriais onde é necessária a formação de um filme insolúvel (CIACCO e CRUZ, 1982). Neste trabalho, o aumento da firmeza do gel, medido com o penetrômetro, e a opacidade dos géis formados foram evidências da ocorrência de retrogradação. O endurecimento do gel foi maior nas amostras mantidas na geladeira, do que naquelas mantidas à temperatura ambiente (Quadro 5). Aparentemente, os géis armazenados à temperatura ambiente sofreram degradação progressiva, provavelmente enzimática, fazendo com que os géis se apresentassem menos firmes com o tempo. Contrariamente, os géis armazenados sob refrigeração mostraram aumento da rigidez com o tempo, evidenciando o avanço da retrogradação.

**QUADRO 5.** Consistência do gel de amido de inhame (*D. alata*) var. Caramujo

Tempo (dias)	Enrijecimento do Gel (mm/cm <sup>2</sup> )	
	Temperatura Ambiente (25 °C)	Refrigeração (4°C)
1	48	20
2	52	16
3	64	15
4	85	13
5	87	10

No ciclo de congelamento e descongelamento para amido de inhame, observou-se uma tendência à perda de água com o aumento do tempo (Quadro 6). Os géis de amido de inhame do grupo A mostraram estabilidade ao congelamento até 4 dias de armazenamento, a partir do qual houve aumento acentuado da sinérese. Os géis de amido do grupo B, os quais foram descongelados todos ao mesmo tempo e novamente congelados, exibiram intensa perda de água já a partir do primeiro dia de armazenamento, mostrando que os ciclos de congelamento-descongelamento favoreceram o envelhecimento do gel.

**QUADRO 6.** Ciclos de congelamento e descongelamento do amido de inhame (*D. alata*) var. Caramujo

Tempo (dias)	Perda de água grupo A	Perda de água grupo B
	(%)	(%)
1	5,93	32,25
2	6,48	47,42
3	8,55	45,40
4	5,53	42,12
5	29,62	43,96

### 3.2. Produção de filmes comestíveis e permeabilidade ao vapor de água

Os filmes produzidos se apresentaram visualmente transparentes. A espessura dos filmes foi de  $30 \pm 5 \mu\text{m}$ . Segundo a análise de variância as permeabilidades dos revestimentos foram estatisticamente significativas ( $P < 0,05$ ) (Quadro 7).

**QUADRO 7.** Resumo da análise de regressão do efeito da concentração de quitosana na permeabilidade ao vapor de água ( $\text{g mm dia}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ kPa}^{-1}$ ) dos filmes.

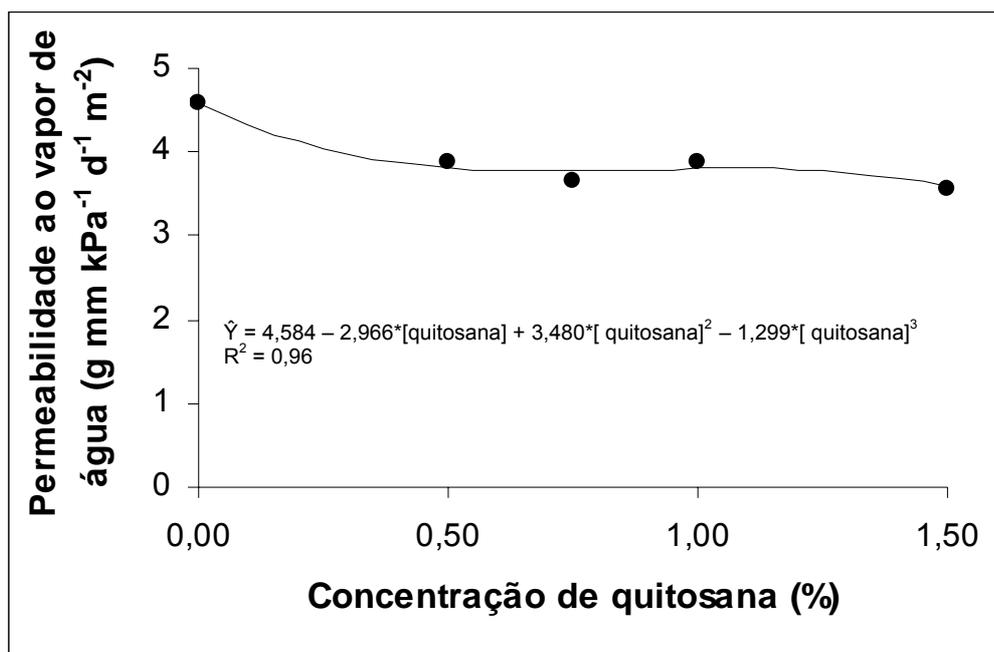
Fonte de variação	G.L	QM
Regressão	3	0,8083*
Falta de ajustamento [Quitosana]	1 (4)	0,0991 <sup>n.s</sup> 0,6310*
Resíduo	15	0,1209

\* Significativo a 5% de probabilidade

<sup>n.s</sup> Não significativo a 5% de probabilidade

Segundo a análise de regressão, o filme de amido com 2% de glicerol e 0,0% de quitosana apresentou maior permeabilidade ao vapor de água em relação aos outros filmes (Figura 1). A ausência de quitosana nesse filme pode ter possibilitado maior ação plastificante das moléculas de glicerol nas cadeias poliméricas do amido, aumentando assim, a permeabilidade ao vapor de água do filme. Além disso, o caráter hidrofílico do glicerol favorece a absorção e desorção das moléculas de água (MALI et al., 2004).

O filme de amido e glicerol apresentou permeabilidade ao vapor de água de  $4,58 \text{ g mm kPa}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$  ( $0,529 \times 10^{-10} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ ), menor que a reportada por MALI et al. (2002) que foi de  $1,81 \times 10^{-10} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ . MALI et al. (2004), também reportaram permeabilidade ao vapor de água de  $1,395 \times 10^{-10} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$  para filmes com 4% de amido e 2% de glicerol. Estes dados diferentes podem ser atribuídos à maior espessura dos filmes usados por esses autores. Os filmes hidrofílicos apresentam aumento na permeabilidade ao vapor de água com o aumento da espessura (HAGENMAIER e SHAW, 1990; McHUGH et al., 1993). PARK e CHINNAN (1995), reportam que este comportamento anômalo ocorre porque os componentes hidrofílicos absorvem água ocasionando mudanças estruturais nos filmes com diferentes espessuras.



**FIGURA 1.** Permeabilidades ao vapor de água dos filmes de amido e quitosana, a 25°C e 75% de umidade relativa com espessura de  $30 \pm 5 \mu\text{m}$ .

Neste trabalho, a permeabilidade ao vapor de água dos filmes foi influenciada pelo conteúdo de quitosana, observando-se diminuição da permeabilidade ao aumentar o conteúdo de quitosana. O filme de amido adicionado de 1,5% de quitosana, apresentou a menor permeabilidade ao vapor de água ( $3,57 \text{ g mm kPa}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ). Este resultado pode ser decorrente da maior concentração de grupos aminos na matriz polimérica da quitosana, além da sua baixa solubilidade em água. A permeabilidade deste filme foi menor que a de outros filmes comestíveis hidrofílicos como o de glúten/glicerol com  $53,2 \text{ g mm kPa}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$  (PARK e CHINNAN, 1990, citado por McHUGH et al., 1996), filmes a base de purê de pêssego com  $57,8 \text{ g mm kPa}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$  (McHUGH et al (1996), filmes de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) com  $9,1 \text{ g mm kPa}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$  (HAGENMAIER e SHAW, 1990) e menor que a apresentada pelo celofane de  $7,3 \text{ g mm kPa}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$  (TAYLOR, 1986, citado por McHUGH et al., 1996). Esse mesmo filme quando comparado com os filmes sintéticos apresentou uma maior permeabilidade ao vapor de água, como o Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) que apresenta uma permeabilidade de  $0,079 \text{ g mm kPa}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$  e Etileno Vinil álcool (EVOH) que apresenta  $0,25 \text{ g mm kPa}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$  de permeabilidade ao vapor de água (McHUGH e KROCHTA, 1994)).

#### 4. CONCLUSÕES

Embora a extração do amido de inhame tenha apresentando baixo rendimento, o inhame representa uma boa fonte de amido. O amido de inhame Caramujo apresentou resultados compatíveis com os reportados na literatura com bom conteúdo de amilose, que é componente importante na formação de filmes. Os filmes de amido de inhame e amido adicionado de quitosana apresentaram visualmente boa transparência, com permeabilidade ao vapor de água menor que a de outros filmes comestíveis. O filme de amido com 1,5% de quitosana apresentou a menor permeabilidade ao vapor de água dentre os filmes testados.

Considerando suas propriedades físico-químicas e reológicas, o amido de inhame mostrou ser boa fonte para a produção de filmes comestíveis com grande potencial de aplicação na indústria de alimentos, com a vantagem de serem biodegradáveis.

#### BIBLIOGRAFIA

- ABRAMO, M. A. **Taioba, cará e inhame: o grande potencial inexplorado**. São Paulo: Ícone, 1990. 80 p.
- ALVES, R. M. L., GROSSMANN, M. V. E., SILVA, R. S. S. F. Gelling properties of extruded yam (*Dioscorea alata*) starch. **Food Chemistry**. v. 67, p.123-127, 1999
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC**. 7<sup>th</sup> ed. St. Paul, MN: AACC, 1982. Method 22-10.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **Standards test methods for water vapor transmission of materials - E - 95**. Philadelphia, ASTM. 1995. 8p
- ANUÁRIO A GRANJA DO ANO. **Cará e inhame**. São Paulo: Centaurus, 1994. p.30-35.
- AOAC - **Official Methods of Analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Arlington, TX: Association of official Analytical Chemistry. Vol. 2. 1995.
- ARVANITOYANNIS, I., NAKAYAMA, A., AIBA, S. Edible films made from hydroxypropyl starch and gelatin and plasticized by polyols and water. **Carbohydrate Polymers**. v. 36, p.105-119, 1998.

- CEREDA, M. P. **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Cargill. São Paulo. Vol. 1. 2001.
- CIACCO, C. F., CRUZ, R. **Fabricação de amido e sua utilização**. São Paulo. Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, Série Tecnologia Agroindustrial. 1982. 152 p.
- CRUZ, R. & EL DASH, A. A. Isolamento e caracterização de amido de chuchu. **Revista Ceres**. v. 31, n.175, p.173-188, 1984.
- DAIÚTO, E. R., CEREDA, M. P. Extração de fécula inhame (*Dioscorea* sp). In: CEREDA, M. P. & VILPOUX, O. F. **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Cargill. São Paulo. Vol. 3. Cap. 8. 177-190. 2003.
- EMIOLA, L. O., DELAROSA, L. C. Physicochemical characteristics of yam starches. **Journal of Food Biochemistry**. v. 5, p.115-130, 1981.
- GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N., ZARITZKY N. E. Edible Starch Films and Coatings Characterization: Scanning Electron Microscopy, Water Vapor, and Gas Permeabilities. **Scanning**. v. 21, n.5, p.348-353, 1999.
- GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N., ZARITZKY N. E. Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Edible Starch-based Films and Coatings. **Journal of Food Science**. v. 65, n.6, p.941-947, 2000.
- GENNADIOS, A., WELLER, C. Edible Films and Coatings from Wheat and Corn Proteins. **Food Technology**. v. 44, n.10, p.63-69, 1990.
- GONTARD, N., GUILBERT, S., CUQ, B. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. **Journal of Food Science**. v.57, n.1, p.190-195, 1992.
- GUILBERT, S., GONTARD, N., GORRIS G. M. Prolongation of the Self-life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings. **Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie**. v. 29, n.1 & 2, p.10-17, 1996.
- HAGENMAIER, R.D., SHAW, P.E. Moisture permeability of edible films made with fatty acid and hydroxypropyl methylcellulose. **Journal of Agriculture Food Chemistry**. v. 38, p.1799-1803, 1990.
- HENRIQUE, C. M., CEREDA, M. P. Utilização de Biofilmes na Conservação Pós-colheita de Morango (*Fragaria ananassa* Duch) CV IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**. v. 19, n.2, p.231-233, 1999.
- INHAME, 2002. [http://www.ipa.br/CD\\_1/I\\_INHAME/inhame.html](http://www.ipa.br/CD_1/I_INHAME/inhame.html).

- KLAHORST, S. J. Applications: Credible Edible Films. **Food Product Design**. p.1-6. September 1999.
- KROCHTA, J. M., DeMULDER-JOHNSTON C. Edible and Biodegradable Polymer Films: Challengers and Opportunities. **Food Technology**. v. 51, n.2, p. 61-74, 1997.
- LAWTON, J. W. Effect of starch type on the properties of starch containing films. **Carbohydrate Polymers**. v. 29, p.203-208, 1996.
- LEHNINGER, A. L., NELSON, D. L., COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. 2ª Ed. São Paulo: Sarvier, 1995. 839 p.
- LEONEL, M., CEREDA, M.P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de alimentos**. v 22, n.1, 2002.
- MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N., ZARITZKY N. E. Microstructural characterization of yam starch films. **Carbohydrate Polymers**. v. 50, p.379-386, 2002.
- MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N., ZARITZKY N. E. Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. **Carbohydrate Polymers**. Article in Press, 2004.
- McHUGH, T. H., AVENA-BUSTILLOS, R., KROCHTA, J. M. Hydrophilic edible films: modified procedure for water vapor Permeability and explanation of thickness effects. **Journal of Food Science**. v. 58, n.4, p.899-903, 1993.
- McHUGH, T. H., KROCHTA, J. M. Permeability Properties of Edible Films. In: KROCHTA, J. M., BALDWIN, E. A. & NISPEROS-CARRIEDO, M. **Edible Coatings and Films to Improve Food Quality**. Pennsylvania – USA: Technomic, 1994. 379 p.
- McHUGH, T. H., HUXSOLL, C. C., KROCHTA, J. M. Permeability Properties of Fruit Puree Edible Films. **Journal of Food Science**. v. 61, n.1, p.88-91, 1996.
- OMONIGHO, S. E., IKENEBOMEH, M. J. Effects of different preservative treatments on the chemical changes of pounded white yam (*Dioscorea rotundata*) in storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ . **Food Chemistry**. v. 68, p.201-209, 2000.
- PARK, H.J., CHINNAN, M.S. Gas and water vapor barrier of edible films from protein and cellulose materials. **Journal of Food Engineering**. v. 25, p.497-507, 1995.
- PETERSEN, K., NIELSEN, P. V., BERTELSEN, G., LAWTHORP, M., OLSEN, M. B., NILSSON, N. H., MORTENSEN, G. Potential of biobased materials

for food packaging. **Food Science and Technology**. v. 10, p.52-68, 1999.

SANTOS, E. S. dos. **Inhame (*Dioscorea spp.*): aspectos básicos da cultura**. João Pessoa: EMEPA-PB, SEBRAE, 1996. 158 p.

SCHOCH, T.J. Swelling Power and Solubility of Granular Starches. In: WHISTLER, R.L., WOLFROM, M. L (Ed). **Methods in Carbohydrates Chemistry**. New York: Academic Press, v. 4. 1964. p.106 – 108.

SCHOCH, T.J., LEACH, H. Determination of Absolute Density. Liquid Displacement. In: WHISTLER, R.L., WOLFROM, M. L (Ed). **Methods in Carbohydrates Chemistry**. New York: Academic Press, v. 4. 1964. p.101 – 103.

# DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CLORO E DO TEMPO DE CENTRIFUGAÇÃO NO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE CENOURA FATIADA EM RODELAS

## RESUMO

A sanitização e a centrifugação dentre as etapas do processamento mínimo de hortaliças são de grande relevância para a obtenção de produtos de boa qualidade e, conseqüentemente, de maior vida de prateleira. O objetivo deste trabalho foi determinar o tempo de centrifugação e a concentração de cloro a utilizar no processamento mínimo de cenoura fatiada em rodela. Raízes de cenouras “Brasília” foram lavadas, descascadas, cortadas em rodelas, pesadas, sanitizadas com solução de cloro contendo 150 e 200 mg/L de cloro residual total, em pH 7,0 a 5°C por 10 minutos, enxaguadas com solução de cloro contendo 3 mg/L de cloro residual total, por 10 minutos. Amostras de 1500 g foram centrifugadas a 800 x g por 4, 6, 8 e 10 minutos em uma centrífuga doméstica. Amostras de 3000 g foram centrifugadas em centrífuga industrial por 1, 2, 3, e 4 minutos a 647 x g. Testes, sensorial de aceitação e microbiológicos, foram realizados para amostras de cenoura tratadas com as duas concentrações de cloro. O tempo de centrifugação necessário para retirar o excesso de água proveniente das etapas de sanitização e enxágüe foi de 6 minutos, quando se utilizou uma centrífuga doméstica, a 800 x g, para amostras de 1500 g e de 3,5 minutos quando se utilizou centrífuga industrial a 647 x g para amostras de 3000 g. A sanitização das cenouras fatiadas em rodelas, com solução de 200 mg/L de cloro residual total, foi mais eficiente para a redução da microbiota de aeróbios mesófilos e coliformes totais apresentando reduções de 1,72 e 1,55 ciclos log, respectivamente, em relação às amostras não sanitizadas. As amostras tratadas com 150 mg/L apresentaram, para esses microrganismos, reduções de 1,27 e 0,71 ciclos log, respectivamente. Com relação ao teste de aceitação, para o atributo sabor, os provadores não detectaram diferenças significativas entre as duas concentrações de cloro ( $P > 0,05$ ). Para obter hortaliças minimamente processadas com alta qualidade sensorial, microbiológica e nutricional, as etapas de sanitização e de

centrifugação devem vir acompanhadas de matéria-prima de boa qualidade, boas práticas de processamento, embalagem e temperatura de estocagem adequadas.

**Palavras-chave:** Cenoura minimamente processada, sanitização, cloro.

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda do consumidor por vegetais de boa qualidade, frescos, nutritivos e convenientes tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, levando a um incremento no consumo de vegetais minimamente processados (PEIYIN e BARTH, 1998)

As hortaliças minimamente processadas são definidas como aquelas que foram submetidas à várias etapas de processamento como seleção, lavagem, descascamento, corte, sanitização, centrifugação, embalagem mantando as suas características sensoriais e o frescor do produto “in natura”. As frutas e hortaliças frescas utilizadas como matéria-prima destes produtos representam, aproximadamente, 25% do consumo de ácido ascórbico e de vitamina A da dieta americana (WILEY, 1997).

Os produtos minimamente processados são um segmento da indústria de horticultura, que vêm obtendo crescente participação no mercado de produtos frescos desde a sua introdução nos EUA há 30 anos, e no mercado francês no início dos anos 80. No Brasil, a utilização desses produtos iniciou-se no princípio da década de 90, e nos últimos anos tem apresentado evolução significativa no incremento de vendas, principalmente pela expansão dos serviços de comida rápida e em nível doméstico. As hortaliças minimamente processadas oferecem diversas vantagens como redução do tempo de preparo da refeição, maior padronização e qualidade mais consistente, maior acesso a hortaliças mais saudáveis, menor espaço para estocagem e embalagens de armazenamento facilitado, além da redução do desperdício e da manipulação (AGOSTINHO, 2000).

As hortaliças minimamente processadas confrontam dois grandes problemas; primeiro, como os tecidos vivos continuam respirando, o que ocasiona a ocorrência de muitas reações químicas, que quando não controladas podem levar a rápida senescência do produto e mudanças em

sua qualidade. Segundo, a multiplicação microbiana, que deve ser controlada, especialmente, devido ao pH elevado das hortaliças o qual facilita o desenvolvimento de microrganismos deterioradores e patogênicos. O controle fisiológico do tecido vegetal e o controle do crescimento microbiano são críticos para manter a qualidade das hortaliças minimamente processadas (KING e BOLIN, 1989). Durante as operações de descasque e corte, os tecidos internos liberam suco celular rico em nutrientes, que pode ser utilizado pelos microrganismos (AHVENAINEN, 1996). Além disso, essas operações, aumentam a área superficial dos produtos acelerando o crescimento microbiano. A população microbiana em hortaliças expostas a vários tipos de corte pode aumentar de seis a sete vezes (BRACKETT, 1997).

No processamento mínimo a multiplicação microbiana é controlada durante a etapa de sanitização que é fundamental para a segurança microbiológica do produto. O cloro, nas suas várias formas, é o sanitizante mais utilizado em produtos minimamente processados, pois tem atividade em temperaturas baixas, possui baixo efeito residual e custo relativamente baixo (SCHMIDT, 1998). Os compostos à base de cloro são antimicrobianos que reagem com as proteínas da membrana de células microbianas, interferindo no transporte de nutrientes, além de causar perda dos componentes celulares. O ácido hipocloroso, que é a forma não dissociada, penetra na célula microbiana oxidando os grupos sulfidrílicos de certas enzimas importantes no metabolismo de carboidratos (ANDRADE e MACÊDO, 1996). O cloro também tem efeito letal, agindo no DNA da célula microbiana, oxidando as moléculas de purinas e pirimidinas (SCHMIDT, 1998). A concentração de ácido hipocloroso na solução varia em função do pH, sendo que em valores de pH 5,0, 99,7% do cloro em solução está nessa forma, enquanto que em pH 7,0 a concentração é reduzida para 75%. Outros fatores como temperatura, presença de matéria orgânica e concentração do sanitizante, isoladamente ou combinados, irão determinar a eficiência da ação antimicrobiana da solução sanitizante à base de cloro (BANWART, 1989).

O excesso de água proveniente das etapas de sanitização e enxágüe, deve ser removido do produto durante a etapa de centrifugação (REYES,

1996; WILEY, 1997). Portanto, o tempo e a velocidade de centrifugação devem ser cuidadosamente determinados (AHVENAINEN, 1996).

A cenoura (*Daucus carota* L.) é uma das espécies de hortaliças introduzidas com grande sucesso no Brasil. No estado de Minas Gerais o consumo de cenoura é alto, sendo comercializadas, aproximadamente, 48 mil toneladas ao ano. Sua grande importância nutricional como uma das principais fontes de vitamina A e sua excelente palatabilidade, aliadas ao grande volume de comercialização, a torna uma das mais importantes hortaliças de raiz comestível (RUBATZKY et al., 1999; MEIRELLES, 2001). No entanto, a cenoura tem comercialização limitada por sua rápida deterioração durante a estocagem. O produto perde firmeza e desenvolve odores característicos do catabolismo anaeróbico, devido à taxa de respiração e a deterioração microbiana, apresentando-se amolecida (BARRY-RYAN et al., 2000).

O objetivo deste trabalho foi determinar o tempo de centrifugação e a concentração de cloro a utilizar no processamento mínimo de cenoura fatiada em rodela.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na Unidade de Processamento Mínimo, Laboratório de Embalagem e Análise Sensorial da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Foram feitas três repetições do processamento.

### **2.1. Processamento mínimo**

#### **2.1.1. Matéria prima**

Foi utilizada cenoura (*Daucus carota* L.) “Brasília”, doada pela Cooperativa Agropecuária do alto Paranaíba (COOPADAP). Cenouras de tamanho médio e livre de injúrias mecânicas e defeitos fitossanitários, foram selecionadas para o processamento mínimo. As cenouras foram armazenadas em câmara fria a  $5 \pm 1$  °C, até o seu processamento.

### **2.1.2. Determinação do tempo de centrifugação**

As amostras foram lavadas em água corrente, retiradas as suas extremidades, descascadas manualmente e fatiadas em rodela (5 mm de espessura), em processador para vegetais (Robot Coupe CL50). Para a sanitização utilizou-se o produto comercial à base de cloro orgânico para verduras e frutas Sumaveg® (Diversey Lever), que tem como princípio ativo o Dicloro S. Triazinatriona Sódica Dihidratada com teor de 3% de cloro residual total. Amostras de 1500 g e 3000 g de cenouras fatiadas em rodela foram acondicionadas em sacos de nylon e imersas em solução sanitizante de 200 mg/L de cloro residual total, pH 7,0, a 5°C, por 10 minutos; após as amostras foram enxaguadas em água tratada com 3 mg/L de cloro residual total, a 5°C por um período de 10 minutos. As amostras contendo 1500 g foram centrifugadas em centrífuga doméstica (Arno), a 800 x g por 4, 6, 8 e 10 minutos. Amostras contendo 3000 g foram centrifugadas em centrífuga industrial a 647 x g por 1, 2, 3, e 4 minutos. Após cada tempo de centrifugação as amostras foram pesadas novamente.

### **2.1.3. Determinação da concentração de cloro**

As amostras foram lavadas em água corrente, retirada as suas extremidades, descascadas manualmente e fatiadas em rodela (5 mm de espessura) em um processador para vegetais (Robot Coupe). Amostras de 1500 g de cenoura em rodela acondicionadas em sacos de nylon, foram imersas em soluções sanitizantes com concentrações de 150 e 200 mg/L de cloro residual total, pH 7,0, a 5°C, por 10 minutos; após as amostras foram enxaguadas em água tratada com 3 mg/L de cloro residual total, a 5°C, por 10 minutos. Após foram centrifugadas em uma centrífuga doméstica (Arno) a 800 x g por 6 minutos (definida em testes preliminares como a melhor condição de centrifugação).

## **2.2. Análises microbiológicas**

Para avaliar a eficiência das soluções sanitizantes sobre a microbiota presente na cenoura, foram realizadas análises microbiológicas de aeróbios mesófilos e de coliformes totais e fecais nas amostras de cenouras fatiadas em rodela, sanitizadas com 150 e 200mg/L de cloro residual total, segundo metodologia descrita por VANDERZANT e SPLITTSTOESSER (1992). Paralelamente foram realizadas análises microbiológicas em amostras não sanitizadas.

## **2.3. Análise sensorial**

Logo após do processamento mínimo, cenouras fatiadas em rodela minimamente processadas, sanitizadas com 150 e 200 mg/L de cloro residual total foram avaliadas quanto à aceitabilidade sensorial do sabor por 35 consumidores entre 18 e 40 anos, em condições laboratoriais.

Cada provador recebeu simultaneamente as duas amostras: cenouras sanitizadas com soluções de 150 e 200 mg/L de cloro residual total. Cada amostra consistia de três rodela de cenoura que tinham 5 mm de espessura. A cada provador foi solicitado que avaliasse as amostras e identificasse o quanto gostava ou desgostava, utilizando uma Escala Hedônica de nove pontos para as avaliações; sendo os extremos o valor 9, atribuído ao termo “gostei extremamente” e o valor 1, atribuído ao termo hedônico “desgostei extremamente” (Quadro 1).

## **2.4. Análise estatística**

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa de computação Statistical Analysis System (SAS, 2003), licenciado para uso pela UFV. Foram aplicados os testes de análises de variância (ANOVA) e análise de regressão a um nível de significância de 5%.

### QUADRO 1. Escala Hedônica utilizada para a análise sensorial

<b>Nome:</b> _____ <b>Idade:</b> ____ <b>Sexo:</b> ( ) M ( ) F
Por favor, avalie a amostra utilizando a escala abaixo e identifique, o quanto você gostou ou desgostou do produto, em relação ao atributo sabor.
<b>CÓDIGO DA AMOSTRA:</b> _____
9. Gostei extremamente
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei ligeiramente
5. Indiferente
4. Desgostei ligeiramente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei extremamente
<b>Sabor:</b> _____
<b>Comentários:</b> _____

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância, os tempos avaliados para a centrifugação retirar o excesso de umidade de amostras contendo 1500 g de cenoura fatiadas em rodela foram significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) (Quadro 2).

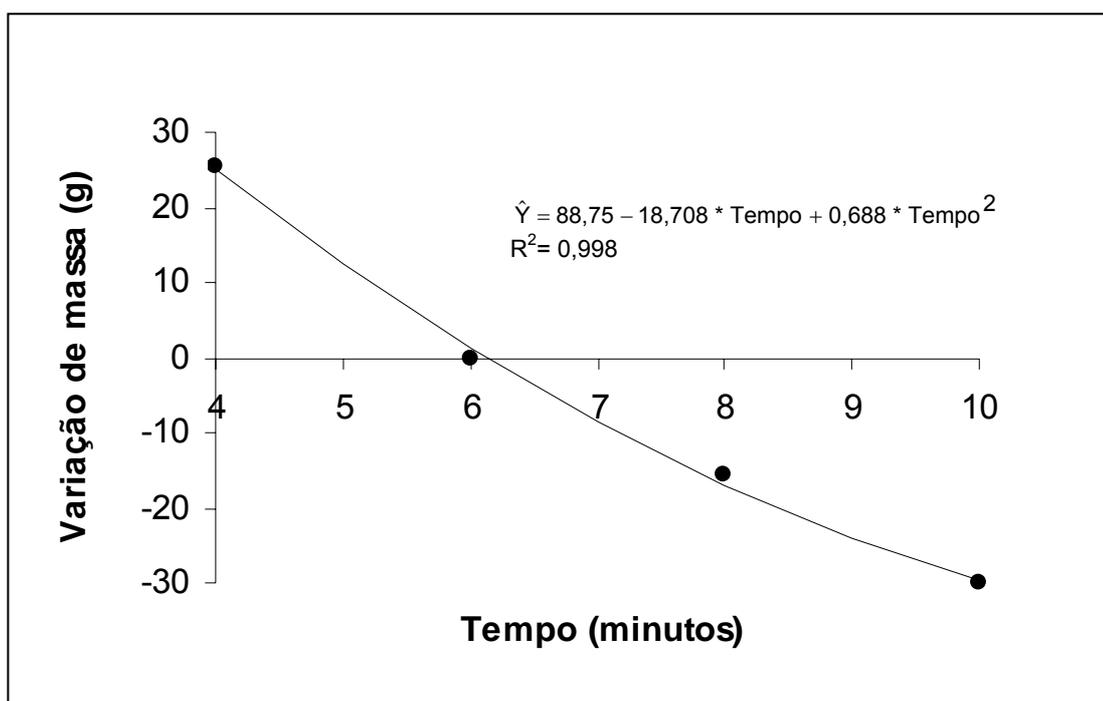
**QUADRO 2.** Resumo da análise de variância do efeito do tempo de centrifugação sobre a massa em cenoura em rodela

Fonte de variação	G.L	QM
Regressão	2	2520,5833*
Falta de ajustamento	1	10,4167 <sup>n.s</sup>
Tempo	(3)	1683,8611*
Resíduo	8	3,1667

\* Significativo a 5% de probabilidade

<sup>n.s</sup> Não significativo a 5% de probabilidade

As amostras contendo 1500 g de cenouras fatiadas em rodela apresentaram tempo ideal de centrifugação de 6 minutos na centrífuga doméstica, sendo esse tempo suficiente para retirar todo o excesso de umidade superficial, ou seja, a massa do produto centrifugado foi igual à massa do produto antes da sanitização (Figura 1).



**FIGURA 1.** Variação de massa de cenoura minimamente processada após 4, 6, 8 e 10 minutos de centrifugação em centrífuga doméstica a 800 g.

Para tempos de centrifugação inferiores a 6 minutos, a massa, após a centrifugação, foi maior que a massa do produto antes da sanitização (Figura 1). Esse resultado indica, que esses tempos não foram suficientes para retirar o excesso de água do produto. A retirada do excesso de água do produto é muito importante para prevenir a deterioração do mesmo, já que o excesso de umidade do produto pode estimular o crescimento microbiano. Quando o tempo de centrifugação foi superior a 6 minutos, a diferença de peso foi negativa, indicando retirada excessiva de água dos tecidos, o que pode ocasionar desidratação superficial da cenoura fatiada em rodela minimamente processada. A desidratação na cenoura minimamente processada pode ocasionar um esbranquiçamento no produto, o que diminui sua aceitabilidade pelo consumidor, o qual associa a cor esbranquiçada com

o envelhecimento do produto (BOLIN e HUXSOLL, 1991). O esbranquiçamento da cenoura é o resultado de respostas físicas e fisiológicas aos fermentos (CISNEROS-ZEVALLOS et al., 1997). A resposta física é reversível e é devida à desidratação superficial (CISNEROS-ZEVALLOS et al., 1995), ocasionada pelo processamento (TATSUMI, 1991). A resposta fisiológica está relacionada com a formação de lignina (BOLIN e HUXSOLL, 1991; HOWARD e GRIFFIN, 1993) que é um componente irreversível da mudança de cor (CISNEROS-ZEVALLOS et al., 1995).

Quando a centrifugação das amostras contendo 3000 g de cenoura fatiada em rodela, foi realizada em centrífuga industrial a 674 x g, o tempo ideal de centrifugação foi de 3,5 minutos. Nesse tempo, a massa do produto, após a centrifugação, foi igual ao do produto antes da sanitização. A centrífuga industrial, embora tenha uma força centrífuga relativa menor (647 x g), foi capaz de retirar o excesso de água mais rapidamente do que a centrífuga doméstica (800 x g). Esse resultado pode ser relacionado com o fato da centrífuga industrial possuir motor com maior torque, alcançando a velocidade máxima angular mais rapidamente que a centrífuga doméstica (SILVA, 2003).

O tempo adequado de centrifugação varia de acordo com o produto e com o corte. Com a mesma centrífuga, SILVA (2003) estabeleceu para amostras de 3000 g de cenoura ralada, o tempo de 5 segundos como suficiente para retirar todo o excesso de água absorvida durante a sanitização e o enxágüe. A mesma autora determinou 26 segundos como o tempo suficiente para retirar o excesso de água de amostras de 1500 g de cenoura ralada, em centrífuga doméstica (ARNO) a 800 x g. Com esta centrífuga, CARNELOSSI (2000) estabeleceu que 10 minutos foi o tempo ideal de centrifugação para amostras de 1500 g de couve minimamente processada. PILON (2003) utilizou uma centrifugação de 550 a 900 x g por 5 minutos, para cenoura em cubos minimamente processada.

Todas as amostras apresentaram contagens de coliformes fecais < 3 NMP/g. Embora na legislação brasileira (ANVISA, 2001) não existam padrões microbiológicos específicos para hortaliças minimamente processadas, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) na Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, especifica para hortaliças,

legumes e similares, frescas, "in natura", preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanitizadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, determina ausência de *Salmonella* sp em 25 g e 10<sup>2</sup> NMP/g de coliformes a 45°C (ANVISA, 2001).

Pela análise de variância, o efeito de concentrações de cloro sobre aeróbios mesófilos e coliformes totais em cenoura fatiada em rodela foi significativamente diferente (P<0,05) (Quadro 3).

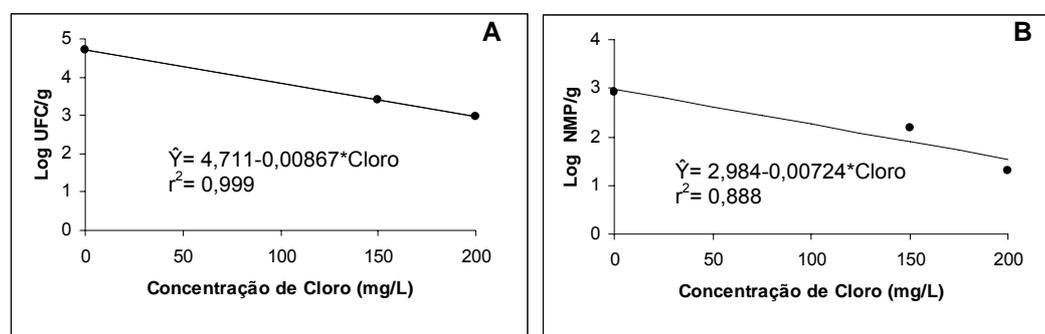
**QUADRO 3.** Resumo da análise de regressão do efeito da concentração de cloro sobre a população de aeróbios mesófilos e coliformes totais em cenoura em rodela.

Fonte de variação	GL	QM	
		Mesófilos	Coliformes totais
Regressão	1	4,8851*	3,4105*
Falta de ajuste	1	0,0001551 <sup>n.s.</sup>	0,4268 <sup>n.s.</sup>
Cloro	(2)	2,4426*	1,9187*
Resíduo	6	0,02659	0,08082

\* Significativo a 5% de probabilidade

<sup>n.s.</sup> Não significativo a 5% de probabilidade

Ao aumentar a concentração de cloro observou-se redução do número de microrganismos presentes nas amostras de cenoura. A sanitização das amostras de cenouras com solução de cloro contendo 200 mg/L de cloro residual total, foi mais eficiente sobre o controle microbiológico de aeróbios mesófilos (Figura 2A) e coliformes totais (Figura 2B), do que a efetuada com solução contendo 150 mg/L.



**FIGURA 2.** Efeito da concentração de cloro sobre a população de aeróbios mesófilos (A) e coliformes totais (B) na cenoura em rodela.

Quando foi utilizado 200 mg/L de cloro residual total durante a sanitização, a redução nos aeróbios mesófilos e coliformes totais foi de 1,74 e 1,6 ciclos log, respectivamente, em relação às amostras não sanitizadas. TORRIANI e MASSA (1994), encontraram que a sanitização de cenoura em rodela, com 20 mg/L de cloro livre por 20 minutos, resultou em redução significativa de coliformes totais (1,41 ciclos log). No entanto, os aeróbios mesófilos não foram afetados pelo sanitizante na concentração e tempo empregados. SILVA (2003), utilizando cenoura ralada, sanitizada e enxaguada (CSE), obteve redução no número de aeróbios mesófilos de aproximadamente um ciclo log, quando usou 200 mg/L de cloro residual total durante a sanitização. Ao contrário, AMANATIDOU et al. (2000), em seu trabalho com cenoura em rodela, usando a mesma concentração de cloro residual, obtiveram redução na microbiota das amostras, de apenas 0,4 ciclo log, em relação ao produto não sanitizado.

Segundo PILON (2003), nos resultados microbiológicos de amostras de cenoura em cubos, sanitizadas com solução de 100 mg/L de cloro residual total, por 15 minutos, não foi observada a presença de coliformes totais e fecais. BITTENCOURT (2000), encontrou em amostras de couve minimamente processada reduções de 1,2 a 2 ciclos log no número de bactérias aeróbias mesófilas. Em cenouras minimamente processadas, o número de bactérias aeróbias mesófilas encontradas por CHERVIN e BOISSEAU (1992), foi de 6,7 log UFC/g. Esses dados discordantes quanto à efetividade do cloro sobre os microrganismos presentes em vegetais frescos, podem ser atribuídos a diversos fatores, como, tipo de hortaliça, pH e temperatura da solução, qualidade da água, tempo de contacto, matéria orgânica presente na solução (BANWART, 1989; DYCHDALA, 1991; AHVENAINEN, 1996; ZHANG e FARBER, 1996).

Muitos pesquisadores têm concluído que concentrações de 100 a 200 mg/L de cloro residual total são efetivas no processo de sanitização de vegetais antes ou após o corte para reduzir a microbiota presente e estender a vida útil destes produtos (WILEY, 1997; AHVENAINEN, 1996).

Não houve aceitação significativa as amostras de cenouras tratadas com 150 e 200 mg/L de cloro residual total durante a sanitização (Quadro 4).

**QUADRO 4.** Resumo da análise de variância para o atributo sabor de cenoura em rodela sanitizadas com 150 e 200mg/L de cloro residual total por 10 minutos.

<b>Fonte de variação</b>	<b>G.L</b>	<b>QM</b>
Cloro	1	0,9143 <sup>n.s</sup>
Resíduo	68	2,3008

<sup>n.s</sup> Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

As médias do atributo sabor nas amostras de cenoura sanitizadas com concentrações de 150 e 200 mg/L de cloro residual total, foram 6,86 e 6,63, respectivamente, situando-se ambas nos termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Esses resultados são similares aos reportados por PILON (2003), que obteve notas entre 6 e 7 para cenoura sanitizada com solução de 200 mg/L de cloro residual total, correspondente aos termos gostei ligeiramente e gostei moderadamente. Dados diferentes foram encontrados por SILVA (2003), quando utilizou solução de 200 mg/L de cloro residual total em cenoura ralada, o qual verificou alteração no sabor do produto. AMANATIDOU et al. (2000) comparando diferentes métodos de sanitização para cenoura minimamente processada, verificaram que a concentração de 200 mg/L de cloro residual total provocou gosto amargo e esbranquiamento dos tecidos da cenoura.

#### **4. CONCLUSÕES**

As etapas de sanitização e centrifugação no processamento mínimo de hortaliças são importantes para obtenção de um produto de boa qualidade e seguro. No processamento mínimo, a única etapa que existe para reduzir a microbiota presente nas hortaliças é a sanitização. Entretanto, é imprescindível usar o sanitizante na concentração e no tempo adequado. No caso de cenoura “Brasília”, fatiada em rodela, a concentração de 200 mg/L de cloro residual total foi mais eficiente para o controle de coliformes totais e fecais e aeróbios mesófilos. O tempo de centrifugação recomendado para a centrífuga doméstica (ARNO) foi de 6 minutos para amostras contendo 1500 g de cenoura em rodela e de 3,5 minutos para amostras contendo 3000 g quando foi usada centrífuga industrial. É importante

ressaltar que a eficiência da sanitização depende do uso de matéria-prima de qualidade, boas práticas de processamento, e adequada embalagem e temperatura de estocagem.

## **BIBLIOGRAFIA**

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Legislação para alimentos**. Resolução RDC Nº 12 de 2 de janeiro de 2001.

AGOSTINHO, S. Pesquisa em Processamento Mínimo de Hortaliças no Brasil. **II Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2000. p.110-115.

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**. v.71, p.179-187, 1996.

AMANATIDOU, A., SLUMP, R. A. GORRIS, L. G. M. ,SMID, D. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots. **Journal of Food Science**, v. 65, n.1, p.61-66, 2000.

ANDRADE, N.J., MÂCEDO, J. A. **Higienização na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela. 1996. 182p.

BANWART, G.J. **Basic Food Microbiology**. 2 ed. New York: Van Nostrand Reinhold. 1989. 773p.

BARRY-RYAN, C., PACUSSI, J .M., O'BEIRNE, D. Quality of Shredded Carrots as Affected by Packaging Film and Storage Temperature. **Journal of Food Science**. v.65, n.4, p.726-730, 2000.

BITTENCOURT, M.T. **Atividade microbiana em couve (*Brassica oleracea cv.acephala*) minimamente processada**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 79p. (Tese de Mestrado).

BOLIN, H. R., HUXSOLL, C. C. Control of Minimally Processed Carrot (*Daucus carota*) Surface Discoloration Caused by Abrasion Peeling. **Journal of Food Science**. v. 56, p.416-418, 1991.

BRACKETT, R. E. Alteración microbiológica y microorganismos patógenos de frutas y hortalizas refrigeradas minimamente procesadas. IN: WILEY, R.C. **Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesadas y Refrigeradas**. Zaragoza: ACRIBIA. 1997. p.263-304.

- CARNELOSSI, M. A. G. **Fisiologia Pós-Colheita de Folhas de Couve (*Brassica oleracea* CV. *Acephala*) Minimamente Processadas**. Viçosa – MG: Universidade Federal de Viçosa. 2000. 81p (Tese de Mestrado).
- CHERVIN, C., BOISSEAU, P. Quality maintenance of ready-to-eat shredded carrots by gamma irradiation. **Postharvest Biology and Technology**. v. 2, n.2, p.7-17, 1992.
- CISNEROS-ZEVALLOS, L., SALTVEIT, M. E., KROCHTA, J. M. Mechanism of Surface White Discoloration of Peeled (Minimally Processed) Carrots During Storage. **Journal of Food Science**. v. 60, p.320-323, 333, 1995
- CISNEROS-ZEVALLOS, L., SALTVEIT, M. E., KROCHTA, J. M.. Hygroscopic Coatings Control Surface White Discoloration of Peeled (Minimally Processed) Carrots During Storage. **Journal of Food Science**. v. 62, n.2, p.363-366, 1997.
- DYCHDALA, G. R. Chlorine and chlorine compounds. IN: BARKLEY, W.E. **Desinfection sterilization and preservation**. 4.ed. Philadelphia, Lea & Febiger. 1991. p.131-151.
- GUTIERREZ, M. A., DE OLIVEIRA, E. Processamento Mínimo de Couve e Repolho. **II Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2000. p.125-131.
- HOWARD, L. R., GRIFFIN, L. E. Lignin Formation and Surface Discoloration of Minimally Processed Carrot Sticks. **Journal of Food Science**. v.58, n.5, p.1065-1067, 1993.
- KING Jr. A. D., BOLIN, H. R. Physiological and Microbiological Storage Stability of Minimally Processed Fruits and Vegetables. **Food Technology**. n.2, p.132-135, 1989.
- MEIRELLES, J. C. de S. Classificação de cenoura. São Paulo: CEAGESP-SP, 2001, folder. 4 p.
- PEIYIN, L., BARTH, M. M. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**. v. 14, p.51-60, 1998.
- PILON, L. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração**. Piracicaba-SP. Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2003. 111p. (Tese de Mestrado).
- REYES, V.G. Improved preservation system for minimally processed vegetables. **Food Australia**. v. 48, p.87-90, 1996.
- RUBATZKY, V. E., QUIROS, C. F., SIMON, P. W. **Carrots and related vegetable Umbelliferae**. Davis: CABI Publishing, 1999. 294 p.

- SAS Institute. SAS User's Guide: statistics eighth version. Cary, USA Institute, 2003.
- SCHMIDT, R.H. Basic elements of equipment cleaning and sanitizing in food processing and handling operations. In: **HACCP- Hazard Analysis Critical Control Point – Implementation**. 1998, Flórida, 1998.
- SILVA, M. A. **Fisiologia de cenoura minimamente processada**. Viçosa–MG: Universidade Federal de Viçosa. 2003. 78p. (Tese de Mestrado).
- TATSUMI, Y., WATADA, A. E., WERGIN, W. P. Scanning electron microscopy of carrots stick surface to determine cause of white translucent appearance. **Journal of Food Science**. v. 56, n.1, p.1357-1359, 1991.
- TORRIANI, S., MASSA, S. Bacteriological Survey on Ready-to-use Sliced Carrots. **Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie**. v. 27, n.5, p.487-490, 1990.
- WILEY, R.C. **Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesadas y Refrigeradas**. Zaragoza: ACRIBIA. 1997. 362p.
- VANDERZANT, C., SPLITTSTOESSER, D. F. **Compendium of methods for the Microbiological Examination of Foods**. 3 ed. Washington: American Public Health Association (APHA). 1992. 1219p.
- ZHANG, S., FARBER, J. M. The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. **Food Microbiology**, v.13, p. 311-321,1996.

## REVESTIMENTO COMESTÍVEL ANTIMICROBIANO NA CONSERVAÇÃO DE CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um revestimento comestível antimicrobiano a base de amido de inhame e quitosana e avaliar seu efeito na conservação de cenoura minimamente processada mediante análises microbiológicas e de perda de massa. Foram preparados revestimentos a base de 4% de amido de inhame (p/p) + 2% de glicerol (p/p), 4% de amido de inhame (p/p) + 2% de glicerol (p/p) + quitosana em concentrações de 0,5, 0,75, 1,0 e 1,5%. Amostras de cenouras em rodela minimamente processadas foram imersas nos revestimentos durante 3 minutos e secas a 20°C/3 horas. As amostras controle foram imersas em água destilada estéril. Todas as amostras foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido, envoltas em filme de polivinil cloreto e estocadas a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$ /15 dias. As análises foram realizadas nos tempos 0, 5, 10 e 15 dias de estocagem. Microfotografias das cenouras revestidas mostraram que o revestimento foi homogêneo distribuído sobre a cenoura numa espessura entre 15 a 20  $\mu\text{m}$ . Os revestimentos apresentaram efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ) no controle microbiológico de coliformes totais, psicrófilos e fungos filamentosos e leveduras. Durante o armazenamento, todas as amostras apresentaram contagens  $< 3$  NMP/g para coliformes fecais e *Escherichia coli* e ausência de *Salmonella* em 25g. No tempo zero os revestimentos que continham quitosana inibiram o desenvolvimento de coliformes totais, psicrófilos e fungos e leveduras, mas esse efeito foi diminuindo ao aumentar o tempo de estocagem. O revestimento com 1,5% de quitosana, apresentou a melhor eficiência antimicrobiana sobre esses grupos microbiológicos com reduções de 2,1, 1,8 e 3,6 ciclos log, respectivamente, em relação ao controle. O grupo controle e as amostras revestidas somente com amido e glicerol apresentaram as contagens mais altas dos microrganismos avaliados durante a estocagem. As amostras em todos os tratamentos estudados não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para perda de massa.

Portanto, os revestimentos não foram barreira para a perda de umidade da cenoura. O uso do revestimento comestível antimicrobiano constituído de amido de inhame e quitosana é uma alternativa viável para controlar o crescimento microbiológico na cenoura minimamente processada e estender sua vida de prateleira.

**Palavras Chave:** Revestimento comestível antimicrobiano, quitosana, amido.

## 1. INTRODUÇÃO

Os revestimentos antimicrobianos são uma inovação dentro do conceito de embalagem ativa e têm sido desenvolvidos com o objetivo de reduzir, inibir ou retardar o crescimento de microrganismos na superfície dos alimentos, quando em contato com os produtos acondicionados (APPENDINI & HOTCHKISS, 2002).

Na maioria dos alimentos frescos ou processados, a contaminação microbiana ocorre, em maior intensidade, na superfície dos mesmos, requerendo assim um controle efetivo do crescimento microbiano neste local (PADGETT et al., 1998). Tradicionalmente, os antimicrobianos são adicionados diretamente aos alimentos, mas sua atividade pode ser inibida por muitas substâncias do próprio alimento diminuindo a sua eficiência. Nestes casos o emprego de filmes ou revestimentos antimicrobianos pode ser mais eficiente do que o uso direto de antimicrobianos no alimento, pois o antimicrobiano migra seletiva e gradualmente da embalagem para a superfície do alimento, mantendo-se assim altas concentrações onde são mais necessárias (OUATTARA et al., 2000)

Os filmes e revestimentos comestíveis antimicrobianos têm-se apresentado como uma alternativa eficiente no controle da contaminação dos alimentos. O crescimento de microrganismos tanto deterioradores quanto patogênicos pode ser prevenido pela incorporação de agentes antimicrobianos em filmes ou revestimentos comestíveis (DEBEAUFORT et al., 1998).

Os antimicrobianos mais utilizados em revestimentos comestíveis são ácido sórbico, ácido propiônico, sorbato de potássio, ácido benzóico, benzoato de sódio e ácido cítrico (QUINTAVALLA & VICINI, 2002). Também,

como antimicrobianos estão sendo usadas bacteriocinas, como nisina e pediocina (SEBTI & COMA, 2002); enzimas, como peroxidase e lisozima (PADGETT et al., 1998) e polissacarídeos com propriedades antimicrobianas naturais como a quitosana (DEBEAUFORT et al., 1998).

A quitosana, que é um polissacarídeo obtido da desacetilação da quitina, originária do exoesqueleto de crustáceos e parede celular de fungos, tem sido muito utilizada em filmes e revestimentos antimicrobianos pela sua propriedade de inibir o crescimento de muitas bactérias patogênicas e fungos (ROMANAZZI et al., 2002). Em fungos, a quitosana pode produzir alterações nas funções da membrana, por interação com a superfície eletronegativa deles, levando a mudanças na permeabilidade, distúrbios metabólicos e morte celular (FANG et al., 1994). Segundo MUZZARELLI et al. (1990) a atividade antimicrobiana da quitosana sobre bactérias é devido à natureza policatiónica da molécula de quitosana que permite a interação e formação de complexos polieletrólitos com os polímeros ácidos produzidos na superfície da bactéria (lipopolissacarídeos, ácido teicóico e teicurônico). Filmes e revestimentos a base de quitosana testados sobre *Listeria monocytogenes*, inibiram o crescimento desse microrganismo (COMA et al., 2002). EL GHAOUTH et al. (1992) mostraram que revestimentos a base de 1% e 2% de quitosana, reduziram no tomate a incidência de deterioração, principalmente a causada por *Botrytis cinerea*. Estudos têm demonstrado que os revestimentos a base de quitosana tem potencial para aumentar a vida de prateleira de frutas e hortaliças frescas, inibindo o crescimento de microrganismos, reduzindo a produção de etileno e os níveis de oxigênio e aumentando a concentração interna de gás carbônico (LAZARIDOU & BILIADERIS, 2002).

Dentre os polissacarídeos utilizados para produção de filmes e revestimentos comestíveis, o amido é o biopolímero natural mais comumente utilizado. O uso do amido pode ser uma interessante alternativa para filmes e revestimentos comestíveis devido a seu baixo custo, abundância, biodegradabilidade, comestibilidade e fácil manipulação (MALI et al., 2002). Estudos feitos por LAWTON (1996), mostram que os filmes e revestimentos a base de amido apresentam diferentes propriedades e estas diferenças são atribuídas ao conteúdo de amilose no amido. O inhame (*Dioscorea sp*) poderia ser uma boa fonte de amido para produção de filmes

e revestimentos comestíveis, já que seu amido contém cerca de 30% de amilose, responsável pela formação dos filmes (MALI et al., 2002).

A cenoura (*Daucus carota* L.) é um dos vegetais mais populares, mas sua comercialização é limitada por sua rápida deterioração durante a estocagem, devido a mudanças fisiológicas que diminui sua vida de prateleira (PEIYIN & BARTH, 1998). O produto perde a firmeza e desenvolve odores característicos do catabolismo anaeróbico, devido a alta taxa de respiração e a deterioração microbiológica (BARRY-RYAN et al., 2000). A cenoura minimamente processada, durante a estocagem, rapidamente perde sua cor laranja brilhante e desenvolve uma cor esbranquiçada na superfície (BOLIN & HUXSOLL, 1991), diminuindo sua aceitabilidade pelo consumidor. Tanto a proliferação microbiana quanto a descoloração na superfície do produto podem ser controladas mediante a utilização de revestimentos comestíveis a base de biopolímeros.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um revestimento comestível antimicrobiano a base de amido de inhame e quitosana e avaliar seu efeito na conservação da cenoura minimamente processada mediante análises microbiológicas e perda de peso.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido nos laboratório de Embalagem, Análise Sensorial e na Unidade de Processamento Mínimo da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo em parcelas subdivididas com três repetições, tendo nas parcelas os revestimentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 e nas sub-parcelas os tempos 0, 5, 10 e 15 dias.

### **2.1. Processamento mínimo da cenoura**

A cenoura (*Daucus carota* L.) da variedade Brasília foi doada pela COOPADAP de Belo Horizonte. As cenouras foram estocadas a  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  até o

momento do processamento. Cenouras de tamanho médio e livre de injúrias foram selecionadas para o processamento. As amostras foram lavadas em água corrente, retirada as suas extremidades, descascadas manualmente e cortada em rodela (5 mm de espessura) em um processador para vegetais (Robot Coupe CL50). Para a sanitização utilizou-se o produto comercial à base de cloro para verduras e frutas Sumaveg® (Diversey Lever), que tem como princípio ativo o Dicloro S. Triazinatriona Sódica Dihidratada. Amostras de 1500 g de cenoura em rodela acondicionadas em sacos de nylon, foram imersas em solução sanitizante (200 mg/L de cloro residual total) a 5°C por 10 minutos e enxaguadas (3 mg/L de cloro residual total) a 5°C por um período de 10 minutos, depois foram centrifugadas em uma centrífuga doméstica (Arno) a 800 g por 6 minutos.

## **2.2. Revestimento comestível antimicrobiano**

Os revestimentos foram preparados com amido de inhame (*Dioscorea alata*) variedade Caramujo, isolado no Laboratório de Amido e Farinha da Universidade Federal de Viçosa e quitosana como composto antimicrobiano, adquirida da empresa Padetec (Fortaleza, Ceará-Brasi) com grau de desacetilação acima de 85%.

Para a elaboração dos revestimentos foram preparadas soluções aquosas contendo 4% de amido, 2% de glicerol e quitosana em concentrações de 0,5%, 0,75%, 1,0% e 1,5% (p/p), previamente dissolvida em 0,4% de ácido acético glacial (p/p). As suspensões foram gelatinizadas a temperatura de 95°C. As suspensões foram homogeneizadas no Ultra Turrax T 18 basic a 10.000 rpm por 10 segundos. Também foram feitos revestimentos de amido sem quitosana (Quadro 1).

**QUADRO 1.** Composição dos revestimentos comestíveis antimicrobianos usados nas cenouras minimamente processadas.

<b>Revestimento</b>	<b>Amido (%)</b>	<b>Glicerol (%)</b>	<b>Quitosana (%)</b>
1(Controle)*	0,0	0,0	0,0
2 (A+G)	4,0	2,0	0,0
3 (A+G+Q 0,5%)	4,0	2,0	0,5
4 (A+G+Q 0,75%)	4,0	2,0	0,75
5 (A+G+Q 1,0%)	4,0	2,0	1,0
6 (A+G+Q 1,5%)	4,0	2,0	1,5

\* Cenouras imersas em água destilada, A: amido, G: glicerol, Q: quitosana

### **2.3. Aplicação dos revestimentos em cenoura minimamente processada e armazenamento**

Amostras de cenouras em rodela minimamente processadas foram imersas nos diferentes revestimentos por 3 minutos e secas com fluxo de ar a 20°C por 3 horas. O grupo controle, cenouras não revestidas, foi imerso em água destilada estéril nas mesmas condições. Amostras contendo 120 g de cenouras em rodela foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido e envoltas em filme de polivinilcloreto (PVC). Foram estocadas também amostras de cenoura em bandejas sem serem envolvidas em filme polivinilcloreto (PVC). As amostras foram armazenadas a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$  por 15 dias em umidade relativa de  $58 \pm 2\%$ .

### **2.4. Características dos revestimentos**

As características dos revestimentos foram analisadas mediante cortes transversais das cenouras e visualizadas em microscópio estereoscópio utilizando coloração com iodo para determinação da espessura dos revestimentos

## **2.5. Análises microbiológicas**

Para avaliar a eficiência microbiológica dos revestimentos antimicrobianos sobre a microbiota presente na cenoura, foram realizadas análises microbiológicas de coliformes totais e fecais, *Escherichia coli*, fungos filamentosos e leveduras e psicrotróficos nas amostras de cenouras revestidas e não revestidas nos tempos 0, 5, 10 e 15 dias de estocagem, segundo metodologia descrita pelo Compendium of methods for the Microbiological Examination of Foods (VANDERZANT & SPLITTSTOESSER, 1992). No tempo zero as cenouras revestidas foram analisadas após o tratamento.

## **2.6. Perda de massa**

A variação de massa da cenoura minimamente processada foi determinada pesando as amostras em balança semi-analítica a cada dois dias, durante os 15 dias da estocagem. O resultado foi expresso em porcentagem de perda de massa em relação à massa inicial. As amostras em bandejas de poliestireno expandido sem filme de polivinilcloro foram pesadas durante 3 dias.

## **2.7. Porcentagem de umidade e atividade de água**

A porcentagem de umidade em todas as amostras, foi determinada segundo metodologia da AOAC (1995), nos dias 1 e 15 da estocagem. A atividade de água do grupo controle foi determinada no AquaLab, modelo RX-2 com uma precisão de  $\pm 0,003$ , as leituras foram feitas a 20°C.

## **2.8. Análise estatística**

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa de computação Statistical Analysis System (SAS). Foram aplicados os testes de análises de variância (ANOVA) para parcelas subdivididas e análise de regressão a um nível de significância de 5%.

# **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## **3.1. Características dos revestimentos**

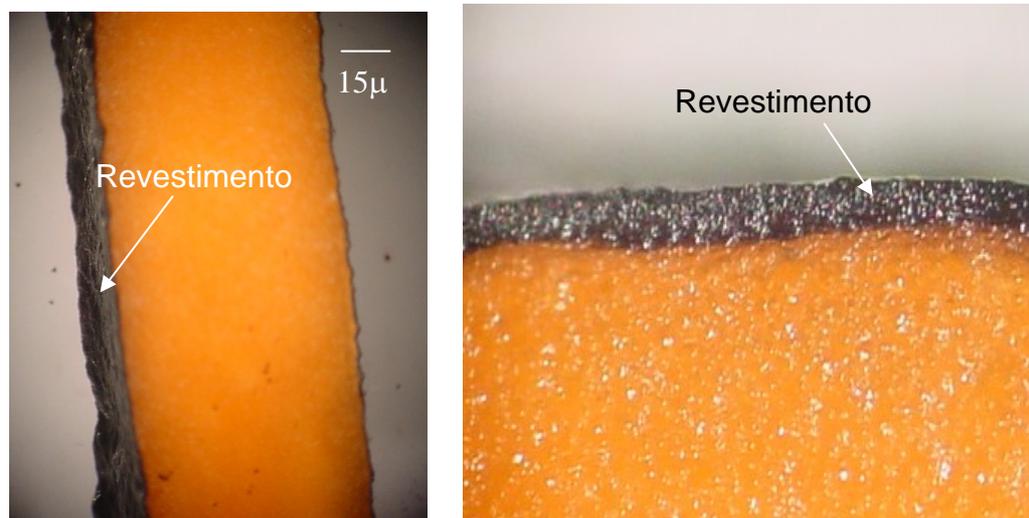
As características visuais dos revestimentos foram analisadas em microscópio estereoscópio com aumento de 100x, mediante coloração com

iodo. O grupo controle, amostra sem revestimento (Figura 1A), permaneceu com a mesma cor, enquanto as amostras revestidas tornaram-se escuras, mostrando a presença do revestimento. Pode-se observar que o revestimento cobriu homogeneamente toda a amostra (Figura 1B).



**FIGURA 1.** Microfotografia (100x) de cenouras coloridas com iodo . Cenoura não revestida (A) e cenoura com revestimento de amido de inhame e 0,5% quitosana (B).

Mediante um corte transversal foi medida a espessura dos revestimentos, que variou entre 15 e 20  $\mu\text{m}$  para todas as formulações testadas (Figura 2).



**FIGURA 2.** Microfotografia (100x) de um corte transversal de cenoura com revestimento de amido de inhame e 1,0% quitosana colorida com iodo.

### 3.2. Análises microbiológicas

Durante o período de estocagem todas as amostras apresentaram ausência de *Salmonella* em 25 g e contagens de coliformes fecais e *Escherichia coli* <3 NMP/g. Esses dados estão de acordo com a Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, que especifica para hortaliças, legumes e similares, frescas, "in natura", preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, ausência de *Salmonella* sp em 25g e 10<sup>2</sup> NMP/g de Coliformes a 45°C (ANVISA, 2001). Segundo, PILON (2003), os resultados microbiológicos em cenoura em cubos sanitizadas com 100 mg/L de cloro livre por 15 minutos, foram negativos para coliformes totais e fecais e *Salmonella* sp. Embora a *Salmonella* spp, tenha sido isolado de vegetais frescos intactos (DOYLE, 1990) e reportada em saladas de vegetais oferecidas para a venda (GARCÍA-VILLANOVA et al., 1987; ERCOLANI, 1976; SADDIK et al., 1985). TORRIANI & MASSA (1994), em amostras de cenoura em rodela produzidas industrialmente, também não detectaram presença de *Salmonella* spp, em nenhuma das amostras examinadas. No entanto, 65% das amostras apresentaram contagens de coliformes fecais acima do permitido, indicando uma qualidade higiênica deficiente nestes produtos.

Em 1993, nos EUA, a cenoura foi associada a um surto de infecção causada por *Escherichia coli* enterotoxigênica (BEUCHAT, 2002). ZHENG & ZHU (2003), têm demonstrado que 1% de quitosana, com grau de desacetilação do 88,76% e peso molecular de 48,5 KDa, tem um efeito antimicrobiano sobre o crescimento deste microrganismo, com uma taxa de inibição do 100%.

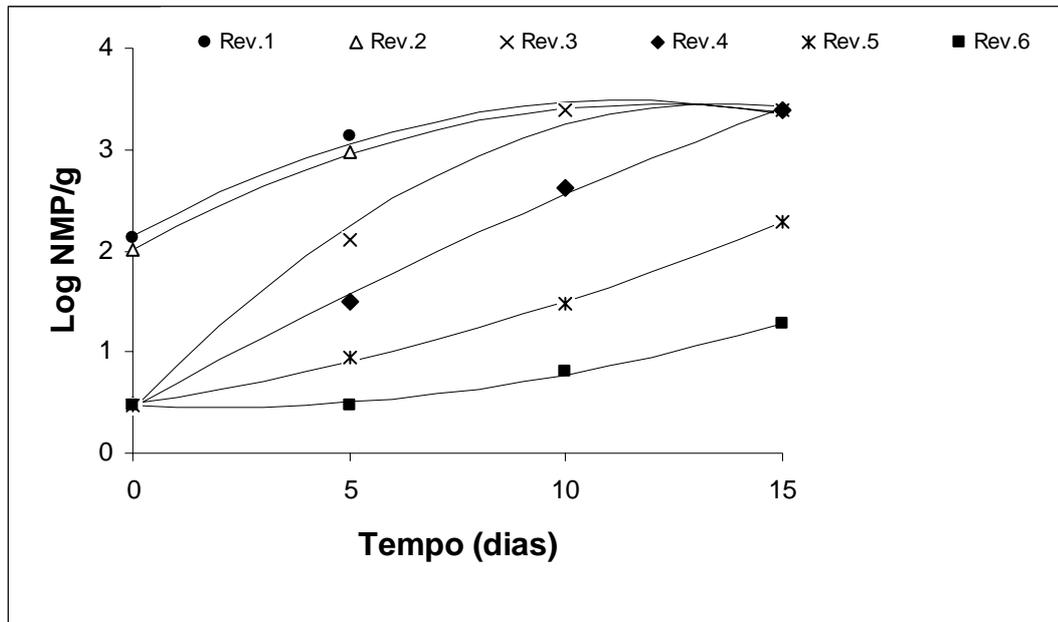
Segundo a análise de ANOVA das contagens de coliformes totais, fungos filamentosos e leveduras e psicrótrófos em cenouras minimamente processadas submetidas a seis revestimentos durante 15 dias de armazenamento a 8 ± 2°C, os revestimentos e a interação dos revestimentos com o tempo apresentaram diferenças significativas ao nível de probabilidade de 5% (P<0,05) pelo teste F (Quadro 2). As análises de variância da regressão de cada tratamento e as equações estimadas estão nos anexos 2 e 3.

**QUADRO 2.** Resumo da análise de variância das contagens de coliformes totais, fungos filamentosos e leveduras e psicrotróficos, em cenouras minimamente processada submetidas a seis revestimentos durante 15 dias de estocagem a  $8 \pm 2^{\circ}\text{C}$

FV	GL	QM		
		Coliformes	Fungos filamentosos e leveduras	Psicrotróficos
Tratamento	5	9,6476*	10,4381*	7,3247*
Erro a:	12	0,2022	3,1854	0,6649
Tempo	3	11,8024*	9,7907*	74,7759*
Tratamento*tempo	15	0,6613*	0,9022*	1,0551*
Erro b:	36	0,1411	0,2101	0,1628

\* Significativo a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Em relação ao efeito dos diferentes revestimentos sobre a população de coliformes totais, os revestimentos que continham quitosana, inibiram o desenvolvimento de coliformes totais, apresentando contagens de 0,48 log NMP/g ( $< 3$  NMP/g) com reduções de 1,6 e 1,5 ciclos log em relação ao controle e ao revestimento de amido, respectivamente (Figura 3). Esses resultados diferem dos de TORRIANI & MASSA (1994), que encontraram contagens altas de coliformes totais em todas as amostras de cenoura analisadas. Isto indica o efeito antimicrobiano imediato da quitosana sobre a população de coliformes totais. Observa-se uma relação inversa entre a eficiência antimicrobiana da quitosana e o tempo de estocagem, a medida que aumenta o tempo de estocagem, diminui a eficiência antimicrobiana da quitosana. Este efeito também foi reportado por COMA et al. (2002), que observaram que a quitosana sobre uma população de *Listeria innocua*, destruía o 99% das células depois de 0,5 dia de incubação, mas este efeito diminuía com o incremento do tempo de incubação. Uma provável explicação para a diminuição da atividade antimicrobiana da quitosana com o tempo, é que os grupos aminos da quitosana unidos à célula bacteriana ou a componentes dela, não estarão mais disponíveis para ligar-se a outras superfícies celulares (SUDARSHAN et al., 1992).



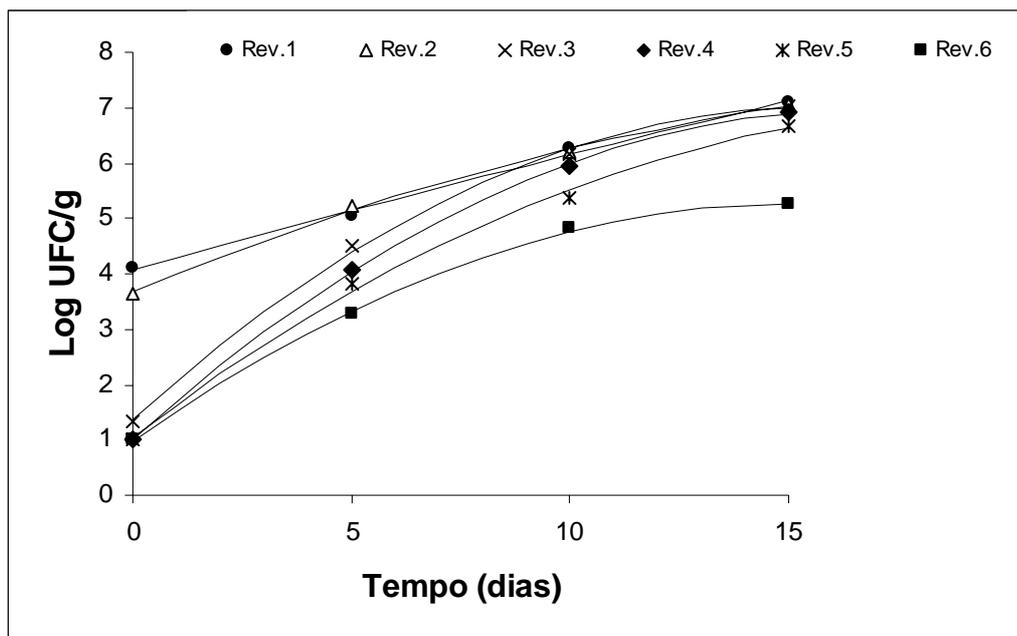
**FIGURA 3.** Coliformes totais em cenoura minimamente processada submetida a seis revestimentos comestíveis durante 15 dias a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$ .

O revestimento 6 com 1,5% de quitosana foi o que apresentou a melhor eficiência antimicrobiana sobre os coliformes totais presentes na cenoura em rodela minimamente processada, inibindo o desenvolvimento deles durante os primeiros cinco dias de estocagem a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$  e apresentando ao final do período de estocagem a menor contagem com 1,28 log NMP/g e uma redução de 2,1 ciclos logarítmicos em relação ao controle (Figura 3). Embora a Legislação Brasileira não possua parâmetros microbiológicos para coliformes totais, a presença deles em valores altos em produtos processados, indica matéria-prima e práticas higiênicas deficientes durante o processamento ou processo de sanitização inadequado (MOSSEL, 1985; BANWART, 1989).

As contagens iniciais (tempo zero) de psicotróficos nesta pesquisa foram baixas quando comparadas às encontradas por outros autores, sendo ainda mais baixas nas amostras revestidas com amido + quitosana (Figura 4). GARCÍA-ZIMENO et al. (1997) reportam contagem inicial de psicotróficos de 5,12 log UFC/g em saladas que tinham 15% de cenoura. GARG et al. (1990), encontraram em saladas de cenoura 4,98 log UFC/g. MARCHETTI et al. (1992), reportam em saladas de vegetais, contagem inicial de psicotróficos de 8,0 log UFC/g. ROSA (2002), encontrou contagens iniciais de psicotróficos, de 6,0 a 9,0 log UFC/g, em cenoura,

beterraba e salada mista minimamente processada comercializadas em supermercados.

O revestimento 6 apresentou o maior efeito antimicrobiano no desenvolvimento de psicotróficos na cenoura minimamente processada (Figura 4), apresentando no final do período de estocagem 5,25 log UFC/g, a menor contagem dentre todos os tratamentos, com uma redução de 1,83 ciclos log em relação ao controle. GARCÍA-ZIMENO et al. (1997), reportam ao final de 8,5 dias de estocagem a 10°C, 7,68 log UFC/g de bactérias psicotróficas. O controle (revestimento 1) e as amostras revestidas com amido somente (revestimento 2) apresentaram as contagens mais altas de psicotróficos durante o período de armazenamento. O revestimento 3 e 4 somente controlaram o crescimento deste grupo microbiológico durante os primeiros 5 dias de estocagem, apresentando, após, contagens semelhantes ao controle.



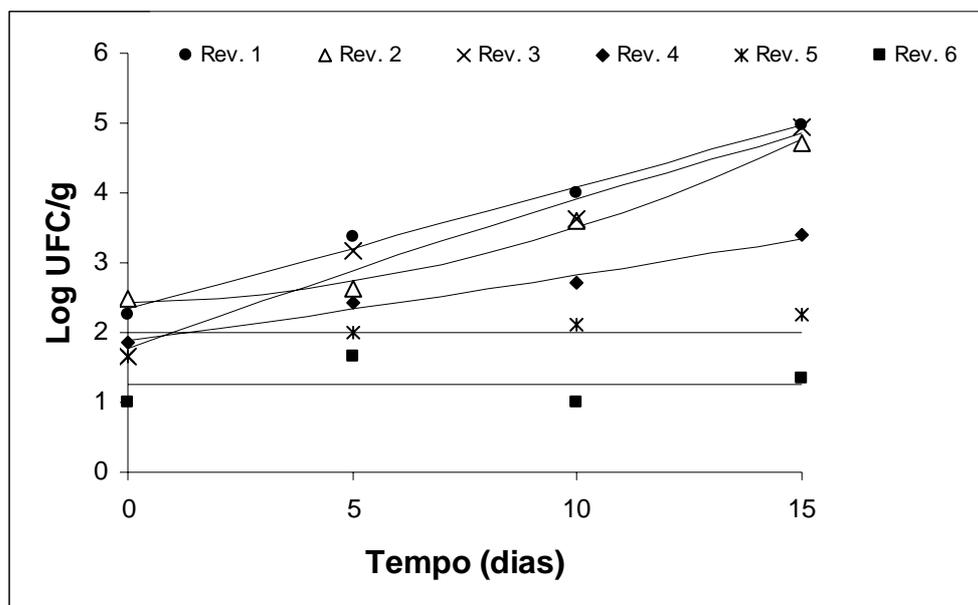
**FIGURA 4.** Contagem de psicotróficos em cenoura minimamente processada submetida a seis revestimentos comestíveis durante 15 dias a  $8 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Neste trabalho, se observa uma relação direta entre a concentração de quitosana e o efeito antimicrobiano, ou seja a medida que aumenta a concentração de quitosana nos revestimentos, aumenta-se o efeito antimicrobiano. ZHENG & ZHU (2003), também observaram que a medida que aumentava-se a concentração de quitosana de 0,25 a 1,0%, a taxa de

inibição dos microrganismos testado aumentava de 0% de inibição até 100% de inibição.

Segundo GARG et al., (1990), a vida útil dos vegetais refrigerados é principalmente afetada pela população psicrotrófica, sendo a *Pseudomonas sp.* o principal psicrotrófico presente nestes alimentos. Vários autores têm encontrado contagens de psicrotróficos em cenoura minimamente processada comercializadas em supermercados oscilando entre  $10^6$  e  $10^9$  UFC/mL. *Listeria monocytogenes* é um dos patógenos psicrotróficos, mais freqüentemente associados a vegetais prontos para o consumo (FRANCIS et al., 1999). Estudo feito por COMA et al. (2002), mostra que revestimentos a base de quitosana apresentam um efeito bactericida sobre a *Listeria monocytogenes* e que essa atividade foi, provavelmente, devido às cargas positivas da quitosana que interferem com os resíduos de macromoléculas carregados negativamente na superfície celular da *Listeria*, presumivelmente pela competição com o cálcio pelos sítios eletronegativos da membrana. A quitosana tem sido reportada como inibidora de várias bactérias deterioradoras, a través de sua capacidade de ligar moléculas de água e inativar enzimas, além de sua habilidade para absorver nutrientes normalmente usados pelas bactérias (OUATTARA et al., 2000).

A atividade antimicrobiana dos revestimentos sobre os fungos filamentosos e leveduras presentes normalmente na cenoura minimamente processada, foi mais eficiente nas amostras envolvidas com os revestimentos 5 e 6, contendo 1,0 e 1,5% de quitosana, respectivamente. Nessas concentrações de quitosana observaram-se reduções de 2,72 e 3,64 ciclos log, respectivamente, em relação ao controle, após 15 dias de armazenamento (Figura 5). Ao final do período de estocagem, os revestimentos 1, 2 e 3, apresentaram contagens semelhantes, mostrando que uma concentração de 0,5% de quitosana, não controla muito bem o desenvolvimento de fungos filamentosos e leveduras na cenoura minimamente processada.



**FIGURA 5.** Contagem de fungos filamentosos e leveduras em cenoura minimamente processada submetida a seis revestimentos comestíveis durante 15 dias a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Em relação à ação dos revestimentos sobre fungos filamentosos e leveduras, o revestimento 6 é o que apresenta uma maior ação fungicida, inibindo a proliferação de fungos e leveduras na cenoura minimamente processada, durante os 15 dias de estocagem. Estudos têm demonstrado que o efeito da quitosana sobre os fungos filamentosos, deve-se principalmente a distúrbios das funções da membrana celular (FANG et al., 1994). Além disso, a quitosana induz resistência nos vegetais, porque estimula a produção de quitinase, que é uma enzima que hidrolisa a quitina, componente da parede celular dos fungos (ROMANAZZI et al., 2002; MOLLOY et al., 2004; HAN et al., 2004). A quitosana também aumenta os níveis de 6-metoximeleina, principal fitoalexina da cenoura, com conhecida atividade antifúngica (ROMANAZZI et al., 2002). Tais fatos podem explicar uma maior ação antimicrobiana da quitosana sobre a população de fungos e leveduras. Na cenoura a principal doença causada por fungos é a podridão por *Sclerotinia*. CHEAH et al. (1997) demonstraram que revestimentos a base de 2 e 4% de quitosana inibiam a podridão causada pela *Sclerotinia*, em cenoura, devido à inibição do fungo.

As leveduras mais comumente isoladas de vegetais são do gênero *Cryptococcus*, *Rhodotorula* e *Candida*, dentre os fungos filamentosos estão *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus* e *Penicillium* (FRANCIS et al., 1999).

### 3.3. Perda de massa

A perda de massa não apresentou diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre as taxas de perda de massa do controle e das amostras revestidas com amido e amido+quitosana (Quadro 4). A maior porcentagem de perda de massa foi de 15,8%, apresentada pelas amostras não revestidas (controle) e os filmes contendo quitosana as perdas variaram de ... a .. .

**QUADRO 4.** Resumo da análise de variância de efeito dos revestimentos sobre a perda de massa da cenoura minimamente processada.

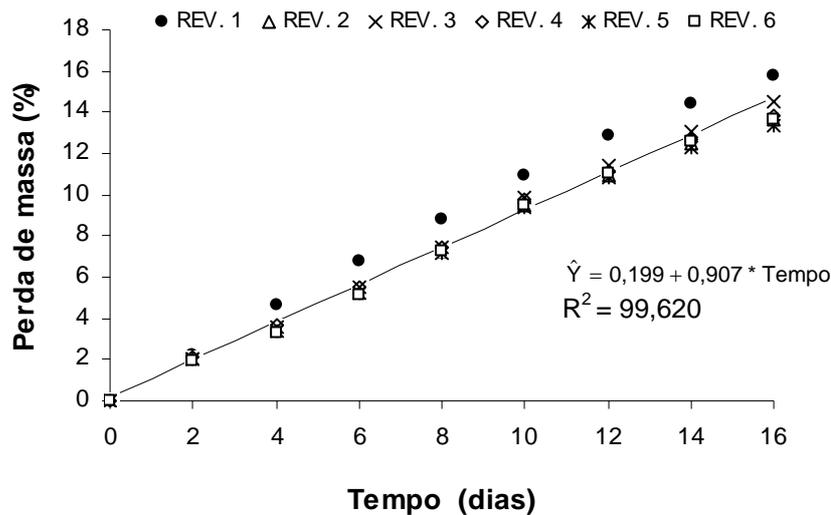
Fonte de variação	G.L	QM
Tratamentos	5	10,0642 <sup>n.s</sup>
Erro a	18	84,9322
Tempo	8	594,7798*
Tempo*tratamento	40	0,3811 <sup>n.s</sup>
Erro b	144	4,6196

\* Significativo a 5% de probabilidade

<sup>n.s</sup> Não significativo a 5% de probabilidade

Nesta pesquisa, os revestimentos não apresentaram uma boa barreira para a perda de água, embora a porcentagem de perda de massa das amostras revestidas tenha sido menor que a do controle (Figura 6). VICENTINI et al. (1999), também não observaram diferenças na perda de massa em pimentões não revestidos e revestidos com 1, 3 e 5% de fécula de mandioca, depois de 12 dias de estocagem a temperatura de 26 a 29°C e 59,5 a 71,5% de umidade relativa. JACOMETTI et al. (2003), não observaram diferenças no peso em pêssegos revestidos com gelana e gelana+sorbitol e não revestidos ao final do tempo de estocagem. Estes dados discordam dos reportados por GARCÍA et al. (1998a), que observaram em morangos revestidos com amido com diferentes conteúdos de amilose, estocados a 0°C e 84,8% de umidade relativa, uma menor perda de massa em relação às amostras não revestidas, sendo ainda menor, nos revestimentos com maior conteúdo de amilose. A matriz do revestimento torna-se mais compacta com o aumento do conteúdo de amilose, diminuindo a permeabilidade do revestimento ao vapor de água (GARCÍA et al., 1998b). Outras pesquisas também mostram que os revestimentos comestíveis em frutas e hortaliças reduzem a perda de massa durante a estocagem (PARK et al., 1994; YAMAN & BAYOONDORH, 2002;

AYRANCI & TUNE, 2004). HAN et al. (2004), também observaram que revestimentos a base de quitosana reduziram significativamente ( $P < 0,05$ ) a perda de massa em morangos e framboesas, estocadas a 2°C e 88% de umidade relativa, em relação ao controle. A quitosana forma um filme sobre a superfície do produto retardando a migração de umidade do produto para o ambiente, reduzindo portanto, a perda de massa durante a estocagem (HAN et al., 2004).



**FIGURA 6.** Efeito dos revestimentos sobre a perda de massa da cenoura minimamente processada, estocada a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $58 \pm 2\%$  de umidade relativa por 16 dias

A perda de massa nas cenouras não revestidas e revestidas aumentou linearmente com o tempo de estocagem (Figura 6). Este efeito também foi observado por outros autores em revestimentos hidrofílicos (PARK et al., 1994; GARCÍA et al., 1998b; VICENTINI et al., 1999; DAMASCENO et al., 2003).

A perda de massa nas cenouras revestidas, pode ser atribuída à natureza hidrofílica dos componentes dos revestimentos utilizados, que lhe conferem baixas propriedades de barreira ao vapor de água (GUILBERT et al., 1996; KESTER & FENNEMA, 1986; GENNADIOS et al., 1994). Também essa diferença pode ser explicada pela fisiologia da hortaliça e pelas condições de estocagem. A perda de matéria fresca por cenoura minimamente processada é o somatório da perda de água por transpiração e da perda de carbono através da respiração. Este processo ocorre durante

todo o período de armazenamento, sendo tanto maior quanto maior for a temperatura de estocagem e quanto menor for o tamanho dos cortes (IZUMI et al., 1996). Além disso, a umidade relativa do ambiente é muito importante devido ao efeito sobre a diferença de pressão de vapor entre o produto e a atmosfera. Nesta pesquisa a umidade relativa da câmara de armazenamento variou de 55-60%, contribuindo para a perda de água da cenoura, devido a baixa pressão de vapor presente dentro do expositor. O filme de polivinilcloreto (PVC) devido a sua propriedade de barreira a vapor de água leva a formação de alta umidade relativa no interior da embalagem o que pode ter contribuído para a não diferença de perda de massa entre as amostras com os diferentes revestimentos.

Ao determinar a perda de massa das cenouras com os diferentes revestimentos estocadas em bandejas sem PVC notou-se que a perda de massa foi muito rápido com valores médios de aproximadamente 65% após 3 dias de estocagem, comparada com valores médios de 4% para as amostras em bandejas com PVC. Essa perda está relacionada com a umidade relativa do ambiente de estocagem que foi de 58%.

Quando as amostras de cenouras revestidas e não revestidas foram estocadas sem filme de PVC, se observou um efeito significativo ( $P < 0,05$ ) entre os revestimentos em relação à perda de massa das cenouras (Quadro 5).

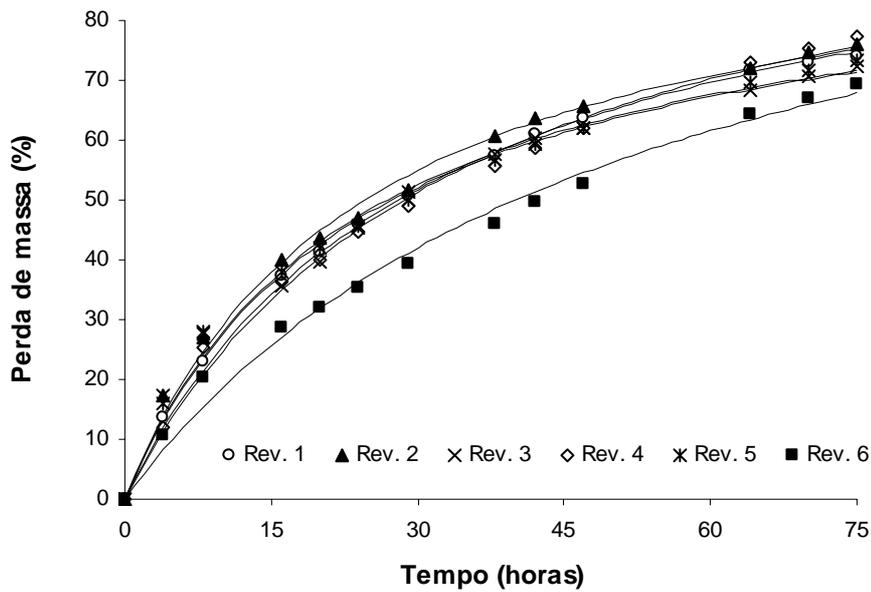
**QUADRO 5.** Resumo da análise de variância do efeito dos revestimentos sobre a perda de massa das cenouras estocadas sem PVC a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$  por 3 dias.

Fonte de variação	G.L	QM
Tratamentos	5	246,4190*
Erro a	6	46,5013
Tempo	9	4880,6054*
Tempo*tratamento	45	9,7698*
Erro b	54	3,4907

\* Significativo a 5% de probabilidade

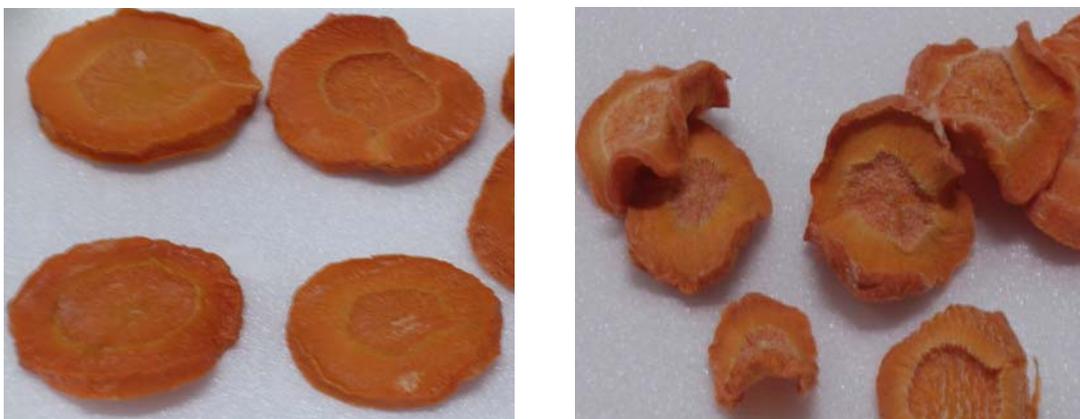
Observa-se uma diferença de perda de massa entre as amostras com o revestimento de amido+quitosana 1,5% e as outras amostras (Figura 7). Esse comportamento pode ser explicado pela proteção dada pelo revestimento com quitosana que atua como barreira a perda da umidade da cenoura. Essa proteção ocorre até que toda a água disponível no

revestimento se evapore e partir de então, a cenoura passa a perder umidade (WU et al., 2000).



**FIGURA 7.** Efeito dos revestimentos sobre a perda de massa das cenouras estocadas sem PVC a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $58 \pm 2^\circ\text{C}$  de umidade relativa por 3 dias.

Após 24 horas de estocagem as amostras revestidas com amido e 1,5% de quitosana, apresentaram uma boa aparência e uma perda de massa de 35,48% (Figura 8A),. Contrariamente as cenouras sem revestimento e as revestidas somente com amido se apresentaram murchas com uma perda de massa de 46,15% e 47,10%, respectivamente (Figura 8B).



**FIGURA 8.** Cenouras estocadas sem PVC a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $58 \pm 2^\circ\text{C}$  de umidade relativa. A. cenouras revestidas com amido + 1,5% de quitosana, B. cenouras com revestimento de amido

Percebe-se, portanto a importância da adequação da embalagem na conservação da cenoura. Assim, o uso de revestimentos antimicrobianos comestíveis associados com filmes poliméricos com baixa permeabilidade a vapor de água contribuem para a manutenção da qualidade e segurança microbiológica de cenoura minimamente processada. Deve-se observar também o efeito do uso de umidade relativa para preservação de umidade do produto.

#### **4. CONCLUSÕES**

Os resultados deste experimento mostram que o uso de um revestimento antimicrobiano constituído de amido de inhame adicionado de quitosana é uma alternativa viável no controle da microbiota presente na cenoura minimamente processada, dado que o crescimento de coliformes totais, psicotróficas e fungos filamentosos e leveduras, foi substancialmente inibido pela aplicação do revestimento com 1,5% de quitosana. O revestimento com 1,0% de quitosana também apresentou um bom desempenho no controle microbiológico da cenoura minimamente processada. As amostras com revestimento 5, envoltas com PVC foram as que apresentaram a menor perda de massa, embora os revestimentos não foram estatisticamente significativos para o controle da perda de massa durante a estocagem. Para se obter uns resultados melhores quanto à perda de peso da cenoura, é necessário o uso de revestimentos comestíveis, filmes poliméricos com baixa permeabilidade ao vapor de água e estocagem em condições de umidade relativa alta.

Dentro do conceito da tecnologia de barreiras de proteção, o uso desse revestimento pode contribuir para aumentar a segurança da cenoura minimamente processada e prolongar sua vida útil. Esse revestimento pode ser usado em frutas e vegetais minimamente processados, associados a outros controles, tais como matéria-prima de qualidade, condições higiênicas de processamento e temperatura de armazenamento. A combinação desses tratamentos como barreira oferece maior potencial para estender a vida útil de vegetais minimamente processados. Embora os revestimentos comestíveis sejam insignificantes para substituir as embalagens sintéticas,

eles têm potencial para substituir a embalagem convencional em muitas aplicações.

## **BIBLIOGRAFIA**

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Legislação para alimentos**. Resolução RDC Nº 12 de 2 de janeiro de 2001.

AOAC - **Official Methods of Analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Arlington, TX: Association of official Analytical Chemistry. Vol. 2. 1995.

AYRANCI, E., TUNE, S. The effect of edible coating on water and vitamin C loss of apricots (*Armeniaca vulgaris* Lam.) and green peppers (*Capsicum annuum* L.). **Food Chemistry**. Article in Press. 2004.

APPENDINI, P. & HOTCHKISS, J. H. Review of antimicrobial food packaging. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 3, p.113-126, 2002.

BANWART, G.J. **Basic Food Microbiology**. 2 ed. New York: Van Nostrand Reinhold. 1989. 773p.

BARRY-RYAN, C., PACUSSI, J .M. & OBEIRNE, D. Quality of Shredded Carrots as Affected by Packaging Film and Storage Temperature. **Journal of Food Science**. v.65, n.4, p.726-730, 2000.

BOLIN, H. R. & HUXSOLL, C. C. Control of Minimally Processed Carrot (*Daucus carota*) Surface Discoloration Caused by Abrasion Peeling. **Journal of Food Science**. v. 56, p.416-418, 1991.

BEUCHAT, L. R. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. **Microbes and infection**. v. 4, p.413-423, 2002.

CHEAH, L. H., PAGE, B. B. C. & SHEPHERD, R. Chitosan coating for inhibition os sclerotinia rot in carrots. **Journal Crop Horticulture Science**. v. 25, p.89-92, 1997.

COMA, V., MARTIAL-GIROS, A., GARREAU, S., COPINET, A., SALIN, F & DESCHAMPS, A. Edible Antimicrobial Films Based on Chitosan Matrix. **Journal of Food Science**. v. 67, n.3, p.1162-1168, 2002.

DAMASCENO, S., OLIVEIRA, P.V.S., MORO, E., MACEDO, E.K., LOPES, M. C. VICENTINI, N.M. Efeito da aplicação de película de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de tomate. **Ciência e Tecnologia de alimentos**. v. 23, n.3, 2003.

DEBEAUFORT, F., QUEZADA-GALLO, J. A. & VOILLEY, A. Edible Films and Coatings: Tomorrow Packaging: A Review. **Critical Reviews in Food Science**. v. 38, n.4, p.299-313, 1998.

- DOYLE, M.P. Fruit and vegetable – Microbiological Considerations. **HortScience**. v. 25, n.12, p.1478-1482, 1990.
- EL GHAOUTH, A., PONNAMPALAM, R., CASTAIGNE, F. & ARUL, J. Chitosan Coating to Extend the Storage Life of Tomatoes. **HortScience**. v. 27, n.9, p.1016-1018, 1992.
- ERCOLANI, G.I. Bacteriology quality assessment offresh marketed lettuce and fennel. **Applied and Environmental Microbiology**. v. 31, p.847-852, 1976.
- FANG, S. W., LI, C. F. & SHIH, D. Y. C. Antifungal activity of chitosan and its preservative effect on low-sugar candied kumwuat. **Journal of Food Protection**. v. 56, p.136-140, 1994.
- FRANCIS, G. A. THOMAS, C. & O'BEIRNE, D. The microbiological safety of minimally processed vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 34, p.1-23, 1999.
- GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N. & ZARITZKY N. E. Plasticized Starch-Based Coatings to Improve Strawberry (*fragaria ananassa*) Quality and stability. **Journal Agriculture of Food Chemistry**. v. 46, p.3758-3767, 1998a.
- GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N. & ZARITZKY N. E. Starch-Based Coatings: Effect on Refrigerated Strawberry (*fragaria ananassa*) Quality. **Journal Science Food Agriculture**. v. 76, p.411-420, 1998b.
- GARCÍA-GIMENO, R.M. & ZURERA-COSANO, G. Determination of ready-to-eat vegetable salad shelf-life. **International Journal of Food Microbiology**. v. 36, p.31-38, 1997.
- GARCIA-VILLANOVA, R.B., GALVEZ-VARGAS, R. & GARCIA-VILLANOVA, R. Contamination of fresh vegetables during cultivation and marketing. **International Journal of Food Microbiology**. v. 4, p.285-291, 1987.
- GARG, N., CHUREY, J. J. & SPLITTSTOESSER, D. F. Effect of processing conditions on the microflora of fresh-cut vegetables. **Journal Food Protection**. v. 53, n.8, p.701-703, 1990.
- GENNADIOS, A., McHUGH, T.H., WELLER, C. & KROCHTA, J. M. edible coatings and films based on proteins. IN: KROCHTA, J. M., BALDWIN, E. A. & NISPEROS-CARRIEDO, M. **Edible Coatings and Films to Improve Food Quality**. Pennsylvania – USA: Technomic, 1994. 379 p.
- GUILBERT, S., GONTARD, N. & GORRIS G. M. Prolongation of the Self-life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings. **Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie**. v. 29, n.1 & 2, p.10-17, 1996.
- HAN, C., ZHAO, Y., LEONARD, S.W., TRABER, M.G. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen

- strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). **Postharvest Biology and Technology**. v. 33, p.67-78, 2004.
- IZUMI, H., WATADA, A.E., KO, N.P., DOUGLAS, W. Controlled atmosphere storage of carrot slices, sticks and shreds. **Postharvest Biology and Technology**. v. 9, p.165-172, 1996.
- KESTER, J. J. & FENNEMA, O. R. Edible Films and Coatings: A Review. **Food Technology**. v. 40, n.12, p.47-59, 1986.
- JACOMETTI, G.A., MENEGHEL, R.F.A., YAMASHITA, F. Aplicação de revestimentos comestíveis em pêssego (*prunus persica*). **Ciência e Tecnologia de alimentos**. v. 23, n.1, p. 95-100, 2003
- LAWTON, J. W. Effect of starch type on the properties of starch containing films. **Carbohydrate Polymers**. v. 29, p.203-208, 1996.
- LAZARIDOU, A., BILIADERIS, C. G. Thermophysical properties of chitosan-starch and chitosan-pullulan films near the glass transition. **Carbohydrate Polymers**. v. 48, p.179-190, 2002.
- MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N. & ZARITZKY N. E. Microstructural characterization of yam starch films. **Carbohydrate Polymers**. v. 50, p.379-386, 2002.
- MARCHETTI, R., CASADEI, M. & GUERZONI, M. Microbial population dynamics in ready-to-use vegetable salads. **Journal of Food Science**. v. 2, p.97-108, 1992.
- MOLLOY, C., CHEAH, L-H., KOOLAARD, J.P. Induced resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in carrots treated with enzymatically hydrolysed chitosan. **Postharvest Biology and Technology**. v. 33, p.61-65, 2004.
- MOSSEL, D.A.A. **Microbiología de los Alimentos**. Fundamentos ecológicos para garantizar y comprobar la inocuidad y la calidad de los alimentos. Zaragoza: ACRIBIA. 1985. 375p.
- MÜELLER, G. (1981). **Microbiología de los alimentos vegetales**. Zaragoza (España): Acribia.
- MUZZARELLI, R., TARSI, R., FILLIPPINI, O., GIOVANETTI, E., BIAGINI, G. & VARALDO, P. R. Antimicrobial properties of N-carboxybutyl chitosan. **Antimicrobial Agents Chemotherapy**. p.2019-2023, 1990.
- OUATTARA, B., SIMARD, R., PIETTE, G., BÉGIN, A. & HOLLEY R. A. Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. **International Journal of Food Microbiology**. v. 62, p.139-148, 2000.
- PADGETT, T.; HAN, L. Y. & DAWSON, P. L. Incorporation of Food-Grade Antimicrobial Compounds into Biodegradable Packaging Films. **Journal of Food Protection**. v. 61, n.10, p.1330-1335. 1998.

- PARK, H. J., CHINNAN, M. s. & SHEWFELT, R. L. Edible Coating Effects on Storage Life and Quality of Tomatoes. **Journal of Food Science**. v. 59, n.3, p.568-570, 1994.
- PEIYIN, L. & BARTH, M. M. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**. v. 14, p.51-60, 1998.
- PILON, L. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração**. Piracicaba-SP. Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2003. 111p. (Tese de Mestrado).
- QUINTAVALLA, S. & VICINI, L. Antimicrobial food packaging in meat industry. **Meat Science**. v. 62, p.373-380, 2002.
- ROMANAZZI, G., NIGRO, F., HIPÓLITO, A, DI VENERE, D. , SALERNO, M. Effects of pre- and postharvest chitosan treatments to control storage grey mold of table grapes. **Journal of Food Science**. v. 67, n.5, p.1862-1866. 2002.
- ROSA, O. O. **Microbiota associada a produtos hortícolas minimamente processados comercializados em supermercados**. Lavras-MG. Universidade Federal de Lavras. 2002. 120p. (Tese Doutorado).
- SADDIK, M.F., EI-SHERBEENY, M. R. & BRYAN, F.L. Microbiological profiles of Egyptian raw vegetables and salads. **Journal of Food Protection**. v. 48, p.883, 1985.
- SEBTI, I. & COMA, V. Active edible polysaccharide coating and interactions between solution coating compounds. **Carbohydrate Polymers**. v. 49, p.139-144, 2002.
- SILVA, M. A. (2003). **Fisiologia de cenoura minimamente processada**. Viçosa –MG: Universidade Federal de Viçosa. 78p. (Tese de Mestrado).
- SUDARSHAN, N.R., HOOVER, D.G., KNORR, D. antibacterial action of chitosan. **Food Biotechnology**. v. 6, n.3, p.257-272, 1992.
- TORRIANI, S. & MASSA, S. Bacteriological Survey on Ready-to-use Sliced Carrots. **Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie**. v. 27, n.5, p.487-490, 1990.
- VANDERZANT, C. & SPLITTSTOESSER, D. F. (1992). **Compendium of methods for the Microbiological Examination of Foods**. 3 ed. Washington: American Public Health Association (APHA). 1219p.
- VICENTINI, N.M., CASTRO, T.M.R., CEREDA, M.P. Influência de película de fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Ciência e Tecnologia de alimentos**. v. 19, n.1, 1999.

- WU, Y., RHIM, J. W., WELLER, C. L., HAMOUZ, F., CUPPETT, S. & SCHNEPF, M. Moisture Loss and Lipid Oxidation for Precooked Beef Patties Stored in Edible Coatings and films. **Journal of Food Science**. v. 65, n.2, 300-304, 2000.
- YAMAN, Ö., BAYOONDORH, L. Effects of an edible Coating and Cold Storage on Shelf-life and Quality of Cherries. **Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie** v. 35, p.146-150, 2002.
- ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**. v. 15, p.313-321, 1999.
- ZHENG, L. Y. & ZHU J. F. Study on microbial activity of chitosan with different molecular weights. **Carbohydrate Polymers**. v. 54, p.527-530, 2003.

**ANEXO 1.** Resumo da análise de variância da análise microbiológica para cada revestimento.

Coliformes totais							
Fonte de variação	GL	QM					
		Rev. 1	Rev. 2	Rev. 3	Rev. 4	Rev. 5	Rev. 6
Regressão	2	1,5936*	1,8784*	8,4505*	7,2647*	2,7285*	0,6413*
Falta de ajustamento	1	0,4320 <sup>n.s</sup>	0,00434 <sup>n.s</sup>	0,1215 <sup>n.s</sup>	0,03314 <sup>n.s</sup>	0,00620 <sup>n.s</sup>	0,00384 <sup>n.s</sup>
Tempo	(3)	1,0768*	1,2537*	5,6742*	4,8542*	1,8211*	0,4288 <sup>n.s</sup>
Resíduo (erro b)	36	0,1411	0,1411	0,1411	0,1411	0,1411	0,1411

Fungos filamentosos e leveduras							
Fonte de variação	GL	QM					
		Rev. 1	Rev. 2	Rev. 3	Rev. 4	Rev. 5	Rev. 6
Regressão	2	5,7795*	4,8063*	7,9558*	1,7828*	0,2801 <sup>n.s</sup>	0,0500 <sup>n.s</sup>
Falta de ajustamento	1	0,1075 <sup>n.s</sup>	0,05954 <sup>n.s</sup>	0,5396 <sup>n.s</sup>	0,06468 <sup>n.s</sup>	0,00771 <sup>n.s</sup>	0,8167 <sup>n.s</sup>
Tempo	(3)	3,8889*	3,2241*	5,4837*	1,2101	0,1893 <sup>n.s</sup>	0,3056 <sup>n.s</sup>
Resíduo	36	0,2101	0,2101	0,2101	0,2101	0,2101	0,2101

Psicrotróficos							
Fonte de variação	GL	QM					
		Rev. 1	Ver. 2	Rev. 3	Rev. 4	Rev. 5	Rev. 6
Regressão	2	7,7976*	9,6328*	28,4196*	30,5396*	26,8858*	16,6207*
Falta de ajustamento	1	0,06936 <sup>n.s</sup>	0,0370 <sup>n.s</sup>	0,07562 <sup>n.s</sup>	0,00794 <sup>n.s</sup>	0,1335 <sup>n.s</sup>	0,0308 <sup>n.s</sup>
Tempo	(3)	5,2215*	6,4365*	18,9716*	20,3624*	17,9684*	11,0907*
Resíduo	36	0,1628	0,1628	0,1628	0,1628	0,1628	0,1628

QM: Quadrado médio

\* Significativo a 5% de probabilidade

<sup>n.s</sup> Não significativo a 5% de probabilidade

**ANEXO 2.** Equações estimadas das análises microbiológicas para cada revestimento.

Revestimento	Coliformes totais		
	Equação	R <sup>2</sup> (%)	CV (%)
Rev. 1	$\hat{y} = 2,150+0,233*\text{tempo}-0,0102**\text{tempo}^2$	98,663	12,495
Rev. 2	$\hat{y} = 2,019+0,236*\text{tempo}-0,0097**\text{tempo}^2$	99,885	12,786
Rev. 3	$\hat{y} = 0,435+0,444*\text{tempo}-0,0163**\text{tempo}^2$	99,286	16,065
Rev. 4	$\hat{y} = 0,457+0,237*\text{tempo}-0,0027**\text{tempo}^2$	99,772	18,811
Rev. 5	$\hat{y} = 0,490+0,065*\text{tempo}+0,0036**\text{tempo}^2$	99,886	29,022
Rev. 6	$\hat{y} = 0,472-0,018*\text{tempo}+0,0048**\text{tempo}^2$	99,701	49,518
Revestimento	Fungos filamentosos e leveduras		
	Equação	R <sup>2</sup> (%)	CV (%)
Rev. 1	$\hat{y} = 2,336+0,175*\text{tempo}$	98,963	10,288
Rev. 2	$\hat{y} = 2,439+0,0097*\text{tempo}-0,0097**\text{tempo}^2$	99,384	11,200
Rev. 3	$\hat{y} = 1,762+0,235*\text{tempo}-0,00197**\text{tempo}^2$	96,721	11,201
Rev. 4	$\hat{y} = 1,899+0,0819*\text{tempo}+0,0010**\text{tempo}^2$	98,218	14,420
Rev. 5	$\hat{y} = \bar{y} = 2,0104$	-	18,684
Rev. 6	$\hat{y} = \bar{y} = 1,25$	-	30,051
Revestimento	Psicrotróficos		
	Equação	R <sup>2</sup> (%)	CV (%)
Rev. 1	$\hat{y} = 4,063+0,221*\text{tempo}-0,00113**\text{tempo}^2$	99,558	6,684
Rev. 2	$\hat{y} = 3,662+0,331*\text{tempo}-0,0071**\text{tempo}^2$	99,808	6,801
Rev. 3	$\hat{y} = 1,369+0,715*\text{tempo}-0,0226**\text{tempo}^2$	99,867	7,709
Rev. 4	$\hat{y} = 1,012+0,708*\text{tempo}-0,0210**\text{tempo}^2$	99,987	8,385
Rev. 5	$\hat{y} = 1,047+0,599*\text{tempo}-0,0151**\text{tempo}^2$	99,752	8,904
Rev. 6	$\hat{y} = 0,977+0,562*\text{tempo}-0,0184**\text{tempo}^2$	99,97	10,483

**ANEXO 3.** Resumo da análise de regressão do efeito dos revestimentos sobre a perda de massa das cenouras estocadas com filme PVC por 16 dias

<b>Fonte de variação</b>	<b>G.L</b>	<b>QM</b>
Regressão	1	1185,0251*
Falta de ajustamento	7	0,6463 <sup>n.s</sup>
Tempo	(8)	148,6936*
Resíduo	45	0,3642

**ANEXO 4.** Equações estimadas do efeito dos revestimentos sobre a perda de massa das cenouras estocadas sem filme PVC durante 3 dias.

<b>Tratamentos</b>	<b>Equação</b>	<b>QMR</b>
Controle	$\hat{Y} = 106,3 * \text{Tempo} / 31,592 + \text{Tempo}$	10,7946
Amido + glicerol	$\hat{Y} = 99,507 * \text{Tempo} / 24,339 + \text{Tempo}$	3,8785
Amido + glicerol + quitosana (0,5%)	$\hat{Y} = 94,471 \text{Tempo} / 24,336 + \text{Tempo}$	5,9295
Amido + glicerol + quitosana (0,75%)	$\hat{Y} = 111 * \text{Tempo} / 34,890 + \text{Tempo}$	7,3013
Amido + glicerol + quitosana (1%)	$\hat{Y} = 94,352 * \text{Tempo} / 23,843 + \text{Tempo}$	9,1534
Amido + glicerol + quitosana (1,5%)	$\hat{Y} = 114,9 * \text{Tempo} / 52,0139 + \text{Tempo}$	5,8169

QMR: Quadrado médio do resíduo da regressão não-linear.

A porcentagem de umidade das cenouras com os diferentes revestimentos, realizada no dia 1 e 15 de estocagem são apresentadas no Quadro 3. Observa-se que a perda de umidade é maior nas amostras com o revestimento 1 (grupo controle), do que nas outras amostras, o que mostra o efeito protetor dos revestimentos sobre a perda de umidade das cenouras. Também observou-se que a atividade de água pequena variação para as amostras de cenoura de todos os tratamentos, encontrando valores de 0,94 no dia zero e de 0,93 após 15 dias de estocagem.

**QUADRO 3.** Efeito dos revestimentos sobre a porcentagem de umidade das cenouras estocadas a  $8 \pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $58 \pm 2\%$  de umidade relativa por 15 dias.

<b>Cenouras</b>	<b>Umidade Inicial (%)</b>	<b>Umidade Final (%)</b>
Revestimento 1	$86,15 \pm 1,49$	$62,03 \pm 2,12$
Revestimento 2	$84,14 \pm 1,40$	$79,05 \pm 2,59$
Revestimento 3	$87,93 \pm 1,28$	$83,71 \pm 1,21$
Revestimento 4	$88,95 \pm 1,05$	$87,69 \pm 1,54$
Revestimento 5	$87,41 \pm 0,66$	$79,06 \pm 1,80$
Revestimento 6	$87,40 \pm 0,05$	$83,64 \pm 1,31$

## REVESTIMENTO COMESTÍVEL ANTIMICROBIANO NA QUALIDADE SENSORIAL DE CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de revestimentos comestíveis antimicrobianos à base de amido e quitosana na qualidade sensorial da cenoura minimamente processada, quanto a cor, sabor e índice de esbranquiçamento. Foram preparados revestimentos a base de 4% de amido de inhame (p/p) + 2% de glicerol (p/p), 4% de amido de inhame (p/p) + 2% de glicerol (p/p) + quitosana em concentrações de 0,5, 0,75, 1,0 e 1,5%. Amostras de cenouras fatiada em rodela minimamente processadas foram imersas nos revestimentos durante 3 minutos e secas a 20°C por 3 horas em ar forçado. As amostras controle foram imersas em água destilada esterilizada. Todas as amostras foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido, envoltas em filme de poli (vinil cloreto) e estocadas a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$ /15 dias. As análises foram realizadas nos tempos 0, 5, 10 e 15 dias de estocagem. Os revestimentos apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) quanto à cor, sabor e índice de esbranquiçamento, mas o tempo não foi significativo ( $P > 0,05$ ). Para o atributo cor ocorreu interação significativa entre revestimentos e tempo. No tempo zero de estocagem, as amostras revestidas com amido+quitosana apresentaram-se brilhantes com uma cor laranja mais homogênea, obtendo as notas hedônicas mais altas. Após 15 dias de estocagem, o revestimento de amido e glicerol, obteve a nota mais alta (7,4) para o atributo cor, enquanto que o grupo controle (sem revestimento) apresentou nota 4,7. Quanto ao sabor as amostras revestidas com amido e glicerol também obtiveram a maior nota (6,5). Notas em torno de 5 foram obtidas para o controle e amostras revestidas com amido e quitosana. O menor índice de esbranquiçamento foi de 37,6, apresentado pela amostra revestida com amido e 1,5% de quitosana, em comparação a 44,2, apresentado pelo grupo controle. Revestimentos comestíveis à base de amido e quitosana, apresentaram efeito benéfico sobre a qualidade sensorial da cenoura fatiada em rodela

minimamente processada, por manter a cor e retardar o aparecimento do esbranquiçamento.

**Palavras chave:** Revestimentos comestíveis, esbranquiçamento, cor, quitosana, amido.

## 1. INTRODUÇÃO

As características sensoriais de um alimento são usualmente reflexos de sua qualidade, por isso, é importante que essas características prevaleçam durante o tempo de estocagem dos produtos. Os filmes e revestimentos comestíveis mantêm as características sensoriais e propriedades de textura dos alimentos (KESTER e FENNEMA, 1986; GUILBERT et al., 1996; GENNADIOS et al., 1997).

Revestimentos comestíveis à base de gelatina, aplicados em mini-cenouras minimamente processadas acondicionadas a 5 e 10°C, mantiveram durante mais tempo a cor e sabor. Testes de aceitação realizados com 100 provadores, quanto a cor, mostraram que as amostras revestidas foram aceitas durante 25 dias, independente da temperatura de conservação. Para o sabor, a melhor aceitação foi para as mini-cenouras revestidas e armazenadas a 5°C. Com 25 dias de armazenamento, foi verificado que mini-cenouras revestidas e armazenadas a 5°C, foram mais aceitas pelos consumidores, que as não revestidas (TEIXEIRA, 2004).

PARK et al. (1994) avaliaram as propriedades sensoriais em tomates revestidos com zeína e estocados a 21°C. Dentre os atributos sensoriais estudados pelos autores, a acidez e o sabor não foram alterados pelo revestimento, enquanto que os revestimentos de zeína retardaram ( $P < 0,05$ ) a maturação do tomate preservando a firmeza e cor, seus principais atributos no mercado.

Os filmes e revestimentos comestíveis são utilizados também para veicular antioxidantes, que evitam o escurecimento em frutas e vegetais cortadas. O ácido ascórbico adicionado em revestimentos à base de carboximetilcelulose/proteína de soja foi mais eficaz para retardar o escurecimento em maçãs e batatas cortadas, do que quando aplicado em solução aquosa no produto. Esse resultado se deve ao fato de que o ácido

ascórbico quando está dentro da matriz do biopolímero é mais estável sendo portanto, menos propenso a apresentar degradação oxidativa (BALDWIN et al., 1996).

Dentre os polissacarídeos utilizados para produção de filmes e revestimentos comestíveis, o amido é o biopolímero natural mais comumente empregado. O uso do amido pode ser uma interessante alternativa para o desenvolvimento de filmes e revestimentos comestíveis considerando seu baixo custo, disponibilidade, biodegradabilidade, comestibilidade e fácil manipulação (MALI et al., 2002). Em pesquisa feita por GARCÍA et al. (1998), foi demonstrado que revestimentos à base de amido aplicados em morangos podem manter as suas características sensoriais, pois os frutos revestidos retiveram por mais tempo a firmeza, aroma, cor, peso e frescor. Revestimentos à base de amido de mandioca, aplicados como emulsão em morangos frescos, contribuíram para diminuição da perda de peso, retenção da cor e aumento da vida de prateleira dos frutos, comparados com o controle (HENRIQUE e CEREDA, 1999).

A quitosana tem sido muito utilizada na composição de filmes e revestimentos antimicrobianos, porque, além de ter boas propriedades formadoras de filmes, possui ação bactericida e fungicida. HAN et al. 2004, observaram que revestimentos à base de quitosana aplicados em morangos em framboesas, retardavam a deterioração desses produtos durante a estocagem, por reduzirem a perda de água, alteração na cor, pH e na acidez titulável. Estudos têm demonstrado que os revestimentos à base de quitosana têm potencial para aumentar a vida de prateleira de frutas e hortaliças frescas, inibindo o crescimento de microrganismos, reduzindo a produção de etileno e os níveis de oxigênio e aumentando a concentração interna de gás carbônico (LAZARIDOU e BILIADERIS, 2002).

Os revestimentos comestíveis em vegetais minimamente processados oferecem uma barreira semipermeável aos gases e ao vapor de água e reduzem a taxa de respiração. Além disso, evitam a perda de água e mudança de cor, melhora a textura e a integridade mecânica, retendo o sabor e reduzindo o crescimento microbiano aumentando, dessa forma, a vida de prateleira do produto (BALDWIN et al., 1995; BALDWIN et al., 1996).

A cenoura (*Daucus carota* L) é um dos vegetais mais populares, mas sua comercialização é limitada pela rápida deterioração durante a estocagem, devido a mudanças fisiológicas que diminuem sua vida de prateleira (PEIYIN e BARTH, 1998). A cenoura minimamente processada, durante a estocagem, rapidamente perde sua cor laranja brilhante e desenvolve uma cor esbranquiçada na superfície (BOLIN e HUXSOLL, 1991), diminuindo sua aceitabilidade pelo consumidor. AVENA-BUSTILLOS et al. (1993, 1994) observaram que o uso de revestimentos à base de caseinato de sódio/ácido esteárico em cenouras descascadas ajuda a manter a umidade e reduzem o esbranquiçamento na superfície do produto. Segundo TATSUMI et al. (1991), o esbranquiçamento na superfície de cenouras minimamente processadas é atribuído à desidratação ocasionada pelo processamento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do uso de revestimentos à base de amido e quitosana sobre a qualidade sensorial da cenoura minimamente processada, incluindo cor, sabor e índice de esbranquiçamento.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido nos Laboratórios de Embalagem, de Análise Sensorial e na Unidade de Processamento Mínimo da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo em parcelas subdivididas, com três repetições, tendo nas parcelas os tratamentos (controle, revestimentos de amido+glicerol e amido+glicerol+quitosana em concentrações de 0,5%, 0,75%, 1,0% e 1,5%) e nas sub-parcelas os tempos 0, 5, 10 e 15 dias.

### **2.1. Processamento mínimo da cenoura**

A cenoura (*Daucus carota* L.) variedade Brasília foi doada pela Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP). As cenouras foram estocadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  até o momento do processamento. Cenouras de tamanho médio e livre de injúrias mecânicas foram selecionadas para o processamento. As amostras foram lavadas em água corrente, retiradas as

suas extremidades, descascadas manualmente e cortadas em rodela de 5 mm de espessura em um processador para vegetais (Robot Coupe CL50). Para a sanitização utilizou-se o produto comercial à base de cloro para verduras e frutas Sumaveg® (Diversey Lever), que tem como princípio ativo o Dicloro S. Triazinatriona Sódica Dihidratada. Amostras de 1500 g de cenoura em rodela foram acondicionadas em sacos de nylon e imersas em solução sanitizante (200 mg/L de cloro residual total) a 5°C por 10 minutos e enxaguadas em solução com 3 mg/L de cloro residual total, a 5°C por 10 minutos. Posteriormente foram centrifugadas a 800 x g por 6 minutos em centrífuga doméstica (Arno).

## **2.2. Revestimento comestível antimicrobiano**

Os revestimentos foram preparados com amido de inhame (*Dioscorea alata*) var. Caramujo com o registro BGH7270 no Banco de Germoplasma da UFV. A extração do amido foi realizada no Laboratório de Amido e Farinha da Universidade Federal de Viçosa e a quitosana, como composto antimicrobiano, adquirido da empresa PADETEC (Parque de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal do Ceará, Brasil) com grau de desacetilação acima de 85%.

Para a elaboração dos revestimentos foram preparadas soluções aquosas contendo 4% de amido, 2% de glicerol e quitosana nas concentrações de 0,5%, 0,75%, 1,0% e 1,5% (p/p), previamente dissolvida em 0,4% de ácido acético glacial (p/p). As suspensões foram homogeneizadas no Ultra Turrax T 18 basic a 10.000 rpm por 10 segundos. As suspensões foram gelatinizadas à temperatura de 95°C. Também foram preparados revestimentos de amido sem adição de quitosana (Quadro 1).

## **2.3. Aplicação dos revestimentos em cenoura minimamente processada e armazenamento**

Amostras de cenouras em rodela minimamente processadas foram imersas nos diferentes revestimentos por 3 minutos. Posteriormente foram secas com fluxo de ar, a 20°C por 3 horas. O grupo controle (cenouras não

revestidas) foi imerso em água destilada esterilizada nas mesmas condições. Amostras contendo 120 g de cenouras em rodela foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido e envoltas em filme de poli (vinil cloreto) (PVC) de 10 µm de espessura. As amostras foram armazenadas a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $58 \pm 2\%$  de umidade relativa por 15 dias.

**QUADRO 1.** Composição dos revestimentos comestíveis antimicrobianos usados nas cenouras minimamente processadas.

Revestimento	Amido (%)	Glicerol (%)	Quitosana (%)
1 (Controle)*	0,0	0,0	0,0
2 (A+G)	4,0	2,0	0,0
3 (A+G+Q 0,5%)	4,0	2,0	0,5
4 (A+G+Q 0,75%)	4,0	2,0	0,75
5 (A+G+Q 1,0%)	4,0	2,0	1,0
6 (A+G+Q 1,5%)	4,0	2,0	1,5

\* Cenouras imersas em água destilada, A: amido, G: glicerol, Q: quitosana

#### 2.4. Análise sensorial

A aceitabilidade das cenouras minimamente processadas, recoberta ou não com os revestimentos, foi avaliada quanto à cor e o sabor, aos 0, 5, 10 e 15 dias de estocagem.

Para a análise sensorial foram feitas duas repetições de todo o processamento para cada tratamento. Para a análise em cada tempo, as duas repetições de cada tratamento eram misturadas e apresentadas ao provador como amostra única.

Os 31 consumidores com idades entre 18 e 45 anos, receberam, em cabines individuais, simultaneamente seis amostras (cenoura não revestida, cenoura revestida com amido, cenoura revestida com amido+quitosana 0,5%, 0,75%, 1% e 1,5%). Cada amostra consistia em uma rodela de cenoura que tinha 5 mm de espessura. A cada provador foi solicitado que avaliasse a amostra e identificasse o quanto gostava ou desgostava, utilizando uma Escala Hedônica de nove pontos para as avaliações; sendo

os extremos o valor 9 atribuído ao termo “gostei extremamente” e o valor 1 atribuído ao termo hedônico “desgostei extremamente” (Quadro 2).

**QUADRO 2.** Escala Hedônica utilizada para a análise sensorial

<p><b>Nome:</b> _____ <b>Idade:</b> ____ <b>Sexo:</b> ( ) M ( ) F</p> <p>Por favor, avalie a amostra utilizando a escala abaixo e identifique, o quanto você gostou ou desgostou do produto, em relação ao atributo sabor.</p> <p><b>CÓDIGO DA AMOSTRA:</b> _____</p> <p>9. Gostei extremamente 8. Gostei muito 7. Gostei moderadamente 6. Gostei ligeiramente 5. Indiferente 4. Desgostei ligeiramente 3. Desgostei moderadamente 2. Desgostei muito 1. Desgostei extremamente</p> <p><b>Sabor:</b> _____</p> <p><b>Comentários:</b> _____</p>
---

**2.5. Índice de esbranquiçamento**

O índice de esbranquiçamento (IE) foi determinado no colorímetro Color Reader Mod.CR-10 (Minolta COLTD, Osaka/Japão) nos tempos 0, 5, 10 e 15 dias de estocagem. Este parâmetro foi estimado mediante a fórmula descrita por AVENA-BUSTILLOS et al. (1994):

$$IE = 100 - [ (100 - L)^2 + a^2 + b^2 ]^{1/2}$$
, onde: L = luminosidade ou brilho (claro/escuro), a = cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+), b = cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+)

## 2.6. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa de computação Statistical Analysis System (SAS, 2003) licenciado para uso pela UFV. Foram aplicados os testes de análises de variância (ANOVA) para parcelas subdivididas e análise de regressão e teste de Tukey a um nível de significância de 5%.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Aceitabilidade da cor

Para o atributo cor, os revestimentos e a interação foram significativos ( $P < 0,05$ ), mas o tempo não foi significativo ( $P > 0,05$ ) (Quadro 3). A análise de variância da regressão e as equações estimadas do efeito dos revestimentos sobre o atributo cor em cenouras minimamente processadas estão apresentados nos anexos 1 e 2.

**QUADRO 3.** Resumo da análise de variância do efeito dos revestimentos sobre aceitabilidade da cor na cenoura em rodela minimamente processada.

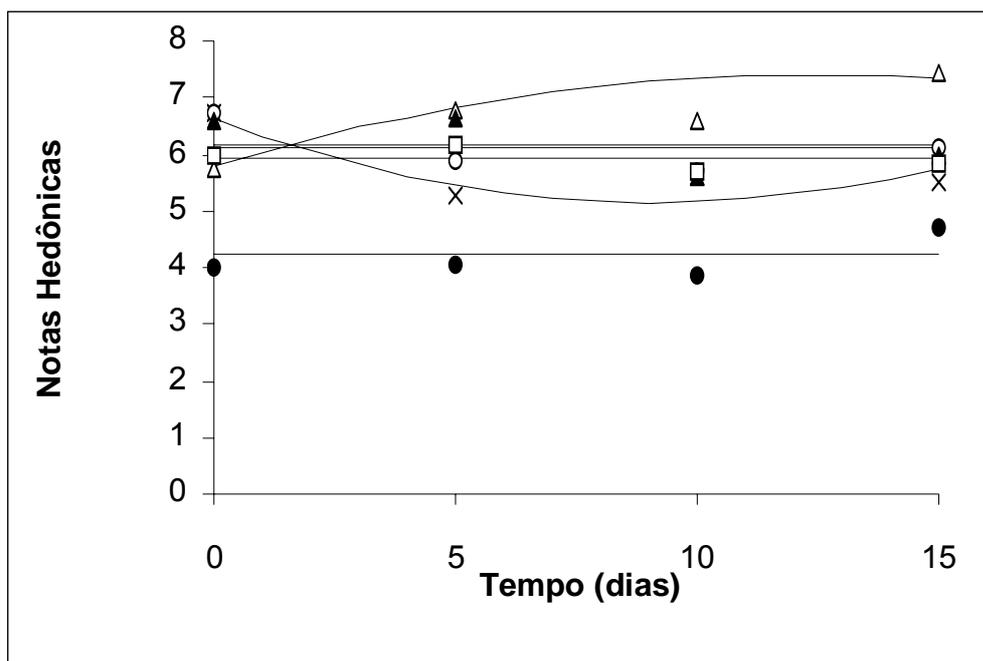
Fonte de variação	GL	QM
Tratamento	5	92,4927*
Erro a	180	3,6827
Tempo	3	2,3168 <sup>n.s</sup>
Tempo*tratamento	15	8,5307 *
Erro b	540	3,7043

\* Significativo a 5% de probabilidade

<sup>n.s</sup> Não significativo a 5% de probabilidade

O grupo controle (amostras não revestidas), desde o início da estocagem apresentou as menores notas de aceitação da cor (Figura 1), variando de 4,0 a 4,7, que corresponde ao termo “desgostei ligeiramente”. O valor limite de uma nota para aceitação de um atributo é 6. Isto indica que as amostras do grupo controle, foram rejeitadas pelos consumidores, desde o início da estocagem. Este resultado era esperado, uma vez que a cenoura minimamente processada com o tempo de estocagem desenvolve uma cor

esbranquiçada, que lhe da aparência envelhecida e pouco atraente. Estudos reportam que a cor esbranquiçada da cenoura é decorrente da desidratação das células superficiais como resultado dos danos causados pelo processamento (TATSUMI et al., 1993; AVENA-BUSTILLOS, et al., 1994), ou da formação de lignina na superfície dos cortes (BOLIN e HUXSOLL, 1991; HOWARD e GRIFFIN, 1993).



**FIGURA 1.** Efeito dos revestimentos sobre o atributo cor na cenoura em rodela minimamente processada e estocada a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $58 \pm 2\%$  de umidade relativa por 15 dias. ◆: controle; △: A+G; ×: A+G+Q 0,5%; ◊: A+G+Q 0,75%, ▲: A+G+Q 1,0%; ◻ : A+G+Q 1,5%.

No tempo zero de estocagem, as notas hedônicas mais altas para o atributo cor, foram obtidas pelas amostras revestidas com amido + quitosana, que se apresentaram brilhantes com uma cor laranja homogênea, em relação ao controle que mostraram-se opacas e sem brilho. HAN et al. (2004), também observaram, nos primeiros dias de estocagem, que revestimentos de quitosana controlaram melhor a cor dos morangos, o que pode ser atribuído a reações das antocianinas com a quitosana. As antocianinas, como a quitosana, estão carregadas positivamente. As cargas positivas da quitosana podem estabilizar as cargas das antocianinas levando a uma estabilidade na cor dos frutos, mas este efeito foi diminuindo com o

tempo de estocagem. Neste estudo, a quitosana poderia estabilizar os carotenóides, responsáveis pela cor na cenoura. As notas nas amostras revestidas com quitosana variaram entre “gostei ligeiramente e indiferente” ao longo do período de estocagem.

A partir do quinto dia de estocagem, as amostras revestidas com amido e glicerol (revestimento 2) apresentaram as notas mais altas para o atributo cor. Teste de aceitação, em cenouras em rodela minimamente processadas sem revestimentos, tem reportado nota hedônica de 3,7 para o atributo cor, após 14 dias de estocagem a 7°C (RESENDE et al., 2004). PILON (2003), reporta uma nota de 5,45 para cenouras em cubos minimamente processados, após 14 dias de estocagem a 1°C. A vantagem dos revestimentos comestíveis, de manter durante mais tempo a cor em frutas e hortaliças, tem sido reportada por outros pesquisadores (TEIXEIRA, 2004; McHUGH e SENESI, 2000; HENRIQUE e CEREDA, 1999; GARCÍA et al., 1998; PARK et al., 1994). GARCÍA et al. (1998), observaram que formulações de revestimentos com amido que continham 20g/L de glicerol, eram mais efetivas para reter a cor em morangos, estocados a 0°C.

### 3.2. Aceitabilidade do sabor

Para o atributo sabor, os revestimentos foram significativos ( $P < 0,05$ ), mas o tempo e a interação não foram significativos ( $P > 0,05$ ) (Quadro 4).

**QUADRO 4.** Resumo da análise de variância do efeito dos revestimentos sobre aceitabilidade do sabor na cenoura em rodela minimamente processada.

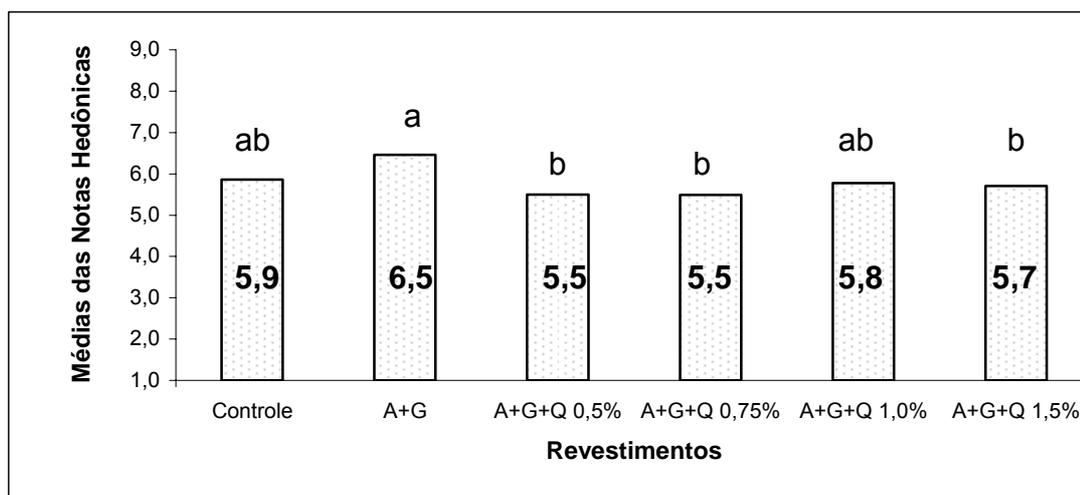
Fonte de variação	GL	QM
Tratamento	5	15,7078*
Erro a	180	4,0155
Tempo	3	6,1698 <sup>n.s</sup>
Tempo*tratamento	15	3,1967 <sup>n.s</sup>
Erro b	540	3,7839

\* Significativo a 5% de probabilidade

<sup>n.s</sup> Não significativo a 5% de probabilidade

Nesta pesquisa, as amostras com o revestimento de amido e glicerol (revestimento 2), foram as únicas que apresentaram nota acima de 6 (Figura

2). Este fato pode ser atribuído ao glicerol, que deu um sabor doce nas amostras (apreciação de alguns consumidores). Estatisticamente, as amostras do controle, as revestidas com amido+glicerol e com amido+1% de quitosana não apresentaram diferenças. Resultados semelhantes foram apresentados por amostras de cenoura em rodela minimamente processadas não revestidas armazenadas a 7°C por 14 dias (RESENDE et al., 2004). As notas obtidas pelas amostras que estavam revestidas com amido+quitosana, variaram de 5,5 a 5,8, que corresponde ao termo “indiferente”. Esse resultado pode estar relacionado ao fato da quitosana aumentar os níveis de 6-Metoximelelin, principal fitoalexina da cenoura, além de aumentar a atividade de enzimas essenciais na síntese de compostos fenólicos (ROMANAZZI et al., 2002). O 6-MM é um composto extremamente amargo e os compostos fenólicos têm sido associados com um aumento na percepção do gosto azedo e podem alterar a percepção do gosto doce na cenoura (TALCOTT et al., 2001).



**FIGURA 2.** Efeito dos revestimentos sobre o atributo sabor na cenoura minimamente processada. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $P>0,05$ ). A: amido, G: glicerol, Q: quitosana

### 3.3. Índice de esbranquiçamento

O efeito dos revestimentos sobre o índice de esbranquiçamento das cenouras foi significativo (( $P < 0,05$ ), ao contrario do tempo. Não houve interação significativa entre os revestimentos e o tempo (Quadro 5).

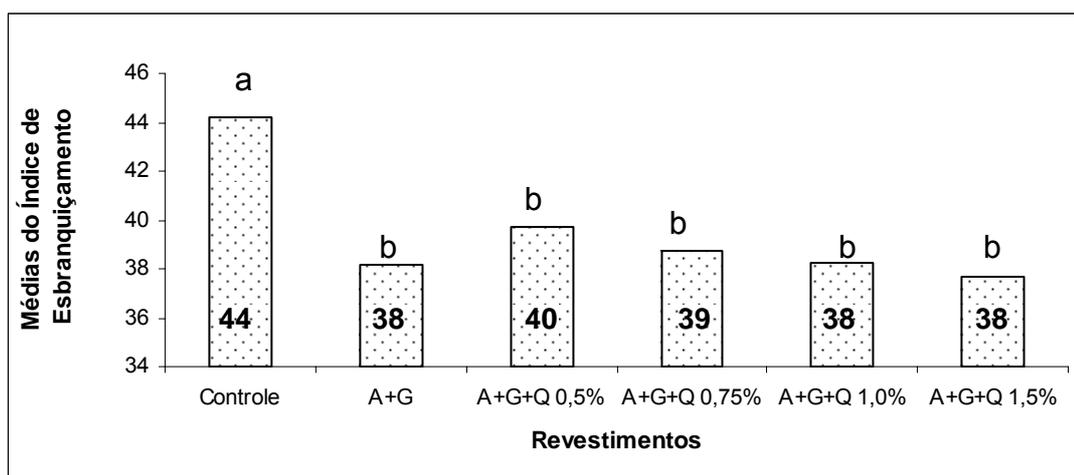
**QUADRO 5.** Resumo da análise de variância do efeito dos revestimentos sobre o índice de esbranquiçamento na cenoura minimamente processada.

Fonte de variação	GL	QM
Tratamento (Revestimentos)	5	46,4986*
Erro a	6	2,0495
Tempo	3	2,8131 <sup>n.s</sup>
Tempo*tratamento	15	3,8832 <sup>n.s</sup>
Erro b	18	2,2607

\* Significativo a 5% de probabilidade

<sup>n.s</sup> Não significativo a 5% de probabilidade

Os índices de esbranquiçamento nas amostras revestidas foram estatisticamente diferentes do controle (Figura 3). Os menores índices de esbranquiçamento, foram observados nas amostras revestidas, as quais foram estatisticamente iguais. Este resultado indica a capacidade dos revestimentos em evitar ou retardar a perda de água das amostras para o ambiente. Segundo AVENA-BUSTILLOS et al. (1993), os revestimentos de materiais hidrofílicos ajudam a manter a umidade na superfície da cenoura, reduzindo assim, a formação da cor esbranquiçada. Estes resultados reforçam o fato de que a formação da cor esbranquiçada nas cenouras esta relacionada com a desidratação superficial, como reportado por DEN OUTER (1990) e TATSUMI et al. (1991).



**FIGURA 3.** Efeito dos revestimentos sobre o índice de esbranquiçamento na cenoura minimamente processada após 15 dias de estocagem a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $58 \pm 2\%$  de umidade relativa. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $P > 0,05$ ). A: amido, G: glicerol, Q: quitosana.

O grupo controle apresentou o maior índice de esbranquiçamento, após 15 dias de estocagem a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$ , dado concordante com os resultados obtidos pelo teste de aceitação para o atributo cor, onde o grupo controle foi o que apresentou a menor nota durante toda a estocagem. Estes fatos indicam uma correlação positiva entre a avaliação subjetiva do teste de aceitação e a medição instrumental da cor.

O grupo controle apresentou o maior índice de esbranquiçamento, pelo fato de que as cenouras, com o avanço do tempo de estocagem, desenvolveram cor esbranquecida como resultado da desidratação dos tecidos superficiais (TATSUMI et al., 1993; AVENA-BUSTILLOS et al., 1994), ou lignificação (BOLIN e HUXSOLL, 1991; HOWARD e GRIFFIN, 1993).

O esbranquiçamento da superfície da cenoura foi significativamente retardado pela aplicação dos revestimentos comestíveis, e as amostras apresentaram uma aparência fresca ao final do período de estocagem (Figura 4A). Ao contrário, nas amostras não revestidas ocorreu o processo de esbranquiçamento com maior intensidade (Figura 4B).



**FIGURA 4.** Cenouras minimamente processadas estocadas a  $8 \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 15 dias. A . Cenouras revestidas com amido + glicerol (revestimento 2). B - Grupo controle (revestimento 1),

Em pesquisa feita por PEIYIN e BARTH (1998), foi observado que revestimentos comestíveis à base de celulose, podem retardar o aparecimento da superfície esbranquiçada em cenouras minimamente processadas e estender sua vida de prateleira. AVENA-BUSTILLOS et al. (1994) também observaram que revestimentos à base de caseinato de sódio e ácido esteárico reduziram o esbranquiçamento em cenouras descascadas.

Após 15 dias de armazenamento a  $8 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , as cenouras do grupo controle apresentaram um índice de esbranquiçamento de 44,2. Esses resultados são semelhantes aos de IZUMI, et al. (1996), que após 11 dias, a  $10^{\circ}\text{C}$ , reportaram um índice de esbranquiçamento para cenoura fatiada em rodela de 43,2. Para cenouras revestidas com 1,5% de caseinato de sódio e 0,15% de ácido esteárico, AVENA-BUSTILLOS et al., 1994a, reportaram um índice de esbranquiçamento de 38 com 10 dias de estocagem, a  $10^{\circ}\text{C}$ . Resultados semelhantes foram observados nesta pesquisa para as amostras revestidas, que alcançaram após 15 dias, a  $8 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , um índice de esbranquiçamento entre 38 e 40.

Segundo a classificação de CISNEROS-ZEVALLOS et al. (1995), o controle, apresentou um índice de esbranquiçamento moderado ( $43,0 \pm 1,8$ , com 50% da superfície esbranquiçada), enquanto que as amostras revestidas apresentaram um índice de esbranquiçamento ligeiro ( $38,4 \pm 1,3$ , com 25% da superfície esbranquiçada).

É importante ressaltar o controle da umidade relativa da câmara de estocagem, para minimizar o aparecimento do esbranquiçamento das cenouras. Em umidades relativas altas o gradiente do vapor de água é reduzido e, por tanto, ocorre redução da perda de água do produto. Segundo AVENA-BUSTILLOS et al (1994), umidade relativa de 98% reduz o índice de esbranquiçamento, não sendo recomendado utilizar umidades relativas abaixo de 70%. Neste trabalho, foi utilizado um expositor, comercialmente usado para venda de produtos refrigerados, com umidade relativa de  $58 \pm 2\%$ , o que pode ter contribuído para um ligeiro índice de esbranquiçamento desde o início da estocagem. Com a estocagem em umidades relativas mais altas a eficiência dos revestimentos sobre o índice de esbranquiçamento poderia ter sido maior. O índice de esbranquiçamento pode também ter sido influenciado pela variabilidade da cor nas cenouras, o que depende do cultivar e do grau de abrasão da superfície durante o processamento mínimo o bem da posição das cenouras durante a estocagem.

#### **4. CONCLUSÕES**

Revestimentos comestíveis à base de amido e quitosana, apresentaram efeito benéfico sobre a qualidade sensorial das cenouras fatiadas em rodela minimamente processadas, por manter a cor e retardar o aparecimento do esbranquiçamento. Após 15 dias de armazenamento a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$ , o revestimento à base de amido e glicerol apresentou-se como o mais eficiente para manter a cor e o sabor em cenoura em rodela minimamente processadas. O índice de esbranquiçamento foi menor nas amostras revestidas, em relação ao controle que apresentou depois de 15 dias o valor mais alto (44,2).

#### **BIBLIOGRAFIA**

AVENA-BUSTILLOS, R. J., CISNEROS-ZEVALLOS, L. A., KROCHTA, J. M., SALTVEIT, M. E. Optimization of Edible Coatings on Minimally Processed Carrots Using Response Surface Methodology. **Transactions of the ASAE**. v. 36, n.3, p.801-805, 1993.

- AVENA-BUSTILLOS, R. J., CISNEROS-ZEVALLOS, L. A., KROCHTA, J. M., SALTVEIT, Jr. M. E. Application of casein-lipid edible film emulsions to reduce white blush on minimally processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**. v. 4, p.319-329, 1994.
- BALDWIN, E. A., NISPEROS-CARRIEDO, M. O., BAKER, R. A. Edible Coatings for Lightly Processed Fruits and Vegetables. **HortScience**. v. 30, n.1, p.35-38, 1995.
- BALDWIN, E. A., NISPEROS, M. O., CHEN, X., HAGENMAIER, R. D. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. **Postharvest Biology and Technology**. v. 9, p.151-163, 1996.
- BOLIN, H. R., HUXSOLL, C. C. Control of Minimally Processed Carrot (*Daucus carota*) Surface Discoloration Caused by Abrasion Peeling. **Journal of Food Science**. v. 56, p.416-418, 1991.
- CISNEROS-ZEVALLOS, L., SALTVEIT, M. E., KROCHTA, J. M. Mechanism of Surface White Discoloration of Peeled (Minimally Processed) Carrots During Storage. **Journal of Food Science**. v. 60, p.320-323, 333, 1995.
- DEN OUTER, R.W. Discoloration of carrots (*Daucus carota* L.) during wet chilling storage. **Science Horticulture**. v. 41, p.201-207, 1990.
- GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N., ZARITZKY N. E. Starch-Based Coatings: Effect on Refrigerated Strawberry (*fragaria ananassa*) Quality. **Journal Science Food Agriculture**. v. 76, p.411-420, 1998.
- GENNADIOS, A., HANNA, M. A., KURTH, L. B. Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods: A Review. **Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie**. v. 30, n.4, p.337-350, 1997.
- GUILBERT, S., GONTARD, N., GORRIS G. M. Prolongation of the Self-life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings. **Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie**. v. 29, n.1 & 2, p.10-17, 1996.
- HAN, C., ZHAO, Y., LEONARD, S.W., TRABER, M.G. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). **Postharvest Biology and Technology**. v. 33, p.67-78, 2004.
- HENRIQUE, C. M., CEREDA, M. P. Utilização de Biofilmes na Conservação Pós-colheita de Morango (*Fragaria ananassa* Duch) CV IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**. v. 19, n.2, p.231-233, 1999.
- HOWARD, L. R., GRIFFIN, L. E. Lignin Formation and Surface Discoloration of Minimally Processed Carrot Sticks. **Journal of Food Science**. v. 58, n.5, p.1065-1067, 1993.

- IZUMI, H., WATADA, A.E., KO, N.P., DOUGLAS, W. Controlled atmosphere storage of carrot slices, sticks and shreds. **Postharvest Biology and Technology**. v. 9, p.165-172, 1996.
- KESTER, J. J., FENNEMA, O. R. Edible Films and Coatings: A Review. **Food Technology**. v. 40, n.12, p.47-59, 1986.
- LERDTHANANGKUL, S., KROCHTA, J. M. Edible Coating Effects on Postharvest Quality of Green Bell Peppers. **Journal of Food Science**. v. 67, n.1, p.176, 179, 1996.
- LAZARIDOU, A., BILIADERIS, C. G. Thermophysical properties of chitosan-starch and chitosan-pullulan films near the glass transition. **Carbohydrate Polymers**. v. 48, p.179-190, 2002.
- MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N., ZARITZKY N. E. Microstructural characterization of yam starch films. **Carbohydrate Polymers**. v. 50, p.379-386, 2002.
- McHUGH, T. H., SENESI, E. Apple Wraps: A Novel Method to Improve the Quality and Extend the Shelf Life of Fresh-cut Apples. **Journal of Food Science**. v. 65, n.3, p.480-485, 2000.
- PARK, H. J., CHINNAN, M. S., SHEWFELT, R. L. Edible Coating Effects on Storage Life and Quality of Tomatoes. **Journal of Food Science**. v. 59, n.3, p.568-570, 1994.
- PEIYIN, L., BARTH, M. M. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**. v. 14, p.51-60, 1998.
- PILON, L. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração**. Piracicaba-SP. Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 2003. 111p. (Tese de Mestrado).
- RESENDE, J.M., COELHO, A.F.S., CASTRO, E.C., SAGGIN JÚNIOR, O.J., NASCIMENTO, T., BENEDETTI, B.C. Modificações sensoriais em cenoura minimamente processada e armazenada sob refrigeração. **Horticultura Brasileira**. v. 22, n.1, p.147-150. 2004.
- ROMANAZZI, G., NIGRO, F., IPPOLITO, A, DI VENERE, D., SALERNO, M. Effects of pre- and postharvest chitosan treatments to control storage grey mold of table grapes. **Journal of Food Science**. v. 67, n.5, p.1862-1866, 2002.
- SAS Institute. SAS User's Guide: statistics eighth version. Cary, USA Institute, 2003.

- TALCOTT, S.T., HOWARD, L.R., BRENES, C.H. Factors contributing to taste and quality of commercially processed strained carrots. *Food Research international*. v. 34, p.31-38, 2001.
- TATSUMI, Y., WATADA, A. E., WERGIN, W. P. Scanning electron microscopy of carrots stick surface to determine cause of white translucent appearance. **Journal of Food Science**. v. 56, n.1, p.1357-1359, 1991.
- TEIXEIRA, J.M.A . **Aplicação de revestimento comestível em minicenoura (Daucus carota L.)**. Viçosa – MG. Universidade Federal de Viçosa. 2004. 67p. (Dissertação mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- WU, Y., RHIM, J. W., WELLER, C. L., HAMOUZ, F., CUPPETT, S., SCHNEPF, M. Moisture Loss and Lipid Oxidation for Precooked Beef Patties Stored in Edible Coatings and films. **Journal of Food Science**. v. 65, n.2, p.300-304, 2000.

**ANEXO 1.** Resumo da análise de variância da regressão do efeito dos revestimentos sobre o atributo cor em cenouras minimamente processadas

Fonte de variação	GL	QM					
		Rev. 1	Rev. 2	Rev. 3	Rev. 4	Rev. 5	Rev. 6
Regressão	1	8,3613 <sup>n.s.</sup>	41,2903*	12,7758*	4,8790 <sup>n.s.</sup>	12,4903*	0,4661 <sup>n.s.</sup>
Falta de ajuste	2	0,8032 <sup>n.s.</sup>	4,8548 <sup>n.s.</sup>	14,4629*	5,9274 <sup>n.s.</sup>	1,0774 <sup>n.s.</sup>	0,1984 <sup>n.s.</sup>
Regressão	2	4,9710 <sup>n.s.</sup>	24,7742*	18,5855*	7,3790 <sup>n.s.</sup>	6,3903 <sup>n.s.</sup>	0,4301 <sup>n.s.</sup>
Falta de ajuste	1	0,02581 <sup>n.s.</sup>	1,4516 <sup>n.s.</sup>	4,5306 <sup>n.s.</sup>	1,9758 <sup>n.s.</sup>	1,8645 <sup>n.s.</sup>	0,001613 <sup>n.s.</sup>
Tempo	(3)	3,3226 <sup>n.s.</sup>	17,000*	13,9005*	5,5780 <sup>n.s.</sup>	4,8817 <sup>n.s.</sup>	0,2876 <sup>n.s.</sup>
Resíduo (erro b)	504			3,7043			

\* Significativo a 5% de probabilidade

<sup>n.s.</sup> Não significativo a 5% de probabilidade

**ANEXO 2.** Equações estimadas do efeito dos revestimentos sobre o atributo cor em cenouras minimamente processadas.

Revestimentos	Equação	R <sup>2</sup> (%)	CV (%)
1	$\hat{y} = \bar{y} = 4,242$	-	-
2	$\hat{y} = 5,790 + 0,258 * \text{Tempo} - 0,0103 * \text{Tempo}^2$	97,154	22,946
3	$\hat{y} = 6,624 - 0,323 * \text{Tempo} + 0,0177 * \text{Tempo}^2$	89,136	34,059
4	$\hat{y} = \bar{y} = 6,137$	-	-
5	$\hat{y} = \bar{y} = 6,161$	-	-
6	$\hat{y} = \bar{y} = 5,943$	-	-

# FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE CENOURA COM REVESTIMENTO COMESTÍVEL ANTIMICROBIANO

## 1. INTRODUÇÃO

Os revestimentos comestíveis antimicrobianos são uma inovação dentro do conceito de embalagem ativa e têm sido desenvolvidos com o objetivo de reduzir, inibir ou retardar o crescimento de microrganismos na superfície dos alimentos, quando em contato com os produtos acondicionados (Appendini & Hotchkiss, 2002).

Na maioria dos alimentos frescos ou processados, a contaminação microbiana ocorre, em maior intensidade, na superfície dos mesmos, requerendo assim um controle efetivo do crescimento microbiano neste local (Padgett, Han & Dawson, 1998). Tradicionalmente, os antimicrobianos são adicionados diretamente aos alimentos, mas sua atividade pode ser inibida por muitas substâncias do próprio alimento diminuindo a sua eficiência. Nestes casos o emprego de revestimentos antimicrobianos pode ser mais eficiente do que o uso direto de antimicrobianos no alimento, pois o antimicrobiano migra seletiva e gradualmente do revestimento para a superfície do alimento, mantendo-se assim altas concentrações onde são mais necessárias (Ouattara, Simard, Piette, Bégin & Holley, 2000)

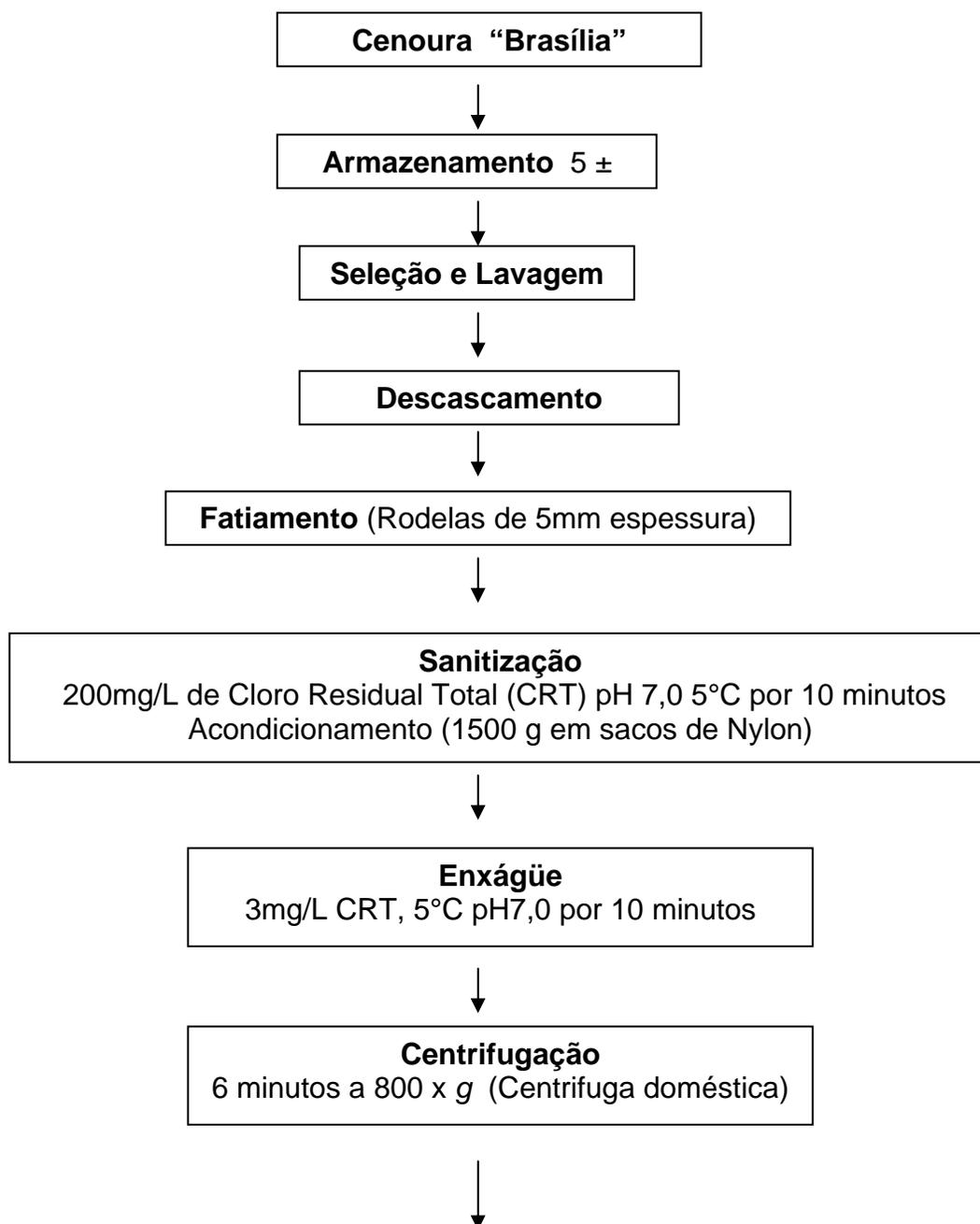
Os revestimentos comestíveis têm demonstrado ser uma técnica efetiva de preservação de frutas e hortaliças para manter a aparência fresca, a firmeza e o brilho, aumentando assim, a vida de prateleira do produto (XU et al., 2002).

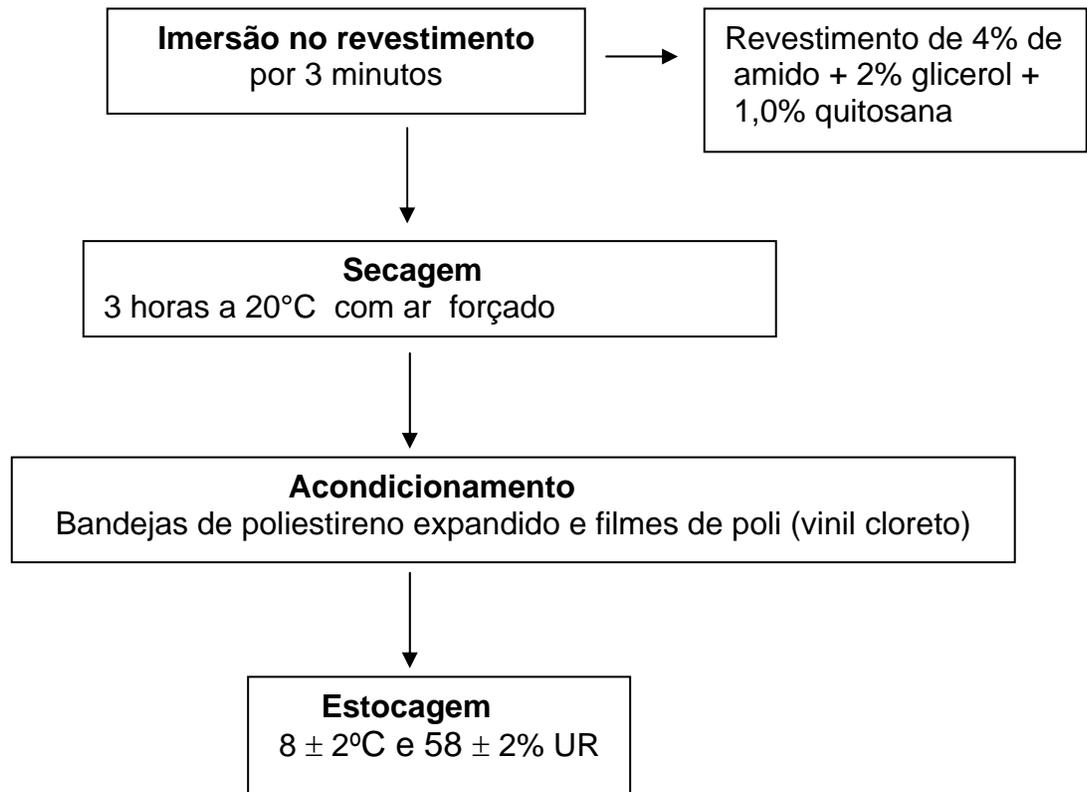
A quitosana, que é um polissacarídeo obtido da desacetilação da quitina, originária do exoesqueleto de crustáceos e parede celular de fungos tem sido muito utilizada em filmes e revestimentos antimicrobianos pela sua propriedade de inibir o crescimento de muitas bactérias patogênicas e fungos (Romanazzi, Nigro, Hipólito, Venere & Salerno, 2002).

Dentre os polissacarídeos utilizados para produção de embalagens comestíveis, o amido é o biopolímero natural mais comumente utilizado. O uso do amido pode ser uma interessante alternativa para filmes e revestimentos

comestíveis devido a seu baixo custo, abundância, biodegradabilidade, comestibilidade e fácil manipulação (Mali, Grossmann, García, Martino & Zaritzky, 2002).

## 2. FLUXOGRAMA





### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de uma matéria-prima com 4,1 log UFC/g de psicrotróficos, 2,1 log de coliformes totais e 2,3 log de fungos filamentosos e leveduras, com o uso de revestimento comestível antimicrobiano à base de amido de inhame adicionado com 1% de quitosana foi possível obter desde o primeiro dia de estocagem uma redução na contagem desses grupos microbianos, apresentando contagens de 1 log UFC/g de psicrotróficos, 0,48 log UFC/g de coliformes totais e 1,66 de fungos filamentosos e leveduras. Após 15 dias de estocagem as amostras revestidas apresentaram reduções de 0,4, 1,1 e 2,73 ciclos log de psicrotróficos, coliformes totais e fungos filamentosos e leveduras, respectivamente em relação às amostras não revestidas.

As amostras revestidas apresentaram uma menor perda de massa ( 13,4%) em relação às amostras não revestidas que apresentaram 15,8% de perda de peso.

As amostras com o revestimento de amido adicionado com 1% de quitosana, apresentou menor índice de esbranquiçamento (38,3) que as amostras não revestidas, que apresentaram um índice de esbranquiçamento de 44,2.

O atributo sabor não houve diferenças entre as amostras apresentando as amostras revestidas uma nota hedônica de 5,8 e as amostras não revestidas uma nota 5,9, situando-se ambas nos termos hedônicos indiferente e gostei ligeiramente.

As amostras revestidas com amido e 1% de quitosana após 15 dias de estocagem, apresentaram nota de 6 para o atributo cor, que corresponde ao termo hedônico gostei ligeiramente, enquanto que as amostras não revestidas apresentaram nota de 4,7, que corresponde ao termo hedônico desgostei ligeiramente.

#### **4. CONCLUSÃO**

A partir dos resultados obtidos nas diferentes etapas deste trabalho sugere-se o fluxograma apresentado para processamento mínimo de cenoura em rodela com revestimento à base de amido de inhame e % de quitosana, o qual permitiu na cenoura em rodela uma vida de prateleira de 15 dias.

## CONCLUSÕES GERAIS

O amido de inhame, variedade 'caramujo' constitui uma fonte de amido para produção de revestimentos e filmes considerando o bom teor de amilose, componente este importante para a formação de matrizes poliméricas. Os filmes de amido e amido adicionado de quitosana apresentaram, visualmente, boa transparência com permeabilidade ao vapor de água menor que a de outros filmes comestíveis. O filme de amido contendo 1,5% de quitosana apresentou a menor permeabilidade ao vapor de água dentre os filmes testados.

Dentre as etapas do processamento mínimo de hortaliças a sanitização e a centrifugação, são de grande relevância para a obtenção de produtos de boa qualidade e, conseqüentemente, de maior vida de prateleira. No caso de cenoura fatiada em rodela, variedade Brasília, uma solução com concentração de 200 mg/L de cloro residual total foi a mais eficiente para o controle de coliformes totais e fecais e aeróbios mesófilos. O melhor tempo de centrifugação para amostras de 1500 g foi de 6 minutos para centrífuga doméstica (ARNO) e de 3,5 minutos para centrífuga industrial, para amostras de 3000 g. Para obter hortaliças minimamente processadas com alta qualidade sensorial, microbiológica e nutricional, as etapas de sanitização e centrifugação devem ser associadas ao uso de uma matéria-prima de alta qualidade, boas práticas de processamento, embalagem e temperatura de estocagem adequadas.

O uso de um revestimento antimicrobiano constituído de amido de inhame adicionado de quitosana é uma alternativa viável no controle da microbiota presente na cenoura minimamente processada em rodela, considerando que o crescimento de bactérias do grupo coliformes e psicrotólicas, fungos filamentosos e leveduras, foi significativamente inibido pela aplicação do revestimento com 1,5% de quitosana. O revestimento com

1,0% de quitosana também apresentou bom desempenho no controle microbiológico da cenoura minimamente processada. O grupo controle apresentou a maior perda de massa (15,8%), enquanto os revestimentos incorporados com quitosana apresentaram perda de massa na faixa de 13,4 a 14,5%.

O revestimento à base de amido e glicerol foi mais eficiente para manter a cor e o sabor. Para retardar o índice de esbranquiçamento na cenoura minimamente processada, o revestimento a base de amido com 1,5% de quitosana foi o que apresentou melhor resultado. Dentro do conceito da tecnologia de barreiras de proteção, o uso desse revestimento pode contribuir para aumentar a segurança da cenoura minimamente processada e prolongar sua vida útil.