

LEONARDO THOMAZ DINIZ

**RESPOSTAS DA BANANA “PRATA ANÃ” MINIMAMENTE
PROCESSADA E CONSERVADA EM SOLUÇÃO DE
SACAROSE COM POLPA DE MARACUJÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009**

LEONARDO THOMAZ DINIZ

**RESPOSTAS DA BANANA “PRATA ANÃ” MINIMAMENTE
PROCESSADA E CONSERVADA EM SOLUÇÃO DE
SACAROSE COM POLPA DE MARACUJÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*

APROVADA: 28 de julho de 2009

Prof. Raimundo Santos Barros

Marcelo Amaral de Moura

Prof. Adriano do Nascimento Simões
(Co-orientador)

Prof. Fernando Luiz Finger
(Co-orientador)

Prof. Rolf Puschmann
(Orientador)

*A DEUS, pela oportunidade para a realização deste trabalho e pela força que
Ele me deu para a conquista de mais uma etapa da minha vida.*

À minha namorada, Elisângela, pelo amor, carinho e compreensão.

Aos meus pais e meus irmãos, pelo amor, carinho e apoio.

Aos meus sobrinhos, com toda a admiração.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Biologia Vegetal, pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro.

Ao professor e amigo Rolf Puschmann, pela orientação, pela amizade e pela contribuição para a minha formação profissional.

Aos professores Raimundo Barros, Fernando Finger, Marco Aurélio e Fábio da Matta, pela contribuição para a minha formação e pelas críticas e sugestões.

Ao professor e amigo Adriano Simões, pela coorientação, amizade, dedicação e esforço.

Ao amigo Franciscleudo, pela amizade, companheirismo e auxílio na elaboração desse trabalho.

Aos colegas de laboratório, Mateus, Anderson, Thomaz, Ana Paula, Bruna e Tâmara, que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Aos funcionários Geraldo, Marreco, Reginaldo, Oswaldo e Zé Antônio, pela amizade, auxílio e companheirismo.

Fica o meu sincero agradecimento a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

LEONARDO THOMAZ DINIZ, filho de Eduardo Ferreira Diniz e Maria Helena Thomaz Diniz. Nasceu em 19 de agosto de 1983 em Sete Lagoas - MG. Em 2002, ingressou no curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Federal de Viçosa. A partir do 4º período foi estagiário do Grupo Entre - Folhas Plantas Medicinais, trabalhou com princípios ativos de plantas medicinais e ministrou cursos de extensão para comunidades regionais sobre plantas medicinais. Em janeiro e julho de 2005, foi estagiário da EMBRAPA - Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG, trabalhando com controle biológico da lagarta do cartucho do milho e controle das principais doenças do milho. De fevereiro a dezembro de 2005, foi estagiário do Laboratório de Entomologia - UFV, onde trabalhou com manejo integrado de pragas nas culturas do café, tomate, feijão, milho e algumas olerícolas. A partir de janeiro de 2006 foi estagiário do Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças - UFV trabalhando com processamento mínimo de frutas e hortaliças. De março de 2006 a fevereiro de 2007 foi bolsista de Iniciação Científica da FAPEMIG, no projeto *Quantificação, caracterização e destinação dos resíduos do processamento mínimo de cenoura*. Recebeu o título de Engenheiro Agrônomo em agosto de 2007. Em setembro do mesmo ano ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, com área de concentração de fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. Durante o curso de mestrado participou de projetos de pesquisa e ministrou vários cursos de processamento mínimo de frutas e hortaliças. Em 28 de julho de 2009 defendeu sua tese, completando os requerimentos para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

CONTEÚDO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1. ADEQUAÇÃO DO FLUXOGRAMA DE BANANA MINIMAMENTE PROCESSADA E CONSERVADA EM SOLUÇÃO DE SACAROSE COM POLPA DE MARACUJÁ	
RESUMO	3
1. INTRODUÇÃO	5
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
I. Preparo da polpa de maracujá e da solução de sacarose com polpa de maracujá.....	7
II. Processamento mínimo.....	7
III. Caracterização do sistema.....	8
A) Perfil da temperatura durante o resfriamento da matéria-prima, da solução de sacarose e das rodela de banana.....	8
B) Atividade biológica e cor do sistema em estudo.....	10
C) Determinação da concentração de sacarose na solução.....	10
D) Determinação da proporção de massa de rodela de banana e volume de solução.....	11
E) Absorção/adsorção de água pelas rodela de banana.....	11
F) Rendimento do processamento mínimo.....	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
A) Perfil da temperatura durante o resfriamento da matéria-prima, da solução de sacarose e das rodela de banana.....	13
B) Atividade biológica e cor do sistema em estudo.....	15
C) Determinação da concentração de sacarose na solução.....	17
D) Determinação da proporção de massa de rodela de banana e volume de solução.....	19

E) Absorção/adsorção de água pelas rodela de banana.....	21
F) Rendimento do processamento mínimo.....	21
4. CONCLUSÕES.....	22
5. LITERATURA CITADA.....	23

CAPÍTULO 2. CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DA BANANA MINIMAMENTE PROCESSADA E CONSERVADA EM SOLUÇÃO DE SACAROSE COM POLPA DE MARACUJÁ

RESUMO.....	25
1. INTRODUÇÃO.....	27
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
I. Obtenção da matéria-prima, preparo da polpa de maracujá e da solução de sacarose com polpa de maracujá.....	29
II. Processamento mínimo e sistemas estudados.....	29
III. Avaliações físicas, químicas, bioquímicas e fisiológicas.....	30
IV. Análise estatística.....	35
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
I. Avaliações físicas, químicas, bioquímicas e fisiológicas.....	36
4. CONCLUSÕES.....	53
5. LITERATURA CITADA.....	54
6. CONCLUSÕES GERAIS.....	57

RESUMO

DINIZ, Leonardo Thomaz, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009.

Respostas da banana “Prata Anã” minimamente processada e conservada em solução de sacarose com polpa de maracujá. Orientador: Rolf Puschmann. Co-orientadores: Adriano do Nascimento Simões e Fernando Luiz Finger.

O presente trabalho objetivou ajustar o fluxograma do processamento mínimo da banana conservada em solução de sacarose com polpa de maracujá, assim como conhecer as alterações físicas, químicas, bioquímicas e fisiológicas e determinar o período de conservação da banana minimamente processada conservada na solução. O resfriamento da matéria-prima em câmara fria a 12 °C, durante 4 horas, foi o tempo mínimo necessário para reduzir a temperatura da matéria-prima. Após o tratamento térmico da solução de sacarose, foi necessário resfriá-la a 5 °C, por no mínimo 6 horas. As rodela da banana conservadas em solução de sacarose com polpa de maracujá se apresentaram metabolicamente ativas durante 8 dias de conservação a 5 °C. As rodela de banana tiveram sinais de escurecimento 2 horas após o corte, logo, recomenda-se adicionar a solução após seu corte. Verificou-se que o sistema composto de 60 gramas de rodela de banana e 115 mL de solução de sacarose (a 15 %) com polpa de maracujá minimizou alteração do teor de sólidos solúveis totais, da firmeza, da condutividade elétrica e reduziu o extravasamento de eletrólitos das rodela da banana durante sua conservação. A presença da polpa de maracujá na solução foi importante para minimizar o escurecimento enzimático. Além disso, esse sistema reduziu o escurecimento enzimático, aumentou a taxa respiratória e praticamente não afetou a produção de etileno das rodela da banana durante a conservação. Observou-se redução da concentração de oxigênio dissolvido das soluções/suspensão após 2 horas de conservação nessas soluções/suspensão. A atividade da álcool desidrogenase em rodela de banana imersas em solução de sacarose com polpa de maracujá aumentou, evidenciando que o tecido estava em processo de fermentação. O sistema em estudo resultou em manutenção da qualidade de banana minimamente processada e apresentou vida útil de 8 dias a 5 °C.

ABSTRACT

DINIZ, Leonardo Thomaz, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2009.
Responses of Banana “Prata Anã” Minimally Processed and Preserved in Sucrose Solution with Passion Fruit Pulp. Adviser: Rolf Puschmann. Co-Advisers: Adriano do Nascimento Simões and Fernando Luiz Finger.

The aim of this work was to adjust the flowchart of fresh-cut bananas stored in sucrose solution with passion fruit pulp, as well as to know about the physical changes, chemical, biochemical, and physiological and to determine the shelf life of minimally processed banana kept in the solution. The cooling of the raw material in a cold chamber at 12° C for 4 hours was the minimum necessary time to reduce its temperature. After thermal treatment of sucrose solution, it was necessary to cool it down to 5° C for at least 6 hours. The banana slices stored in sucrose solution with passion fruit pulp showed metabolically active for 8 days of storage at 5° C. The banana slices had signs of browning 2 hours after cutting, so it is recommended to add the solution, as soon as the bananas are cut. It was found that the composed system of 60 grams of sliced bananas and 115 ml of sucrose (15%) with passion fruit pulp, minimized change content of soluble solids, firmness, electrical conductivity and reduced the electrolyte leakage from banana slices during storage. The presence of the passion fruit pulp in the solution was important to minimize enzymatic browning. Furthermore, this system has reduced the enzymatic browning, increased respiratory rate and virtually did not affect the ethylene production of banana slices during storage. Reduction of dissolved oxygen concentration of the solutions/suspension was observed, after 2 hours of storage in these solutions/suspension. The activity of dehydrogenase alcohol in banana slices kept in sucrose solution with passion fruit pulp increased, indicating that the tissue was in the process of fermentation. The system under study resulted in maintaining the quality of minimally processed banana and presented shelf life of 8 days at 5° C.

INTRODUÇÃO GERAL

O aumento na demanda por produtos vegetais frescos, convenientes e seguros, principalmente em grandes centros, fez com que se desenvolvesse uma nova categoria de produtos no mercado: as frutas e hortaliças minimamente processadas. Esses produtos são vivos e frescos, todavia, passam por algumas etapas como limpeza, classificação, descasque, corte, embalagem e conservação.

O mercado nacional de frutas minimamente processadas ainda é pequeno, pois há pouco conhecimento a respeito do seu comportamento fisiológico. As frutas minimamente processadas apresentam grande potencialidade, podendo-se citar manga, melão, melancia e mamão cortados em fatias ou em cubos para o consumo direto, assim como para o preparo de saladas como maçã, laranja, goiaba e banana.

A banana se destaca entre as frutas mais consumidas no mundo, porém, um dos grandes problemas para se manter a qualidade da banana na forma minimamente processada é o seu rápido escurecimento após o processamento mínimo. O escurecimento da banana minimamente processada pode ser reduzido com o uso de soluções antiescurecimento, mas, mesmo assim, esse produto apresenta vida útil de 4 dias a 5 °C.

O escurecimento enzimático também pode ser reduzido quando a banana minimamente processada é conservada em solução de sacarose com polpa de maracujá. O pH e a baixa difusão do oxigênio em solução para os tecidos de bananas podem minimizar o escurecimento por meio da redução da atividade de enzimas responsáveis pelo escurecimento enzimático. Esse novo sistema de conservação pode ser uma técnica alternativa ao uso de soluções antiescurecimento e, além disso, pode aumentar o período de conservação de banana minimamente processada.

No desenvolvimento da técnica utilizando banana minimamente processada imersa em solução de sacarose com polpa de maracujá mantida sob refrigeração, é necessário conhecer as concentrações relativas dos componentes das soluções, das proporções massa:volume, dentre outras adequações metodológicas. É necessário também conhecer as mudanças físicas, químicas, bioquímicas e fisiológicas do sistema estudado.

Os objetivos específicos desse trabalho foram: 1) Adequar um fluxograma de processamento mínimo da banana com o uso de imersão em solução de sacarose com polpa de maracujá; 2) Adequar a incorporação de diferentes concentrações de sacarose na solução, assim como ajustar a proporção massa da banana minimamente processada e o volume de solução; 3) Avaliar as mudanças físicas, químicas, bioquímicas e fisiológicas em banana minimamente processada e conservada em solução de sacarose com polpa de maracujá; e 4) Definir o período de conservação do sistema estudado.

CAPÍTULO 1

ADEQUAÇÃO DO FLUXOGRAMA DE BANANA MINIMAMENTE PROCESSADA E CONSERVADA EM SOLUÇÃO DE SACAROSE COM POLPA DE MARACUJÁ

RESUMO

Este trabalho objetivou adequar um fluxograma de processamento mínimo da banana conservada em solução de sacarose com polpa de maracujá sob refrigeração. O tempo de resfriamento da matéria-prima, da solução de sacarose e a atividade biológica do sistema foram determinados. Bananas 'Prata Anã', estágio 5, foram minimamente processadas em rodela de aproximadamente 1 cm de espessura e mantidas em potes de polipropileno contendo uma solução com 0, 5, 10, 15 ou 20 % de sacarose e 5 % de polpa de maracujá. Os potes foram vedados com selo de alumínio, fechados e mantidos a 5 °C, por 6 dias. Além disso, as proporções de 40, 60, 80 ou 100 gramas de rodela da banana nos volumes de 130, 115, 90 e 70 mL de solução, respectivamente, foram avaliadas. O teor de sólidos solúveis totais da solução e das rodela da banana foi avaliado durante a conservação. O tempo de resfriamento da matéria-prima foi de 4 horas a 12 °C, e o tempo de resfriamento da solução de sacarose após o tratamento térmico foi de 6 horas a 5 °C. As rodela da banana mantiveram-se metabolicamente ativas, mesmo conservadas em solução de sacarose com polpa de maracujá, durante 8 dias. O teor de sólidos solúveis totais das rodela da banana reduziu-se e da solução aumentou sob as concentrações de 0, 5 e 10 % de sacarose na solução. Sob a concentração de 15 %, observou-se pouca alteração nos teores de sólidos solúveis totais, tanto na solução como nas rodela de banana, enquanto sob a concentração de 20 %, notou-se uma pequena redução do teor de sólidos solúveis totais da solução e aumento nas rodela da banana. Nas proporções massa de rodela da banana e volume de solução de 40:130, 60:115 e 80:90, houve redução do teor de sólidos solúveis nas rodela de banana e aumento na solução. Por outro lado, sob a proporção 100:70, observaram-se maiores alterações no teor de sólidos solúveis nas rodela de banana e na solução

durante a conservação, em relação às outras proporções. O rendimento do processamento mínimo foi de 52 %. O sistema composto por 60 gramas de banana minimamente processada conservada em 115 mL de solução contendo 15 % de sacarose e 5 % de polpa de maracujá, mantido a 5 °C, foi o mais adequado para a conservação de banana minimamente processada. Esse sistema foi o mais adequado para a manutenção do teor de sólidos solúveis totais nas rodela da banana durante todo o período de conservação.

Palavras-chave: *Musa spp.*, processamento mínimo, técnica

1. INTRODUÇÃO

O processamento mínimo resulta em produtos com qualidade, frescor, conveniência e com maior agregação de valor. A decisão pela compra de frutas minimamente processadas leva em consideração uma série de fatores como tamanho da fruta, dificuldade de descascamento, extravasamento de líquidos, dentre outros (JACOMINO *et al.*, 2004). Além disso, as frutas minimamente processadas podem ser adquiridas pelo consumidor e assim serem utilizadas em salada de frutas, como, por exemplo, a banana (VILAS-BOAS, 2002).

Na obtenção de um produto minimamente processado, é necessário adequar o fluxograma de processamento mínimo. Na elaboração de um fluxograma de processamento mínimo, alguns requisitos como a sanitização, o tipo de corte, as condições higiênico-sanitárias, a centrifugação e as embalagens apropriadas devem ser considerados para não comprometer a qualidade do produto final (WATADA e QI, 1999).

Várias propostas de fluxogramas de processamento mínimo de frutas encontram-se publicadas como de abacaxi e mamão (SARZI *et al.*, 2006), goiaba (MATTIUZ, *et al.*, 2006) e melão (ARRUDA e JACOMINO, 2006). No fluxograma de processamento mínimo da banana, a imersão de suas rodela em soluções antiescurecimento (cloreto de cálcio, ácido ascórbico e cisteína) foi fundamental para a manutenção da firmeza (MELO e VILAS-BOAS, 2006) e da cor das rodela durante 4 dias, a 5 °C (VILAS BOAS e KADER, 2006; MELO e VILAS-BOAS, 2007).

A cor das rodela de banana mantidas em solução sob baixa disponibilidade de oxigênio e baixo pH pode ser mantida sem o uso de substâncias antiescurecimento. A baixa difusão do oxigênio em solução pode reduzir a atividade da polifenoloxidase, principal enzima responsável pelo escurecimento enzimático em banana, e, conseqüentemente, reduzir seu escurecimento (BICO *et al.*, 2008; NGUYEN *et al.*, 2003), uma vez que a polifenoloxidase necessita de oxigênio como substrato para oxidar compostos fenólicos causando o escurecimento (JAYARAMAN *et al.*, 1982). O pH da solução pode também reduzir a atividade das polifenoloxidases, visto que o pH ótimo dessa enzima é em torno de 6,5 (UNAL, 2007; YANG *et al.*, 2000).

Banana minimamente processada e conservada em solução de sacarose com polpa de maracujá, em que o pH fica próximo de 3,5, pode constituir uma técnica alternativa ao uso de substâncias antiescurecimento, pois o reduzido pH associado com a baixa disponibilidade do oxigênio em solução pode retardar o escurecimento enzimático e, conseqüentemente, aumentar o período de conservação de banana minimamente processada. Porém essa técnica necessita de adequações no seu fluxograma para obtenção de um produto de qualidade e seguro para o consumidor.

Os tecidos de banana são conservados em uma solução de sacarose com polpa de maracujá. Portanto, é necessário verificar a vitalidade das rodela da banana conservadas na solução, visto que o tecido pode estar sob condições anaeróbicas e acumular etanol, o que pode causar injúrias nas células, como foi verificado em cenoura (PERATA e ALPI, 1991).

A diferença no teor de sólidos solúveis entre tecido e solução pode gerar um gradiente de potencial osmótico e, conseqüentemente, um gradiente de potencial hídrico entre tecido e solução. Isso pode promover fluxo de água entre tecido e solução, alterando a concentração de sólidos solúveis do tecido ou da solução, afetando a qualidade sensorial do sistema em estudo. Resultados de ensaios preliminares mostraram que é necessário adequar a concentração de sacarose na solução, assim como a proporção massa:volume com intuito de minimizar a troca de água entre tecido e solução. Além disso, outras adequações metodológicas devem ser realizadas.

O objetivo desse trabalho foi adequar um fluxograma de processamento mínimo da banana conservada em solução de sacarose com polpa de maracujá.

2. MATERIAL E MÉTODOS

I. PREPARO DA POLPA DE MARACUJÁ E DA SOLUÇÃO DE SACAROSE COM POLPA DE MARACUJÁ

Frutos de maracujá amarelo, *Passiflora edulis*, foram utilizados para o preparo da polpa de maracujá. Os frutos foram adquiridos no mercado local, no estágio de maturação 7 (superfície totalmente amarela) de acordo com a escala de Vianna-Silva *et al.* (2004).

O fruto foi cortado transversalmente e a polpa extraída com auxílio de uma despulpadeira industrial. Em seguida, removeu-se o excesso de espuma com auxílio de uma peneira de nylon. Em embalagens de polipropileno, foram adicionados 200 mL de polpa de maracujá que foram mantidos a -18 °C.

A solução de sacarose com polpa de maracujá foi preparada utilizando-se água destilada, sacarose e polpa de maracujá descongelada. Uma solução de 20 % de sacarose foi submetida a um tratamento térmico a 90 °C, por 2 min (SANDI *et al.*, 2003), resfriada a 5 °C, durante 6 horas, e misturada com polpa de maracujá descongelada (5 %). O pH foi ajustado para 3,5 com NaOH (0,5 M), e o teor de sólidos solúveis foi corrigido para 20 %, adicionando-se água destilada. A solução de sacarose com polpa de maracujá foi conservada em expositores verticais a 5 °C, por 24 horas (Figura 1).

II. PROCESSAMENTO MÍNIMO

Frutos de bananeira, *Musa* spp. cv. Prata Anã, foram adquiridos no mercado local, no estágio de maturação 5, de acordo com a escala descrita por Dole (1998), superfície completamente amarela e extremidades verdes. As bananas foram submetidas ao resfriamento por 12 horas, a 12 °C.

As bananas resfriadas foram lavadas em água corrente e imersas em solução contendo 300 ppm de cloro ativo, a 5 °C, por 10 minutos. Em seguida, os frutos foram descascados e fatiados em rodela de espessura de aproximadamente 1 cm.

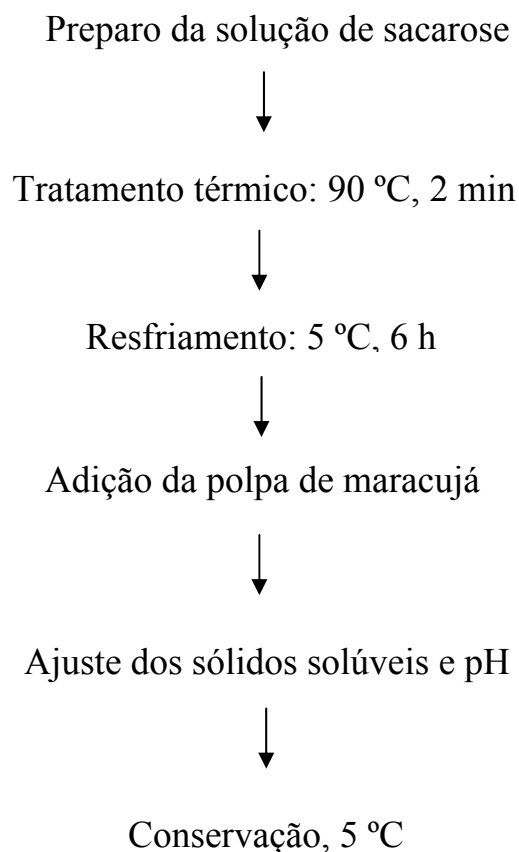


Figura 1. Fluxograma geral de preparo da solução de sacarose com polpa de maracujá.

Sessenta gramas de rodela de banana foram acondicionados em potes de polipropileno de 240 mL, contendo 130 mL de solução de sacarose com polpa de maracujá. Em seguida, os potes foram vedados com selo de alumínio, com auxílio de um ferro doméstico (VFA1110, 1200 W), a 120 °C, por 5 seg. Os potes foram fechados com tampas de polipropileno e mantidos a 5 °C, por 6 dias (Figura 2).

III. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA

A) Perfil da temperatura durante o resfriamento da matéria-prima, da solução de sacarose e das rodela de banana

Aproximadamente 3 kg de bananas foram adquiridos do mercado local, lavadas em água corrente, transportadas para a Unidade de Processamento Mínimo e conservadas em câmaras frias, a 12 °C, por 10 h. Um termômetro infravermelho foi

utilizado para tomar medidas de temperatura da casca e da polpa da matéria-prima, a cada 2 h, iniciando-se após a lavagem da matéria-prima em água corrente.

Prepararam-se dois litros da solução de sacarose com polpa de maracujá, na concentração de 15 % de sacarose. Em seguida, a solução foi submetida a um tratamento térmico, a 90 °C, por 2 min, e conservada em expositores verticais, a 5 °C. A cada 30 minutos, foram tomadas medidas de temperatura da solução, utilizando-se um termômetro infravermelho.

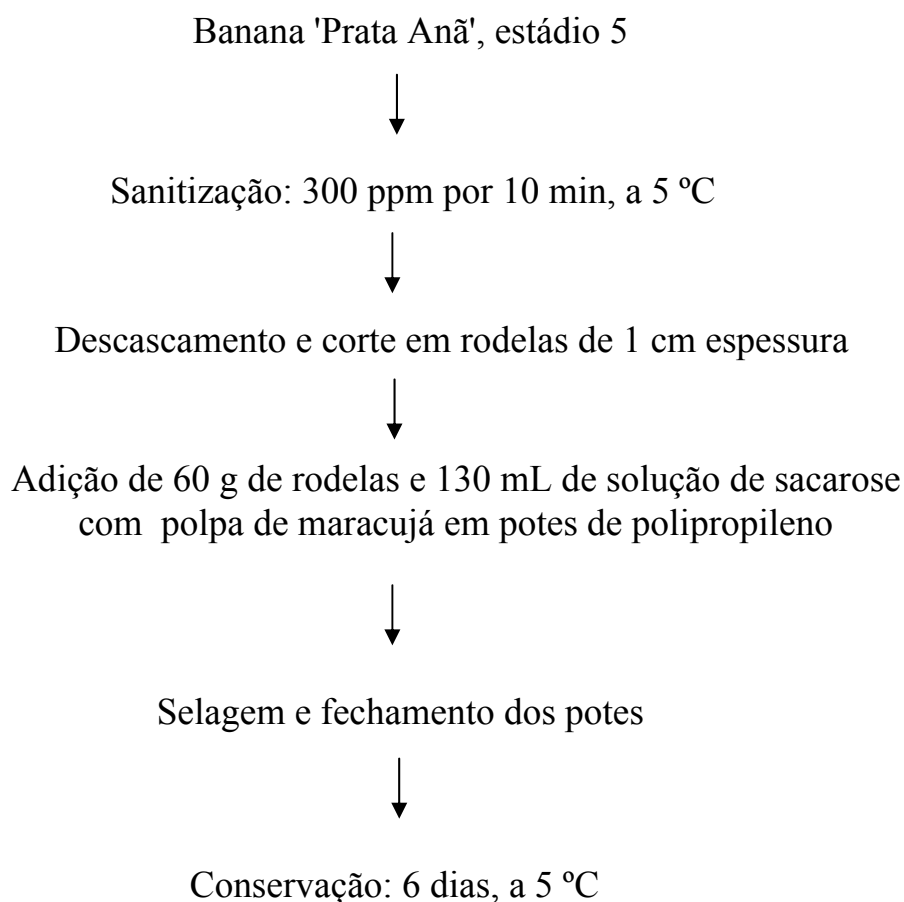


Figura 2. Fluxograma geral do processamento mínimo da banana e conservação em solução de sacarose com polpa de maracujá.

Para o acompanhamento da temperatura das rodela da banana após o corte, sua temperatura foi mensurada utilizando-se um termômetro infravermelho. Em seguida, as rodela foram mantidas em solução de sacarose com polpa de maracujá, a 5 °C. A temperatura das rodela de banana foi medida a cada 30 minutos.

B) Atividade biológica e cor do sistema em estudo

A atividade biológica dos tecidos de banana minimamente processada e conservada em solução de sacarose com polpa de maracujá foi avaliada durante a conservação, utilizando-se o vermelho de cresol (indicador ácido-base) na concentração de 10 mg.L⁻¹ e pH 8,1. Esse indicador, em meio básico, apresenta cor rósea ou vermelha, e, em meio ácido, cor amarela.

Adicionaram-se ao fundo de tubos de ensaio oito gotas de vermelho de cresol pH 8,1, um pequeno suporte metálico cerca de 1 cm acima do nível do indicador e por fim cinco gramas de banana minimamente processada, previamente imersos, ou não, em solução. O sistema foi fechado e mantido a 25 °C. Avaliou-se a mudança de cor do indicador e determinou-se o tempo gasto para a visualização da cor amarela do indicador vermelho de cresol. Esse procedimento foi realizado após a imersão das rodela da banana em solução, por duas horas, no 6º dia de conservação.

Durante a avaliação da atividade biológica do sistema, também foi elaborada uma curva de escurecimento das rodela de banana não imersas em solução. As bananas foram lavadas, sanitizadas, descascadas, fatiadas em rodela de aproximadamente 1 cm de espessura e mantidas em ambiente a 18 °C. Após o corte, e a cada 30 min, as rodela da banana foram avaliadas quanto à variação de cor na superfície do produto pela escala Hunter (CIELAB), segundo Chen e Ramaswamy (2002). Tomaram-se valores de L, a e b (brilho, alteração da cor verde para vermelha e alteração da cor amarela para azul, respectivamente), com auxílio de um colorímetro portátil digital (Minolta CR10 Co., Ltd., Japão). Os valores obtidos foram usados para calcular a diferença de cor (ΔC), de acordo com Borba (2005), a partir da equação abaixo:

$$\Delta C = [(L - L^*)^2 + (a - a^*)^2 + (b - b^*)^2]^{1/2}$$

L*, a* e b* : valores obtidos após o corte e

L, a e b: valores obtidos durante a conservação, a cada 30 minutos

C) Determinação da concentração de sacarose na solução

Cerca de 80 g de rodela de banana foram acondicionadas em potes de polipropileno contendo 90 mL de solução de sacarose com polpa de maracujá nas

concentrações de 0, 5, 10, 15 e 20 % de sacarose. O volume total do sistema rodela de banana e solução foi de 180 mL. Os potes foram selados, fechados e mantidos a 5 °C.

Determinou-se o teor de sólidos solúveis totais nas rodela de banana e na solução. O teor de sólidos solúveis das rodela de banana foi determinado de acordo com Costa *et al.* (2005). As rodela foram removidas da solução, enxugadas com papel toalha e cortadas em cubos. Aproximadamente cinco gramas de cubos foram envoltos em tecidos de organza e prensados com auxílio de uma prensa. Duas gotas de suco celular extraídas da prensa foram postas na superfície de um prisma de refratômetro de bancada (Modelo RTD-45). As determinações foram realizadas a cada dois dias, durante 6 dias.

D) Determinação da proporção de massa de rodela de banana e volume de solução

Em potes de polipropileno, foi efetuada uma mistura entre banana e solução de sacarose com polpa de maracujá na concentração mais adequada (tópico 2.III-C), em diferentes proporções (Quadro 1). Os sólidos solúveis totais das rodela de banana e da solução de sacarose com polpa de maracujá foram determinados de acordo com o tópico 2.III-C, a cada dois dias, durante 6 dias.

Quadro 1. Massa de rodela de banana (MB), volume das rodela (VR), volume de solução (VS) e volume total da mistura (VT) em potes de polipropileno.

MB (g)	VR (mL)	VS (mL)	VT (mL)
40	50	130	180
60	65	115	180
80	90	90	180
100	110	70	180

E) Absorção/adsorção de água pelas rodela de banana

Cerca de 60 gramas de rodela de banana de aproximadamente 1 cm de espessura foram pesadas, imersas em 115 mL de solução de 15 % de sacarose com polpa de maracujá por 2 h. Em seguida, as rodela de banana foram removidas da solução, drenadas por 2 minutos e novamente pesadas. Posteriormente, as rodela foram

secas em papel toalha, pesadas, imersas rapidamente em água destilada, drenadas por 2 minutos e pesadas. Finalmente, as rodela de banana foram secas em papel toalha e novamente pesadas (Figura 3).

F) Rendimento do processamento mínimo

O rendimento do processamento mínimo da banana foi calculado por gravimetria, considerando-se o peso inicial da matéria-prima e do produto final.

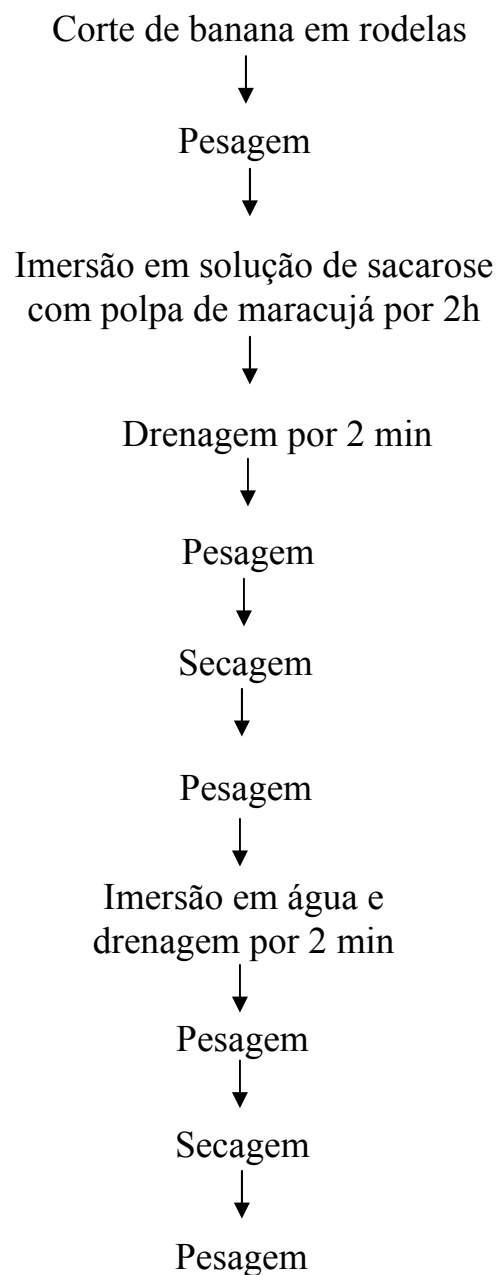


Figura 3. Procedimento para a realização do teste de absorção/adsorção de água em rodela de banana.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A. Perfil da temperatura durante o resfriamento da matéria-prima, da solução de sacarose e das rodela de banana

Após a chegada à Unidade de Processamento Mínimo, a temperatura média da casca e da polpa das bananas foi de cerca de 19 °C (Figura 4). Após 4 horas de conservação a 12 °C, a temperatura da casca e da polpa de banana permaneceu constante, em média de 12 e 13 °C, para casca e polpa de banana, respectivamente (Figura 4). Portanto, nas condições estudadas, 4 horas foi o tempo mínimo para resfriar a matéria-prima a 12 °C. A temperatura inicial média da solução de sacarose após o tratamento térmico foi de 89,5 °C (Figura 4). Após 6 horas de conservação a 5 °C, essa solução apresentou temperatura média em torno de 6 °C (Figura 4). Portanto, após a realização do tratamento térmico da solução de sacarose, foi necessário resfriá-la na condição deste trabalho a 5 °C no mínimo, por 6 h, para cada 2 litros de solução de sacarose. Assim, a temperatura da solução de sacarose se reduziu suficientemente para que a polpa de maracujá fosse adicionada. A adição da polpa de maracujá à solução de sacarose, sob temperatura alta, pode alterar as propriedades nutricionais da polpa de maracujá (MONTEIRO *et al.*, 2005).

Após o corte, a temperatura média das rodela de banana foi de cerca de 12 °C. Após 9 horas de conservação das rodela de banana em solução de sacarose com polpa de maracujá a 5 °C, a temperatura das rodela se reduziu para 8 °C (Figura 5). Esse sistema promoveu a redução da temperatura das rodela de banana para 8 °C.

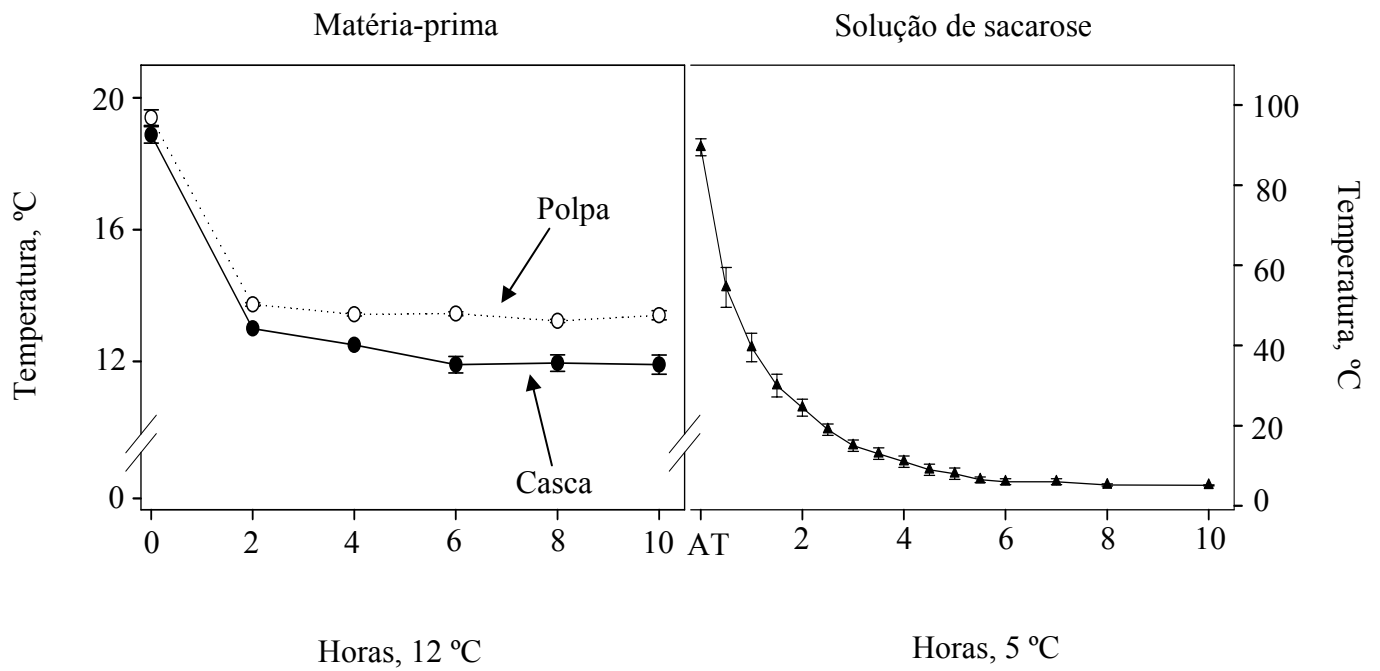


Figura 4. Temperatura média da matéria-prima e da solução de sacarose durante 10 horas de conservação, a 12 ou 5 °C. As barras verticais representam o desvio padrão da média. AT: após tratamento térmico.

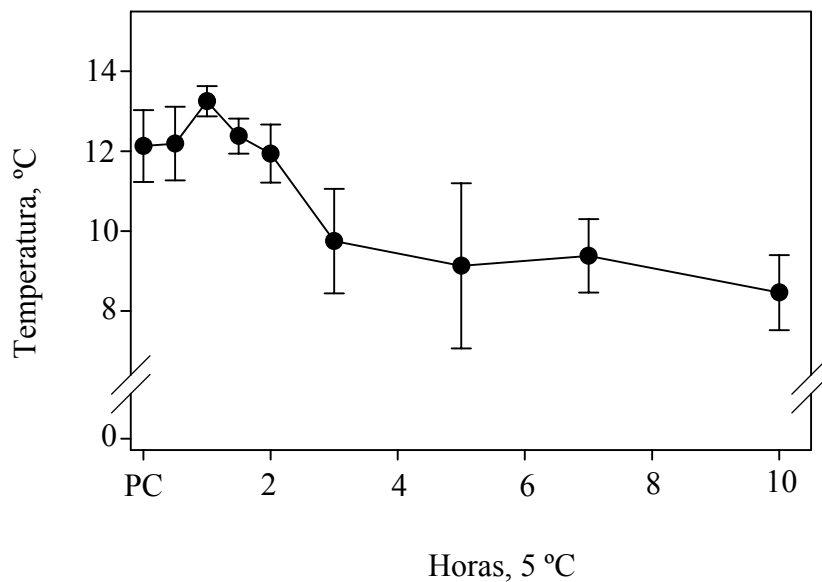


Figura 5. Temperatura média das rodela da banana após o corte (PC) e durante 10 horas de conservação, a 5 °C. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

B. Atividade biológica e cor do sistema em estudo

Rodelas de banana, imersas ou não, em solução de sacarose com polpa de maracujá mantiveram-se metabolicamente ativas durante 8 dias de conservação. Isso se deve à mudança da cor do vermelho do cresol que inicialmente apresentava coloração vermelho-violeta, em meio básico, passando para cor amarela, em meio ácido, em função do ácido carbônico formado como resultado da respiração. Após o corte, 80 minutos foi o tempo gasto para a visualização da cor amarela no indicador em rodelas de banana não imersas em solução. Enquanto no 8º dia, esses tempos foram de 60 e 70 minutos, em rodelas da banana imersas ou não, em solução, respectivamente (Tabela 1).

De acordo com a Associação Internacional de Produtos Prontos para o Consumo (IFPA), o produto minimamente processado é aquele que se assemelha a um produto fresco, ou seja, metabolicamente ativo. Portanto, a cor amarela visualizada indicou que os tecidos de banana estavam respirando, mesmo conservados em solução de sacarose com polpa de maracujá. Portanto, biologicamente, o sistema em estudo pode ser considerado um produto minimamente processado.

Tabela 1. Tempo de visualização da cor amarela do indicador vermelho de cresol, em rodelas de bananas, imersas ou não, em calda de maracujá. Os testes foram realizados após o corte (PC) e no oitavo dia de conservação, a 5 °C.

Dias	Tempo para Visualização da cor amarelo (min)	
	Não Imersa	Imersa
PC	80	80
8	70	60

Foram observados uma queda da luminosidade e um aumento de 5 vezes na diferença de cor das rodelas da banana em apenas 2 horas, e 10 vezes, em 10 horas, a 18 °C (Figura 6). No tempo de duas horas, as rodelas de banana já estavam com sinais de escurecimento (Figuras 7). Portanto, para não afetar a qualidade visual das rodelas de banana, torna-se necessário realizar um fluxo operacional no processamento mínimo de banana, de modo que, após o corte, deve ser realizada a imersão das rodelas de banana em meio aquoso. Isso é indispensável quando se utiliza processamento mínimo em escala comercial.

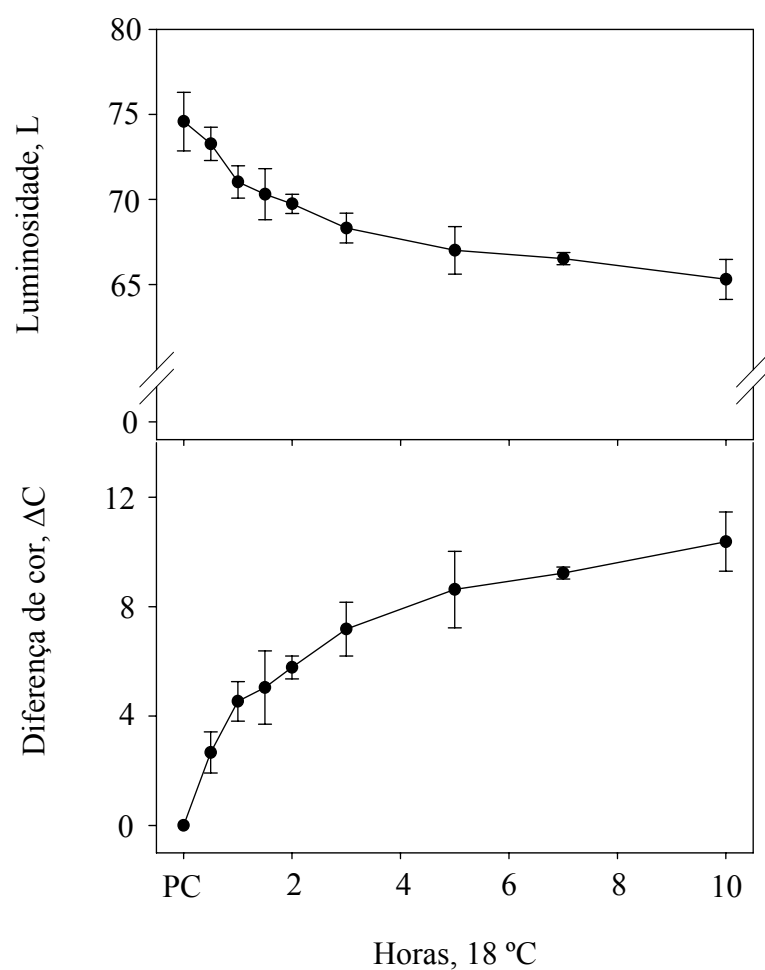


Figura 6. Luminosidade e diferença de cor em rodelas de banana após o corte das bananas (PC) e durante 10 horas. As rodelas de banana foram expostas ao ar na temperatura de 18 °C. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

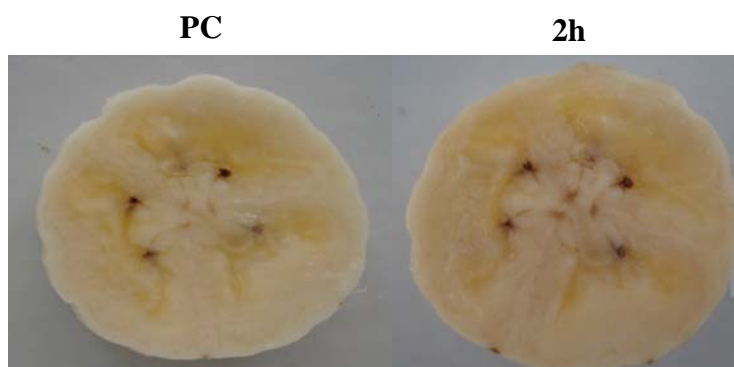


Figura 7. Rodelas da banana expostas ao ar, após o corte (PC) e durante 2 h a 18 °C

C. Determinação da concentração de sacarose na solução

Observou-se redução no teor de sólidos solúveis totais das rodela de banana imersas em solução de 0, 5 e 10 % de sacarose (Figura 8). A partir do 2º dia, notou-se pouca alteração nesse teor, o que caracteriza um equilíbrio hídrico do sistema rodela da banana e solução de sacarose com polpa de maracujá.

Em rodela de banana imersas em solução com 15 % de sacarose, observou-se pouca alteração nos teores de sólidos solúveis totais, tanto na solução como nas rodela de banana. Isso ocorreu devido aos teores de sólidos solúveis totais da solução e das rodela de banana serem praticamente semelhantes, resultando em pouca migração de água, e, em consequência, o equilíbrio hídrico entre rodela da banana e solução foi atingido mais rapidamente. Esse equilíbrio se manteve até o final da conservação (Figura 8).

Sob a concentração de 20% de sacarose na solução, houve uma ligeira redução do teor de sólidos solúveis totais da solução e aumento das rodela de banana até o 2º dia de conservação (Figura 8). As alterações nas concentrações de sólidos solúveis da solução e das rodela de banana foram devidas ao fluxo de água das rodela de banana para a solução (Figura 8).

O teor de sólidos solúveis totais pode representar o potencial osmótico e, consequentemente, o potencial hídrico. Então, houve diferença de potencial hídrico entre tecido e solução, o que acarretou em fluxo de água entre rodela de banana e solução, alterando os sólidos solúveis. Verificou-se que quanto maior a diferença de sólidos solúveis totais entre rodela da banana e solução, maiores foram as alterações dos teores de sólidos solúveis das rodela de banana e da solução durante a conservação, devido às mudanças de fluxo de água entre os meios.

De acordo com os resultados deste trabalho, verificou-se a importância da proximidade entre a concentração de sólidos solúveis totais entre rodela de banana e solução. Quanto mais próximos, menos intenso foi o fluxo de água e menores foram as alterações nos teores de sólidos solúveis totais. Nesse estudo, utilizou-se banana no estágio de maturação 5, com sólidos solúveis médios de 15 %, que é o estágio normalmente utilizado para o processamento mínimo de banana (VILAS-BOAS e KADER, 2006).

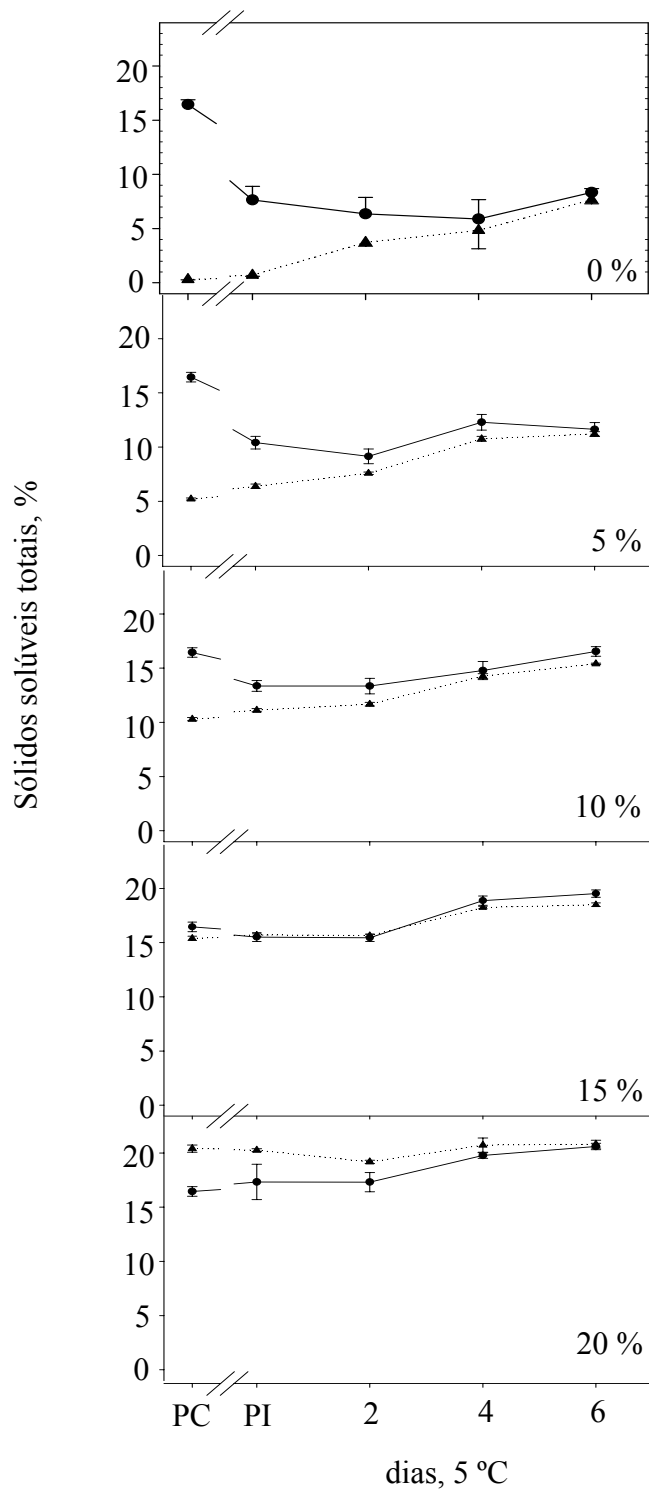


Figura 8. Sólidos solúveis totais em rodelas de banana (-●-) e na solução (-Δ-) contendo distintas concentrações de sacarose. As análises foram realizadas após o corte (PC), após 2 h de imersão das rodelas de banana (PI) e durante 6 dias de imersão das rodelas de banana nas soluções, conservadas, a 5 °C. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

Consequentemente, o teor de sólidos solúveis totais da solução deve estar próximo a 15%, de modo a minimizar as mudanças hídricas ocorridas no sistema tecido e solução, não promovendo alterações no teor de sólidos solúveis das rodelas de banana e da solução de sacarose com polpa de maracujá.

O equilíbrio entre tecido e solução foi atingido rapidamente na concentração de 15 % de sacarose na solução, logo, essa concentração foi a mais adequada para a manutenção do teor de sólidos solúveis totais das rodelas de banana. Portanto, essa concentração foi utilizada nos estudos posteriores.

D. Determinação da proporção de massa de rodelas de banana e volume de solução

Nas proporções de 40:130, 60:115 e 80:90, para massa de rodela de banana e volume de solução, respectivamente, observou-se redução do teor de sólidos solúveis das rodelas de banana até o 2º dia (Figura 9). A partir desse dia, observou-se pouca alteração no teor de sólidos solúveis totais, exceto na proporção de 80:90 (Figura 9). A manutenção do teor de sólidos solúveis a partir do 2º dia pode estar relacionada ao equilíbrio hídrico do sistema rodela da banana e solução.

Na proporção de 100:70, não foi constatado esse equilíbrio hídrico entre fruto e solução, uma vez que se observaram alterações no teor de sólidos solúveis das rodelas de banana e da solução durante os 6 dias de conservação (Figura 9).

À medida que aumentou a massa de rodelas de banana, maior foi o fluxo de água da solução para as rodelas. A solução ficou mais concentrada, alterando assim os sólidos solúveis das rodelas e da solução.

Com base nesses resultados, as proporções mais adequadas foram as de 40:130 e 60:115, devido à menor alteração nos teores de sólidos solúveis totais da solução e das rodelas da banana, durante os 6 dias de conservação. Escolheu-se a proporção 60:115 por apresentar maior massa de rodelas de banana e talvez por ser comercialmente mais aceitável. Essa proporção foi utilizada nos estudos posteriores.

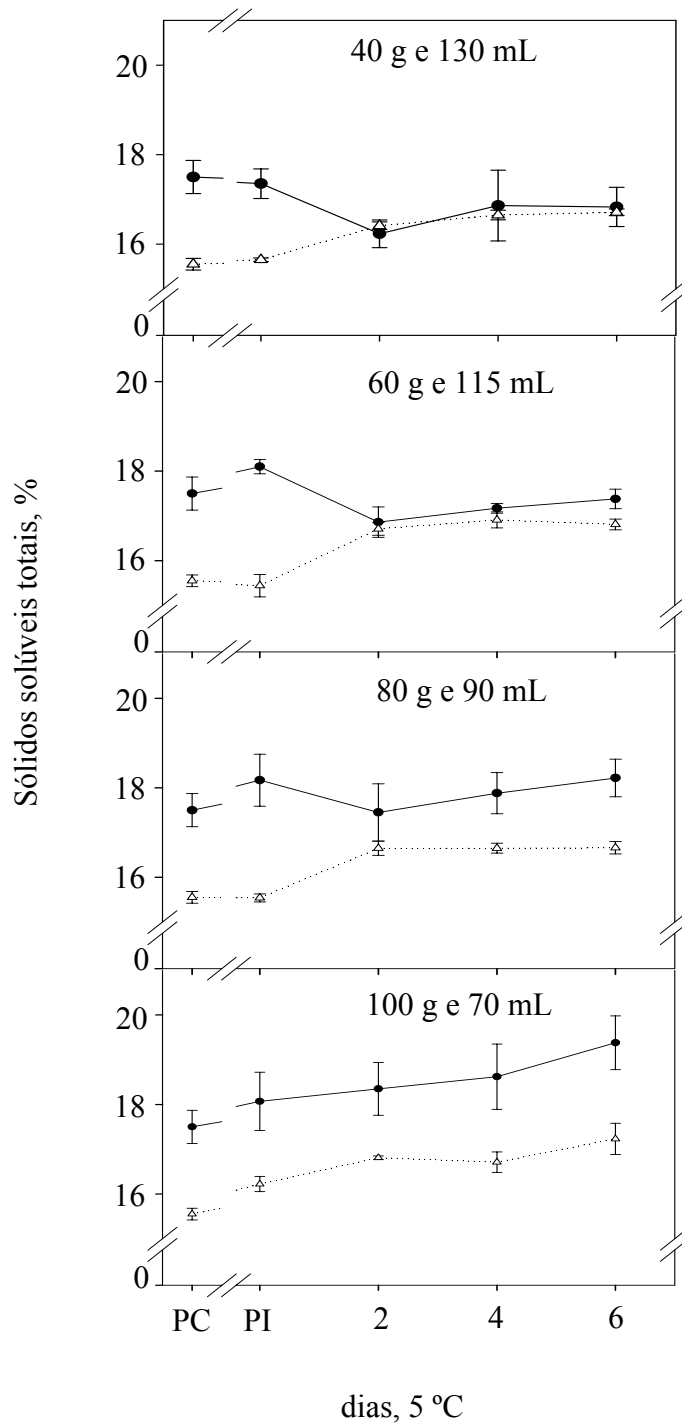


Figura 9. Sólidos solúveis totais em rodela de banana (-●-) e na solução de sacarose com polpa de maracujá (-Δ-), sob distintas proporções de massa de rodela de banana e volume de solução contendo 15 % de sacarose. As análises foram realizadas após o corte das bananas (PC), após 2 h de imersão das rodela (PI) e durante 6 dias de imersão das rodela de banana nas soluções conservadas a 5 °C. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

E. Absorção/adsorção de água pelas rodela de banana

Notou-se um ligeiro aumento na massa fresca das rodela da banana quando foram imersas em solução de sacarose com polpa de maracujá, durante 2 horas (Figura 10). O aumento da massa fresca foi devido ao efeito da adsorção, visto que, após a secagem em papel toalha, a massa fresca das rodela da banana foi praticamente semelhante à massa fresca das rodela da banana após o corte.

O fluxo de água entre rodela de banana e solução foi cerca de 6% nas condições estudadas. Isso confirma os resultados de avaliação de diferentes concentrações de sacarose na solução, em que o equilíbrio entre rodela de banana e solução já foi atingido após 2 horas de processamento na concentração de 15 % de sacarose (Figura 8).

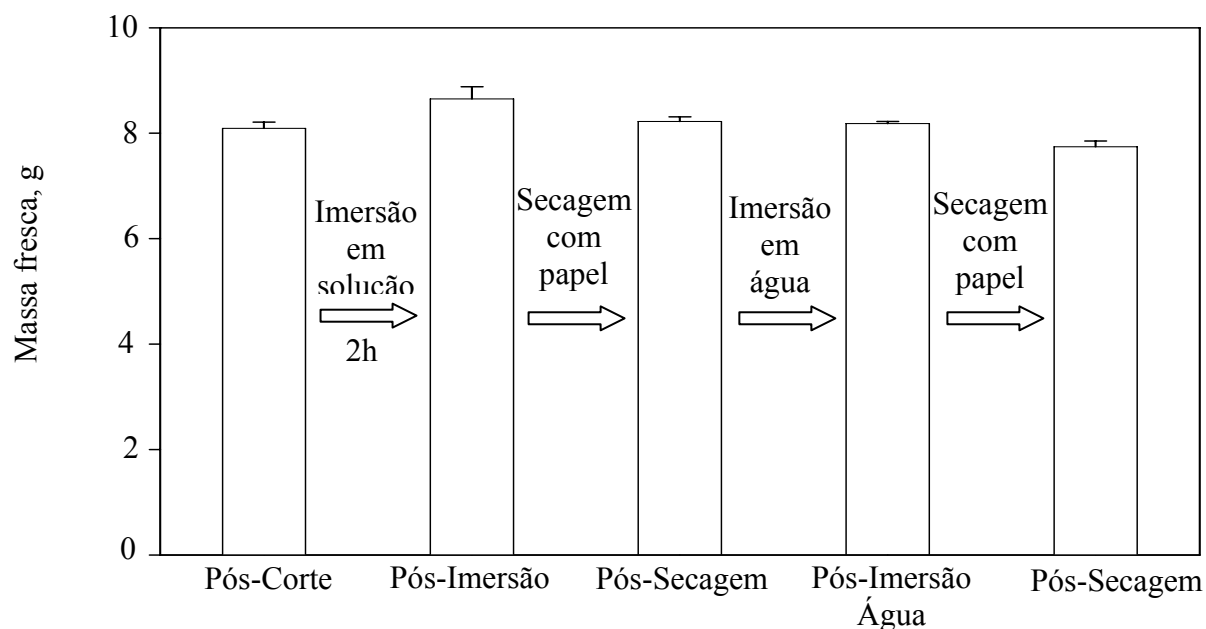


Figura 10. Massa fresca média de rodela de banana submetida a etapas de imersão e secagem. As setas indicam a sequência da execução das etapas e as barras verticais representam o desvio padrão da média

F. Rendimento do processamento mínimo

O rendimento do processamento mínimo de banana foi em média de 52 %, uma vez que 48 % da matéria-prima foi eliminada como resíduo, na forma de cascas, pontas e partes impróprias ao processamento mínimo.

4. CONCLUSÕES

O resfriamento da matéria-prima em câmara fria, a 12 °C, durante 4 horas, foi o tempo mínimo necessário para reduzir sua temperatura, e, após a realização do tratamento térmico da solução de sacarose, foi necessário resfriá-la a 5 °C, no mínimo por 6 horas.

As rodela da banana conservadas em solução de sacarose com polpa de maracujá se apresentaram metabolicamente ativas durante 8 dias de conservação a 5 °C.

As rodela de banana, expostas ao ar a 18 °C, tiveram sinais de escurecimento 2 horas após o corte. Recomenda-se imergir em meio aquoso imediatamente após o corte das bananas.

Nesse sistema não há evidência de absorção de água durante a conservação das rodela da banana em solução de sacarose com polpa de maracujá.

O sistema composto de 60 gramas de rodela de banana e 115 mL de solução contendo 15 % de sacarose foi o mais adequado para a manutenção do teor de sólidos solúveis totais das rodela de banana e da solução durante a conservação por 6 dias a 5°C.

5. LITERATURA CITADA

ARRUDA MC.; JACOMINO AP. 2006. Fluxograma de processamento mínimo de melão rendilhado. In: IV ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, Piracicaba. *Fluxogramas...* Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. p. 209.

BICO SLS.; RAPOSO MFJ.; MORAIS RMSC.; MORAIS AMMB. 2008. Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control* (Artigo no Prelo).

BORBA AM. 2005. Efeito de alguns parâmetros operacionais nas características físicas, físico-químicas e funcionais de extrusados da farinha de batata-doce (*Ipomoea batatas*). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 65p. (Tese de Mestrado).

CHEN CR.; RAMASWAMY HS. 2002. Color and texture change kinetics in ripening bananas. *Food Technology*, 35: 415-419.

COSTA FB.; MOREIRA SI.; SIMOES AN.; SIQUEIRA RG.; PUSCHMANN R. 2005. Extração de sólidos solúveis totais em banana Prata Anã. CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 10. *Resumos...* Recife-PE.

DOLE Fresh Fruit Company, 1998. Banana ripening guide. Available in <http://www.dole.com>.

IFPA. International fresh-cut produce association: fresh-cut innovations through technology. Disponível em <http://www.fresh-cuts.org>. Acessado em: outubro de 2008.

JAYARAMAN KS.; RAMANUJA MN.; DHAKNE YS.; VIJAYARAGHAVAN PK. 1982. Enzymatic browning in some banana varieties as related to polyphenoloxidase activity and other endogenous factors. *Journal of Food Science Technology*, 19: 181-186.

JACOMINO AP.; ARRUDA MC.; MOREIRA RC.; KLUGE RA. 2004. Processamento mínimo de frutas no Brasil. In: SIMPOSIUM “ESTADO ACTUAL DEL MERCADO DE FRUTOS Y VEGETALES CORTADOS EM IBEROAMÉRICA”. *Anais...* San José, Costa Rica, p. 79-86.

MATTIUZ BH.; DURIGAN JF.; EPIPHANIO DV.; DURIGAN MFB.; MARTINS RN. 2006. Fluxograma de processamento mínimo de goiaba. In: IV ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS. *Fluxogramas...* Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, p. 204.

MELO AAM.; VILAS-BOAS EVB. 2006. Inibição do escurecimento enzimático de banana maçã minimamente processada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26: 110-115.

- MELO AAM.; VILAS-BOAS EVB. 2007. Redução do amaciamento de banana 'maça' minimamente processada pelo uso de tratamentos químicos. *Ciência Agrotécnica*, 31: 821-828.
- MONTEIRO M.; AMARO AP.; BONILHA PRM. 2005. Avaliação físico-química e microbiológica da polpa de maracujá processada e armazenada sob refrigeração. *Alimentos e Nutrição*, 16: 71-76.
- NGUYEN TBT.; KETSA S.; VAN DOORN WG. 2003. Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*, 30: 187-193.
- PERATA P.; ALPI A. 1991. Ethanol induced injuries to carrot cells; the role of acetaldehyde. *Plant Physiology*, 95: 748-752.
- SANDI D.; CHAVES JBP.; PARREIRAS JFM.; SOUZA ACG.; SILVA MTC. 2003. Avaliação da qualidade sensorial de suco de maracujá amarelo (*Passiflora edulis var. flavicarpa*) submetida a pasteurização e armazenamento. *Boletim CEPPA*, 21: 141-158.
- SARZI BS.; DURIGAN JF.; ALMEIDA GH.; MATTIUZ BH.; DONADON JR. 2006. Fluxograma de processamento mínimo de abacaxi e mamão. In: IV ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, *Fluxogramas...* Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. p. 199.
- UNAL MU. 2007. Properties of polyphenol oxidase from Anamur banana (*Musa cavendishii*). *Food Chemistry*, 100: 909-913.
- VIANNA-SILVA T.; RESENDE ED.; PEREIRA SMF.; VIANA AP.; VIANNI R. 2004. Caracterização de uma escala de cor para avaliação dos estádios de maturação do maracujá amarelo. CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. *Anais...* Florianópolis. p. 470-475.
- VILAS-BOAS EVB. 2002. Tecnologia de processamento mínimo de banana, mamão e kiwi. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS. *Anais...* Piracicaba: ESALQ. p. 1-7.
- VILAS-BOAS EVB.; KADER AA. 2006. Effect of atmospheric modification, 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana. *Postharvest Biology and Technology*, 39: 155-162.
- WATADA AE.; QI L. 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 201-205.
- YANG CP.; FUJITA S.; ASHRAFUZZAMAN MD.; NAKAMURA N.; HAYASHI N. 2000. Purification and characterization of polyphenol oxidase from Banana (*Musa sapientum* L.) pulp. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 48: 2732-2735.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DE BANANA MINIMAMENTE PROCESSADA CONSERVADA EM SOLUÇÃO DE SACAROSE COM POLPA DE MARACUJÁ

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi estudar as modificações físicas, químicas, bioquímicas e fisiológicas em banana minimamente processada mantida em solução de sacarose com polpa de maracujá, durante a conservação refrigerada, assim como definir o período de conservação. Cerca de 60 g de banana minimamente processada na forma de rodela foram acondicionados em potes de polipropileno, contendo 115 mL de distintas soluções/suspensão contendo sacarose e/ou polpa de maracujá. Os potes foram selados com selo de alumínio, fechados e mantidos a 5 °C, durante 8 dias. As avaliações realizadas foram teor de sólidos solúveis, pH, acidez total titulável, cor instrumental, firmeza, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, extravasamento de eletrólitos, produção de gás carbônico e de etileno e atividade da álcool desidrogenase. O teor de sólidos solúveis das rodela de banana imersas ou não, em soluções de sacarose e, de sacarose com polpa de maracujá, praticamente não se alterou durante a conservação, enquanto na suspensão de água e polpa de maracujá, esse teor se reduziu drasticamente. O pH e a acidez total titulável das rodela de banana e das soluções/suspensão praticamente não se alteraram durante a conservação. A cor das rodela de banana imersas em suspensão de água e polpa de maracujá e em solução de sacarose com polpa de maracujá praticamente se manteve inalterada, enquanto nas rodela da banana não imersas observou-se uma intensa variação de cor. A firmeza das rodela de banana mantidas na suspensão de água e polpa de maracujá reduziu-se drasticamente, quando conservadas em soluções de sacarose e de sacarose com polpa de maracujá se reduziu ligeiramente. A concentração de oxigênio dissolvido nas soluções/suspensão contendo rodela da banana se reduziu drasticamente no início da conservação. A condutividade elétrica das soluções/suspensão e o valor de extravasamento de eletrólitos das rodela da banana aumentaram durante a conservação. A suspensão de água e polpa de maracujá

apresentou maior condutividade elétrica, e as rodela da banana imersas nessa suspensão tiveram maiores valores de extravasamento de eletrólitos em relação aos outros sistemas. Nas rodela de banana imersas ou não em solução de sacarose com polpa de maracujá, a taxa respiratória aumentou e a produção de etileno caiu durante a conservação. A atividade da álcool desidrogenase (ADH) aumentou durante a conservação, quando as rodela da banana foram imersas em distintas soluções/suspensão, enquanto em rodela não imersas, a atividade da ADH se manteve praticamente inalterada. A presença de sacarose nas soluções foi fundamental para a manutenção do teor de sólidos solúveis totais, da firmeza, e para reduzir o extravasamento de eletrólitos das rodela de banana, assim como para minimizar o incremento na condutividade elétrica das soluções. O sistema em estudo proporcionou a manutenção da qualidade de banana minimamente processada durante 8 dias a 5 °C, podendo, portanto, ser utilizado como sistema modelo para novos estudos com outros produtos isolados ou na forma de saladas de frutas.

Palavras-chave: *Musa spp.*, solução, fisiologia

1. INTRODUÇÃO

O mercado de frutas minimamente processadas ainda é pequeno, apesar da demanda existente por produtos frescos e saudáveis. Um dos principais entraves ao crescimento do mercado de frutas minimamente processadas é a carência de tecnologia para o processo associado à falta de capacidade das empresas fornecedoras em manter os produtos em condições adequadas (ROJO e SAABOR, 2002). Isso faz com que as frutas minimamente processadas apresentem baixo período de conservação.

No entanto, para aumentar o período de conservação desses produtos, é necessário conhecer a fisiologia de frutas minimamente processadas. Pouco se sabe a respeito do comportamento fisiológico de frutas minimamente processadas (DURIGAN, 2004), sendo necessário obter esse conhecimento para aumentar o período de conservação dos produtos.

O processamento mínimo promove uma série de alterações metabólicas no produto, acelerando a senescência e reduzindo, assim, seu período de conservação (ROSEN e KADER, 1989; SALTVEIT, 1997). Dentre as respostas fisiológicas que ocorrem em produtos minimamente processados, observa-se aumento do escurecimento enzimático (WATADA *et al.*, 1990; BRECHT, 1995). O estresse causado pelo processamento mínimo provoca aumento da síntese de novo de enzimas da rota dos fenilpropanoides, como a polifenoloxidase (SALTVEIT, 2000). A descompartimentalização celular provocada pelo corte promove o contato de enzimas, como as polifenoloxidases e peroxidases, com substratos fenólicos, presentes em abundância. Esses fenóis são oxidados por essas enzimas, dando origem a compostos de coloração escura denominados melaninas (NGUYEN *et al.*, 2003).

O escurecimento enzimático é a principal causa da perda de qualidade de banana minimamente processada (VILAS-BOAS, 2004) que apresenta uma vida útil de aproximadamente 6 horas, a 8 °C, após o processamento mínimo (MELO e VILAS-BOAS, 2006). Recentemente, o ácido ascórbico, cisteína e cloreto de cálcio vêm sendo estudados em banana minimamente processada como substâncias antiescurecimento (MELO *et al.*, 2009). Por exemplo, a imersão de banana maçã minimamente processada em solução de ácido ascórbico, cisteína e cloreto de cálcio reduziu o escurecimento enzimático, aumentando, conseqüentemente, sua vida útil para 4 dias, a 5 °C (MELO *et al.*, 2009).

O pH e a baixa difusão do oxigênio em solução podem reduzir a atividade da polifenoloxidase, principal enzima responsável pelo escurecimento enzimático em banana (PALMER, 1963; YANG *et al.*, 2000). O escurecimento enzimático pode ser reduzido quando a banana minimamente processada for mantida em solução de sacarose com polpa de maracujá, isso porque a solução de sacarose com polpa de maracujá apresenta pH em torno de 3,5 e pouca disponibilidade de oxigênio para os tecidos da banana. No entanto, nessas condições, a banana minimamente processada pode iniciar a respiração anaeróbica e afetar a qualidade sensorial.

Por outro lado, esse novo sistema de conservação pode ser uma técnica alternativa ao uso de soluções antiescurecimento e pode aumentar o período de conservação de banana minimamente processada. Para definir o período de conservação é necessário conhecer as alterações metabólicas que ocorrem nos tecidos da banana imersos em solução de sacarose com polpa de maracujá.

O sistema composto de 60 g de rodela da banana e 115 mL de solução de sacarose (a 15 %) com polpa de maracujá (a 5 %) mostrou-se o mais adequado para a manutenção do teor de sólidos solúveis das rodela de banana durante a conservação (Capítulo 1). Esse sistema foi utilizado como modelo para sua caracterização física, química, bioquímica e fisiológica.

O objetivo desse trabalho foi quantificar as modificações físicas, químicas, bioquímicas e fisiológicas em banana minimamente processada e conservada em solução de sacarose com polpa de maracujá, durante a conservação refrigerada, bem como definir seu período de conservação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

I. OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA, PREPARO DA POLPA DE MARACUJÁ E DA SOLUÇÃO DE SACAROSE COM POLPA DE MARACUJÁ

Frutos de bananeira, *Musa* spp., cv. Prata Anã, foram adquiridos no mercado local, no estágio de maturação 5, de acordo com a escala descrita por Dole (1998), que corresponde à superfície completamente amarela e extremidades verdes. Na Unidade de Processamento Mínimo, as bananas foram mantidas, por 12 horas, a 12 °C.

Frutos de maracujá amarelo, *Passiflora edulis*, foram utilizados no preparo da solução de sacarose com polpa de maracujá. Os frutos foram adquiridos no mercado local, no estágio de maturação 7, de acordo com a escala de Vianna-Silva *et al.* (2004), o que corresponde à superfície totalmente amarela.

O preparo da polpa de maracujá foi realizada de acordo com o tópico 2.I do capítulo 1. A solução de sacarose com polpa de maracujá foi preparada de acordo com a Figura 1 do Capítulo 1. Preparou-se uma solução de 15 % de sacarose e 5 % de polpa de maracujá (Capítulo 1).

II. PROCESSAMENTO MÍNIMO E SISTEMAS ESTUDADOS

O processamento mínimo foi realizado de acordo com a Figura 2 do capítulo 1. As amostras conservadas continham 60g de rodela da banana e 115 mL de solução, nas mesmas condições do Capítulo I.

Rodelas de banana foram imersas em distintos sistemas constituídos de soluções de sacarose e de sacarose com polpa de maracujá e de suspensão de água e polpa de maracujá (Quadro 1).

Quadro 1. Sistemas (S) constituídos de rodela de banana conservadas ou não, em distintas soluções/suspensão, contendo sacarose e/ou polpa de maracujá. Os controles (C) corresponderam às respectivas soluções/suspensão.

Sistemas/Controles	Rodela de banana	Água Destilada	Polpa de maracujá	Sacarose
Sistemas	S1	+	-	-
	S2	+	+	-
	S3	+	+	+
	S4	+	+	+
Controles	C1	-	+	-
	C2	-	+	+
	C3	-	+	+

(+) presença (-) ausência

As rodela de banana foram imersas nessas soluções/suspensão (Quadro 1) e mantidas por 8 dias, a 5 °C. Cada sistema foi avaliado de acordo com as análises descritas a seguir, a cada dois dias.

III. AVALIAÇÕES FÍSICAS, QUÍMICAS, BIOQUÍMICAS E FISIOLÓGICAS

As análises físicas e químicas como pH, sólidos solúveis e acidez total titulável foram realizadas nas rodela de banana e nas distintas soluções/suspensão. As outras análises físicas, bioquímicas e fisiológicas foram feitas apenas nos tecidos de banana minimamente processada.

As rodela da banana foram removidas das soluções/suspensão, enxugadas em papel toalha e submetidas às seguintes análises.

Sólidos solúveis totais, pH e acidez total titulável

O teor de sólidos solúveis totais das soluções/suspensão foi determinado pondo-se duas gotas das respectivas soluções/suspensão em uma superfície do prisma de um refratômetro de bancada (Modelo RTD-45). O teor de sólidos solúveis das rodela de banana foi determinado de acordo com Costa *et al.*, (2005).

O pH das soluções/suspensão foi determinado diretamente após sua homogeneização com auxílio de um bastão de vidro utilizando um pHmetro (Modelo DIGIMED DM-22). Cerca de cinco gramas de rodela de banana e 50 mL de água destilada foram homogeneizadas em Ultra Turrax e filtrados em duas camadas de gaze. Esse filtrado foi utilizado para a determinação do pH e da acidez total titulável das rodela de banana.

Na determinação da acidez total titulável das rodela de banana, adicionaram-se 2 gotas de fenolftaleína em 5 mL do filtrado e em seguida titulou-se com NaOH (0,1 M), previamente padronizado com biftalato de potássio. Cinco mililitros de cada solução/suspensão foram titulados com NaOH (0,1 M), previamente padronizado com biftalato de potássio, utilizando fenolftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido málico e ácido cítrico nas rodela da banana e nas soluções/suspensão, respectivamente.

Cor instrumental

A superfície das rodela da banana foi avaliada quanto à variação da cor, de acordo com a escala Hunter (CIELAB), segundo Chen e Ramaswamy (2002), tomando-se os valores de L, a e b (brilho, alteração da cor verde para vermelha e alteração da cor amarela para azul, respectivamente). Utilizou-se um colorímetro portátil digital (Minolta CR10 Co., Ltd., Japão), no qual as leituras foram realizadas na região mostrada na Figura 1. Avaliou-se a variação do valor L em todos os sistemas durante a conservação. Além disso, os valores obtidos (L, a e b) foram usados para calcular a diferença de cor (DC), de acordo com Borba (2005), a partir da seguinte equação:

$$DC = [(L - L^*)^2 + (a - a^*)^2 + (b - b^*)^2]^{1/2} \text{ em que;}$$

L*, a* e b* - representaram os valores obtidos no dia zero; e

L, a e b - valores obtidos durante a conservação.



Figura 1. Região de leituras de cor e firmeza

Firmeza

A firmeza das rodela da banana foi determinada utilizando uma máquina universal de ensaios de materiais (INSTRON 3367). Utilizou-se um sensor cilíndrico de 5 mm de diâmetro na velocidade de penetração de 1 mm s^{-1} e distância percorrida de 10 mm após sua penetração nos tecidos. Foi feita uma medição por rodela de banana, em quatro rodela por repetição na região de medição identificada na Figura 1.

Oxigênio dissolvido e condutividade elétrica

As soluções/suspensão dos respectivos sistemas foram homogeneizadas por 3 segundos, utilizando um bastão de vidro, e trinta mililitros dessas soluções/suspensão foram adicionados a tubos imersos em banho de gelo. A concentração de oxigênio dissolvido e a condutividade elétrica foram medidas a $5 \text{ }^\circ\text{C}$, com o uso de um medidor de oxigênio dissolvido (modelo HI 9146) e um condutivímetro portátil (modelo HI8733). Os resultados foram expressos em mg.L^{-1} e mS.cm^{-1} , para oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, respectivamente.

Produção de dióxido de carbono e etileno

Aproximadamente 50 g de rodela da banana previamente imersas em solução de sacarose com polpa de maracujá foram mantidos em frascos de vidro de 170 mL, sendo hermeticamente fechados e conservados a $5 \text{ }^\circ\text{C}$, durante 24 horas. As tampas dos frascos continham um septo de silicone, no qual, com auxílio de seringas descartáveis, retiraram-se amostras de 1 mL da atmosfera interna dos frascos, nos tempos de 0; 0,25; 0,50; 0,75; 1; 2; 4; 8; 12 e 24 horas após o fechamento dos frascos. Esse procedimento

foi executado a cada dois dias, durante 8 dias, tanto para a determinação de dióxido de carbono quanto para a do etileno.

A quantificação de dióxido de carbono foi realizada injetando-se as amostras em um cromatógrafo a gás equipado com um detector de condutividade térmica e uma coluna de alumínio preenchida com Porapak-Q. O gás de arraste foi o nitrogênio, com fluxo de $30 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ e corrente elétrica de 85 mA. As temperaturas da coluna, do injetor e do detector foram de 50, 100 e 150 °C, respectivamente. O acúmulo de dióxido de carbono foi determinado a 5 °C, e os resultados expressos em $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ MF}$.

A quantificação do etileno foi realizada injetando as amostras em um cromatógrafo a gás equipado com detector de ionização de chama e coluna de aço inoxidável empacotada com Porapak-N (80 a 100 mesh). O gás de arraste foi o nitrogênio, com fluxo de $30 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$, e os fluxos de hidrogênio e do ar foram mantidos em 30 e $320 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$, respectivamente. As temperaturas da coluna, do injetor e detector foram 60, 110 e 150° C, respectivamente. O acúmulo de etileno foi determinado a 5 °C, e os resultados expressos em $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ MF}$.

As taxas respiratória e de produção de etileno foram avaliadas por meio da curva de acúmulo, coletando-se em um tempo que corresponderia a uma linearidade do acúmulo para cada gás. Os valores da taxa respiratória e de produção de etileno foram expressos em $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ MF.h}^{-1}$ e $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ MF.h}^{-1}$, respectivamente.

Extravasamento de eletrólitos

As rodelas de banana foram seccionadas em quatro partes iguais. Um quarto da rodela (volume de aproximadamente $0,8 \text{ cm}^3$) foi lavada com água deionizada e, posteriormente, transferida para frascos de vidro contendo 50 mL de água deionizada. Os frascos foram fechados e deixados à temperatura ambiente. A cada hora, durante 6 horas, foram tomadas leituras da água deionizada, por meio de um condutivímetro portátil (HANNA HI8733).

Frascos de 170 mL contendo 1/4 de rodela de banana e água deionizada foram aquecidos em forno de micro-ondas Eletrolux ME28S em 8 sessões de 30 segundos. Em seguida, foram submersos em água até a temperatura da água deionizada atingir 30 °C. Posteriormente, tomaram-se medidas de condutividade elétrica que representaram o

extravasamento total dos tecidos. O extravasamento de eletrólitos foi estimado e expresso em porcentagem, conforme STUART (1939), a partir da equação:

$$E_{\%} = \left[\left(\frac{E_{6h}}{E_T} \right) \times 100 \right], \text{ em que}$$

$E_{\%}$ = extravasamento de eletrólitos, %

E_{6h} = extravasamento em 6 horas, $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$

E_T = extravasamento total, $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$

Extração e ensaio da álcool desidrogenase, ADH (EC 1.1.1.1)

Rodelas de banana foram congeladas em nitrogênio líquido e mantidas a -18°C até o momento da extração. A atividade da álcool desidrogenase foi determinada de acordo com Bonghi *et. al.*, (1999), com modificações.

Cerca de 1 g da amostra descongelada foi macerado em almofariz com 2,0 mL de tampão fosfato (0,1M), pH 7,5 contendo 0,08 g de PVPP. Em seguida, o homogenato foi filtrado em duas camadas de gaze e mantido em tubos de centrífuga imersos em banho de gelo. Posteriormente, o filtrado foi centrifugado por 40 minutos a $25.000 \times g$, a 4°C em centrífuga (HIMAC CR21). O sobrenadante coletado foi utilizado para a reação enzimática.

Na reação, foram adicionados, em tubos de ensaio, 200 μL de tampão glicina (68 mM) pH 9,0, 70 μL de NAD^+ (0,80 mM), 30 μL de água destilada, 300 μL de etanol (95 %), e, para iniciar a reação, adicionaram-se 400 μL do sobrenadante (extrato). O volume final da reação foi de 1.000 μL . Em seguida, foram feitas leituras de absorvância a 340 nm, a cada 10 seg, durante 3 min, em espectrofotômetro (HITACHI U-2910).

A atividade da enzima álcool desidrogenase foi calculada de acordo com a equação abaixo:

$$A_{ADH} = \frac{A \times V_S \times V_F}{6,22 \times V_E \times MF}$$

Em que:

A_{ADH} = Atividade da álcool desidrogenase, nmol NADH min⁻¹ g⁻¹ MF

A = Absorvância por minuto

V_S = volume do sobrenadante, μ L

V_F = volume final da reação, μ L

V_E = volume do extrato, μ L

MF = massa fresca da amostra, g

6,22 = Coeficiente de extinção molar do NAD, mM⁻¹. cm⁻¹

IV. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os experimentos foram conduzidos em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e a significância foi determinada pela ANOVA. Utilizou-se teste Tukey, a 5% de probabilidade, pelo programa SISVAR (Versão 5.1) para a comparação de médias. A análise estatística foi realizada para os resultados das seguintes análises:

I - Diferença de cor, luminosidade, firmeza, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, extravasamento de eletrólitos e atividade da álcool desidrogenase: 4 tratamentos x 4 repetições x 5 tempos (0, 2, 4, 6 e 8 dias);

II - CO₂ e etileno: 2 tratamentos x 4 repetições x 5 tempos (0, 2, 4, 6 e 8 dias);

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

I. AVALIAÇÕES FÍSICAS, QUÍMICAS, BIOQUÍMICAS E FISIOLÓGICAS

Sólidos solúveis totais, pH e acidez total titulável

O teor de sólidos solúveis totais das rodela de banana não imersas em solução/suspensão praticamente não se alterou durante a conservação, permanecendo próximo de 16 %, até o 8º dia (Figura 2). O teor de sólidos solúveis totais em banana prata minimamente processada praticamente se manteve constante de acordo com Reis *et al.* (2004), enquanto em banana maçã minimamente processada houve um pequeno aumento durante a conservação (MELO e VILAS-BOAS, 2007; MELO *et al.*, 2009).

Em rodela de banana imersas em suspensão de água e polpa de maracujá, a porcentagem de sólidos solúveis totais, após o corte, foi cerca de 16 e 0 % para rodela de banana e suspensão, respectivamente (Figura 2). Já no oitavo dia de conservação, esses valores ficaram próximos de 6 % em rodela da banana e em suspensão. Foram percebidos uma queda gradativa do teor de sólidos solúveis das rodela de banana e um aumento na suspensão de água e polpa de maracujá, estabilizando-se a partir do 4º dia de conservação (Figura 2).

Os valores médios de sólidos solúveis totais ficaram próximos de 16 % durante todo o período de conservação na rodela de banana e na solução, nos sistemas que tinham rodela de banana imersas em soluções de sacarose e de sacarose com polpa de maracujá (Figura 2).

Os sólidos solúveis totais estão associados com o potencial osmótico e consequentemente com o potencial hídrico, mesmo sabendo-se que existem mais componentes envolvidos no valor do potencial hídrico (SLAVIK, 1974). Observou-se que quando existe diferença de sólidos solúveis entre a banana e as distintas soluções/suspensão, houve alterações nos teores de sólidos solúveis entre esses meios (Figura 2). Quando não houve diferença, as variações de sólidos solúveis foram mínimas (Figura 2). A alteração nos sólidos solúveis do tecido ou nas soluções/suspensão amostradas se deve ao fluxo de água entre banana e soluções/suspensão, em consequência da diferença de potencial hídrico por diferença de sólidos solúveis.

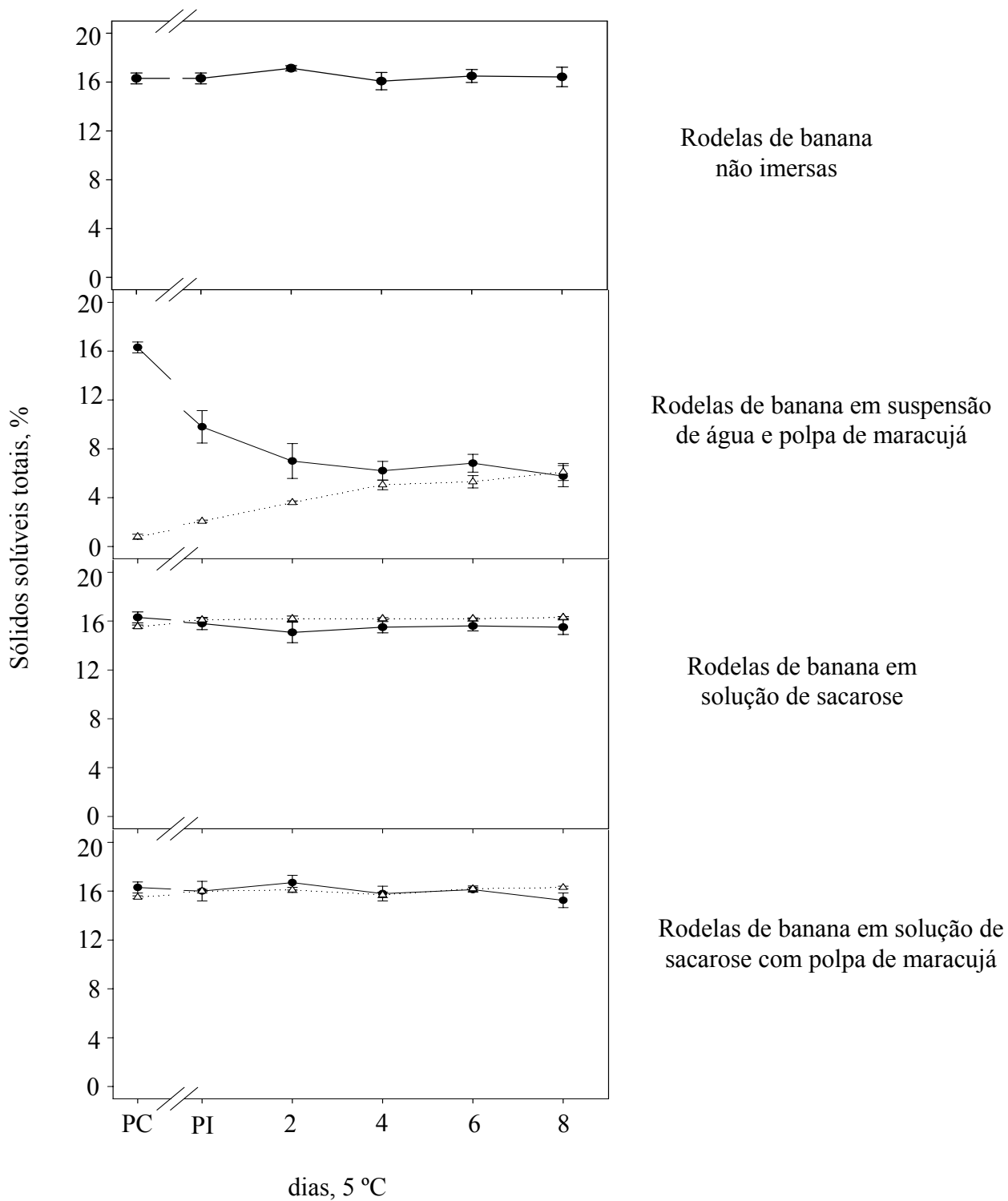


Figura 2. Sólidos solúveis totais em rodela de banana (-●-) e em diferentes soluções/suspensão (-Δ-). As análises foram realizadas após o corte das bananas (PC), após 2 h de imersão (PI) e durante 8 dias de imersão das rodela de banana nas soluções/suspensão, conservadas, a 5 °C. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

Verificou-se que ao se adicionar sacarose à solução, minimizou-se o fluxo líquido de água e, conseqüentemente, minimizaram-se as alterações no teor de sólidos solúveis durante a conservação (Figura 2). Isso mostra a importância da sacarose para manter o equilíbrio osmótico no sistema. Além disso, pode resultar em melhor aceitação sensorial do produto.

Em rodela de banana não imersas em solução/suspensão, o pH e a acidez total titulável praticamente não se alteraram durante a conservação (Figura 3).

Quando rodela de banana permaneceram imersas em suspensão de água e polpa de maracujá, o pH e a acidez total titulável da suspensão aumentaram ligeiramente durante 8 dias (Figura 3). Por outro lado, o pH das rodela de banana não se alterou (Figura 3). Além disso, foi observada redução na acidez total titulável das rodela de banana após duas horas de imersão em suspensão de água e polpa de maracujá (Figura 3). Houve extravasamento de ácidos orgânicos das rodela de banana para a suspensão de água e polpa de maracujá, evidenciado pelo aumento da acidez total titulável da suspensão de água e polpa de maracujá (Figura 3).

O pH da solução de sacarose se reduziu e da solução de sacarose com polpa de maracujá aumentou ligeiramente durante a conservação (Figura 3), enquanto o pH das rodela de banana imersas nessas soluções praticamente não se alterou (Figura 3). Além disso, nas soluções foram observados redução da acidez total titulável das rodela de banana e aumento nas soluções durante a conservação (Figura 3).

Observou-se que o pH da solução de sacarose caiu intensamente de 7 para 5, após duas horas de contato com a rodela de banana (Figura 3). Isso pode ser devido ao extravasamento de ácidos orgânicos das regiões superficiais danificadas para a solução de sacarose, reduzindo o pH.

Sugere-se que, em todos os sistemas envolvendo soluções/suspensão, possivelmente, tenha ocorrido extravasamento de ácidos orgânicos das rodela de banana para a solução/suspensão, acarretando alterações na acidez e pH das rodela e da solução.

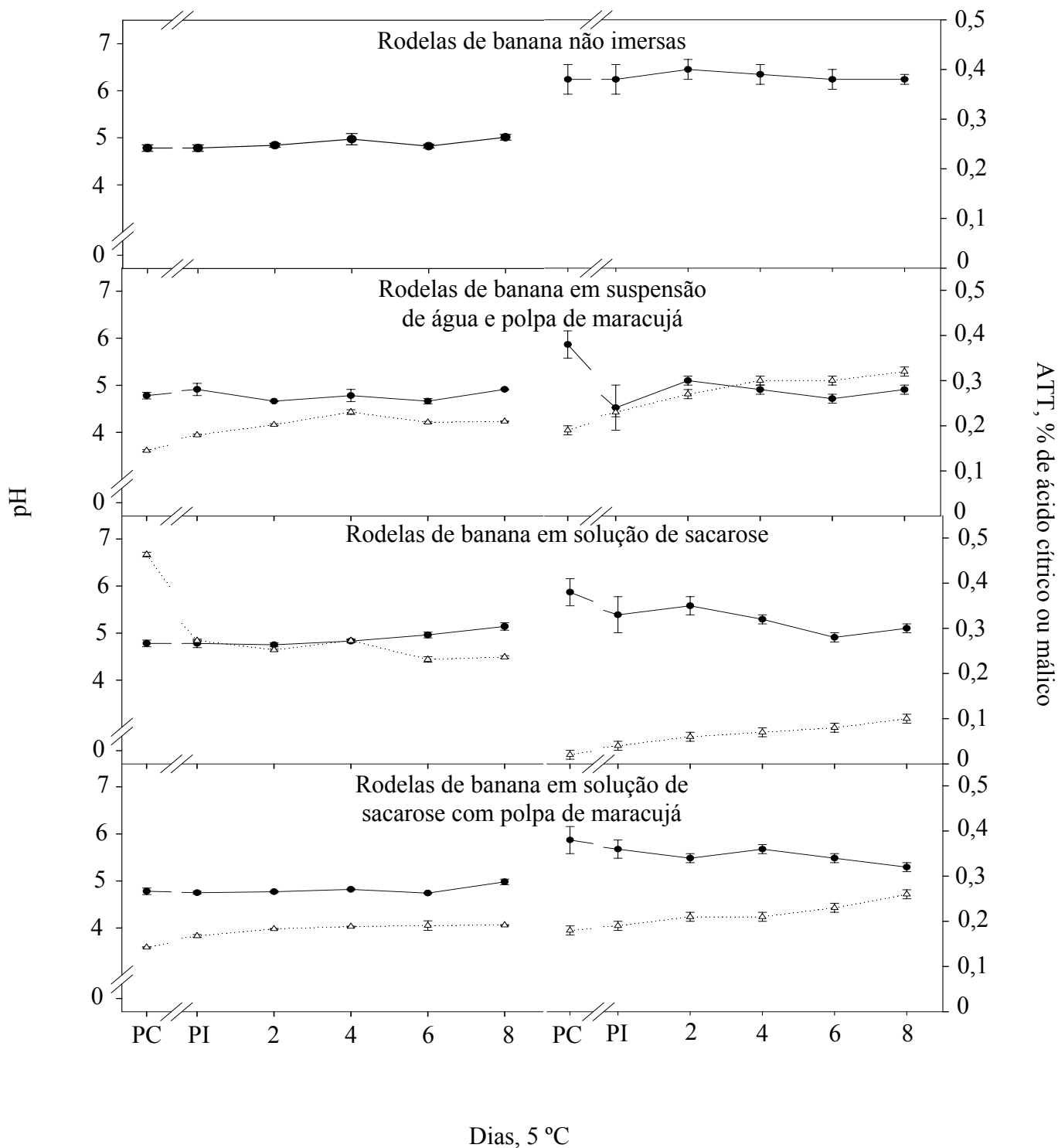


Figura 3. Acidez total titulável (ATT) e pH em rodelas de banana (-●-) e em diferentes soluções/suspensão (-Δ-). As análises foram realizadas após o corte das bananas (PC), após 2 h de imersão (PI) e durante 8 dias de imersão das rodelas de banana nas soluções/suspensão, conservadas, a 5 °C. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

Alterações no pH, na acidez e nos sólidos solúveis de um produto podem afetar sua qualidade sensorial, como o sabor. O pH e os sólidos solúveis das rodelas de banana imersas em solução de sacarose com polpa de maracujá, ou seja, o sistema estudado, praticamente não se alterou, mas a acidez se reduziu ligeiramente.

Cor instrumental

Rodelas da banana não imersas em solução/suspensão resultaram significativamente em maior alteração na diferença de cor e na luminosidade ao final de oito dias de conservação, em relação aos outros sistemas estudados (Figuras 4 e 5). O aumento da diferença de cor está relacionado com a redução da luminosidade (valor L), que significa quão clara ou quão escura se encontra a superfície de um determinado produto. Logo, quanto menor valor de L, mais escura é a superfície avaliada (RASIAH, 2002). Essa redução do valor L durante a conservação em rodelas da banana não imersas também foi verificada por outros autores, mesmo com o uso de substâncias antiescurecimento (MELO *et al.*, 2009; VILAS BOAS e KADER, 2006).

Quando rodelas da banana permaneceram imersas em solução de sacarose, a diferença de cor foi significativamente menor que naquelas rodelas da banana não imersas em solução/suspensão (Figuras 4 e 5). Já em rodelas de banana imersas em suspensão de água e polpa de maracujá e em solução de sacarose com polpa de maracujá, a diferença de cor entre ambas não diferiu (Figuras 4 e 5).

O oxigênio em meio aquoso apresenta baixa difusão, dificultando sua penetração para o interior dos tecidos de banana, reduzindo o escurecimento enzimático, uma vez que o oxigênio é fundamental para a ativação da polifenoloxidase (PALMER, 1963). A conservação de rodelas de banana em solução de sacarose com polpa de maracujá pode resultar em menor modificação da cor na superfície do produto, mantendo por mais tempo a qualidade e a sua vida útil.

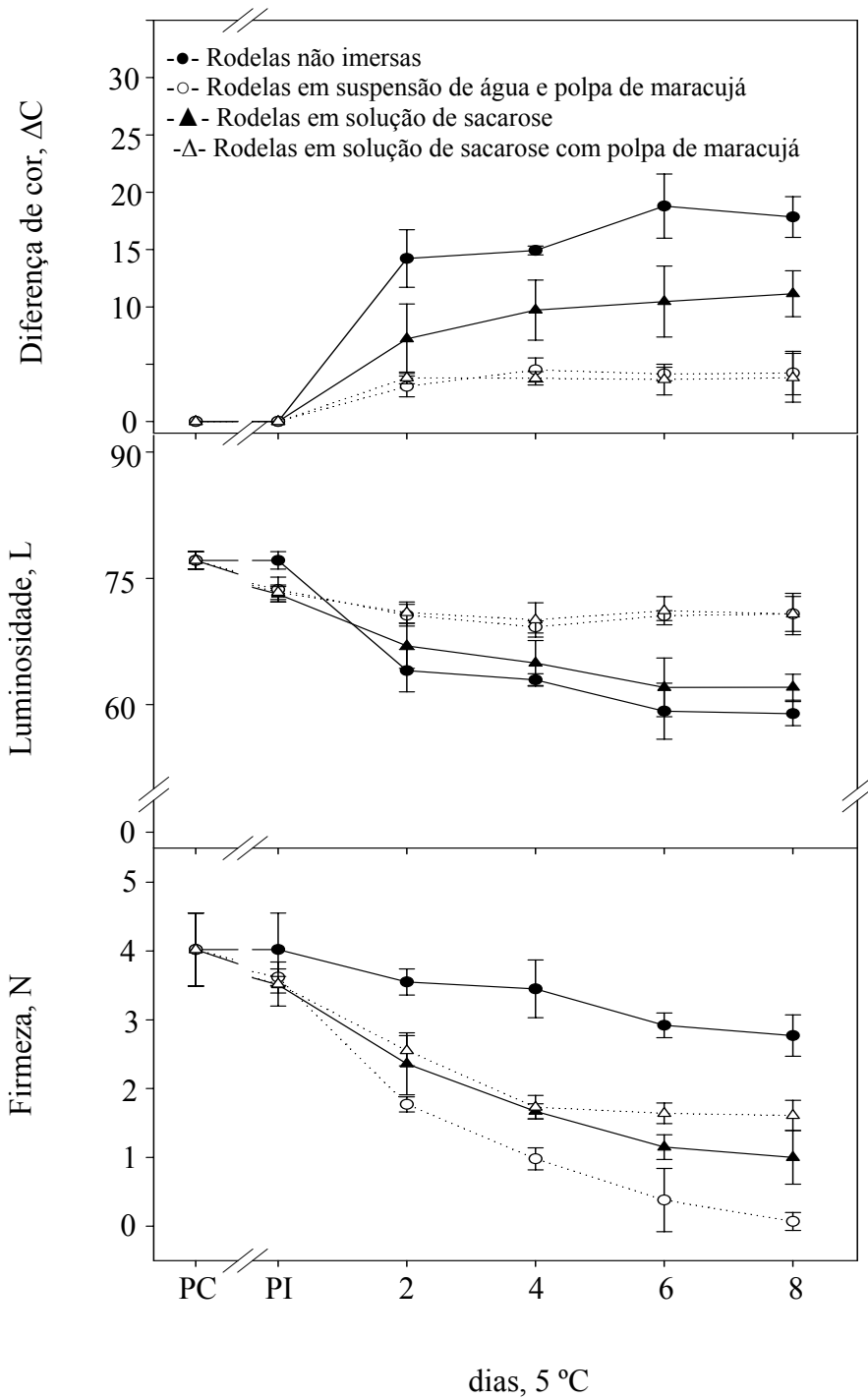


Figura 4. Diferença de cor, luminosidade e firmeza de rodelas de banana imersas em diferentes soluções/suspensão. As análises foram realizadas após o corte das bananas (PC), após 2 h de imersão (PI) e durante 8 dias de imersão das rodelas de banana nas soluções/suspensão, conservadas a 5 °C. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

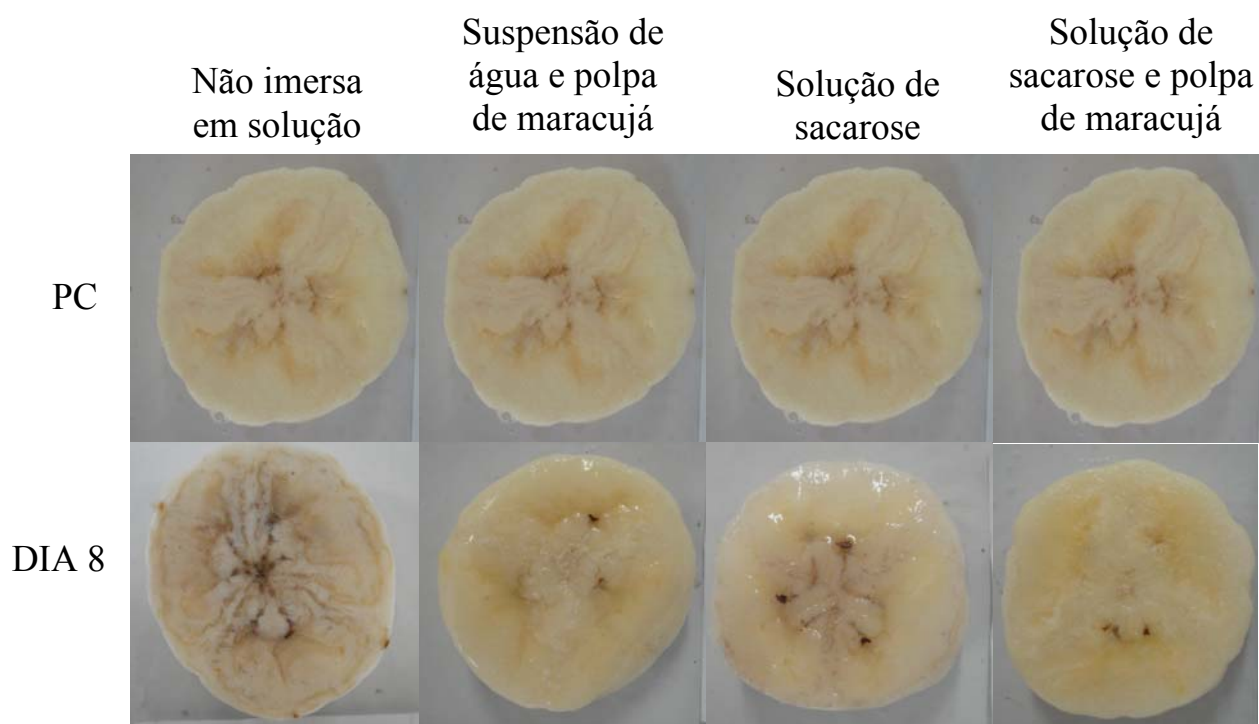


Figura 5. Rodelas da banana imersas em distintas soluções/suspensão, após o corte das bananas (PC) e após oito dias de conservação nas soluções/suspensão, a 5°C.

Observou-se que o escurecimento enzimático foi drasticamente reduzido em rodelas de banana imersas em suspensão de água e polpa de maracujá. A baixa disponibilidade do oxigênio em solução associada a seu baixo pH contribuíram para a intensa redução do escurecimento enzimático das rodelas de banana. Isso pode ser explicado pelo baixo pH dessa solução, em torno de 3,5, uma vez que o pH ótimo da polifenoloxidase (PPO) em banana é em torno de 6,5 (YANG *et al.*, 2000). A menor disponibilidade de oxigênio associado a um ambiente de baixo pH pode explicar a causa da redução do escurecimento enzimático em rodelas de banana imersas em solução de sacarose com polpa de maracujá.

A conservação de rodelas de banana em solução de sacarose com polpa de maracujá minimizou o escurecimento, aumentando o tempo de conservação do produto. Esse sistema pode ser utilizado como uma técnica alternativa ao uso de antioxidantes em banana minimamente processada. Além disso, pode ser um sistema modelo para o uso em outros produtos minimamente processados sensíveis ao escurecimento enzimático. Portanto, o uso dessa solução pode ser utilizada para reduzir o

escurecimento enzimático em banana minimamente processada e, conseqüentemente, melhorar sua qualidade sensorial, como a cor, por exemplo.

Firmeza

A firmeza das rodela de banana não imersas nas distintas soluções/suspensão foi maior ao longo da conservação, em relação àquelas imersas (Figura 4). Por outro lado, a firmeza das rodela de banana imersas em suspensão de água e polpa de maracujá foi significativamente menor em relação aos outros sistemas (Figura 4). A firmeza das rodela de banana que estavam imersas nas soluções de sacarose e de sacarose com polpa de maracujá foi semelhante durante a conservação (Figura 4).

A queda da firmeza, durante a conservação, em rodela de banana minimamente processada não imersas em solução/suspensão foi também verificada por Vilas-Boas e Kader (2006) e Bico *et al.*(2008). Essa perda de firmeza está associada à atuação coordenada de enzimas da parede celular promovendo a despolimerização e solubilização de substâncias pécicas e hemicelulósicas, culminando no amaciamento do tecido (TOIVONEN e BRUMMELL, 2008).

A intensa queda na firmeza observada em rodela de banana imersas em suspensão de água e polpa de maracujá pode estar associada à elevada absorção de água pelas rodela. O fluxo de água para o interior das rodela de banana pode ter causado rompimento celular, uma vez que esse fluxo pode gerar uma pressão de turgor acima do limite de resistência das paredes celulares (SIMON, 1977), reduzindo intensamente a firmeza.

A firmeza das rodela de banana mantidas em solução de sacarose com polpa de maracujá foi menor ao final da conservação em relação à das rodela não imersas. Talvez, essa diferença não seja suficiente para a percepção em análise sensorial. Logo, uma análise sensorial pode ser uma sugestão em futuras avaliações para confirmar a aceitabilidade de banana minimamente processada mantida em solução de sacarose com polpa de maracujá.

Condutividade elétrica e oxigênio dissolvido

A condutividade elétrica das soluções/suspensão aumentou ao longo da conservação, principalmente na suspensão de água e polpa de maracujá (Figura 6). Os valores médios da condutividade elétrica das soluções de sacarose e de sacarose com polpa de maracujá não diferiram entre si durante a conservação (Figura 6).

O aumento da condutividade elétrica das soluções de sacarose e de sacarose com polpa de maracujá ao longo de 8 dias mostrou que possivelmente tenha ocorrido extravasamento de eletrólitos das rodela da banana. O aumento da condutividade elétrica dessas soluções concorda com os resultados de aumento da acidez total titulável nessas soluções, evidenciando que houve extravasamento de eletrólitos (Figura 3).

Observou-se que o valor de condutividade elétrica da suspensão de água e polpa de maracujá foi maior que os valores das soluções de sacarose e de sacarose com polpa de maracujá. Provavelmente, a alta taxa de absorção de água pelas rodela de banana pode ter causado rompimento celular, uma vez que esse fluxo gerado pela diferença de sólidos solúveis entre os meios pode resultar em uma pressão de turgor acima do limite de resistência da parede celular (SIMON, 1977). Isso pode resultar em perda de qualidade, afetando principalmente a concentração de sólidos solúveis, a firmeza e a qualidade nutricional das rodela de banana. Acredita-se que a ausência de sacarose possa induzir indiretamente maior estresse nos tecidos de banana representado pelo extravasamento de eletrólitos (WHITLOW *et al.* 1992).

A concentração de oxigênio dissolvido presente nas diferentes soluções/suspensão em que as rodela de banana permaneceram imersas decresceu ao longo da conservação, principalmente nas duas primeiras horas da conservação (Figura 6). A partir do 2º dia, a concentração de oxigênio dissolvido permaneceu constante até o 8º dia de conservação (Figura 6). A queda na concentração de oxigênio pode ter sido devida ao uso na respiração e consequente consumo de O₂ no início da conservação de outros produtos minimamente processados (SILVA, 2000; SILVA, 2003).

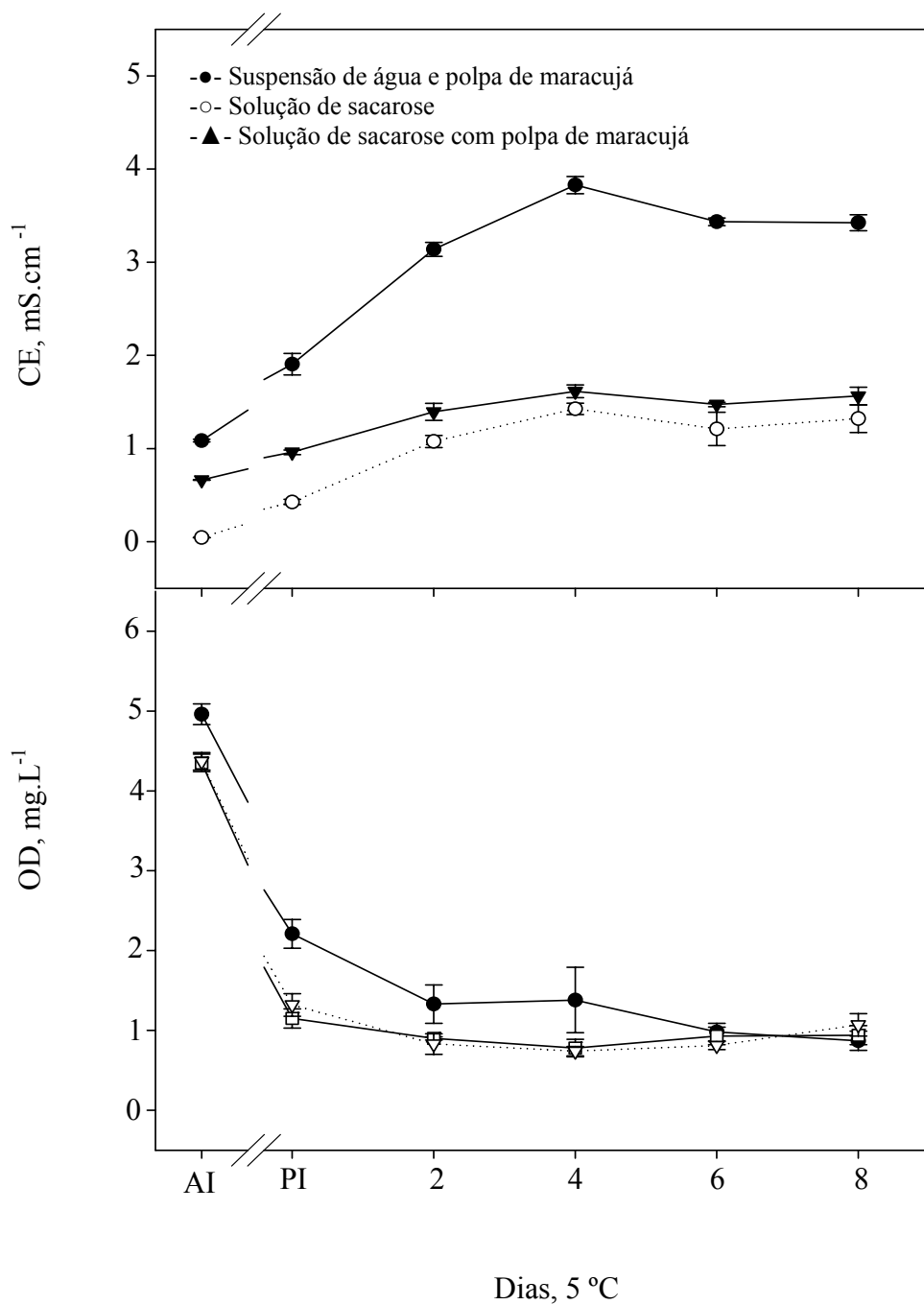


Figura 6. Condutividade elétrica (CE) e oxigênio dissolvido (OD) para soluções/suspensão contendo rodela da banana. As análises foram feitas antes da imersão das rodela de banana (AI), após 2 h de imersão (PI) e durante 8 dias de imersão das rodela de banana nas soluções/suspensão, conservadas, a 5 °C. As barras representam o desvio padrão da média

A concentração de oxigênio dissolvido nas distintas soluções/suspensão foi reduzida, mas talvez o oxigênio remanescente ainda tenha sido suficiente para manter o metabolismo aeróbico das rodela de banana e evitado a perda de *flavor*.

Produção de dióxido de carbono e etileno

O acúmulo de CO₂ e etileno, a 5 °C, em rodela de banana imersas ou não em solução de sacarose com polpa de maracujá, aumentou em 24 horas e durante a conservação (Figura 7).

A produção de CO₂ em banana minimamente processada imersas ou não em solução de sacarose com polpa de maracujá aumentou ao longo de 6 dias (Figura 8). Além disso, verificou-se que nos dois sistemas estudados o aumento na produção de CO₂ ocorreu até o 6º dia, permanecendo praticamente constante até o final da conservação (Figura 8).

A produção de etileno reduziu-se nos dois sistemas estudados durante a conservação (Figura 8). A produção de etileno pelas rodela de banana não imersas diferiu da produção daquelas imersas em solução de sacarose com polpa de maracujá até o 2º dia (Figura 8).

No início da conservação, banana Grain Nain, estágio 4, minimamente processada, obteve uma taxa respiratória e produção de etileno, a 10 °C, de aproximadamente 31 mL.kg⁻¹.h⁻¹ e 0,4 µL.kg⁻¹.h⁻¹, respectivamente (VILAS-BOAS e KADER, 2006). Os valores da taxa respiratória e produção de etileno encontrados por aqueles autores foram diferentes daqueles encontrados neste estudo (9 mL.kg⁻¹.h⁻¹ de CO₂ e 0,8 µL.kg⁻¹.h⁻¹ de etileno), mas isso pode ter sido efeito das condições diferentes que foram utilizadas por aqueles autores. O aumento da taxa respiratória e da produção de etileno em rodela de banana não imersas em solução após a conservação está associado ao efeito do processamento, principalmente ao corte e descascamento (WATADA e QI, 1999; PANKAJ e MATSUI, 2005).

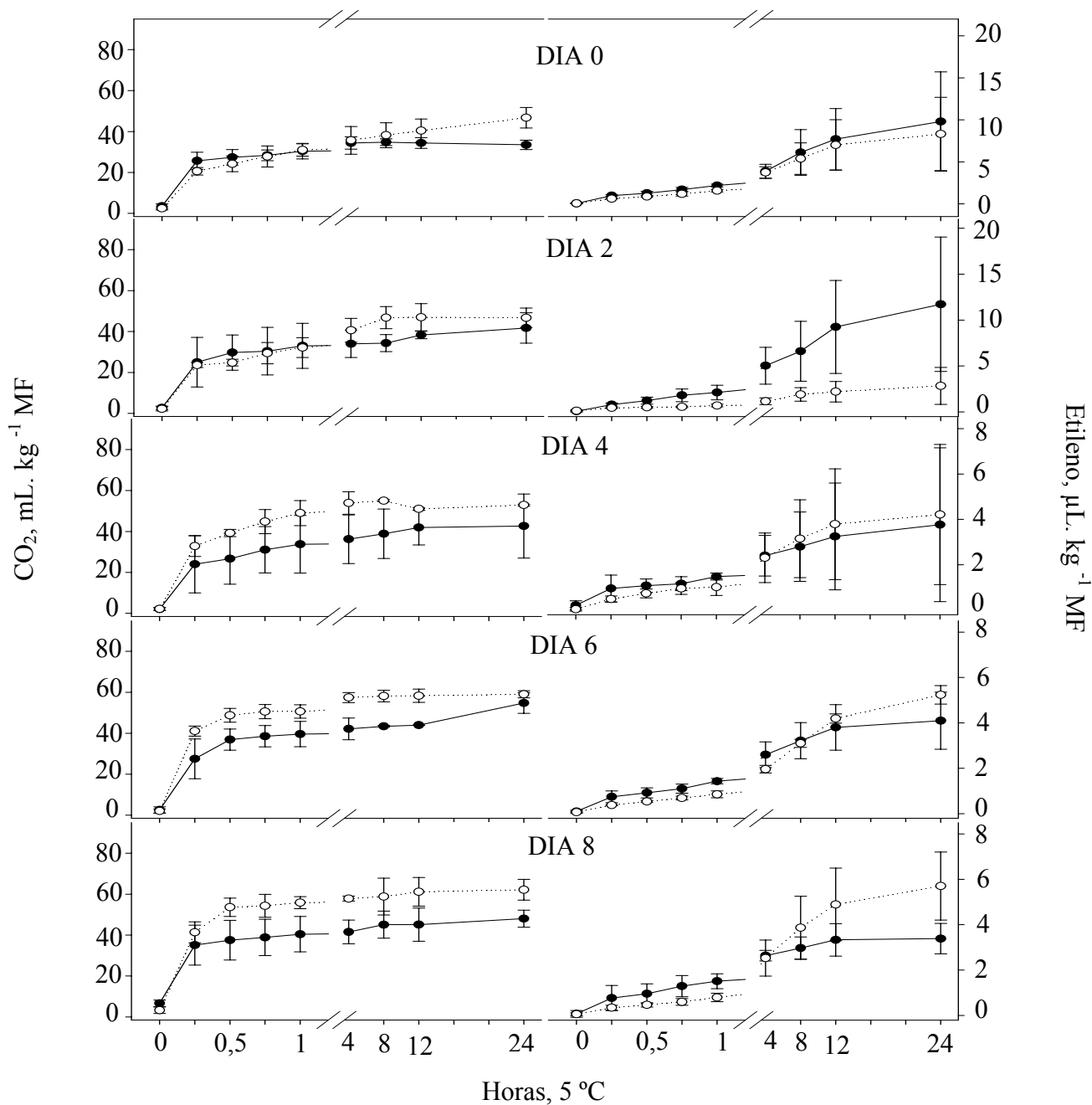


Figura 7. Acúmulo de CO₂ e etileno, durante 24 horas, a 5 °C, em rodela de banana imersas (-o-) ou não (-●-) em solução de sacarose com polpa de maracujá, durante 8 dias. As barras representam o desvio padrão da média.

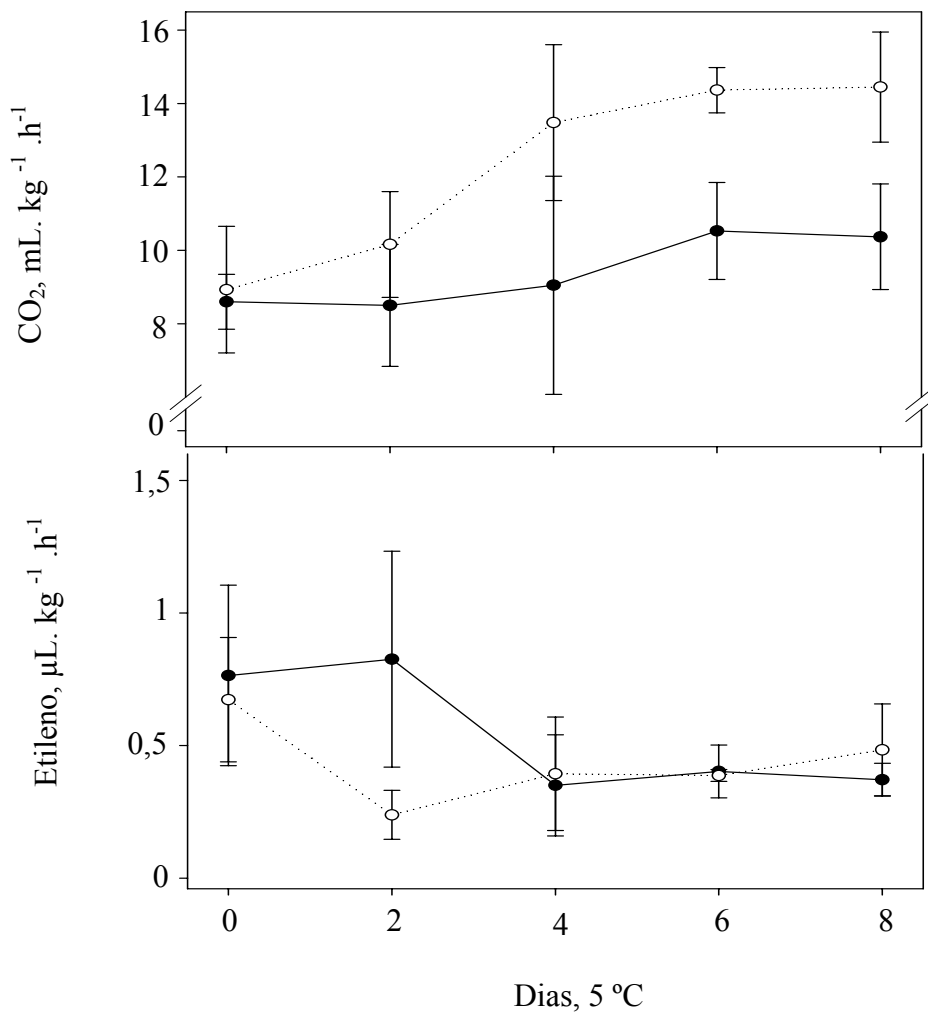


Figura 8. Taxa respiratória e de produção de etileno, a 5 °C, em rodela de banana imersas (-o-) ou não (-●-) em solução de sacarose com polpa de maracujá, durante 8 dias. As barras representam o desvio padrão da média

A taxa respiratória em rodela de banana imersas foi maior do que naquelas não imersas em solução, provavelmente, em virtude da condição de baixa difusão de oxigênio em que as rodela de banana estavam mantidas. A remoção destas rodela de banana, da solução de baixa difusão de oxigênio para ambiente de alta difusão de oxigênio, por ocasião da realização dos testes de respiração, pode ter causado aumento da intensidade respiratória como observado na Figura 8. Provavelmente, a concentração de oxigênio presente na solução não foi suficiente para provocar uma intensa atividade respiratória das rodela de banana, o que pode retardar o processo de senescência e consequentemente aumentar o período de conservação.

Extravasamento de eletrólitos

A porcentagem de extravasamento de eletrólitos das rodela de banana aumentou em todos os sistemas, por 6 horas e durante a conservação (Figura 9). As rodela de banana imersas em suspensão de água e polpa de maracujá apresentaram maior porcentagem de extravasamento de eletrólitos em relação aos outros sistemas estudados (Figura 9). Seis horas foi o tempo suficiente para resultar em extravasamento constante em todos os sistemas estudados. O extravasamento correspondente a 6 horas foi utilizado para determinar a porcentagem de eletrólitos extravasados durante a conservação.

Os percentuais de extravasamento de eletrólitos nas rodela de banana imersas ou não em soluções de sacarose e de sacarose com polpa de maracujá não diferiram entre si (Figura 10). Os maiores valores de extravasamento de eletrólitos observados foram em rodela da banana mantidas em suspensão de água e polpa de maracujá, concordando com os resultados de maior condutividade elétrica dessa suspensão (Figura 6). Por outro lado, a semelhança dos valores de extravasamento de eletrólitos das rodela de banana imersas nas soluções de sacarose e de sacarose com polpa de maracujá concorda com os resultados de condutividade elétrica dessas soluções, que foram semelhantes entre si (Figura 6).

O aumento da porcentagem de extravasamento de eletrólitos, durante a conservação, em produtos não imersos em solução/suspensão, também foi observado em frutos de kiwis (MAO *et al.*, 2007) e maçãs (CHUNG e MOON, 2009) minimamente processados. Isso pode estar associado ao efeito do corte e à senescência do produto que, conseqüentemente, acarretam aumento do extravasamento do conteúdo celular (COSTA, 2009).

A ausência de sacarose pode ter induzido algum tipo de estresse nos tecidos de banana, uma vez que nas rodela de banana imersas em suspensão de água e polpa de maracujá o valor de extravasamento foi significativamente maior em relação aos valores dos outros sistemas. O fluxo de água para o interior das rodela de banana pode ter causado rompimento celular, uma vez que esse fluxo pode gerar uma pressão de turgor acima do limite de resistência das paredes celulares (SIMON, 1977), o que, conseqüentemente, acarretou maior intensidade de extravasamento de eletrólitos.

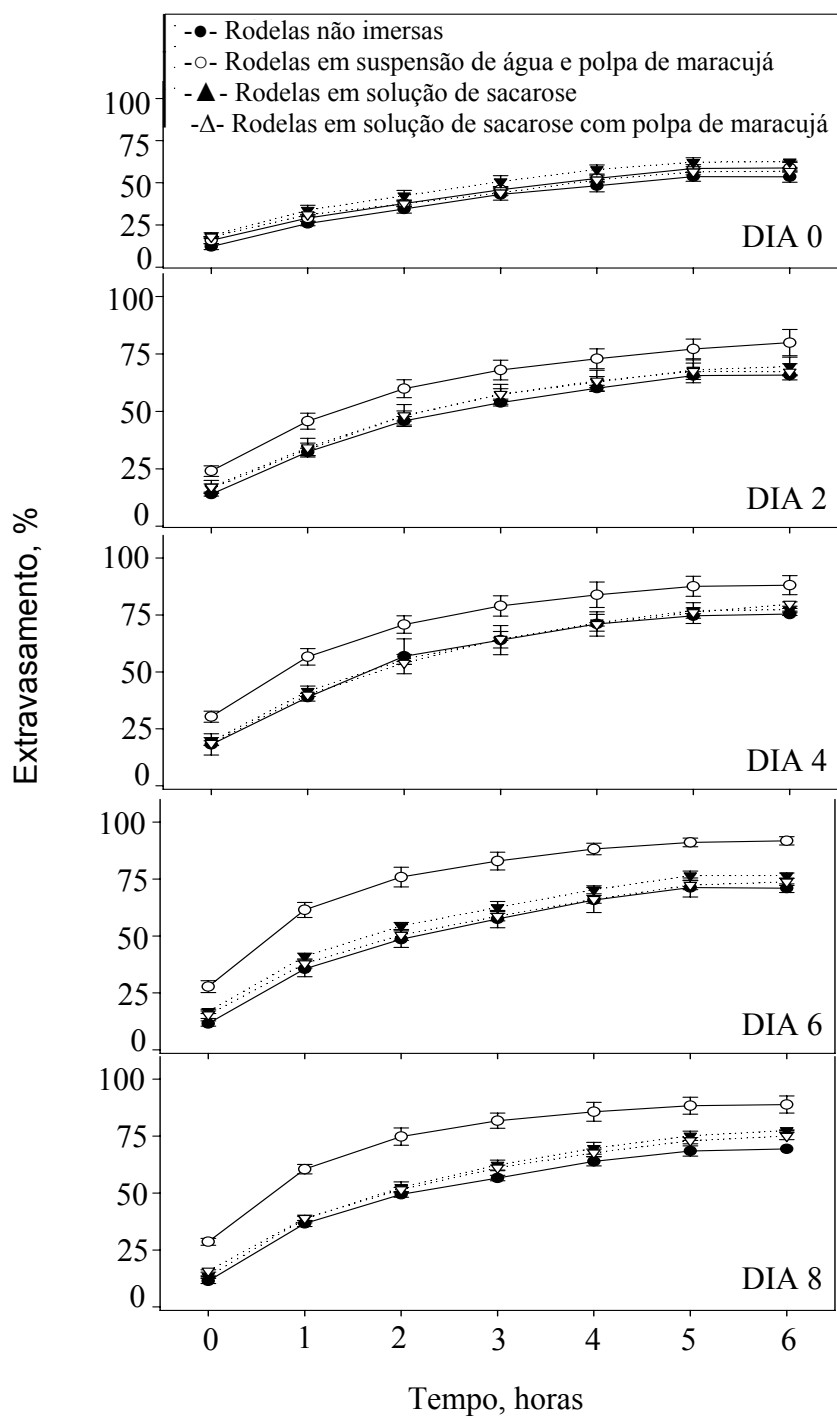


Figura 9. Extravasamento de eletrólitos, durante 6 horas, em rodelas de banana imersas ou não em diferentes soluções/suspensão, durante 8 dias, a 5 °C. As barras representam o desvio padrão da média.

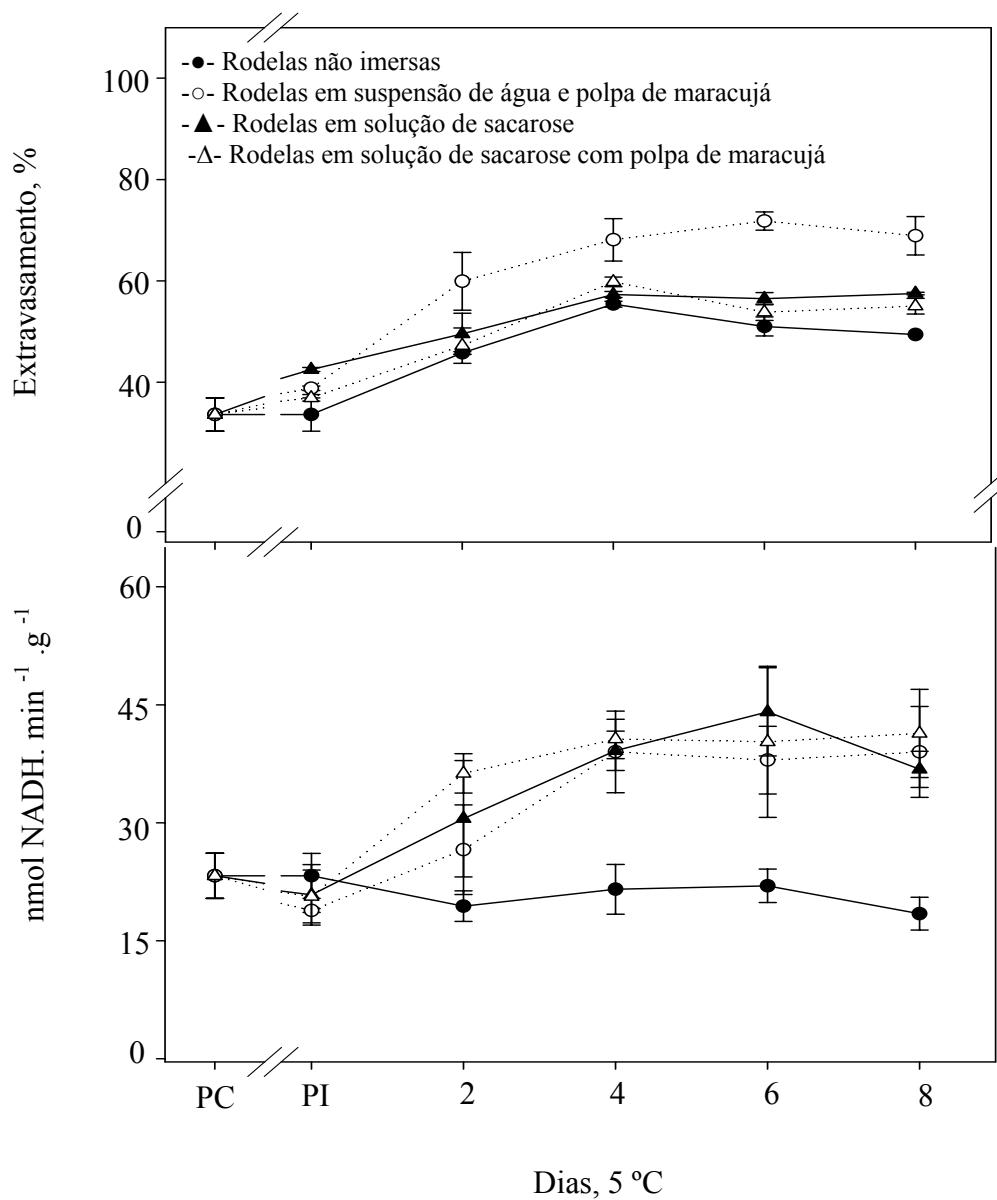


Figura 10. Extravasamento de eletrólitos e atividade da álcool desidrogenase em rodelas de banana imersas ou não em diferentes soluções/suspensão. As análises foram feitas após o corte das bananas (PC), após 2 h de imersão (PI) e durante 8 dias de imersão das rodelas de banana nas soluções/suspensão, conservadas a 5 °C. As barras representam o desvio padrão da média.

Verificou-se que a sacarose foi fundamental para reduzir o extravasamento de eletrólitos em rodela de banana. Além disso, os valores de extravasamento de eletrólitos das rodela de banana imersas em solução de sacarose com polpa de maracujá não diferiram dos valores daquelas rodela não imersas, não tendo essa solução acarretado aumento do extravasamento (Figura 10).

Atividade da álcool desidrogenase, ADH (EC 1.1.1.1)

A atividade da álcool desidrogenase em rodela de banana imersas em todas as soluções/suspensão aumentou significativamente até o 4º dia de conservação. Nas rodela da banana não imersas, essa atividade permaneceu praticamente inalterada durante a conservação (Figura 10). A atividade da ADH dobrou quando rodela de banana foram imersas em distintas soluções/suspensão durante 4 dias, sendo que, a partir desse dia, a atividade permaneceu praticamente inalterada (Figura 10). O aumento da atividade da ADH também foi observado em outros produtos sob condições de hipoxia, em batata-doce (CHANG *et al.*, 1983) e em flores de corte (CHEN e SOLOMOS, 1996).

O aumento da atividade da ADH está relacionado à condição de baixa disponibilidade de oxigênio a que as rodela de banana estavam submetidas, uma vez que o tecido sob anaerobiose estimula a síntese da ADH, aumentando assim sua atividade (SHI *et al.*, 2005). A redução da concentração de oxigênio dissolvido das soluções/suspensão foi significativa até o 2º dia de conservação (Figura 6). A redução na concentração de oxigênio dissolvido pode ter sido o fator que induziu o aumento da atividade da álcool desidrogenase. No quarto dia já havia atividade significativamente maior em relação ao sistema em que as rodela de banana não estavam imersas em solução/suspensão (Figura 10).

O aumento da atividade da ADH talvez não tenha sido suficiente para alterar o *flavor* de banana minimamente processada mantida em solução de sacarose com polpa de maracujá. Por isso, sugere-se uma análise sensorial para esse produto ao longo da conservação por 8 dias, pois não foi possível afirmar se o *flavor* do tecido foi alterado.

Por fim, verificou-se que a técnica proposta, além de ter mantido a qualidade de banana minimamente processada por 8 dias, pode servir como modelo para novos estudos com outras frutas isoladamente ou na forma de salada mista.

4. CONCLUSÕES

A presença de sacarose na solução de sacarose com polpa de maracujá minimizou as alterações nos sólidos solúveis, na firmeza, na condutividade elétrica e no extravasamento de eletrólitos. Por outro lado, a presença de polpa de maracujá na solução foi importante para minimizar o escurecimento enzimático.

A taxa respiratória e a atividade da ADH aumentaram ao longo da conservação em rodela de banana mantidas em solução de sacarose com polpa de maracujá. Além disso, a concentração de oxigênio dissolvido e a produção de etileno se reduziram ao longo da conservação, independentemente do sistema estudado.

Os benefícios observados pela presença da solução de sacarose com polpa de maracujá no meio possibilitaram a manutenção da qualidade de banana minimamente processada, proporcionando qualidade durante 8 dias, a 5 °C.

5. LITERATURA CITADA

BICO SLS.; RAPOSO MFJ.; MORAIS RMSC.; MORAIS AMMB. 2008. Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control*. (Artigo no Prelo)

BONGHI CR.; RUPERTI B.; VIDRIH R.; TAMTTI P. 1999. Peach fruit ripening and quality in relation to picking time and high CO₂ short-term postharvest treatment. *Postharvest Biology Tecnology*, 16: 213-222.

BORBA AM. 2005. Efeito de alguns parâmetros operacionais nas características físicas, físico-químicas e funcionais de extrusados da farinha de batata-doce (*Ipomoea batatas*). Piracicaba. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 65p. (Tese de Mestrado).

BRECHT JK. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *Hortscience*, 30:18-22.

CHANG LA.; HAMMETT LK.; PHARR DM. 1983. Carbon dioxide effects on ethanol production, pyruvate decarboxylase, and alcohol dehydrogenase activities in anaerobic sweet potato roots. *Plant Physiology*., 71:59-62.

CHEN X.; SOLOMOS T. 1996. Effects of hypoxia on cut carnation flowers (*Dianthus caryophyllus* L.): longevity, ability to survive under anoxia, and activities of alcohol dehydrogenase and pyruvate kinase. *Postharvest Biology and Technology*, 7: 317-329.

CHEN CR.; RAMASWAMY HS. 2002. Color and texture change kinetics in ripening bananas. *Food Technology*. 35: 415- 419.

CHUNG HS.; MOON KD. 2009. Browning characteristics of fresh-cut ‘Tsugaru’ apples as affected by pre-slicing storage atmospheres. *Food Chemistry*, 114:1433–1437.

COSTA FB.; MOREIRA SI.; SIMOES AN.; SIQUEIRA RG.; PUSCHMANN R. 2005. Extração de sólidos solúveis totais em banana Prata Anã. CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 10. *Resumos...* Recife-PE.

COSTA FB. 2009. Fisiologia e Conservação de cultivares de morangos inteiros e minimamente processados. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 114p. (Tese de Doutorado).

DOLE Fresh Fruit Company, 1998. Banana Ripening Guide. Available in <http://www.dole.com>.

DURIGAN JF. 2004. Panorama do processamento mínimo de frutas. ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3. *Anais...* Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. p. 9-12.

MAO L.; WANG G.; QUE F. 2007. Application of 1-methylcyclopropene prior to cutting reduces wound responses and maintains quality in cut kiwifruit. *Journal of Food Engineering*, 78: 361-365.

MELO AAM.; VILAS-BOAS EVB. 2006. Inibição do escurecimento enzimático de banana maçã minimamente processada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26: 110-115.

MELO AAM.; VILAS-BOAS EVB. 2007. Redução do amaciamento de banana 'maçã' minimamente processada pelo uso de tratamentos químicos. *Ciência Agrotécnica*, 31: 821-828.

MELO AAM.; VILAS-BOAS EVB.; JUSTO CF. 2009. Uso de aditivos químicos para a conservação pós-colheita de banana maçã minimamente processada. *Ciência Agrotécnica*, 33. (Artigo no Prelo).

PALMER FK. 1963. Banana polyphenoloxidase - Preparation and properties. *Plant Physiology*, 36: 508-513.

PANKAJ KB.; MATSUI T. 2005. Ethylene biosynthetic genes in 'Moso' bamboo shoot in response to wounding. *Postharvest Biology and Technology*, 38: 188-194.

RASIAH L. 2002. **Ciência da Cor**. Processos Químicos Têxteis, v.2

REIS CMF.; VILAS-BOAS EVB.; BOARI CA.; PICCOLI RH. 2004. Qualidade e vida de prateleira de banana prata minimamente processada. *Ciência Agrotécnica (Comunicação)*, 28: 696-702.

ROJO F.; SAABOR A. 2002. Praticidade impulsiona a venda de pré-processados. *FruitFatos*, São Paulo, 2: 42-44.

ROSEN J.; KADER AA. 1989. Postharvest Physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *Journal of Food Science*, 54: 656-659.

SALTVEIT ME. 1997. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: Tomás-Barberán, F.A. (Ed.). *Phytochemistry of fruit and vegetables*, p.205-220.

SALTVEIT ME. 2000. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. *Postharvest Biology and Technology*, 21: 61-69.

SHI JX.; PORAT R.; GOREN R.; GOLDSCHMIDT EE. 2005. Physiological responses of 'Murcott' mandarins and 'Star Ruby' grapefruit to anaerobic stress conditions and their relation to fruit taste, quality and emission of off-flavor volatiles. *Postharvest Biology and Technology*, 38: 99-105.

SILVA EO. 2000. Fisiologia pós-colheita de repolho (*Brassica oleracea* var. capitata) minimamente processado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 72p. (Tese de Doutorado).

SILVA VA. 2003. Fisiologia de cenoura minimamente processada. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 72p. (Tese de Mestrado).

SIMOM EW. 1977. Leakage from fruit cells in water. *Journal of Experimental Botany*, 28: 1147-1152.

SLAVIK B. **Methods of studying plant-water relations**. 1974. Academia Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, Prague, 449p.

STUART NW. 1939. Comparative cold hardiness of scion roots from fifty apple varieties. *American Society Horticulture Science*, 37: 330 – 334.

TOIVONEN PMA., BRUMMELL DA. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48: 1–14.

VIANNA-SILVA T., RESENDE ED., PEREIRA SMF., VIANA AP., VIANNI R. 2004. Caracterização de uma escala de cor para avaliação dos estádios de maturação do maracujá amarelo. CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, Florianópolis. *Anais...* p. 470-475.

VILAS-BOAS EVB. 2004. Frutas minimamente processadas: banana. ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3. Viçosa. *Palestras...* Universidade Federal de Viçosa. p.111-121.

VILAS-BOAS EVB.; KADER AA. 2006. Effect of atmospheric modification, 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana. *Postharvest Biology and Technology*, 39: 155-162.

YANG CP.; FUJITA S.; ASHRAFUZZAMAN MD.; NAKAMURA N.; HAYASHI N. 2000. Purification and characterization of polyphenol oxidase from banana (*Musa sapientum* L.) Pulp. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 48: 2732-2735.

WATADA AE.; QI L. 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 201–205.

WATADA AE.; ABE K.; YAMUCHI N. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology*, 44: 116-122.

WHITLOW TH.; BASSUK NL.; RANNEY TG.; REICHERT DL. 1992. An improved method for using electrolyte leakage to assess membrane competence in plant tissues. *Plant Physiology*, 98: 198-205.

6. CONCLUSÕES GERAIS

O resfriamento da matéria-prima a 12 °C durante 4 horas foi necessário para reduzir sua temperatura e, após o tratamento térmico da solução de sacarose, foi necessário conservá-la a 5 °C durante 6 horas.

As rodela de banana imersas em solução de sacarose com polpa de maracujá se apresentaram metabolicamente ativas durante 8 dias de conservação a 5 °C.

O sistema composto por 60 gramas de banana minimamente processada conservada em 115 mL de solução, contendo 15 % de sacarose e 5 % de polpa de maracujá, mantido a 5 °C, foi o mais adequado para a conservação de banana minimamente processada.

A sacarose na solução de sacarose com polpa de maracujá minimizou as alterações dos sólidos solúveis, da firmeza, da condutividade elétrica e do extravasamento de eletrólitos. Por outro lado, a presença de polpa de maracujá na solução foi importante para minimizar o escurecimento enzimático.

A taxa respiratória e a atividade da ADH aumentaram ao longo da conservação em rodela de banana mantidas em solução de sacarose com polpa de maracujá. Além disso, a concentração de oxigênio dissolvido e a produção de etileno se reduziram ao longo da conservação, independentemente do sistema estudado.

Os benefícios observados pela presença da solução de sacarose com polpa de maracujá no meio possibilitou a manutenção da qualidade de banana minimamente processada, proporcionando qualidade durante 8 dias, a 5 °C.