



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Departamento de Engenharia de Alimentos



Avaliação do Emprego da Desidratação Osmótica e de Coberturas Comestíveis de Pectina na Estrutura Celular e na Qualidade de Melão Minimamente Processado

Cristhiane Caroline Ferrari

Mestre em Engenharia de Alimentos

Profa. Dra. Miriam Dupas Hubinger

Orientadora

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Alimentos.

Campinas - SP

Março 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

F412a Ferrari, Cristhiane Caroline
Avaliação do emprego da desidratação osmótica e de coberturas comestíveis de pectina na estrutura celular e na qualidade de melão minimamente processado / Cristhiane Caroline Ferrari. -- Campinas, Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientador: Miriam Dupas Hubinger
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos

1. Melão. 2. Desidratação osmótica. 3. Lactato de cálcio. 4. Coberturas comestíveis. 5. Vida útil. I. Hubinger, Miriam Dupas. II. Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

(cars/fea)

Título em inglês: Evaluation of the use of osmotic dehydration and pectin edible coatings on cellular structure and quality of minimally processed melon

Palavras-chave em inglês (Keywords): Melon, Osmotic dehydration, Calcium lactate, Edible coatings, Shelf life

Titulação: Doutor em Engenharia de Alimentos

Banca examinadora: Miriam Dupas Hubinger

Kil Jin Park

Leila Mendes Pereira Rodrigues

Gisele Anne Camargo

Marcos David Ferreira

Data de defesa: 16/04/2009

Programa de Pós Graduação: Programa em Engenharia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Miriam Dupas Hubinger
(Orientadora - DEA - FEA - UNICAMP)

Prof. Dr. Kil Jin Park
(Membro - FEAGRI - UNICAMP)

Prof^ª. Dr^ª. Leila Mendes Pereira Rodrigues
(Membro - Pós-Doutorado - DEA - FEA - UNICAMP)

Prof^ª. Dr^ª. Gisele Anne Camargo
(Membro - FRUTHOTEC - ITAL)

Prof. Dr. Marcos David Ferreira
(Membro - EMBRAPA CNPDIA)

Prof. Dr. Celso Costa Lopes
(Suplente - DEA - FEA - UNICAMP)

Prof. Dr. Flávio Luis Schmidt
(Suplente - DTA - FEA - UNICAMP)

Prof^ª. Dr^ª. Maria Aparecida Mauro
(Suplente - DETA - IBILCE - UNESP)

La vita è fatta a scale, c'è chi le scende e chi le sale.

(famoso provérbio italiano)

*“O insucesso é apenas uma oportunidade para
recomeçar de novo com mais inteligência.”*

Henry Ford

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho àqueles que dedicaram
toda a sua vida pela minha formação,
sempre orientando meus passos
e me ensinando a lutar pelos meus ideais.*

MEUS PAIS

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar e guiar sempre o meu caminho.

À toda minha família (avó, tios, primos e primas), em especial aos meus pais Telma e João Carlos por serem um exemplo constante em minha vida, pelo amor, carinho, apoio incondicional e compreensão em todos os momentos.

À Prof^ª. Dr^ª. Miriam Dupas Hubinger pela confiança no meu trabalho, orientação, amizade e paciência durante o período de realização do Doutorado. E também pela sua risada divertida e por me deixar ir em diversos congressos!!!

À CAPES e ao CNPq pela concessão da bolsa de Doutorado. À FAPESP, CAPES e CNPQ pelo apoio financeiro.

Ao Departamento de Engenharia de Alimentos (DEA), seus professores e funcionários pela oportunidade da realização do curso de Doutorado.

À banca examinadora composta pelos professores doutores Kil Jin Park, Leila Mendes Pereira Rodrigues, Gisele Anne Camargo, Marcos David Ferreira, Celso Costa Lopes, Flávio Luis Schmidt e Maria Aparecida Mauro, que através de suas valiosas sugestões, contribuíram para o enriquecimento do trabalho.

À Prof^ª. Dr^ª. Sandra Maria Carmello-Guerreiro do Departamento de Botânica do IB - UNICAMP pela enorme ajuda bem humorada nas análises de microscopia óptica e por também ser fã do U2!

À Prof^ª. Dr^ª. Helena Maria André Bolini pela ajuda na realização das análises sensoriais.

À Renata, técnica do Laboratório de Instrumentação do DTA, pela colaboração nas análises colorimétricas.

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) e ao Departamento de Alimentos e Nutrição (DEPAN) por autorizar a utilização do Laboratório de Análise Sensorial.

À pesquisadora Claire Sarantópoulos e às técnicas Ana Paula, Carol e Patrícia do Centro de Tecnologia de Embalagem (CETEA – ITAL) pela imensa colaboração na realização dos ensaios de determinação da taxa respiratória e composição gasosa das embalagens.

Ao Centro de Microbiologia e ao Centro de Química do ITAL pela colaboração na realização das análises microbiológicas e de cálcio, respectivamente.

Às técnicas Andréa e Kelly do Laboratório de Recursos Analíticos e de Calibração da FEQ e ao Carmo do Departamento de Engenharia de Materiais da FEM pelo auxílio na realização das análises de estereomicroscopia.

À Secretaria de Pós Graduação, em especial ao Cosme, pela ajuda nas questões acadêmicas.

Ao pessoal do CI da FEA pela disposição e boa vontade nas inúmeras visitas à sala 28 para solucionar os nossos problemas computacionais.

Ao Benassi Comércio de Hortifrutigranjeiros Ltda. do CEASA - Campinas pelo fornecimento dos melões de excelente qualidade.

Ao Flávio Tanaka da CPKelco pela doação da pectina e à Ecolab Química Ltda. pela doação do ácido peracético.

À Joyce, técnica do LEP, pela ajuda nas análises químicas e nos orçamentos.

À D. Ana pela disposição em manter o laboratório sempre limpo e organizado e por descascar as sobras de melão para todo o pessoal do laboratório saborear.

À Prof^a. Dr^a. Florência Cecília Menegalli e à Noemi do DEPAN pelas dicas e ajuda antes da minha viagem à cidade de La Plata - Argentina.

Ao Prof. Dr. Rodolfo Horacio Mascheroni do CIDCA - La Plata - Argentina pela oportunidade da realização do estágio, pela orientação e pela grande prestatividade.

À Diana da USP pela amizade durante a minha passagem pelo CIDCA, pela companhia nos passeios por La Plata, Buenos Aires e Tigre, pelos momentos divertidos e por compartilhar comigo algumas gafes e micos nos primeiros dias por conta do “portuñol”.

Aos “chicos y chicas” argentinos: Marina, Ruth, Ramiro, Nicolas, Joaquín, Jimena, Alejandro, Vanesa, Evangelina, Cecilia e Diego pelas “aulas” de espanhol, pelos momentos descontraídos, por todas as besteiras faladas, pela companhia nos almoços e passeios, pelas dicas de turismo e por tornarem o meu estágio no CIDCA uma experiência maravilhosa!

À aluna de iniciação científica Paula Yukari (Paulinha) pela amizade, pela enorme ajuda e paciência durante a fase experimental e por dividir comigo todos os momentos ao lado dos queridos melões. Adorei a minha primeira experiência como orientadora com você!

Ao Rafael Querido pela amizade, disposição e ajuda na etapa da vida de prateleira, principalmente na “busca” por provadores nas análises sensoriais.

Ao melão, amigo de todas as horas, com quem eu dividi alegrias e tristezas durante os meus 4 anos de doutorado, protagonista de diversas publicações, trabalhos em congressos e viagens nacionais e internacionais.

À “ONG HC” (Helpful Cooperation), composta por Ana P, Rê, Lou, Giba e eu, além da Márcia Simões (ex-integrante), pelos momentos L., pelas reuniões, pelo aprendizado do espírito de ajuda voluntária, cooperação e gratidão.

À Marcela pela amizade, por deixar os fundos dos meus posters de congressos lindos com o Photoshop, pela ajuda universitária na parte computacional, pela companhia no lab, almoços, barzinhos, conversas pelo MSN, pelas doações de manga e pelas discussões “papo cabeça” sobre Lost e Heroes.

À Rê pela longa amizade desde a graduação, pela companhia nos almoços, café, cachaçaria e afins, pelos momentos divertidos no Club Med e em Curitiba, por ser excelente cozinheira como eu, pela ajuda HC no lab e pelo apoio moral nos momentos de crise.

À Lou também pela longa amizade desde a graduação, por ser sempre “zen”, pela companhia em Curitiba, nos cafés, cachaçaria, almoços (apesar de ser meio raro), pelo seu jeito S. de ser às vezes, por ser HC e me ouvir nos momentos difíceis e por também gostar de Lost.

À Aninha Ito (vulgo Ana P.) pela amizade atualmente à distância, pelo seu jeito L. e G. de ser, pelas inúmeras conversas virtuais pelo MSN, por adorar melão, pelas lembrancinhas “made in Japan” e pela sua habilidade computacional típica de japonesa.

Ao Giba, por ser “computeiro” e sempre me ajudar com as panes no meu computador, pela amizade, pelas caronas e por ser quase sócio da Kopenhagen.

À Márcia Simões pela amizade, pelas suas caretas e bicos, por ser uma “criatura” muito legal e divertida e por ter sido minha guia turística em Curitiba.

À Leila pela amizade, companhia nos almoços e cafés, pela disposição em ajudar e por todos os esclarecimentos e sugestões ao longo do trabalho. À Lorena pela amizade, ajuda na etapa da vida de prateleira e por trabalhar com uma fruta tão deliciosa como o morango.

À Helena pela amizade, companhia nos almoços e nos congressos em Curitiba e no Club Med e por ouvir meus desabafos nos momentos de crise.

À Fezinha e à Daisy pela grande amizade, apesar de estarem do outro lado do mundo.

À Dri, Tharsi e Laura pela amizade, pela companhia na excursão e nas filas do Morumbi em 2006 para os shows do U2 e por terem compartilhado essa experiência incrível comigo.

“Ai miei amici di Milano” Daniela e Leandro pelas dicas extremamente úteis de hotéis, passeios, compras e gastronomia na capital da moda.

À Fabi, Carol, Aninha e Nenis pela amizade, pela companhia nos almoços e na hora do café e pelo convívio no laboratório.

Aos colegas do grupo da Miriam, ao pessoal da sala 28 e do laboratório pela convivência e companhia nas exaustivas horas de trabalho durante esses anos.

Aos meus amigos da graduação (FEA 98) e da pós. A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu MUITO OBRIGADA!

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	XVII
NOMENCLATURA.....	XXI
RESUMO	XXIII
ABSTRACT	XXV
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. MELÃO	9
2.2. PROCESSAMENTO MÍNIMO	12
2.3. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	16
2.4. TEXTURA E PRESERVAÇÃO ESTRUTURAL PELA ADIÇÃO DE CÁLCIO	20
2.5. AVALIAÇÃO ESTRUTURAL: MICROSCOPIA	24
2.6. FILMES E COBERTURAS BIODEGRADÁVEIS	26
2.6.1. PECTINA	29
2.7. ANÁLISE SENSORIAL	31
3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1. MATERIAL	35
3.2. MÉTODOS	38
3.2.1. EFEITO DO LACTATO DE CÁLCIO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS, ESTRUTURA CELULAR E NA ACEITAÇÃO SENSORIAL DE CUBOS DE MELÃO DESIDRATADOS OSMOTICAMENTE	38
3.2.2. ENSAIOS DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA REALIZADOS A MENORES TEMPOS DE PROCESSO	44
3.2.3. ESTUDO DO EMPREGO DE COBERTURAS COMESTÍVEIS A BASE DE PECTINA NOS PEDAÇOS DE MELÃO COM OU SEM PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO	46
3.2.4. ESTUDO DA VIDA ÚTIL	52
3.2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	55
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.1. EFEITO DO LACTATO DE CÁLCIO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS, ESTRUTURA CELULAR E NA ACEITAÇÃO SENSORIAL DE CUBOS DE MELÃO DESIDRATADOS OSMOTICAMENTE	57
4.1.1. TEOR DE CÁLCIO	57
4.1.2. PERDA DE ÁGUA, PERDA DE PESO E GANHO DE SÓLIDOS	59
4.1.3. ATIVIDADE DE ÁGUA	62
4.1.4. PROPRIEDADES MECÂNICAS	63

4.1.5. ANÁLISE DA ESTRUTURA CELULAR: MICROSCOPIA ÓPTICA	72
4.1.6. AVALIAÇÃO SENSORIAL	77
4.2. ENSAIOS DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA REALIZADOS A MENORES TEMPOS DE PROCESSO	82
4.2.1. TEOR DE CÁLCIO	82
4.2.2. PERDA DE ÁGUA, PERDA DE PESO E GANHO DE SÓLIDOS	83
4.2.3. PROPRIEDADES MECÂNICAS	85
4.2.4. ANÁLISE DA ESTRUTURA CELULAR: MICROSCOPIA ÓPTICA	87
4.2.5. AVALIAÇÃO SENSORIAL	90
4.3. ESTUDO DO EMPREGO DE COBERTURAS COMESTÍVEIS A BASE DE PECTINA NOS PEDAÇOS DE MELÃO DESIDRATADOS OSMOTICAMENTE OU PRÉ-TRATADOS COM BANHOS DE CÁLCIO	93
4.3.1. AVALIAÇÃO VISUAL E REDUÇÃO DE VOLUME	93
4.3.2. TAXA RESPIRATÓRIA E PRODUÇÃO DE ETILENO	99
4.3.3. PERDA DE PESO	103
4.3.4. TEXTURA	104
4.3.5. AVALIAÇÃO SENSORIAL	106
4.3.6. ESTEREOMICROSCOPIA	109
4.4. ESTUDO DA VIDA ÚTIL	113
4.4.1. PERDA DE PESO	113
4.4.2. TAXA RESPIRATÓRIA	115
4.4.3. COMPOSIÇÃO GASOSA	117
4.4.4. TEXTURA	119
4.4.5. COR	122
4.4.6. SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS, PH E ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL	124
4.4.7. ATIVIDADE DE ÁGUA E UMIDADE	128
4.4.8. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	130
4.4.9. MICROSCOPIA ÓPTICA	133
4.4.10. AVALIAÇÃO SENSORIAL	137
<u>5. CONCLUSÕES</u>	<u>145</u>
<u>6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</u>	<u>147</u>
<u>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>148</u>
<u>ANEXO I.....</u>	<u>165</u>
<u>ANEXO II.....</u>	<u>167</u>
<u>APÊNDICE I</u>	<u>169</u>
<u>APÊNDICE II.....</u>	<u>170</u>

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Principais componentes do melão.	11
Tabela 3.1: Composição química centesimal do melão in natura.	36
Tabela 4.1: Teor de cálcio das amostras de melão submetidas aos diferentes tratamentos.	57
Tabela 4.2: Atividade de água das soluções desidratantes e do produto final submetido aos tratamentos osmóticos por duas horas.	62
Tabela 4.3: Médias de aceitação dos provadores em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global.	78
Tabela 4.4: Teor de cálcio das amostras de melão submetidas aos diferentes tratamentos.	82
Tabela 4.5: Médias de aceitação dos provadores em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global.	90
Tabela 4.6: Redução de volume das amostras desidratadas osmoticamente revestidas com coberturas de pectina (1 ou 2%) após 14 dias de armazenamento refrigerado.	93
Tabela 4.7: Taxas respiratórias (ml CO ₂ /kg.h) à 5 e 25°C das amostras fresca e processadas.	99
Tabela 4.8: Taxas de produção de etileno (em µL/kg.h de C ₂ H ₄) à 25°C e 711 mmHg das amostras fresca e processadas.	102
Tabela 4.9: Médias de aceitação dos provadores em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global das amostras durante a estocagem.	107
Tabela 4.10: Valores médios da luminosidade (L*) das amostras de melão durante o estudo da vida útil.	122
Tabela 4.11: Valores médios do croma (C*) das amostras de melão durante o estudo da vida útil.	123
Tabela 4.12: Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) das amostras de melão durante o estudo da vida útil.	124
Tabela 4.13: Valores médios de acidez total titulável (g de ácido cítrico/100 g produto) das amostras de melão durante o estudo da vida útil.	126
Tabela 4.14: Valores médios de pH das amostras de melão durante o estudo da vida útil.	127

Tabela 4.15: Valores médios de atividade de água (a_w) a 25°C das amostras de melão durante o estudo da vida útil.....	128
Tabela 4.16: Valores médios do teor de umidade das amostras de melão durante o estudo da vida útil.	129
Tabela 4.17: Valores máximos encontrados para contagem microbiológica nas amostras de melão durante o estudo da vida útil.	130
Tabela 4.18: Médias de aceitação dos provadores em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global das amostras ao longo da vida útil.....	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Transferência de massa durante a desidratação osmótica.....	17
Figura 2.2: Estrutura molecular da pectina.	29
Figura 3.1: Melão da variedade <i>Cucumis melo inodorus</i> utilizado nos experimentos deste trabalho.	35
Figura 3.2: Banho termostático utilizado nos experimentos deste trabalho.....	39
Figura 3.3: Fluxograma do processamento das amostras de melão.	49
Figura 3.4: Recipiente hermético utilizado nos ensaios para determinação da taxa respiratória.	50
Figura 4.1: Perda de Água (PA), Perda de Peso (PP) e Ganho de Sólidos (GS) das amostras de melão submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos por duas horas.	59
Figura 4.2: Tensão na Ruptura das amostras de melão fresca e submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos por duas horas.	64
Figura 4.3: Deformação na Ruptura das amostras de melão fresca e submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos por duas horas.	67
Figura 4.4: Tempo de Relaxação (A) e Tensão Residual (B) das amostras de melão fresca e submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos por duas horas.....	69
Figura 4.5: Corte transversal do mesocarpo (tecido parenquimático) de melão fresco.	72
Figura 4.6: Cortes transversais do mesocarpo (tecido parenquimático) de amostras de melão submetidas à desidratação osmótica em solução de sacarose a 40°Brix por duas horas.	73
Figura 4.7: Cortes transversais do mesocarpo (tecido parenquimático) de amostras de melão submetidas à desidratação osmótica em solução de sacarose a 60°Brix por duas horas.	74
Figura 4.8: Intenção de compra das amostras de melão desidratadas osmoticamente.....	80
Figura 4.9: Perda de Água (PA), Perda de Peso (PP) e Ganho de Sólidos (GS) das amostras de melão submetidas aos diferentes tratamentos.....	84
Figura 4.10: Tensão na Ruptura (A) e Deformação na Ruptura (B) das amostras de melão.	86

Figura 4.11: Cortes transversais do mesocarpo (tecido parenquimático) de amostras de melão.	88
Figura 4.12: Intenção de compra das amostras de melão desidratadas osmoticamente.....	91
Figura 4.13: Fotos das amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 40°Brix e 0,5% de lactato de cálcio por duas horas e revestidas com coberturas de pectina em concentrações de 1% (a) e (b) e 2% (c) e (d). Dia 0: (a) e (c) e após 14 dias de armazenamento a 5°C: (b) e (d).....	95
Figura 4.14: Fotos das amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 60°Brix e 0,5% de lactato de cálcio por duas horas e revestidas com coberturas de pectina em concentrações de 1% (a) e (b) e 2% (c) e (d). Dia 0: (a) e (c) e após 14 dias de armazenamento a 5°C: (b) e (d).....	96
Figura 4.15: Fotos das amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 40°Brix e 0,5% de lactato de cálcio por 30 minutos e revestidas com coberturas de pectina em concentrações de 1% (a) e (b) e 2% (c) e (d). Dia 0: (a) e (c) e após 14 dias de armazenamento a 5°C: (b) e (d).....	97
Figura 4.16: Fotos das amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 60°Brix e 0,5% de lactato de cálcio por 30 minutos e revestidas com coberturas de pectina em concentrações de 1% (a) e (b) e 2% (c) e (d). Dia 0: (a) e (c) e após 14 dias de armazenamento a 5°C: (b) e (d).....	98
Figura 4.17: Perda de peso das amostras submetidas aos diversos tratamentos ao longo de 14 dias de armazenamento a 5°C.....	104
Figura 4.18: Firmeza (Força máxima de penetração) das amostras submetidas aos diversos tratamentos ao longo de 14 dias de armazenamento a 5°C.	105
Figura 4.19: Imagem da superfície da amostra fresca de melão obtida a partir de um estereomicroscópio.	110
Figura 4.20: Imagens das superfícies dos cubos de melão submetidos aos diversos tratamentos obtidas a partir de um estereomicroscópio.	111
Figura 4.21: Perda de peso das amostras de melão durante o estudo da vida útil.....	114
Figura 4.22: Taxas respiratórias (ml CO ₂ /kg.h) a 5°C das amostras de melão submetidas a diferentes tratamentos durante o estudo da vida útil.	116

Figura 4.23: Teores de O ₂ e CO ₂ no interior das embalagens de poliestireno expandido envoltas em filme de PVC 20 µm contendo amostras de melão submetidas a diferentes tratamentos durante o estudo da vida útil.....	118
Figura 4.24: Firmeza (Força máxima de penetração) das amostras de melão durante o estudo da vida útil.....	120
Figura 4.25: Ajuste linear aos valores de firmeza (força máxima de penetração) das amostras de melão durante o estudo da vida útil.....	122
Figura 4.26: Cortes transversais do mesocarpo (tecido parenquimático) das amostras de melão ao longo do estudo da vida útil.....	134
Figura 4.27: Intenção de compra das amostras de melão avaliadas sensorialmente ao longo do estudo da vida útil.....	140
Figura 4.28: Fotos das amostras de melão fresco durante o estudo da vida útil. (a) após o processamento - dia 0, (b) no 5º dia, (c) no 9º dia e (d) após 14 dias de armazenamento a 5°C.....	141
Figura 4.29: Fotos das amostras de melão submetidas ao pré-tratamento em banhos com soluções de lactato de cálcio a 0,5% por 15 minutos e revestidas com coberturas de pectina em concentrações de 1% durante o estudo da vida útil. (a) após o processamento - dia 0, (b) no 5º dia, (c) no 9º dia e (d) após 14 dias de armazenamento a 5°C.....	142
Figura 4.30: Fotos das amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 40ºBrix e 0,5% de lactato de cálcio por 30 minutos e revestidas com coberturas de pectina em concentrações de 1% durante o estudo da vida útil. (a) após o processamento - dia 0, (b) no 5º dia, (c) no 9º dia e (d) após 14 dias de armazenamento a 5°C.....	143

NOMENCLATURA

a^*	parâmetro de cromaticidade (+ a^* = vermelho e - a^* = verde)
$A(t)$	área da amostra em função do tempo (m^2)
A_0	área inicial da amostra (m)
b^*	parâmetro de cromaticidade (+ b^* = amarelo e - b^* = azul)
C^*	croma
$F(t)$	força (N)
GS	incorporação de sólidos do produto desidratado (%)
H_0	altura inicial da amostra (m)
$H(t)$	altura da amostra em função do tempo (m)
k_1	elemento viscoso
k_2	elemento elástico
L^*	luminosidade
m_0	massa inicial do produto (g)
m_f	massa final do produto (g)
m_{s0}	massa inicial de sólidos na amostra (g)
m_{sf}	massa final de sólidos na amostra (g)
m_{w0}	massa inicial de água na amostra (g)
m_{wf}	massa final de água na amostra (g)
PA	perda de água do produto desidratado (%)
PP	perda de peso do produto desidratado (%)
R^2	coeficiente de regressão
S_r	tensão residual
t	tempo (s)
V_0	volume inicial da amostra (m^3)
V_f	volume final da amostra (m^3)
ΔV	redução de volume das amostras (m^3)
ϵ_H	deformação
σ_H	tensão de Hencky (Pa)
τ	tempo de relaxação (s)

RESUMO

O melão é uma fruta tropical muito popular no Brasil com elevado valor comercial e apreciado pelas suas características sensoriais. A produção de frutas minimamente processadas representa uma alternativa para a redução das perdas pós-colheita e uma maneira de agregar valor ao produto, atendendo a atual demanda do mercado por alimentos prontos para o consumo com qualidade, frescor e conveniência. Apesar da grande praticidade, estes produtos são mais susceptíveis à deterioração, devido às injúrias provocadas nos tecidos vegetais durante as etapas de descascamento e corte, tornando viável a utilização de tecnologias brandas para a sua maior conservação. Neste contexto, a proposta deste trabalho foi estudar a desidratação osmótica, com soluções de sacarose e adição de lactato de cálcio, combinada ao emprego de coberturas comestíveis de pectina, visando a manutenção da qualidade e o aumento da vida útil do melão minimamente processado. Soluções de sacarose (40 ou 60°Brix) contendo lactato de cálcio (0 a 2,0% foram utilizadas no processo osmótico realizado por duas horas a 30°C. Em uma primeira etapa do trabalho, avaliou-se o efeito do lactato de cálcio na manutenção da estrutura celular das frutas através de ensaios de microscopia óptica e propriedades mecânicas, além da aceitação sensorial do produto. Na segunda parte, ensaios com menores tempos de processo (30 e 60 minutos) também foram conduzidos, com o intuito de se obter uma maior preservação das características de qualidade do produto. Com base nos resultados obtidos, foram escolhidas as melhores condições de processo. Na etapa subsequente, estas condições selecionadas foram empregadas como pré-tratamento à aplicação das coberturas de pectina nas frutas. As frutas que não sofreram o processo osmótico foram submetidas a um tratamento com banhos de lactato de cálcio a 0,5% por 15 minutos. Todas as amostras foram imersas nas soluções de pectina em concentrações de 1 ou 2% por 2 minutos para a escolha das melhores formulações de cobertura. Finalmente, para o estudo da vida útil, amostras revestidas com cobertura de pectina, pré-tratadas osmoticamente ou com banhos de lactato de cálcio foram acondicionadas a 5°C por 14 dias, utilizando a fruta fresca como controle. O emprego de lactato de cálcio em concentrações de até 1,0% proporcionou uma preservação da estrutura das amostras e uma boa aceitação sensorial. As melhores condições de processo obtidas foram as realizadas com sacarose a 40 ou 60°Brix e adição de 0,5% de lactato de cálcio. O uso de 30 minutos de desidratação osmótica ou de banhos de lactato de cálcio previamente à imersão das amostras nas soluções de pectina foi efetivo na redução na perda de peso e na manutenção da textura das frutas, além de assegurarem maior estabilidade microbológica do produto ao longo do tempo, em comparação à fruta fresca. Entretanto, o processo osmótico combinado ao uso das coberturas comestíveis de pectina se mostrou mais eficiente na redução da taxa respiratória das amostras, bem como na preservação das suas características sensoriais e estruturais e dos seus principais atributos de qualidade durante os 14 dias de estocagem a 5°C.

Palavras-chave: melão, desidratação osmótica, lactato de cálcio, coberturas comestíveis, vida útil.

ABSTRACT

Melon is a very popular tropical fruit in Brazil with a high commercial value and appreciated due to its sensory characteristics. The production of minimally processed fruits represents an alternative to the reduction of postharvest losses and a way to add value to the product, considering the current market demand for ready-to-eat food with quality, freshness and convenience. Despite the practicality, these products are more susceptible to the deterioration, due to the tissue damages during the peeling and slicing steps, becoming viable the use of mild process and technologies to guarantee their higher conservation. In this context, the purpose of this work was to evaluate the osmotic dehydration using sucrose and calcium lactate as dehydrating agents, combined with the application of pectin edible coatings, in order to preserve the quality and extend the shelf life of minimally processed melon. The fruits were subjected to the osmotic process for two hours at 30°C with sucrose solutions (40 to 60°Brix) and calcium lactate (0 to 2,0%). In the first work step, the effect of calcium lactate on the mechanical properties, cellular structure and sensory characteristics of melon cubes was evaluated. Subsequently, treatments with lower process times (30 or 60 minutes) were also used, aiming at a higher maintenance of product quality characteristics. According to the results obtained, the best osmotic conditions were chosen. In the following procedure, these conditions previously selected were employed as pre-treatments to the pectin edible coating applications. Samples without osmotic treatment were subjected to a calcium dip treatment at 0,5% for 15 minutes. All the fruit pieces were immersed in a 1% or 2% pectin solution for 2 minutes to the selection of the best coating formulations. In the last step, the shelf life study was carried out with osmodehydrated or calcium dipped samples coated with pectin solutions and the fresh fruit was employed as a reference treatment. The three samples were packaged and stored at 5°C for 14 days. The calcium lactate when used at concentrations of up to 1,0% provided a fruit structure preservation and a good sensory acceptance. The best osmotic dehydration conditions obtained were the treatments performed using sucrose solutions at 40 or 60°Brix with the calcium salt addition. Furthermore, the use of 30 minutes of osmotic process or calcium lactate dips were effective in weight loss reduction and samples texture preservation, promoting also a higher microbiological stability throughout the shelf life study, in comparison to fresh fruit. However, the osmotic process in association to the pectin edible coatings showed a great influence in fruits respiration rates decrease, as well as in the maintenance of sensory and structural characteristics and main quality attributes along the 14 days of storage at 5°C.

Keywords: melon, osmotic dehydration, calcium lactate, edible coatings, shelf life.

1. INTRODUÇÃO

A demanda por frutas e hortaliças minimamente processadas vem evoluindo continuamente devido às mudanças no estilo de vida e nos padrões de consumo dos alimentos. A inserção da mulher no mercado de trabalho, a redução do tamanho das famílias e o aumento do número de pessoas morando sozinhas, aliados à falta de tempo para o preparo das refeições em casa têm levado o consumidor a procurar produtos com maior qualidade, praticidade e conveniência. Por estes motivos, atualmente os produtos minimamente processados têm alcançado grande sucesso no mercado, apresentando-se como um nicho de mercado promissor para o setor varejista e para as empresas de serviços de alimentação. Apesar dessa nova tendência de mercado, o consumo de produtos minimamente processados é ainda pequeno, representando apenas 2,9% do volume total de frutas e hortaliças comercializados no Brasil (MORETTI, 2007; SILVA, 2008).

O processamento mínimo é um conceito recente de comercialização que surgiu da necessidade de consumo destes alimentos de forma rápida, sem a necessidade de limpeza e descascamento, facilitando portanto o seu preparo. Abrange tecnologias e métodos de preservação de alimentos, os quais modificam o mínimo possível os atributos de qualidade e o frescor inerentes aos mesmos, gerando um produto de maior valor agregado, porém mais perecível (JACOMINO *et al.*, 2004).

A maior susceptibilidade à deterioração das frutas minimamente processadas ou prontas para o consumo é devido principalmente às injúrias provocadas nos tecidos vegetais durante as etapas de descascamento e corte. O estresse sofrido durante o processamento mínimo pode resultar na liberação de enzimas que aceleram a degradação do produto, ocorrendo também aumento da contaminação microbiológica, devido à maior exposição da superfície do alimento ao oxigênio. Esses fatores geram respostas fisiológicas como aumento da taxa respiratória e da produção de etileno, além de alterações nas características sensoriais e nutricionais do produto e redução da sua vida de prateleira (RICO *et al.*, 2007a).

Diante da elevada perecibilidade das frutas minimamente processadas, a aplicação de processamentos brandos dentro do conceito de tecnologias de barreiras pode representar

uma alternativa viável para a preservação das características de qualidade e o aumento da vida de prateleira de frutas e hortaliças minimamente processadas (ALZAMORA *et al.*, 1997).

O melão é uma fruta tropical de elevado valor comercial, sendo também apreciado por suas características sensoriais, mas apresenta uma vida útil pós-colheita relativamente curta à temperatura ambiente, o que tem dificultado consideravelmente a sua comercialização nos mercados mais distantes dos centros de produção, contribuindo, desse modo, para o elevado índice de desperdício desse fruto. O teor de sólidos solúveis do melão representa um importante aspecto de qualidade. Na tentativa de prolongar o período de vida útil pós-colheita, o melão é freqüentemente colhido antes da sua completa maturação, não alcançando o teor mínimo de sólidos solúveis totais de 10°Brix, utilizado como guia de mercado para a aceitação do produto em muitos países (ALVES, 2000).

O aumento do cultivo do melão nos últimos anos no Brasil e as maiores exigências dos consumidores em relação às frutas para consumo *in natura* têm incentivado pesquisas para a determinação de padrões de qualidade, visando estabelecer critérios físico-químicos que possam viabilizar um sistema de controle de qualidade pós-colheita dos frutos (MENDONÇA *et al.*, 2004). Adicionalmente, as perdas de frutas e hortaliças devido à ausência de tratamentos e manuseio pós-colheita adequados e à falta de treinamento e infraestrutura para o processamento e conservação dificultam a comercialização dos hortifrutis em países emergentes como o Brasil, onde os índices estimados podem atingir cifras da ordem de 30% da produção (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Deste modo, a utilização do processo de desidratação osmótica em produtos minimamente processados pode representar uma alternativa tecnológica viável para a redução das perdas pós-colheita e manutenção da qualidade do produto final, garantindo um maior aproveitamento da disponibilidade das frutas no país. A perda de água e o ganho de sólidos ao longo do processo e a redução da atividade de água do produto final podem contribuir para o aumento da sua vida de prateleira, gerando frutas com maior teor de açúcar, melhor qualidade sensorial e mais estáveis à deterioração química e microbiana.

Apesar dos possíveis benefícios da aplicação do processo de desidratação osmótica no desenvolvimento das frutas minimamente processadas, alterações estruturais refletindo nas características de textura são observadas no produto final, devido às alterações físicas e químicas decorrentes dos fluxos de transferência de massa durante o processo osmótico (CHIRALT *et al.*, 2001; PEREIRA, 2006).

Uma maneira de preservar a integridade estrutural dos alimentos desidratados osmoticamente é através da adição de sais de cálcio na solução desidratante. Além da utilização de métodos de impregnação, como a desidratação osmótica, a aplicação de cálcio nos produtos minimamente processados também pode ser realizada por meio de banhos em soluções contendo íons cálcio. O efeito firmador do Ca^{+2} na estrutura celular de frutas e hortaliças processadas pode ser explicado pela interação entre os íons de cálcio e a pectina da parede celular, proporcionando maior rigidez na sua estrutura (MARTÍN-DIANA *et al.*, 2007).

Indústrias alimentícias e pesquisadores têm demonstrado interesse crescente nas coberturas e filmes comestíveis, principalmente devido a sua biodegradabilidade e ao fato de que podem ser produzidas a partir de biopolímeros como proteínas e polissacarídeos, que são recursos renováveis. Além disso, o aumento das exigências dos consumidores por alimentos como frutas e hortaliças minimamente processados também tem contribuído para o maior número de pesquisas nessa área. Muitos trabalhos recentes estão explorando o potencial das coberturas comestíveis a base de polissacarídeos com o intuito de se preservar a qualidade e estender a vida útil dos produtos frescos. As coberturas criam um efeito de “atmosfera modificada” sobre as frutas minimamente processadas, devido à formação de um filme semi-permeável na superfície do produto que apresenta permeabilidade seletiva ao O_2 e CO_2 , podendo assim reduzir a perda de peso e as taxas respiratórias do produto ao longo da estocagem, retardando o seu amadurecimento (OLIVAS & BARBOSA-CÁNOVAS, 2005; OMS-OLIU *et al.*, 2007a).

Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar o emprego da desidratação osmótica com adição de lactato de cálcio para preservação da estrutura celular, associada ao uso de coberturas comestíveis a base de pectina no desenvolvimento de melão minimamente processado, apresentando os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar o efeito do emprego de um aditivo (lactato de cálcio), da concentração de sacarose e de diferentes tempos de desidratação na transferência de massa do processo osmótico de cubos de melão, com o intuito de se melhorar a qualidade sensorial dos produtos osmoticamente desidratados;
- Verificar a influência do lactato de cálcio na manutenção das propriedades mecânicas e da estrutura celular dos melões osmoticamente desidratados através de ensaios de tensão na ruptura, tempo de relaxação e microscopia óptica;
- Determinar a melhor condição de desidratação osmótica para ser empregada como pré-tratamento à aplicação das coberturas comestíveis a base de pectina;
- Verificar a viabilidade do emprego de coberturas comestíveis de pectina nas frutas, com ou sem pré-tratamento osmótico, na conservação e manutenção das características de qualidade do melão minimamente processado, visando assegurar uma maior vida útil;
- Analisar o efeito da aplicação das coberturas comestíveis a base de pectina na vida útil das frutas pré-tratadas osmoticamente com soluções de sacarose adicionadas de lactato de cálcio ou pré-tratadas com banhos de lactato de cálcio;
- Avaliar a influência dos pré-tratamentos realizados nas alterações da estrutura celular das amostras durante o estudo da vida útil;
- Verificar a aceitação do produto final pelo consumidor.

Para atender a esses objetivos, o trabalho foi dividido em quatro principais etapas:

Primeira Etapa: Efeito do lactato de cálcio nas propriedades mecânicas, estrutura celular e na aceitação sensorial de cubos de melão desidratados osmoticamente

Nesta etapa, foi realizado o estudo da desidratação osmótica de pedaços de melão com adição de lactato de cálcio, visando a preservação da estrutura celular, sem prejudicar as características de qualidade e a aceitação sensorial do produto. As frutas foram desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a concentrações de 40 ou 60°Brix durante duas horas, condições previamente otimizadas no trabalho de mestrado de FERRARI (2005). O lactato de cálcio foi adicionado à solução osmótica em concentrações variando de 0 a 2,0% (p/p). Foram avaliadas as propriedades mecânicas (tensão e deformação na ruptura, tempo de relaxação e tensão residual), a atividade de água, a estrutura celular através de ensaios de microscopia óptica e a aceitação sensorial do produto para escolha da melhor concentração de sal. O processo osmótico foi ainda avaliado pela perda de peso (PP), perda de água (PA), ganho de sólidos (GS) e teor de cálcio incorporado na fruta. A fruta fresca também foi submetida às análises de atividade de água, propriedades mecânicas, estrutura celular e teor de cálcio para efeito de comparação. Com base nos resultados desta etapa do trabalho, escolheram-se as melhores condições de processo, vinculando as propriedades estruturais, físicas e sensoriais do produto final.

Segunda Etapa: Ensaio de desidratação osmótica realizados a menores tempos de processo

Após a escolha das melhores condições de processo na etapa anterior, menores tempos de desidratação (30 e 60 minutos) foram avaliados, devido a alguns problemas observados em um ensaio preliminar realizado, utilizando-se as condições osmóticas obtidas da etapa precedente como pré-tratamento à aplicação das coberturas comestíveis a base de pectina nos cubos de melão. Estas amostras foram armazenadas por 14 dias à temperatura de 5°C para uma avaliação visual do produto ao longo da estocagem. Durante

este período, verificou-se liberação excessiva de água no interior da embalagem e encolhimento em algumas amostras, comprometendo a aparência das mesmas. Assim, ensaios com menores tempos de tratamento osmótico foram conduzidos, visando a obtenção de uma melhor aceitação sensorial do produto, uma maior preservação das suas características de qualidade e menor perda de peso ao longo da estocagem. Para a definição do tempo de processo, foram determinadas a perda de água e de peso e a incorporação de açúcares e o teor de cálcio na fruta ao final do processo. Testes sensoriais foram realizados, a fim de se avaliar a aceitação do produto pelo consumidor. O efeito do lactato de cálcio na manutenção da estrutura celular das frutas foi também avaliado, através de ensaios de microscopia óptica e análise das propriedades mecânicas (tensão e deformação na ruptura).

Terceira Etapa: Estudo do emprego de coberturas comestíveis a base de pectina nos pedaços de melão desidratados osmoticamente ou pré-tratados com banho de cálcio

Nesta etapa as amostras de melão foram desidratadas osmoticamente nas melhores condições determinadas nas etapas anteriores e então imersas nas soluções com as coberturas de pectina em concentrações de 1 ou 2%. Amostras que não sofreram o processo osmótico também foram avaliadas, sendo que neste caso as frutas foram submetidas a um tratamento prévio em banhos com soluções de lactato de cálcio a 0,5% para a complexação dos íons Ca^{+2} com a pectina, facilitando a aderência da cobertura na superfície da amostra. Foram realizadas as determinações das taxas respiratórias do produto (O_2 consumido e CO_2 liberado) e produção de etileno durante a respiração à temperatura de estocagem (5°C) e a 25°C para comparação e avaliação do efeito da desidratação osmótica e das coberturas no metabolismo das frutas. Análises microscópicas, com o uso de um estereomicroscópio, foram feitas com o intuito de se verificar a uniformidade das coberturas e a sua aderência no produto final. Para escolha da melhor formulação, as amostras foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido (EPS), embaladas em filme de PVC de $20\mu\text{m}$ com permeabilidade conhecida e estocadas a 5°C durante 14 dias. As frutas foram submetidas às análises periódicas de perda de peso, textura, composição gasosa no interior das embalagens e avaliação sensorial.

Quarta Etapa: Estudo da vida de prateleira de cubos de melão recobertos com pectina pré-processados osmoticamente ou pré-tratados com banho de cálcio

As amostras revestidas com coberturas a base de pectina, previamente desidratadas osmoticamente ou submetidas a um tratamento com soluções de lactato de cálcio foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido (EPS), embaladas em filme de PVC de 20µm com permeabilidade conhecida e estocadas a 5°C durante 14 dias, utilizando a fruta fresca como controle. Durante o armazenamento, foram analisados alguns atributos de qualidade periodicamente (teor de sólidos solúveis, pH, acidez, umidade, atividade de água, análises microbiológicas, cor, textura e perda de peso), além da avaliação da composição gasosa no interior da embalagem, das taxas respiratórias e a realização de uma análise sensorial para verificar a aceitação do produto e a intenção de compra pelo consumidor. Foram realizados também ensaios de microscopia óptica ao longo da vida de prateleira, a fim de se verificar os efeitos dos diferentes processos na estrutura celular das frutas durante o armazenamento e vincular as propriedades estruturais com as mudanças na textura da fruta durante o período de armazenamento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Melão

O melão (*Cucumis melo* L.) é originário da região central da Ásia e também da África, de onde teria sido levado para a Europa no início da Era Cristã. Fruta conhecida e cultivada há muitos séculos, sabe-se que o melão era muito apreciado entre os romanos. Supõe-se ainda que os melões, bem como as melancias, eram também cultivados pelos habitantes do Egito antigo (SILVA & TASSARA, 1996).

O Brasil é atualmente um dos maiores produtores de melão do mundo com uma área colhida de aproximadamente 15 mil hectares, correspondendo a uma produção anual superior a 350 mil toneladas. A Região Nordeste é responsável por 95% da produção nacional, sendo que o estado do Rio Grande do Norte, por possuir condições climáticas que favorecem a cultura do meloeiro, destaca-se como o maior produtor e exportador de melão do país, seguido pelos estados do CE, BA e PE, enquanto que na Região Sul o estado do Rio Grande do Sul lidera a produção, com aproximadamente 3,5% (SIDRA, 2008).

Atualmente, o melão é cultivado em mais de 70 países, em regiões de clima tropical, sendo que a produção mundial do fruto em 2007 foi de aproximadamente 27 milhões de toneladas, com a China, a Turquia, o Irã, os Estados Unidos e a Espanha respondendo por mais de 60% da produção anual. É a oitava fruta produzida mundialmente e está entre as dez principais frutas frescas mais exportadas, com um mercado internacional estimado em mais de 1,6 milhão de toneladas por ano, no qual o Brasil é o quinto maior exportador do mundo, responsável por cerca de 7% das exportações mundiais (FAO, 2008).

O melão pertence à família *Cucurbitácea*, sendo que as formas botânicas diferenciam-se quanto aos aspectos de sensibilidade ao frio, capacidade de conservação, atividade metabólica e, sobretudo, em forma, tamanho de fruto e estrutura da casca e da polpa. Os frutos produzidos comercialmente estão divididos em dois grupos: *Cucumis melo inodorus* Naud. e *Cucumis melo cantaloupensis* Naud., que correspondem, aos melões inodoros e aos aromáticos, respectivamente. Os frutos do primeiro grupo são os

denominados melões de inverno, que apresentam frutos com casca lisa ou levemente enrugada, coloração amarela, branca ou verde-escura. Neste grupo, encontram-se as variedades preferencialmente cultivadas no Brasil representadas pelo melão amarelo, cuja produção é em torno de 70% da produção nacional. Os frutos do segundo grupo incluem os melões anteriormente classificados como das variedades *Cucumis melo reticulatus* e *Cucumis melo cantaloupeensis*, possuem frutos com superfície rendilhada, verrugosa ou escamosa, podendo ou não apresentar gomos, polpa com aroma característico, de coloração alaranjada, salmão ou verde (KANO, 2002; ALVES, 2000).

Algumas variedades da fruta são climatéricas, ou seja, apresentam um aumento da atividade respiratória durante o amadurecimento, associado à elevada biossíntese de etileno nesta fase, porém o mesmo não é observado no caso do melão amarelo (KANO, 2002; ALMEIDA *et al.*, 2001). Diferentemente de outros frutos como a maçã e banana, o melão não possui reserva de amido. Este polissacarídeo, quando em alta concentração no fruto, contribui de forma significativa para o aumento do teor de sólidos solúveis durante o amadurecimento. Assim, para o fruto ser considerado comercializável, ele deve ser colhido no estágio correto de maturação, ou seja, com teor de sólidos solúveis superior a 10°Brix (ALVES, 2000; FRUTAS E HORTALIÇAS: FONTE DE PRAZER E SAÚDE, 2006).

Além do teor de sólidos solúveis, a textura é um indicador da vida útil pós-colheita do melão muito importante, estando relacionada à qualidade dos frutos, que devem apresentar polpa firme para suportar as operações de transporte e manuseio até o mercado consumidor, de modo que cheguem ao local de destino em condições satisfatórias. Por sua vez, a cor apresenta importância tecnológica, pois pode ser utilizada como índice de transformações naturais dos produtos frescos (MENDONÇA *et al.*, 2004; ALVES, 2000).

A época do plantio dos frutos também representa um papel importante na qualidade pós-colheita do melão. Na maioria dos países produtores de melão, evita-se o plantio no período das chuvas, durante o qual as condições são mais favoráveis ao aparecimento de doenças, além de existir uma correlação negativa com a qualidade do produto. Na região de Mossoró, Rio Grande de Norte, principal pólo produtor de melão do Brasil, o plantio é iniciado geralmente no período de junho a julho, estendendo-se até fevereiro (ALVES, 2000).

O melão é um fruto rico em água (aproximadamente 90%), sua porção comestível representa 55% do fruto, possui valor energético relativamente baixo (20 a 40 kcal/100g de polpa) e é bastante apreciado em climas quentes por ser muito refrescante. Mais de 97% dos sólidos solúveis totais no melão são açúcares, com a sacarose representando 50% dos sólidos solúveis totais. Durante o desenvolvimento do melão, o conteúdo de açúcares solúveis totais é baixo, sendo composto de glicose e frutose em iguais concentrações, mas no início do amadurecimento há uma elevação rápida no teor de açúcares, devido a um aumento predominante de sacarose, porém sem alterações na quantidade de glicose e frutose presentes na fruta (MENEZES, 1996).

O valor nutritivo do fruto encontra-se principalmente no conteúdo de açúcares que representa em média 5% do peso fresco da polpa e no teor de vitaminas (B1, B2, C e A). Além disso, comparado a outros frutos e hortaliças, o melão é rico em elementos minerais, particularmente potássio, sódio e fósforo. A sua composição química é apresentada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Principais componentes do melão.

Componentes	Quantidade (%)
Água	91,0
Proteínas	1,0
Lipídeos	Traços
Carboidratos	8,0
Fibra	0,3
Cinzas	0,5
Valor calórico	29 kcal/100g

Fonte: Tabela brasileira de composição de alimentos (TACO, 2006).

Segundo ARRUDA *et al.* (2007) e MIGUEL (2008), o melão se mostra como uma das frutas mais promissoras para o processamento mínimo, devido à sua grande aceitação pelos consumidores. Além disso, o melão “in natura” é pouco conveniente para consumo individual, uma vez que os frutos são grandes, exigindo preparo, como o descascamento, corte e a eliminação das sementes, antes de consumi-lo. Entretanto, o principal desafio na obtenção do melão minimamente processado é a dificuldade para padronizar a matéria-prima, em razão de problemas relacionados ao seu ponto de colheita e transporte.

2.2. Processamento Mínimo

O processamento mínimo de frutas e hortaliças é um conceito recente que envolve uma combinação de técnicas brandas de processamento, desenvolvidas em condições pré-estabelecidas de higiene e sanitização, com o intuito de se manter as características de fruta fresca. O processamento mínimo inclui operações de seleção, lavagem, sanitização, descascamento, corte, centrifugação, embalagem, armazenamento e comercialização, proporcionando um aumento do valor agregado do produto final (BASTOS, 2006).

Atualmente não existe uma legislação específica vigente no Brasil para produtos minimamente processados. Muitas pesquisas estão sendo realizadas com o objetivo de aumentar a garantia de que estes produtos atendam aos mais altos padrões sanitários, de segurança e de qualidade. De acordo com um grupo de trabalho da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) – São Paulo criado em 2006, os produtos minimamente processados podem ser definidos como frutas ou hortaliças higienizadas e embaladas que foram submetidas a processos técnicos, preservando suas características sensoriais e tornando-as prontas para o consumo *in natura* ou para preparo culinário (PERES, 2008).

Os produtos minimamente processados vêm ganhando proporção significativa no mercado de frutas e hortaliças “*in natura*”, desde a sua introdução nos canais de distribuição dos EUA, cerca de 30 anos atrás. Somente no ano de 2006, o mercado norte-americano movimentou entre 8 e 10 bilhões de dólares em frutas e hortaliças minimamente processadas, representando cerca de 13% das vendas do setor de produtos frescos (MORETTI, 2007). Além da comercialização destes produtos no varejo, nos países desenvolvidos cerca de 70% das frutas e hortaliças minimamente processadas são utilizadas no mercado institucional por serem práticas e apresentarem elevada qualidade nutricional e sensorial (BASTOS, 2006).

No Brasil, a tecnologia de processamento mínimo surgiu na década de 90. Desde então, nota-se crescimento tanto na pesquisa, como na comercialização destes produtos. Este crescimento está relacionado principalmente a mudanças do hábito alimentar da população, que cada vez mais exige produtos frescos, com maior praticidade e conveniência. Além disso, a melhoria da qualidade inicial da matéria-prima e das

tecnologias empregadas na pós-colheita dos alimentos vegetais também contribuíram para o crescimento do mercado desses produtos. Entretanto, não existem estatísticas oficiais sobre o volume comercializado dos produtos minimamente processados no país (JACOMINO *et al.*, 2004).

Apesar do crescimento do mercado de minimamente processados no Brasil, a comercialização desses produtos está praticamente circunscrita a médios e grandes centros urbanos como São Paulo, Belo Horizonte, Brasília, Rio de Janeiro e algumas capitais das regiões Nordeste e Sul. No estado de São Paulo, um significativo número de supermercados comercializa produtos minimamente processados, sendo que o maior consumo situa-se entre as classes A e B da população (MORETTI, 2007). Os principais entraves ao maior crescimento deste mercado continuam sendo ainda o restrito número de empresas com capacidade de manter qualidade com constância e quantidade e o elevado preço do produto. As dificuldades no preparo, aliadas à alta perecibilidade das frutas, cadeia de frio pouco eficiente e falta de tecnologias, tornam o processo oneroso, refletindo no preço final do produto, que é muito discrepante quando comparado às frutas inteiras sem processamento. Deste modo, há necessidade de desenvolvimento de tecnologias que proporcionem extensão da vida útil do produto, o que poderá diminuir as perdas, facilitar a logística de distribuição aos centros de comercialização mais distantes e aumentar a satisfação do consumidor (JACOMINO *et al.*, 2004).

Um dos maiores problemas dos produtos minimamente processados é a sua rápida deterioração. As frutas e hortaliças continuam seus processos vitais mesmo após a colheita e, conseqüentemente, a respiração e outros processos metabólicos associados ao amadurecimento e senescência continuam ativos. Assim, as injúrias provocadas nos tecidos durante as operações de manuseio e corte levam a um aumento da taxa respiratória e da produção de etileno, ocorrendo também liberação de enzimas que aceleram a degradação do produto, resultando numa curta vida de prateleira (FONSECA *et al.*, 2002).

Segundo AHVENAINEN (1996), alguns fatores podem influenciar a qualidade sensorial e microbiológica dos produtos minimamente processados, aumentando a sua vida útil, tais como: boa qualidade da matéria-prima e da água utilizada, higiene adequada e boas práticas de fabricação, uso de baixas temperaturas no processamento, limpeza

cuidadosa da matéria-prima antes e depois do descascamento, uso de sanitizantes eficientes, descascamento e corte cuidadosos, além do emprego de embalagens e armazenamento adequados.

Novas tecnologias têm sido propostas para se estender a vida de prateleira destes produtos e manter as suas características sensoriais. Dentre estes métodos, pode-se destacar: tratamentos térmicos à alta pressão, irradiação ionizante, uso de banhos com soluções contendo sais de cálcio, utilização de coberturas comestíveis, embalagens ativas e embalagens sob atmosfera modificada associadas ao armazenamento refrigerado (SOLIVA-FORTUNY & MARTÍN-BELLOSO, 2003; RICO *et al.*, 2007a).

Uma outra alternativa é a tecnologia de barreiras ou métodos combinados, que consiste na aplicação de uma combinação de diferentes métodos de conservação, os quais agindo de maneira sinérgica, contribuem para a garantia da qualidade dos produtos minimamente processados. As barreiras mais importantes e comumente usadas na preservação dos alimentos são baseadas no controle da temperatura, atividade de água, acidez, potencial redox e incluem também o uso de atmosfera modificada. Uma seleção cuidadosa das barreiras deve ser feita, visando prevenir o crescimento microbiano no produto, sem que ocorra perda de qualidade no alimento (RICO *et al.*, 2007a).

A respiração é um processo metabólico responsável pelo fornecimento de energia para a ocorrência dos processos bioquímicos das plantas. Consiste na quebra oxidativa, através de reações enzimáticas, das reservas orgânicas, produzindo CO₂ e O₂ com liberação de energia (FONSECA *et al.*, 2002). Por sua vez, o etileno é um hormônio vegetal que pode atuar no crescimento, desenvolvimento e senescência, mas principalmente no amadurecimento de frutas climatéricas, sendo fisiologicamente ativo em baixas concentrações, na ordem de ppm e ppb. Baixos níveis de oxigênio e elevados níveis de gás carbônico na atmosfera de armazenamento dos vegetais minimamente processados reduzem a síntese do etileno e a ação deste sobre o metabolismo dos frutos. Desta forma, para frutas climatéricas, a diminuição de oxigênio e o aumento de dióxido de carbono agem retardando o amadurecimento, não só por sua influência na respiração do tecido vegetal, mas também por seu efeito inibitório sobre a ação do etileno. Entretanto, deve-se considerar que existe um limite mínimo necessário de oxigênio para evitar que ocorra respiração anaeróbica, o

que resulta em desordens fisiológicas e perda de qualidade, devido ao desenvolvimento de “off-flavors” (KLUGE *et al.*, 2002).

Outro fator que influencia a taxa de respiração de um tecido vegetal vivo é a temperatura. Em temperaturas superiores a 10°C, há um aumento da concentração de gás carbônico devido à intensificação do metabolismo e proliferação microbiana. Assim, recomenda-se o uso de baixas temperaturas durante o armazenamento para uma maior conservação das frutas e hortaliças; no entanto, temperaturas abaixo da adequada para cada produto podem provocar injúrias fisiológicas no tecido, levando ao aumento da respiração (KADER & SALTVEIT, 2003; FONSECA *et al.*, 2002).

Sabe-se que em produtos minimamente processados, as operações de corte durante o processamento resultam em desordens fisiológicas (SOLIVA-FORTUNY & MARTÍN-BELLOSO, 2003). Portanto, além do aumento da atividade respiratória e da produção de etileno, outras alterações podem ocorrer nestes produtos como o aumento da contaminação por microrganismos, escurecimento enzimático, oxidação de lipídeos, aumento na perda de água e perda de vitaminas hidrossolúveis, além da indução do metabolismo de compostos fenólicos que podem afetar o aroma, sabor, aparência e valor nutricional das frutas minimamente processadas. O resfriamento imediato dos vegetais após a colheita pode retardar as reações causadas pela injúria mecânica, pois inibe a taxa respiratória e a perda de umidade, preservando a qualidade e aumentando sua vida útil. Os danos mecânicos provocados nas células pelo processamento são a maior limitação dos produtos minimamente processados (JACOMINO *et al.*, 2004; SARANTÓPOULOS & ANTONIO, 2006).

A qualidade microbiológica dos produtos minimamente processados também é de extrema importância, uma vez que estes alimentos constituem ótimos meios de crescimento microbiano, devido às injúrias nos tecidos e ao alto teor de umidade dentro das embalagens, o que aumenta o seu potencial de deterioração. Por serem muito manipulados, estes produtos podem ter sua microbiota aumentada, alterada e eventualmente, veicular microrganismos patogênicos (SASAKI, 2005). Os riscos de contaminação são ainda maiores no denominado mercado informal e não fiscalizado dos produtos minimamente processados, no qual o processamento é realizado sob precárias condições de higiene e sem

preocupações quanto à qualidade da água ou a procedência da matéria-prima (SILVA, 2008). Por outro lado, segundo MARTÍN-BELLOSO (2007), as novas técnicas de processamento e preservação têm criado rotas alternativas para o crescimento microbiano, sendo que incidência de patógenos entéricos, tais como a *Escherichia coli* O157:H7 e a *Salmonella*, em produtos vegetais prontos para o consumo tem aumentado nos últimos anos. Portanto, tais fatores tornam cada vez mais necessário um controle rígido de todas as etapas do processamento mínimo, além de investimentos na elaboração de uma legislação nacional específica para alimentos minimamente processados, com objetivo de se garantir a segurança e a qualidade desses produtos.

2.3. Desidratação Osmótica

A demanda do consumidor por frutas processadas com características sensoriais semelhantes ao produto fresco tem contribuído para os estudos relacionados com a desidratação osmótica, revelando a eficiência da utilização dessa técnica no desenvolvimento de novos produtos e agregando valor aos produtos de frutas existentes no mercado (CHIRALT & TALENS, 2005; PEREIRA *et al.*, 2004).

A desidratação osmótica é um processo brando de conservação dos alimentos. Apesar da redução do conteúdo de umidade do alimento durante o processo, a atividade de água final do produto ainda é muito alta, sendo necessários tratamentos adicionais para garantir a estabilidade microbiológica do alimento. A utilização da desidratação osmótica como pré-tratamento aos processos de secagem, congelamento, fritura e branqueamento tem sido estudada por vários pesquisadores como SOUZA *et al.* (2007), FERNANDES *et al.* (2006), RODRIGUES & FERNANDES (2007), BUGGENHOUT *et al.* (2008), DELGADO & RUBIOLO (2005), TAIWO & BAIK (2007), FLOURY *et al.* (2008) e ESCOBAR *et al.* (2007), obtendo-se em todos os casos produtos com boa qualidade sensorial e nutricional e mais estáveis à contaminação microbiológica e à deterioração química.

O processo osmótico consiste basicamente na remoção do conteúdo de água do produto com um aumento simultâneo de sólidos por efeito da pressão osmótica, o que

ocorre por imersão do alimento sólido (inteiro ou em pedaços) em uma solução hipertônica de um ou mais solutos (agente desidratante) por um tempo e temperatura específicos. Além dos fluxos de saída de água e entrada de solutos no alimento, observa-se um terceiro fluxo de saída de alguns solutos de baixo peso molecular do próprio produto (açúcares, ácidos orgânicos, sais minerais e vitaminas), que ocorre em quantidades desprezíveis, mas exerce uma importante influência com relação à composição e qualidade do produto final. A perda de sólidos do alimento está relacionada ao fato de a membrana plasmática – membrana semi-permeável responsável pelo controle da entrada e saída de substâncias da célula – não ser perfeitamente seletiva, permitindo a saída de alguns solutos do alimento, juntamente com a água. (CHIRALT & FITO, 2003).

A Figura 2.1 mostra o esquema dos fluxos de transferência de massa durante o processo de desidratação osmótica.

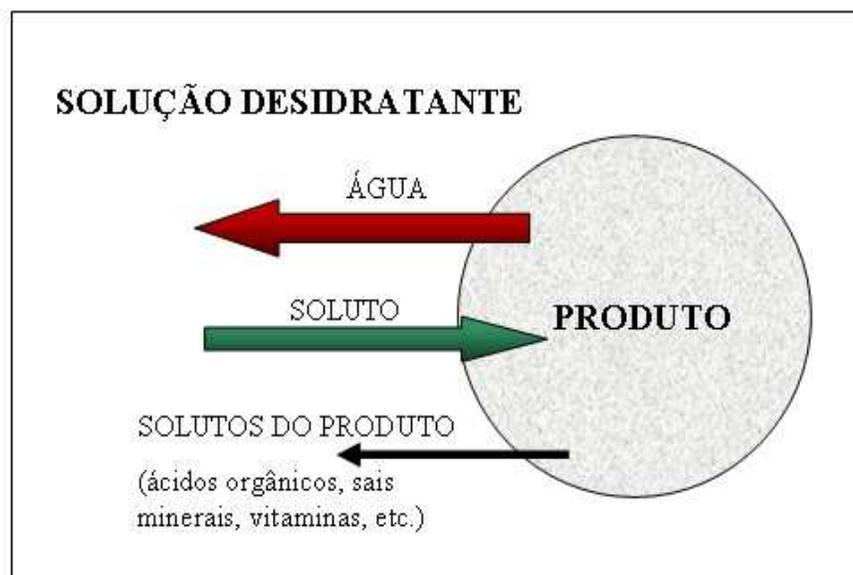


Figura 2.1: Transferência de massa durante a desidratação osmótica (RAOULT-WACK, 1994).

O processo de desidratação osmótica apresenta diversas vantagens sobre outros métodos, tais como: redução da injúria térmica, com preservação da textura, retenção de vitaminas e estabilização da cor, diminuindo o escurecimento enzimático; diminuição do tempo de secagem, quando utilizada como pré-tratamento à secagem convencional por convecção (RAOULT-WACK, 1994). De acordo com FITO *et al.* (2001), a característica

diferencial da desidratação osmótica em relação a outros processos de desidratação de alimentos é a possibilidade de modificar a sua formulação através da incorporação de solutos na estrutura porosa das frutas e hortaliças. Esses solutos podem ser depressores de pH ou de atividade de água, componentes fisiologicamente ativos, antimicrobianos, entre outros, que possam favorecer a preservação sensorial e nutricional dos produtos, além de formular produtos funcionais, estáveis e mais próximos aos frutos.

Por outro lado, dentre as desvantagens do processo estão os problemas associados à alta viscosidade da solução que representa uma resistência à transferência de massa, as mudanças estruturais refletidas diretamente nas características de textura do produto e o ganho de sólidos elevado, dependendo das condições de processo, afetando o perfil nutricional do alimento. Além disso, como a desidratação osmótica nem sempre resulta em um produto com estabilidade microbiológica, geralmente é necessária a utilização de um processamento complementar e/ou adição de aditivos (RAOULT-WACK, 1994).

Vários fatores influenciam os fenômenos de transferência de massa entre a fruta e o meio desidratante: tipo e concentração do agente desidratante, temperatura, tempo de processo, agitação, presença de aditivos, tamanho e geometria do produto e proporção fruta/solução (RASTOGI *et al.*, 2002). Dentre as variáveis de processo, a composição da solução osmótica, ou seja, o tipo de soluto e a concentração utilizada, está diretamente relacionada às alterações nutricionais e propriedades sensoriais do produto final (PEREIRA, 2006).

Para a escolha do agente desidratante existem considerações a serem feitas, como as mudanças no valor nutritivo e nas propriedades sensoriais do produto final e o custo do processo. A solução desidratante usada promove o abaixamento da atividade de água e, além disso, o soluto deve ser inócuo e de gosto agradável. A sacarose é o agente desidratante mais utilizado para frutas em virtude de sua eficiência, conveniência, custo e sabor desejável proporcionado à fruta. Entretanto, outros dissacarídeos têm sido empregados no processo osmótico como a maltose e trealose, devido ao seu maior efeito protetor na preservação da estrutura celular (DERMESONLOUOGLOU *et al.*, 2007; GIANNAKOUREU & TAOUKIS, 2003; PEREIRA *et al.*, 2008).

A transferência de massa é favorecida pelo aumento da concentração da solução desidratante. O uso de xaropes altamente concentrados, próximos à saturação, provoca um efeito maior na perda de água do produto e reduz as perdas de solutos hidrossolúveis, como vitaminas e sais minerais, devido à formação de uma camada de soluto ao redor da fruta, impedindo a saída dessas substâncias (RASTOGI *et al.*, 2002).

O efeito da concentração da solução osmótica na transferência de massa do processo já foi estudado por vários pesquisadores (GARCIA *et al.*, 2007; FALADE *et al.*, 2007; SINGH *et al.*, 2007; AZOUBEL & SILVA, 2008; RASTOGI & RAGHAVARAO, 2004). Maiores difusões de água e de açúcar são verificadas com o aumento da concentração da solução osmótica. Porém, alguns autores verificaram que a maior viscosidade das soluções mais concentradas diminui a transferência de massa durante o processo, limitando a incorporação de açúcar. Por outro lado, dependendo das condições de processo, um ganho de sólidos elevado, pode afetar o perfil nutricional e sensorial do alimento.

O processo osmótico também tem sido utilizado como barreira, dentro do conceito da tecnologia dos obstáculos, para o desenvolvimento de frutas a alta umidade. A suave redução da atividade de água e a possível incorporação de aditivos como antimicrobianos e depressores de pH favorecidas pelo processo, associada a outras técnicas de preservação, como acondicionamento em embalagens com atmosfera modificada e armazenamento refrigerado podem fornecer produtos estáveis à temperatura ambiente, de qualidade e com características similares à fruta fresca (PEREIRA *et al.*, 2004; RODRIGUES *et al.*, 2006).

Em um estudo com pedaços de mamão minimamente processados, RODRIGUES *et al.* (2006) avaliaram o efeito da desidratação osmótica empregando soluções de sacarose, lactato de cálcio e ácido láctico e do uso de embalagens sob atmosfera modificada nas características de qualidade das frutas durante o estudo da vida de prateleira a 5°C por 15 dias. De acordo com os autores, a utilização da desidratação osmótica e da atmosfera modificada passiva em combinação com o armazenamento refrigerado foram eficientes na preservação das características da qualidade das amostras durante a vida de prateleira, em relação às amostras frescas acondicionadas com atmosfera modificada e sob as condições do ar atmosférico.

2.4. Textura e Preservação Estrutural pela Adição de Cálcio

A textura é um dos mais importantes atributos que afeta a aceitação de frutas e hortaliças processadas. Ela tem sua base na estrutura celular e relaciona-se principalmente à integridade da parede celular e da lamela média, como também à pressão de turgor gerada dentro das células por osmose (BOURNE, 2002).

A porção comestível da maioria dos alimentos vegetais é composta por células de parênquima, sendo estas células envolvidas por uma membrana, chamada de membrana plasmática, que se caracteriza por ser semi-permeável, permitindo que ocorra entrada ou saída de água da célula, quando esta se encontra em um meio hipotônico ou hipertônico, respectivamente (PITT, 1992).

Esta característica da membrana plasmática é de grande importância para as propriedades viscoelásticas do tecido e está diretamente relacionada com a pressão de turgor das células. A pressão de turgor é definida como a pressão hidrostática que o vacúolo e o citoplasma exercem sobre a parede celular, à medida que ocorre fluxo de água para o interior da célula, ou seja, é uma pressão contrária à pressão osmótica, gerada quando a célula se encontra em um meio hipotônico. Como a pressão de turgor é responsável pela elasticidade dos tecidos vegetais, a perda de turgor celular implica na redução das características elásticas do tecido (MAYOR *et al.*, 2008; ROJAS *et al.*, 2001).

A lamela média é a camada mais externa da parede celular, composta principalmente por pectina. Ela atua como um “adesivo”, conectando as células adjacentes entre si, além de ser sensível ao calor, sendo que na sua ausência, as células vegetais podem se separar facilmente. Modelos recentes da parede celular expõem um domínio estrutural da celulose-hemicelulose, envolvido por um segundo domínio de substâncias pécticas, enquanto existe um terceiro domínio que contém unidades de proteínas com ligações cruzadas covalentes (BOURNE, 2002).

O amadurecimento e o processamento das frutas e hortaliças provocam mudanças estruturais que são refletidas na textura dos alimentos. A transferência de massa em tecidos vegetais durante as operações unitárias, como secagem, desidratação osmótica e mesmo

durante a estocagem são governadas pela permeabilidade da parede celular, sendo a textura final marcadamente afetada por esse tipo de processamento. Na desidratação osmótica de frutas, algumas alterações físicas e químicas (perda de água e de sólidos naturais da fruta, incorporação de solutos e alterações fisiológicas na célula, devido à ocorrência de reações químicas e bioquímicas) provocam mudanças na textura e na aparência do produto, dependendo das condições de processo e das características do material (CHIRALT & TALENS, 2005).

As principais alterações induzidas pelo tratamento osmótico e que afetam o comportamento mecânico e a estrutura celular dos tecidos vegetais são: perda de turgor celular, deformação e/ou ruptura da parede celular, degradação da lamela média, rompimento de membranas (plasmalema e tonoplasto), colapso celular, plasmólise, encolhimento dos tecidos, além de mudanças nas frações de volume de ar e líquido na amostra (CHIRALT *et al.*, 2001). De acordo com CHIRALT & TALENS (2005) e MORAGA *et al.* (2009), as propriedades estruturais e sensoriais dos produtos osmoticamente desidratados dependem das mudanças de composição devido à impregnação de solutos, do impacto do processo na parede celular e na lamela média, assim como do grau de dano dentro da membrana plasmática provocado pelo processo.

O efeito negativo da desidratação osmótica na estrutura celular dos tecidos vegetais, devido principalmente à perda de turgor das células e à plasmólise do citoplasma foi observado em diversos produtos, tais como: morangos (PRINZIVALLI *et al.*, 2006), mangas (TORRES *et al.*, 2006), maçãs (NIETO *et al.*, 2004 e MARTÍNEZ *et al.*, 2007) e goiabas (PEREIRA *et al.*, 2007).

Neste contexto, uma maneira de preservar a integridade estrutural da parede celular dos alimentos desidratados osmoticamente é através da adição de sais de cálcio na solução osmótica, visando manter as características de textura do produto final. O efeito firmador do Ca^{+2} pode ser explicado pela interação entre os íons de cálcio e a pectina da parede celular, proporcionando maior rigidez na estrutura celular das frutas (JACKMAN & STANLEY, 1995) ou pela sua influência na manutenção do turgor das células (MIGNANI *et al.*, 1995).

A aplicação de cálcio em produtos minimamente processados pode ser realizada através de duas técnicas: (1) banhos em soluções contendo íons cálcio, associados ou não a tratamentos térmicos brandos e (2) impregnação, que consiste na adição dos sais de cálcio às soluções desidratantes utilizadas no processo osmótico, que pode ser conduzido à pressão atmosférica ou a vácuo (MARTÍN-DIANA *et al.*, 2007). Adicionalmente, tratamentos com sais de cálcio têm também mostrado um efeito na cinética de transferência de massa de produtos osmoticamente desidratados. Maiores fluxos de perda de água e ganho de açúcares foram verificados quando os sais de cálcio foram utilizados como pré-tratamento em processos osmóticos de quartos de tomate (LEWICKI *et al.*, 2002).

Na desidratação osmótica de morangos usando soluções de sacarose, glicose ou frutose com adição de pectinametilesterase (PME) e cloreto de cálcio, como agentes preservadores de textura, BUGGENHOUT *et al.* (2008) observaram um efeito positivo destes aditivos nas características de textura e na estrutura celular do produto osmoticamente desidratado e submetido ao congelamento. Além disso, segundo os autores, as amostras tratadas osmoticamente com cálcio e PME apresentaram melhor aparência e uma maior redução na exsudação após o descongelamento, em relação à amostras fresca.

De acordo com LUNA-GUZMÁN & BARRET (2000) e YANG & LAWSLESS (2005), o uso de cloreto de cálcio para a preservação da textura de frutas minimamente processadas apresenta uma desvantagem, relacionada ao relativo amargor do sal e sabor residual indesejável que pode conferir ao produto final. Adicionalmente, PEREIRA *et al.* (2007) verificaram em um trabalho com goiabas minimamente processadas que o uso de cloreto de cálcio em concentrações de 0,5 a 2,5% na solução osmótica resultou em danos na estrutura celular e conseqüente comprometimento da textura do produto, quando da utilização do sal em concentrações superiores a 1,0%, afetando negativamente a aceitação sensorial das frutas processadas osmoticamente nestas condições.

Diante destes problemas, o lactato de cálcio representa uma boa alternativa ao uso do cloreto de cálcio, podendo ser utilizado como agente firmador de textura em concentrações variando de 0,5 a 2,0%, sem causar alterações no sabor dos alimentos minimamente processados (MARTÍN-DIANA *et al.*, 2007).

A influência da desidratação osmótica (vácuo ou pressão atmosférica) utilizando soluções de sacarose (45 e 65°Brix) contendo lactato de cálcio (0, 1 e 2%) nas propriedades mecânicas da manga foi avaliada por TORRES *et. al* (2006). Os tratamentos com cálcio provocaram um aumento da tensão na ruptura devido à maior rigidez apresentada pelas amostras, sendo que o ensaio realizado à vácuo com concentração de açúcar de 45°Brix e 2% de lactato de cálcio resultou em frutas mais resistentes à compressão, consequência do maior ganho de sal ocorrido nesta condição.

MASTRÁNGELO *et al.* (2000) estudaram o efeito da adição de lactato de cálcio, realizada à pressão atmosférica ou a vácuo, na textura de pedaços de melão desidratados osmoticamente em soluções de glicose. De acordo com os autores, a presença de íons Ca^{+2} na solução osmótica resultou numa maior integridade da parede celular, preservando as características de textura dos frutos.

Em um trabalho com fatias de mamão minimamente processado, RODRIGUES *et al.* (2006) observaram que as frutas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose a 50°Brix e 1% de lactato de cálcio por uma hora a 25°C e acondicionadas em embalagens PET apresentaram uma maior manutenção da textura durante 15 dias de armazenamento sob refrigeração. Além disso, o processo osmótico resultou em um produto final com maior estabilidade microbiológica, mostrando uma boa aceitação sensorial ao longo do estudo da vida de prateleira.

INDACO *et al.* (2005) avaliaram a influência de sais de cálcio (mistura de lactato de cálcio e gluconato de cálcio na concentração de 0,5%) nas propriedades viscoelásticas de fatias de batata processadas termicamente nas temperaturas de 50, 65 e 80°C. Os autores concluíram que as propriedades reológicas das amostras tratadas com cálcio foram mais similares ao produto fresco, em comparação às batatas processadas apenas com água, mostrando um maior efeito do cálcio na preservação dos parâmetros de qualidade do produto final. A utilização de uma mistura de lactato de cálcio e gluconato de cálcio se mostrou interessante pelo fato de esta apresentar alta solubilidade à temperatura ambiente e não provocar alterações no sabor dos alimentos.

2.5. Avaliação Estrutural: Microscopia

As pesquisas envolvendo o estudo das alterações estruturais decorrentes do processamento das frutas e hortaliças através de ensaios de microscopia e textura instrumental têm aumentado nos últimos anos. O estudo da microestrutura pode ser utilizado para ampliar os conhecimentos relacionados com as mudanças estruturais que ocorrem durante o processamento dos alimentos e a função dos diferentes ingredientes nessas alterações, permitindo um melhor controle da textura dos produtos. Neste contexto, a microscopia e outras técnicas de imagem estão sendo amplamente utilizadas, permitindo que a estrutura do produto seja visualizada, com o intuito de se oferecer informações importantes para uma melhor entendimento das características de textura e a sua relação com a estrutura celular dos alimentos. Dentre as técnicas mais eficientes para a avaliação da microestrutura desses alimentos e suas alterações, destacam-se a microscopia óptica e a microscopia eletrônica de varredura ou transmissão, apresentando uma boa correlação com as características de textura dos tecidos vegetais (WILKINSON *et al.* (2000), PEREIRA, 2006).

QUILES *et al.* (2004) estudaram o efeito do pré-tratamento com cloreto de cálcio (imersão em solução de CaCl_2 a 4% por 30 min) na preservação estrutural de maçãs osmoticamente desidratadas (microscopia óptica e microscopia eletrônica de transmissão). Os autores verificaram danos celulares ocasionados pelo processo, tais como plasmólise e colapso celular no tecido das maçãs. Entretanto, o pré-tratamento com CaCl_2 mostrou um efeito protetor do cálcio na estrutura celular das frutas, reduzindo o colapso celular, além de fortalecer a parede celular e evitar a plasmólise do citoplasma.

PRINZIVALLI *et al.* (2006) em um estudo com desidratação osmótica de fatias de morango em soluções de sacarose a 60°Brix e temperatura de 25°C durante 6 horas observaram perda de turgor, e conseqüentemente, alterações no tamanho e forma das células, além da retração do citoplasma após uma hora de processo. Os danos celulares se intensificaram a partir da quarta hora de tratamento osmótico, verificando-se a separação e ruptura de grande parte das células, ocorrência que, de acordo com os autores, foi atribuída principalmente à solubilização da pectina presente na parede celular. Adicionalmente,

tempos mais longos de processo resultaram em menores valores de tensão na ruptura, obtendo-se assim uma relação coerente entre as características de textura e a estrutura celular do produto avaliada por microscopia óptica.

Em um trabalho similar com desidratação osmótica de maçãs usando soluções de glicose (25%) a 20°C durante 350 minutos, MARTÍNEZ *et al.* (2007) observaram a partir das técnicas de microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura uma intensa plasmólise celular após 50 minutos de processo. Além disso, verificou-se rompimento de algumas membranas celulares, encolhimento dos tecidos e diminuição dos espaços intercelulares, além de redução da porosidade das amostras, devido à entrada de solução osmótica pelos poros. Por sua vez, os resultados das propriedades mecânicas mostraram uma diminuição das características elásticas das maçãs durante o processo osmótico, o que está relacionado com a substituição do ar presente nos espaços intercelulares dos tecidos pela solução osmótica, conforme observado nos ensaios de microscopia óptica.

Através de ensaios de microscopia óptica e textura instrumental, SORMANI *et al.* (1999) verificaram alterações estruturais devido ao emprego de diferentes pré-tratamentos (desidratação osmótica, secagem convencional e a combinação de desidratação osmótica e secagem) durante o processo de congelamento-descongelamento de morangos. Segundo os autores, as amostras processadas osmoticamente em soluções de glicose a 60°Brix por 4 horas apresentaram intensos danos na estrutura celular e redução dos valores da tensão na ruptura. Por outro lado, as amostras submetidas ao processo combinado de desidratação osmótica durante uma hora e secagem (velocidade do ar de 1,5m/s e temperatura igual a 60°C) apresentaram menor colapso celular e um arranjo celular mais estruturado, além de uma maior preservação da textura após o descongelamento, em comparação às frutas sem pré-tratamento. Assim, uma boa correlação foi obtida entre as alterações na estrutura celular e na textura do produto final.

Essa equivalência entre as mudanças de textura detectadas através de medidas instrumentais e as alterações estruturais do tecido vegetal também foi verificada por MASTRÁNGELO *et al.* (2000), utilizando microscopia óptica e microscopia eletrônica de transmissão, em um trabalho com pedaços de melão desidratados osmoticamente e por BUGGENHOUT *et al.* (2008) na avaliação da estrutura celular de morangos processados

osmoticamente através da técnica de microscopia óptica. Adicionalmente, ALANDES *et al.* (2006) verificaram um maior enrijecimento da estrutura celular de cubos de maçãs tratadas com soluções de lactato de cálcio a 0,5%. Segundo os autores, os tratamentos com cálcio resultaram numa maior preservação da textura das frutas durante as 3 semanas de armazenamento a 4°C.

A partir das imagens de microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura, PEREIRA (2006) realizou a avaliação estrutural das goiabas desidratadas osmoticamente com soluções de sacarose ou maltose com adição de sais de cálcio. Segundo a autora, o uso destas técnicas de imagem foi importante na análise dos danos causados pelo processo osmótico nas metades de goiaba e também para verificar o efeito preservador do lactato de cálcio na estrutura celular das frutas. A autora concluiu que a microscopia óptica foi mais favorável para a avaliação das alterações estruturais das goiabas durante o processo osmótico, já que as imagens obtidas na microscopia eletrônica de varredura não mostraram de forma muito clara os eventos observados na microscopia óptica, provavelmente em virtude das alterações sofridas pelo alimento durante as etapas de preparação da amostra para esta análise. De acordo com JAMES (2009), a necessidade de desidratação total das frutas, já que a microscopia eletrônica de varredura tradicional não permite a visualização de materiais com alto teor de umidade, além da exposição ao alto vácuo, podem danificar a amostra e alterar a sua morfologia.

2.6. Filmes e Coberturas Biodegradáveis

As indústrias alimentícias e os pesquisadores têm mostrado um interesse crescente no uso de filmes e coberturas biodegradáveis, devido principalmente à maior preocupação com a preservação ambiental. Diante desta situação, diversos trabalhos vêm sendo realizados, buscando o desenvolvimento de novos materiais para o envolvimento de produtos alimentícios, que sejam capazes de minimizar os danos ao ambiente (BATISTA, 2004).

Os biofilmes ou filmes biodegradáveis representam uma alternativa tecnológica aos filmes de origem sintética. Eles são definidos como uma fina camada contínua formada ou

depositada no alimento, preparada a partir de materiais biológicos que agem como barreira a elementos externos (fatores como umidade, gases e óleo) e, conseqüentemente, protegem o alimento prolongando sua vida de prateleira. Podem ser aplicados diretamente na superfície do alimento, recebendo a denominação de coberturas, sendo que a maior vantagem do uso destes revestimentos é que eles podem ser consumidos juntamente com o alimento (HAN & GENNADIOS, 2005).

Atualmente, as coberturas comestíveis são utilizadas em uma variedade de aplicações, incluindo produtos frescos revestidos com ceras e outros lipídeos, invólucros de colágeno para produtos cárneos como lingüiça, coberturas de gelatina para produtos farmacêuticos, coberturas de chocolate para nozes e doces e embalagens solúveis de celulose para ingredientes alimentícios (HAN & GENNADIOS, 2005).

A aplicação das coberturas comestíveis em frutos inteiros é uma técnica já bastante explorada e utilizada há décadas, com o intuito de limitar a perda de água e a entrada de oxigênio na fruta, prolongando assim a vida útil destes produtos, sendo que as ceras são os revestimentos mais comumente empregados (OLIVAS & BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

Por se tratar de uma técnica de baixo custo, a utilização de coberturas comestíveis em frutas minimamente processadas tem se mostrado viável e eficiente. As coberturas criam um efeito semelhante ao que ocorre na estocagem sob atmosfera modificada, devido à formação de um filme semi-permeável na superfície do produto que apresenta permeabilidade seletiva ao O₂ e CO₂, dependendo das condições de temperatura e da umidade relativa do ar, reduzindo a taxa de respiração e a produção de etileno, retardando o amadurecimento. Desta forma, os revestimentos comestíveis estendem a vida útil do produto e o protegem contra ação microbiana, oxigênio, umidade, reduzindo a perda de nutrientes, cor e aroma, assim como mantêm a integridade estrutural do produto durante a sua comercialização (OLIVAS & BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

O emprego de revestimentos comestíveis em produtos minimamente processados exige condições criteriosas, uma vez que estas coberturas estão em contato direto com o alimento. Assim, a capacidade de proteção e interação destes materiais com o alimento depende de fatores, tais como: boas qualidades sensoriais; boas propriedades mecânicas e

de barreira; estabilidade bioquímica, físico-química e microbiana; segurança para a saúde; boa adesão ao produto, além de requerer tecnologia simples para sua fabricação com custos baixos de matéria-prima e de manufatura (VARGAS *et al.*, 2008).

As coberturas comestíveis são produzidas a partir de materiais biológicos, sendo os polissacarídeos (amido e seus derivados, pectina, alginato, carragena, gelana, celulose) e as proteínas (gelatina, caseína, glúten de trigo, zeína) os polímeros mais amplamente utilizados. São efetivos como barreiras à transferência de gases como o O₂ e CO₂, aderem-se facilmente na superfície de frutas e hortaliças, porém não atuam como boa barreira ao vapor d'água devido às suas características hidrofílicas (HAN & GENNADIOS, 2005).

Desta forma, para melhorar as propriedades de barreira ao vapor d'água dessas coberturas, geralmente são adicionados lipídeos (monoglicéridos, ácidos graxos, ésteres de ácidos graxos) nas formulações. Por causa das suas características hidrofóbicas, estes compostos são freqüentemente utilizados em produtos desidratados (PARK, 1999).

Segundo LIN & ZHAO (2007), uma tendência atual é a incorporação de ingredientes funcionais, como antioxidantes, agentes antimicrobianos, flavorizantes, vitaminas, minerais, entre outros às coberturas comestíveis, contribuindo para a melhoria da estabilidade, da segurança e das características de qualidade dos alimentos.

Alguns trabalhos na literatura têm explorado o uso de coberturas comestíveis como pré-tratamento à fritura, com o intuito de reduzir a migração de óleo para o alimento durante este processo (QUERIDO, 2005; SUÁREZ *et al.*, 2008; MASKAT *et al.*, 2005). Além disso, estudos apontam a aplicação de coberturas comestíveis previamente à desidratação osmótica, com o intuito de minimizar a incorporação de solutos no produto final, sem afetar consideravelmente a perda de água durante o processo (KHIN *et al.*, 2007a; MATUSKA *et al.*, 2006; MITRAKAS *et al.*, 2008). Entretanto, avaliando o uso de coberturas comestíveis de maltodextrina antes do processo osmótico de fatias de maçã, KHIN *et al.* (2007b) observaram a dissolução da cobertura durante o processo, evidenciando a sua instabilidade devido ao caráter hidrofílico da maltodextrina.

Apesar do grande interesse pelo uso de revestimentos comestíveis na conservação de produtos minimamente processados, é imprescindível aprofundar o estudo das interações entre os tecidos vivos e os materiais empregados, assim como compreender a ação destas substâncias sobre o metabolismo e as características sensoriais e microbiológicas dos produtos pré-cortados. Portanto, são necessárias mais pesquisas para avaliar a viabilidade e a eficiência da utilização destes tipos de coberturas em produtos frescos, com a possibilidade de combinação desta técnica a outros métodos de preservação, como a desidratação osmótica ou o uso de soluções de sais de cálcio.

2.6.1. Pectina

Entre os diversos polissacarídeos que podem ser usados como coberturas em alimentos, encontra-se a pectina, que é um polissacarídeo solúvel em água, pertencente a um grupo complexo de polissacarídeos estruturais encontrados nas paredes celulares dos tecidos vegetais, geralmente obtida a partir da casca e polpa de frutas cítricas ou maçã, ou ainda, de sementes de girassol e polpa de beterraba (THAKUR *et al.*, 1997).

Quimicamente as pectinas são compostas por uma cadeia linear de ácido galacturônico ligado por associação $\alpha(1,4)$ em uma cadeia polissacarídea, conforme visualizado na Figura 2.2. Muitas das unidades do ácido galacturônico são esterificadas com metanol e o grupo éster pode ser facilmente removido pela ação de enzimas ou álcalis (LOOTENS *et al.*, 2003).

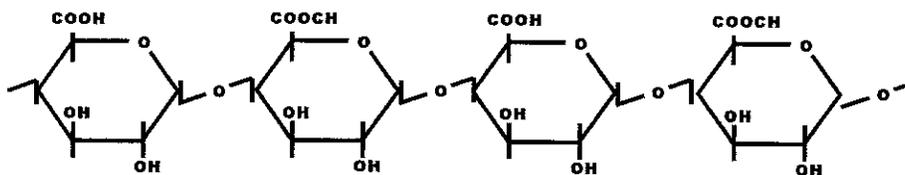


Figura 2.2: Estrutura molecular da pectina.

A pectina é solúvel em água a 60°C e produz uma solução viscosa, no entanto ao se dispersar o pó em água é necessário um certo cuidado para evitar que sejam formados grumos de difícil dissolução. Quando submetida a pH maiores que 5,0 ou a temperaturas

muito elevadas, as pectinas podem ser facilmente degradadas (BOBBIO & BOBBIO, 2001; THAKUR *et al.*, 1997).

São comercialmente classificadas em pectinas de alto teor de metoxilação, as quais contêm acima de 50% de seus grupos carboxílicos esterificados e as de baixo teor de metoxilação, quando 50% ou menos dos grupos carboxílicos estão esterificados. O grau de esterificação ou metoxilação é definido como a porcentagem de unidades de ácidos galacturônicos que são metil esterificados e varia de acordo com a idade e com o tipo de tecido vegetal do qual foi extraída (BOBBIO & BOBBIO, 2001; LOOTENS *et al.*, 2003).

Em pectinas de alto teor de metoxilação, para a formação de géis é necessária a presença de um co-soluto, tipicamente a sacarose, e baixo pH (na faixa de 2,8 a 3,7). Já a geleificação das pectinas de baixo teor de metoxilação é provocada pela formação de pontes de cálcio entre dois grupos carboxílicos de cadeias diferentes, não sendo necessário a presença de um co-soluto e a redução do pH, mas somente dos íons Ca^{+2} . O maior número de grupos carboxílicos livres neste tipo de pectina facilita a formação de pontes de cálcio entre os resíduos do ácido galacturônico e as pectinas adjacentes, aumentando a capacidade da pectina de formar um gel rígido na presença do cálcio (SOUZA *et al.*, 2006; BOBBIO & BOBBIO, 2001).

As pectinas de baixo teor de metoxilação são obtidas a partir da desesterificação parcial das pectinas de alto teor de metoxilação por métodos enzimáticos ou químicos. Os métodos químicos envolvem o emprego de ácidos, soluções aquosas de álcalis ou amônia em meio alcoólico. A desesterificação com amônia em meio alcoólico leva à formação de pectinas de baixo teor de metoxilação, contendo grupos amídicos, denominadas de pectinas amidadas. Estas pectinas apresentam a característica de formarem géis mais rapidamente (BOBBIO & BOBBIO, 2001).

Através de avaliação toxicológica, a FAO estabeleceu valores de Ingestão Diária Aceitável (IDA) para diversos aditivos. Para o caso da pectina, a Resolução nº 386 de 5 de agosto de 1999 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) especifica quantidade sem prescrição (q.s.p.), o que significa que o uso deste polissacarídeo está

limitado à quantidade necessária para atender às Boas Práticas de Fabricação (BPF), ou seja, quantidade suficiente para obter o efeito tecnológico necessário.

O uso de coberturas a base de pectina em alimentos minimamente processados ainda é pouco explorado na literatura em comparação à outros polissacarídeos, como gelana (OMS-OLIU *et al.*, 2008a; ROJAS-GRAÜ *et al.*, 2007a; ROJAS-GRAU *et al.*, 2008; TAPIA *et al.*, 2007), carragena (BICO *et al.*, 2009; LEE *et al.*, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2007) e carboximetilcelulose (FREIRE *et al.*, 2005; GONZALEZ-AGUILAR *et al.*, 2008; MAFTOONAZAD *et al.*, 2008); BALDWIN & WOOD, 2006). O alginato é o polissacarídeo mais estudado e já foi testado em diversos frutos, como melão (OMS-OLIU *et al.*, 2008a; RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2008), maçã (OLIVAS *et al.*, 2007; ROJAS-GRAU *et al.*, 2007b; ROJAS-GRAÜ *et al.*, 2008; FONTES, 2005), morango (ZHANG *et al.*, 2008), mamão (TAPIA *et al.*, 2007) e abacaxi (MONTERO-CALDERÓN *et al.*, 2008).

O efeito das coberturas a base de alginato (2%), pectina (2%) e gelana (0,5%), contendo ou não antioxidantes (N-acetilcisteína ou glutatona), na respiração, na qualidade sensorial e na estabilidade microbiológica de pêras minimamente processadas foi avaliado durante 14 dias a 4°C por OMS-OLIU *et al.* (2008b). De acordo com os autores, todas as coberturas reduziram a produção de etileno das frutas durante a estocagem, em comparação com o controle. Além disso, as coberturas com antioxidantes foram eficientes na redução da carga microbiana e também na prevenção do escurecimento, preservando a cor das frutas ao longo do armazenamento. Com relação à avaliação sensorial, as amostras revestidas com coberturas de pectina com ou sem antioxidantes apresentaram melhor aceitação pelos consumidores durante o período de duas semanas, enquanto que os revestimentos a base e alginato e gelana resultaram em alterações no sabor das frutas ao final da vida útil.

2.7. Análise Sensorial

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993), análise sensorial é definida como uma ciência usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações às características dos alimentos como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição.

A análise sensorial é uma área muito importante na indústria de alimentos, essencial para o desenvolvimento de novos produtos, reformulação de produtos já existentes, redução de custos de produção, identificação de alterações causadas pelo processamento, armazenamento e uso de novos ingredientes, assim como para a manutenção das normas de controle de qualidade. Os testes sensoriais utilizam os órgãos dos sentidos humanos como "instrumentos" de medida e devem ser incluídos como garantia de qualidade de alimentos, por ser uma medida multidimensional integrada e poder determinar a aceitação de um produto por parte dos consumidores (STONE & SIDEL, 2004).

O uso de métodos de avaliação sensorial em combinação às medidas instrumentais constitui um fator importante nas pesquisas e na indústria de alimentos. Os métodos de medidas instrumentais apresentam diversas vantagens na avaliação de produtos processados, tais como: simplicidade, conveniência, rápida ou imediata aquisição dos resultados, sem restrição ao número de produtos ou amostras testadas, precisão, exatidão, reprodutibilidade e compatibilidade com outros instrumentos. Entretanto, a fraca correlação entre as medidas sensoriais e instrumentais observadas em alguns casos, a incapacidade de alguns instrumentos em relatar e prever uma resposta sensorial e a menor sensibilidade de alguns métodos analíticos ou instrumentais comparada com a sensibilidade humana são algumas limitações dos métodos instrumentais, tornando necessário o emprego de ambos os métodos de análise (MUÑOZ *et al.*, 1992).

Dentre os testes sensoriais comumente empregados na avaliação dos produtos alimentícios, os testes afetivos são utilizados para avaliar os produtos quanto à aceitação/preferência. Os consumidores classificam, através de uma escala, o seu gosto pelo produto e o quanto gostam ou desgostam do produto avaliado. Nos testes de aceitação, a comparação entre os diferentes produtos não é solicitada aos provadores. Entretanto, ao se determinar a aceitação sensorial dos consumidores, utilizando a escala de notas, em um teste no qual vários produtos são avaliados, a preferência do consumidor pode ser determinada indiretamente, através das notas atribuídas aos diferentes produtos. Esses testes são frequentemente utilizados para comparar produtos concorrentes, para o desenvolvimento de novos produtos, para a melhoria da qualidade de produtos já existentes

e para a avaliação do mercado potencial (MEILGAARD *et al.*, 1999; STONE & SIDEL, 2004).

Os testes de aceitação devem ser conduzidos por uma equipe de provadores não treinados (testes de laboratório), ou seja, são realizados com consumidores, representantes do público-alvo do produto avaliado. O local dos testes deve possuir cabines preferencialmente individuais, com espaço suficiente para acomodar confortavelmente o provador e as amostras. A iluminação deve ser com luz natural ou fluorescente natural, porém é necessário o recurso adicional de lâmpadas coloridas para mascarar a cor de certas amostras, dependendo da situação. As cabines devem ser isoladas de barulhos e de locais movimentados, ficando sempre longe de odores que possam interferir na análise. É importante que a temperatura no local da análise esteja em torno de 22°C e as paredes devem ser brancas ou de cores neutras, enquanto que a área de preparo das amostras não pode ser visível aos provadores para que os mesmos não sejam influenciados durante a execução dos testes (MEILGAARD *et al.*, 1999).

A escala hedônica de nove pontos é a mais utilizada nos testes de aceitação, devido à sua simplicidade, confiabilidade e validade de seus resultados. Os dados obtidos no teste de aceitação devem ser submetidos à análise de variância (ANOVA) e testes de Tukey, para a obtenção de informações sobre as diferenças entre os produtos analisados. As diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos produtos são normalmente avaliadas a um nível de confiança de 95% (STONE & SIDEL, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAL

Matéria-prima:

Foi utilizado melão da variedade *Cucumis melo inodorus*, cultivar Gold Mine (Figura 3.1) fornecido pelo CEASA Campinas / SP. Os critérios de seleção utilizados para padronização das amostras foram: coloração da casca (amarelo intenso) e da polpa (de branco esverdeado à creme), de acordo com a classificação do CEAGESP (PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA, 2004), aparência (tamanho e formato: 17-19 cm de comprimento, 13-14 cm de diâmetro e massa de 2000-2300 g) e teor de sólidos solúveis. Devido à dificuldade em encontrar frutos com teor de sólidos solúveis igual a 10°Brix, considerado o conteúdo padrão mínimo recomendado para a sua comercialização (ALVES, 2000; FRUTAS E HORTALIÇAS: FONTE DE PRAZER E SAÚDE, 2006), foram utilizadas amostras de melão com teor de sólidos solúveis de aproximadamente 8°Brix.



Figura 3.1: Melão da variedade *Cucumis melo inodorus* utilizado nos experimentos deste trabalho.

A composição química centesimal do melão da variedade *Cucumis melo inodorus*, cultivar Gold Mine encontra-se na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Composição química centesimal do melão in natura.

Análise	Valor Médio (%)	Método
Umidade (base úmida)	90,59 ± 1,13	AOAC (2002) método 934.06
Cinzas	0,41 ± 0,01	AOAC (2002) método 940.26
Proteínas	0,42 ± 0,02	AOAC (2002) método 960.52
Açúcares Totais	8,34 ± 0,83	AOAC (2002) método 906.03
Açúcares Redutores	4,81 ± 0,51	AOAC (2002) método 906.03
Lipídeos	0,21 ± 0,01	CECCHI (1999)
Acidez	0,11 ± 0,01	AOAC (2002) método 942.15

Agente desidratante:

- Sacarose comercial (Copersucar União - Piracicaba - Brasil);
- Lactato de cálcio (LabSynth Produtos para Laboratórios Ltda. - Diadema - Brasil).

As soluções desidratantes foram preparadas com água destilada e sacarose (40 ou 60°Brix), condições previamente otimizadas por FERRARI (2005), adicionando-se ou não lactato de cálcio em concentrações de 0, 0,5, 1,0, 1,5 ou 2,0% (p/p). A escolha destas concentrações de sal foi baseada no trabalho de TORRES *et al.* (2006) e MARTÍN-DIANA *et al.* (2007).

Agente Sanitizante:

A sanitização da matéria-prima foi feita com a utilização do sanitizante ácido peracético (nome comercial: TSUNAMI 100), produzido pela Ecolab Química Ltda. (São Paulo – Brasil), devido às atuais restrições em relação ao uso do cloro (SAZAKI, 2005; SREBERNICH, 2007).

Foi utilizada uma solução com concentração de 533 ppm do produto (mistura de ácido acético glacial com peróxido de hidrogênio), o que equivale a 80 ppm de ácido peracético. A solução sanitizante foi preparada com água destilada previamente resfriada à temperatura de 5°C (SASAKI, 2005).

Cobertura Comestível:

- Pectina de baixo teor de metoxilação (BTM): LM-pectin (GENU® L21102AS-FS), fornecedor CPKelco, Limeira, Brasil (ANEXO I).

A escolha da pectina foi fundamentada nas suas propriedades de geleificação, visto que ao contrário das pectinas de alto teor de metoxilação, as pectinas BTM não necessitam de um co-soluto e baixo pH para formação do gel, requerendo apenas a presença de íons Ca^{+2} .

Embalagem:

- Bandejas de poliestireno expandido (EPS) nas dimensões 110 x 110 x 30 mm, recobertas com filme de policloreto de vinila esticável (PVC) de 20 μm da Goodyear (Americana, Brasil), com taxa de permeabilidade ao oxigênio de $8200 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e taxa de permeabilidade ao vapor de água de $262 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (à 25°C e 760 mmHg).

3.2. MÉTODOS

3.2.1. EFEITO DO LACTATO DE CÁLCIO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS, ESTRUTURA CELULAR E NA ACEITAÇÃO SENSORIAL DE CUBOS DE MELÃO DESIDRATADOS OSMOTICAMENTE

Nesta primeira etapa, foi realizado o estudo da desidratação osmótica de pedaços de melão com adição de lactato de cálcio, visando a preservação da estrutura celular, sem prejudicar as características de qualidade e a aceitação sensorial do produto. Foram avaliadas as propriedades mecânicas (tensão e deformação na ruptura, tempo de relaxação e tensão residual), a atividade de água, a estrutura celular através de ensaios de microscopia óptica e a aceitação sensorial do produto para escolha da melhor concentração de lactato de cálcio. O processo osmótico foi ainda avaliado pela perda de peso (PP), perda de água (PA), ganho de sólidos (GS) e teor de cálcio incorporado na fruta. A fruta fresca também foi submetida às análises de atividade de água, propriedades mecânicas, estrutura celular e teor de cálcio para efeito de comparação.

3.2.1.1. Preparo da Matéria-Prima

Os frutos selecionados foram lavados em água corrente para remoção das sujidades mais grosseiras e sanitizados com o ácido peracético. Em seguida, os frutos foram descascados manualmente, cortados em cubos de 20 mm com o auxílio de uma guia de acrílico, empregando-se facas de aço inoxidável. As facas, bandejas, tábuas para cortar os frutos e demais utensílios utilizados no processamento também foram sanitizados com a solução de 80 ppm de ácido peracético por 3 minutos, a fim de se reduzir a possibilidade de contaminação microbiana. Após o corte, os pedaços foram imersos na solução de 80 ppm de ácido peracético novamente durante 3 minutos e posteriormente drenados por um minuto em um escorredor doméstico, devidamente higienizado.

Todas as etapas do processamento foram realizadas em ambiente climatizado à temperatura de $18 \pm 1^\circ\text{C}$ e os operadores utilizaram roupas protetoras adequadas.

3.2.1.2. Desidratação Osmótica

As amostras foram pesadas e então colocadas em frascos de 600ml com a solução desidratante previamente aquecida à temperatura de 30°C. As soluções desidratantes foram preparadas com água destilada e sacarose (40 e 60°Brix), adicionando-se ou não o sal lactato de cálcio nas concentrações de 0,5, 1,0, 1,5 ou 2,0% (p/p). A relação amostra:solução utilizada foi 1:10 (p/p), para garantir a concentração da solução aproximadamente constante durante todo o processo. Os ensaios de desidratação osmótica foram conduzidos em um banho termostático, marca Tecnal (Piracicaba, Brasil), modelo TE-420 (Figura 3.2) com agitação (120 rpm) por duas horas de processo, uma vez que as transferências de massa ocorrem de maneira mais intensa nas duas primeiras horas de processo. As concentrações de sacarose e o tempo e a temperatura de processo foram definidos de acordo com o trabalho de mestrado de FERRARI (2005).



Figura 3.2: Banho termostático utilizado nos experimentos deste trabalho.

Após o processo, as amostras foram drenadas, enxaguadas com água destilada, colocadas sobre papel absorvente durante 30 minutos para a remoção da solução em excesso e pesadas novamente para a determinação da perda de peso em relação à massa inicial do produto (Eq. 3.1). A massa foi medida em balança semi-analítica marca Marte (Santa Rita do Sapucaí, Brasil), modelo AM5500. A perda de água (Eq. 3.2) e o ganho de

sólidos (Eq. 3.3) foram calculados a partir do conteúdo de umidade das amostras, de acordo com a AOAC (2002). As análises foram realizadas em triplicata.

$$PP(\%) = 100 \cdot \left[1 - \frac{m_f}{m_0} \right] \quad (3.1)$$

sendo: PP = perda de peso do produto desidratado (%); m_0 = massa inicial do produto (g) e m_f = massa final do produto (g).

A perda de água em termos percentuais foi calculada pela equação:

$$PA(\%) = 100 \cdot \left[\frac{m_{w0} - m_{wf}}{m_{w0}} \right] \quad (3.2)$$

sendo: PA = perda de água do produto desidratado (%); m_{w0} = massa inicial de água na amostra (g) e m_{wf} = massa final de água na amostra (g).

O ganho de sólidos foi calculado por meio da seguinte equação:

$$GS(\%) = 100 \cdot \left[\frac{m_{sf} - m_{s0}}{m_{s0}} \right] \quad (3.3)$$

sendo: GS = ganho de sólidos do produto desidratado (%); m_{s0} = massa inicial de sólidos na amostra (g) e m_{sf} = massa final de sólidos na amostra (g).

3.2.1.3. Determinação das propriedades mecânicas

A determinação das propriedades mecânicas foi realizada através da avaliação da tensão e deformação na ruptura, do tempo de relaxação e da tensão residual das amostras (cubos de 20mm), com o auxílio do texturômetro Universal Testing Machine, modelo TA-TX Plus, marca Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra (COSTELL *et al.*, 1997). As análises foram feitas em quintuplicata e o resultado final foi dado pela média e desvio padrão.

A tensão e a deformação na ruptura foram determinadas através de um ensaio de compressão uniaxial a altas deformações da amostra, utilizando uma placa cilíndrica de acrílico lubrificada de 60mm de diâmetro, a uma velocidade de compressão de 1mm/s e 80% de deformação da amostra. Os dados da força e altura fornecidos pelo equipamento foram convertidos à tensão (σ_H) e deformação (ϵ_H) de Hencky, de acordo com as equações

3.4 a 3.6. A tensão e a deformação na ruptura foram calculadas pelo valor do pico da curva tensão-deformação.

$$\sigma_H = \frac{F(t)}{A(t)} \quad (3.4) \quad \varepsilon_H = -\ln\left(\frac{H(t)}{H_0}\right) \quad (3.5)$$

sendo: σ_H = tensão de Hencky (Pa); ε_H = deformação e $F(t)$ = força (N) em função do tempo t (s).

$$A(t) = \frac{A_0 H_0}{H(t)} \quad (3.6)$$

sendo: $A(t)$ = área (m^2) em função do tempo (s); A_0 = área inicial da amostra (m^2); H_0 = altura inicial da amostra (m) e $H(t)$ = altura da amostra (m) em função do tempo (s).

O tempo de relaxação e a tensão residual foram avaliados através de um ensaio de compressão uniaxial a baixas deformações da amostra, utilizando uma placa cilíndrica de acrílico lubrificada de 60mm de diâmetro, durante 600s, usando velocidade inicial de 7mm/s e deformação de 5% da amostra. O tempo de relaxação e a tensão residual foram calculados pela curva tensão-relaxação, linearizada através da Equação 3.7 (PELEG, 1980).

$$\frac{\sigma_0 \cdot t}{\sigma_0 - \sigma_t} = k_1 + k_2 \cdot t \quad (3.7)$$

sendo: σ_0 = tensão inicial (Pa); σ_t = tensão (Pa) em função do tempo (s); t = tempo (s); k_1 = elemento viscoso e k_2 = elemento elástico.

A partir das constantes k_1 e k_2 , calculou-se o tempo de relaxação (τ) e a tensão residual (S_r), através das equações 3.8 e 3.9, considerando-se que no tempo de relaxação $\sigma_t = 0,75 \sigma_0$ (LEWICKI & LUKASZUK, 2000).

$$\tau = \frac{k_1}{4 - k_2} \quad (3.8) \quad S_r = 1 - \frac{1}{k_2} \quad (3.9)$$

3.2.1.4. Determinação do teor de cálcio

O teor de cálcio das amostras foi determinado em triplicata utilizando um espectrofotômetro de emissão atômica com fonte de plasma indutivamente acoplada, modelo ICP 2000 (BAIRD, Massachusetts, EUA) (AOAC, 2002).

3.2.1.5. Atividade de Água

A atividade de água das amostras foi determinada em triplicata com a utilização do equipamento Aqualab, modelo CX-2 (Decagon Devices Inc., Pullman, EUA), à 25°C.

3.2.1.6. Análise da estrutura celular

As frutas desidratadas osmoticamente foram submetidas à análise da estrutura celular através de microscopia óptica, utilizando um microscópio óptico Olympus BX51 (Olympus Optical CO., Tokyo, Japan) para a avaliação dos possíveis danos dos tecidos, causados pelo processo osmótico e para a verificação da influência do lactato de cálcio na manutenção da estrutura celular das frutas.

Amostras, medindo aproximadamente 5x3x3mm foram cortadas com lâmina de aço disponível comercialmente e retiradas da porção central dos cubos de melão. Duas amostras da mesma fruta, para cada tratamento, foram utilizadas. A seguir, elas foram fixadas em solução contendo 4% (v/v) de glutaraldeído, 0,2M de fosfato de potássio, 0,1M de ácido cítrico monohidratado e 4% (p/v) de sacarose a pH 7,0 e submetidas a vácuo, para retirada do ar dos tecidos. Após esse procedimento, realizou-se a desidratação em série alcoólico-etílica até álcool 100%, utilizando soluções alcoólicas a 10, 30 e 50% com adição de 4% de sacarose (com o intuito de se evitar a plasmólise celular) e soluções alcoólicas a 70 e 100% sem adição do açúcar.

As amostras desidratadas (série alcoólica-etílica) foram infiltradas em resina hidroxítíl metacrilato (HistoResin, Leica Microsystems-Jung, Heidelberg, Alemanha), seccionadas a 10µm de espessura, utilizando micrótomo rotativo (820 Spencer Microtome, American Optical Corporation, New York, USA), montadas em lâminas e coradas com azul de toluidina a 0,05% em tampão acetato (pH 4,7). Finalmente, as amostras foram observadas ao microscópio óptico, de acordo com a seqüência experimental descrita por PEREIRA (2006).

3.2.1.7. Avaliação Sensorial

As amostras desidratadas osmoticamente foram submetidas a uma análise sensorial, utilizando-se escala hedônica não estruturada de 9 cm, ancoradas nos extremos pelos

termos “desgostei muitíssimo” à esquerda e “gostei muitíssimo” à direita (APÊNDICE I). O produto foi avaliado em relação à aparência, textura, sabor, aroma e impressão global por 35 provadores não treinados e consumidores de melão. A nota média de 4,5 foi considerada o limite de aceitação do produto. A intenção de compra do consumidor também foi avaliada.

Os testes sensoriais foram realizados em salas padronizadas e em cabines individuais, um dia após o processamento. As amostras foram fornecidas aos provadores de forma monádica, em pratos de plástico brancos codificados com 3 dígitos aleatórios (MEILGAARD *et al.*, 1999). Os resultados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de 5% de significância. A análise sensorial foi realizada dentro das normas estabelecidas pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, conforme o parecer apresentado no ANEXO II.

3.2.2. ENSAIOS DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA REALIZADOS A MENORES TEMPOS DE PROCESSO

Após a seleção das melhores condições de processo no item 3.2.1., inicialmente foi realizado um ensaio preliminar, utilizando-se as condições osmóticas obtidas na etapa anterior (soluções osmóticas com concentrações de sacarose de 40 ou 60°Brix com adição de 0,5% de lactato de cálcio durante duas horas), como pré-tratamento à aplicação das coberturas comestíveis a base de pectina (1 ou 2%) nos cubos de melão. Após o processamento, estas amostras foram embaladas em bandejas de poliestireno expandido (EPS), recobertas com filme de PVC de 20µm de espessura e armazenadas a 5°C, em equipamento de refrigeração com temperatura e umidade controlada (UR = 80%), BOD – Biological Oxygen Demand TE 391 (Tecnal Equipamentos Ltda, Piracicaba - Brasil), por 14 dias para uma avaliação visual do produto ao longo da estocagem. Alguns problemas foram observados durante este período, principalmente nas frutas pré-tratadas osmoticamente com soluções de sacarose a 60°Brix, como liberação excessiva de água no interior da embalagem e encolhimento das amostras, comprometendo a aparência das mesmas.

Diante disso, optou-se por avaliar menores tempos de tratamento osmótico com o intuito de tentar contornar essas dificuldades, e deste modo, obter uma melhor aceitação sensorial do produto, uma maior preservação das suas características de qualidade e menor perda de peso ao longo da estocagem. Nesta etapa do trabalho foram realizados ensaios de desidratação osmótica utilizando-se concentrações de sacarose de 40 ou 60°Brix e adição de 0,5% de lactato de cálcio (melhores condições obtidas da etapa anterior) durante 30 e 60 minutos de processo.

O preparo da matéria-prima e o seu processamento foram realizados de acordo com os itens 3.2.1.1. e 3.2.1.2. Para a definição do tempo de processo, foram determinadas a perda de água e de peso e a incorporação de açúcares e o teor de cálcio na fruta ao final do processo. Testes sensoriais foram realizados, a fim de se avaliar a aceitação do produto pelo consumidor. O efeito do lactato de cálcio na manutenção da estrutura celular das frutas foi também avaliado, através de ensaios de microscopia óptica e análise das propriedades

mecânicas (tensão e deformação na ruptura). Entretanto, nesta etapa não foram determinados o tempo de relaxação e a tensão residual das amostras desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose e lactato de cálcio por 30 ou 60 minutos. Isto porque durante a realização de alguns testes preliminares, foi constatado que o uso de menores tempos de desidratação osmótica não apresentou um efeito expressivo nestes parâmetros, verificando-se apenas uma diminuição estatisticamente significativa nos valores do tempo de relaxação e tensão residual das amostras em todas as condições de processo estudadas nesta etapa do trabalho em relação à fruta fresca.

As metodologias das análises realizadas nesta parte do trabalho foram descritas no item 3.2.1.

3.2.3. ESTUDO DO EMPREGO DE COBERTURAS COMESTÍVEIS A BASE DE PECTINA NOS PEDAÇOS DE MELÃO COM OU SEM PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO

Nesta seqüência do trabalho, primeiramente as frutas desidratadas osmoticamente e revestidas com as coberturas de pectina foram submetidas a uma avaliação visual e à determinação da redução do volume das amostras ao longo da estocagem, a fim de se verificar a viabilidade do emprego da desidratação osmótica como pré-tratamento à aplicação das coberturas comestíveis de pectina nas frutas.

Apesar do ensaio realizado com solução de sacarose a 60°Brix e 0,5% de lactato de cálcio por duas horas não ter se mostrado muito adequado como pré-tratamento à aplicação das coberturas nas amostras, conforme citado no item 3.2.2., decidiu-se utilizar também as condições osmóticas selecionadas no item 3.2.1 (duas horas de processo) nesta etapa do trabalho para uma melhor avaliação e comparação com os resultados dos demais tratamentos. Portanto, as amostras foram desidratadas nas condições selecionadas nos itens 3.2.1. e 3.2.2. (soluções de sacarose a 40 ou 60°Brix com adição de 0,5% de lactato de cálcio durante 30 ou 120 minutos) e então revestidas com as coberturas de pectina na concentração de 1 ou 2% e armazenadas a 5°C por 14 dias, totalizando 8 tratamentos:

- DO SAC40CA0,5 120min + 1% pectina;
- DO SAC40CA0,5 120min + 2% pectina;
- DO SAC60CA0,5 120min + 1% pectina;
- DO SAC60CA0,5 120min + 2% pectina;
- DO SAC40CA0,5 30min + 1% pectina;
- DO SAC40CA0,5 30min + 2% pectina;
- DO SAC60CA0,5 30min + 1% pectina;
- DO SAC60CA0,5 30min + 2% pectina.

A redução de volume das amostras durante o armazenamento foi determinada em triplicata com o auxílio de um paquímetro digital.

Após a realização destes ensaios, foram avaliadas as taxas respiratórias e a produção de etileno das amostras recobertas com pectina (pré-tratadas com banhos de lactato de cálcio ou desidratadas osmoticamente) e da fruta fresca, com o intuito de se verificar o efeito dos pré-tratamentos e da aplicação das coberturas comestíveis no metabolismo das frutas.

Em seguida, para a escolha das melhores formulações de cobertura de pectina, as amostras foram avaliadas periodicamente (dias 1, 5, 9 e 14) em relação à perda de peso, textura (através de ensaios de punção) e análise sensorial. A uniformidade e aderência das coberturas de pectina nas amostras com e sem tratamento osmótico também foram avaliadas com o auxílio de um estereomicroscópio.

3.2.3.1. Preparo das coberturas de pectina

Foram testadas concentrações de 1 e 2% de pectina (BATISTA, 2004). O preparo das coberturas foi realizado à temperatura de 60°C com agitação constante até a completa dissolução do material e posterior resfriamento à temperatura ambiente de 25°C (QUERIDO, 2005).

Através de avaliação toxicológica, a FAO estabeleceu valores de Ingestão Diária Aceitável (IDA) para diversos aditivos. Para o caso da pectina, a Resolução n° 386 de 5 de agosto de 1999 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) especifica quantidade sem prescrição (q.s.p.), o que significa que o uso deste polissacarídeo está limitado à quantidade necessária para atender às Boas Práticas de Fabricação (BPF), ou seja, quantidade suficiente para obter o efeito tecnológico necessário.

3.2.3.2. Preparo dos banhos de lactato de cálcio

As amostras que não passaram pelo processo osmótico foram submetidas a um pré-tratamento em banhos com soluções de lactato de cálcio para a complexação dos íons Ca^{+2} com a pectina através das ligações cruzadas, com o intuito de se formar um gel mais forte, facilitando a aderência da cobertura na superfície da amostra (OLIVAS *et al.*, 2007). Foram utilizadas concentrações de 0,5% de lactato de cálcio e os banhos foram realizados por 15

minutos, à 25°C, sendo que essas condições foram escolhidas em ensaios preliminares e de acordo com a literatura (RICO *et al.*, 2007a; MARTÍN-DIANA *et al.*, 2007).

3.2.3.3. Aplicação das coberturas

As amostras de melão desidratadas osmoticamente nas melhores condições (soluções de sacarose a 40 ou 60°Brix com adição de 0,5% de lactato de cálcio durante 30 ou 120 minutos), processadas conforme descrito nos itens 3.2.1.1. e 3.2.1.2, e as amostras submetidas ao tratamento com banhos de lactato de cálcio foram imersas nas soluções de pectina em concentrações de 1 ou 2% por 2 minutos.

Após a aplicação das coberturas, os cubos de melão foram drenados por cerca de 3 horas à temperatura ambiente (25°C), e a seguir aproximadamente 50 gramas de produto (9 cubos de 2 cm) foram colocados em bandejas de poliestireno expandido (EPS) recobertas com filme de PVC e armazenadas a 5°C em BOD – Biological Oxygen Demand TE 391 (Tecnal Equipamentos Ltda, Piracicaba-SP) durante 14 dias. O tempo e a temperatura de armazenamento foram definidos de acordo com trabalhos da literatura (OMS-OLIU *et al.*, 2008a; AGUAYO *et al.*, 2003; CANTWELL, 2001).

As etapas do processamento são apresentadas na Figura 3.3.

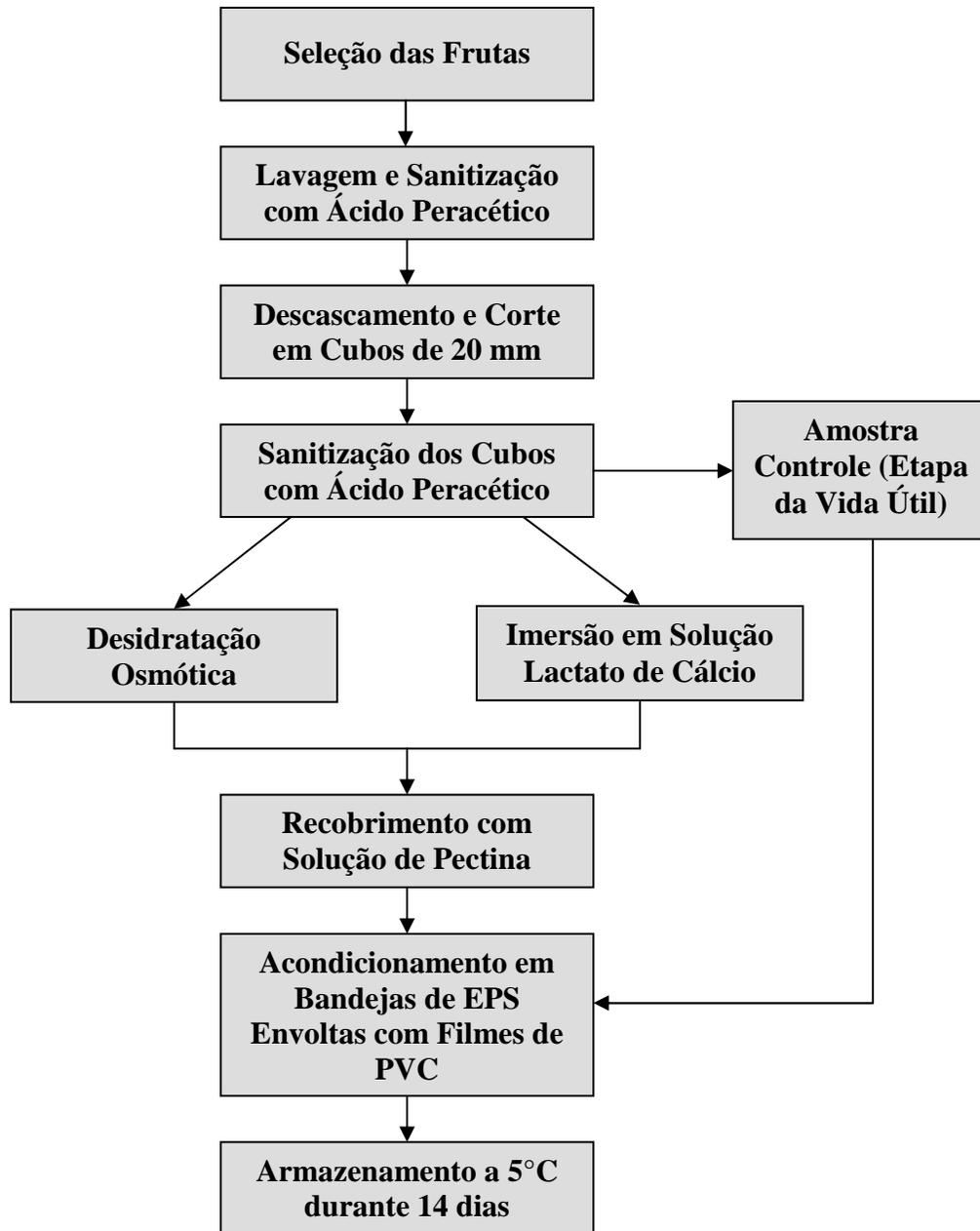


Figura 3.3: Fluxograma do processamento das amostras de melão.

3.2.3.4. Determinação da Redução do Volume

A redução de volume das amostras durante o armazenamento foi avaliada em triplicata com o auxílio de um paquímetro digital, utilizando-se a Equação 3.10.

$$\Delta V = \frac{V_o - V_f}{V_o} \quad (3.10)$$

sendo: V_o = volume inicial da amostra (após o processamento – dia 0) em m^3 e V_f = volume final da amostra (após 14 dias de armazenamento) em m^3 .

3.2.3.5. Determinação da Taxa Respiratória e da Produção de Etileno

Para determinação da taxa respiratória das frutas, aproximadamente 50g de amostra foram acondicionadas em recipientes herméticos de 200 ml (Figura 3.4), com septo de silicone na tampa, para retirada de alíquotas de gás de 0,3 ml do espaço livre do frasco, com o auxílio de uma seringa hermética. As análises foram realizadas em triplicata e a coleta foi realizada após os recipientes permanecerem 1 hora à temperatura constante de 5°C (temperatura de armazenamento) ou 25°C (temperatura ambiente utilizada como referência), sendo medidas a produção de CO_2 e o consumo de O_2 . As quantidades de CO_2 e O_2 foram determinadas através de um analisador de gases O_2/CO_2 Dual Space Analyser, modelo PAC CHECK 325 (Mocon, Minneapolis, EUA). A produção de etileno das amostras durante a respiração foi quantificada em cromatógrafo gasoso Shimadzu (Kyoto – Japão), modelo CGS 14A, operando com detector de condutividade térmica a 150°C, coluna Porapak N a 50°C e injetor a 70°C. Os resultados obtidos da análise cromatográfica foram analisados de acordo com curvas padrões feitas com gases de calibração (O_2 e CO_2).



Figura 3.4: Recipiente hermético utilizado nos ensaios para determinação da taxa respiratória.

3.2.3.6. Perda de Peso

As amostras foram pesadas na balança semi-analítica Marte (Santa Rita do Sapucaí, Brasil), modelo AM5500 e a porcentagem de perda de peso, PP (%), foi calculada pela Equação 3.1 (item 3.2.1.2).

3.2.3.7. Textura

O efeito das coberturas na textura das frutas foi avaliado através de ensaios de punção (OMS-OLIU *et al.*, 2008a; ROJAS-GRAÜ *et al.*, 2007a), com o auxílio do texturômetro Universal Testing Machine, modelo TA-TX Plus, marca Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra. Nos ensaios de punção, determinou-se a resistência das frutas ao ser penetrada por um probe cilíndrico de aço inoxidável de base plana e 3 mm de diâmetro, a uma velocidade de 2 mm/s e profundidade de penetração de 8 mm. A resistência à penetração foi dada pelo valor do pico da curva força-deformação, fornecendo a firmeza da fruta (SILVA, 2005). O resultado final foi dado pela média da quintuplicata e pelo desvio padrão.

3.2.3.8. Avaliação Sensorial

As amostras recobertas com pectina foram submetidas a uma análise sensorial, utilizando-se escala hedônica não estruturada de 9 cm, ancoradas nos extremos pelos termos “desgostei muitíssimo” à esquerda e “gostei muitíssimo” à direita. A avaliação sensorial foi realizada, conforme descrito no item 3.2.1.7. O modelo de ficha se encontra no APÊNDICE II.

3.2.3.9. Estereomicroscopia

A uniformidade e a aderência das coberturas de pectina nas amostras com e sem tratamento osmótico foram avaliadas através de um estereomicroscópio (Olympus, Tóquio, Japão), modelo SZ40 (QUERIDO, 2005).

Os cubos inteiros foram colocados sobre uma folha de papel cartão preto e então visualizados no respectivo microscópio, utilizando-se ocular de 10X. A aquisição das imagens foi feita com uma câmera Sony CCD (Tóquio, Japão), acoplada a um computador pessoal.

3.2.4. ESTUDO DA VIDA ÚTIL

As amostras pré-tratadas com banhos de 0,5% de lactato de cálcio por 15 minutos e as amostras desidratadas osmoticamente por 30 minutos em solução de sacarose a 40°Brix com 0,5% de lactato de cálcio, ambas recobertas com solução de 1% de pectina por 2 minutos (melhores condições obtidas através do item 3.2.3) foram preparadas de acordo com os itens 3.2.1.1., 3.2.1.2 e 3.2.3.3. e armazenadas a 5°C, em equipamento de refrigeração com temperatura e umidade controlada (UR = 80%), BOD – Biological Oxygen Demand TE 391 (Tecnal Equipamentos Ltda, Piracicaba - Brasil), por 14 dias. Amostras da fruta fresca foram utilizadas como controle e acondicionadas nas mesmas condições citadas acima. Aproximadamente 50 gramas de produto (9 cubos de 2 cm) foram colocados nas bandejas, totalizando 120 embalagens para os três tratamentos.

Foram avaliados periodicamente (dias 1, 5, 9 e 14) durante o período de 14 dias atributos de qualidade, como cor, textura, perda de peso, atributos sensoriais e intenção de compra, contagem microbiana e características físico-químicas (sólidos solúveis, pH, acidez total titulável, atividade de água e umidade). As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata. Ensaio de microscopia óptica também foram realizados nos dias 1, 8 e 14, enquanto que as determinações das taxas respiratórias do produto (CO₂ liberado) e da composição gasosa no interior da embalagem (CO₂ e O₂) foram feitas nos dias 1, 4, 8, 11 e 14. O tempo de armazenamento foi definido com base em ensaios preliminares e em trabalhos na literatura realizados com melão amarelo (OMS-OLIU *et al.*, 2008a; AGUAYO *et al.*, 2003).

O objetivo desta etapa do trabalho foi avaliar o efeito dos pré-tratamentos (desidratação osmótica ou banhos de cálcio) e a aplicação das coberturas comestíveis a base de pectina nos aspectos de qualidade e na aceitação sensorial das amostras durante a estocagem refrigerada (a 5°C) por 14 dias. A vida de prateleira foi definida como o tempo máximo de armazenamento até a rejeição do produto sensorialmente (nota média para qualquer atributo inferior a 4,5) ou quando a contaminação microbiológica atingiu níveis impróprios para o consumo.

3.2.4.1. Perda de Peso

As amostras foram pesadas na balança semi-analítica Marte (Santa Rita do Sapucaí, Brasil), modelo AM5500 e a porcentagem de perda de peso, PP (%), foi calculada pela Equação 3.1 (item 3.2.1.2).

3.2.4.2. Taxa Respiratória

A taxa respiratória das amostras ao longo da vida útil foi determinada de acordo com o item 3.2.3.5. As análises foram realizadas à temperatura de armazenamento (5°C).

3.2.4.3. Composição Gasosa

A determinação da composição gasosa no interior das embalagens foi realizada com o auxílio do analisador de gases portátil O₂/CO₂ Dual Space Analyser, modelo PAC CHECK 325 (Mocon, Minneapolis, EUA). O equipamento foi calibrado com a concentração do meio ambiente de 21% de O₂ e 0,03% de CO₂, e as leituras foram feitas introduzindo-se a agulha do analisador na embalagem através de um septo de silicone.

3.2.4.4. Textura

A firmeza das amostras durante a vida útil foi avaliada pela força máxima de penetração, medida em Newton (N), através de ensaios de punção (OMS-OLIU *et al.*, 2008a; ROJAS-GRAÜ *et al.*, 2007a), com o auxílio do texturômetro Universal Testing Machine, modelo TA-TX Plus, marca Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra. Os testes foram realizados conforme as especificações descritas no item 3.2.3.7.

3.2.4.5. Cor

A cor das amostras foi determinada através do sistema de leitura de três parâmetros, o CIELAB, proposto pela Comissão Internationale de l'Eclairage (CIE) em 1971. Os parâmetros L*, a* e b* foram fornecidos pelo espectrofotômetro de bancada Color Quest II, marca Hunter Lab, onde L* define a luminosidade (L* = 0 preto e L* = 100 branco) e a* e b* são responsáveis pela cromaticidade (+a* vermelho e -a* verde, + b* amarelo e -b* azul). Com os parâmetros L*, a* e b*, avaliou-se o croma C*, a partir da equação 3.11 (CALVO & DURAN, 1997). Estas análises foram feitas em triplicata.

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (3.11)$$

3.2.4.6. Determinação de sólidos solúveis

Os sólidos solúveis foram determinados por refratometria, com o auxílio de um refratômetro de bancada Zeiss (Jena, Germany).

3.2.4.7. Determinação de pH

O pH foi determinado com pHmetro Tecnalise (Piracicaba, Brasil), modelo pH300.

3.2.4.8. Determinação da acidez total titulável

A acidez foi determinada por método titulométrico (método 942.15B) da AOAC (2002).

3.2.4.9. Determinação de atividade de água

A determinação da atividade de água foi realizada de acordo com o item 3.2.1.5.

3.2.4.10. Umidade

A umidade das amostras foi determinada através de método gravimétrico, utilizando estufa a vácuo a 70°C e 100 mmHg, até as amostras atingirem peso constante (método 934.06 da AOAC, 2002).

3.2.4.11. Contagem microbiana

As amostras foram analisadas quanto ao desenvolvimento de bolores e leveduras ao longo do armazenamento refrigerado. A contaminação por coliformes e *Salmonella sp* foi avaliada apenas no início da vida de prateleira para verificar as condições higiênicas da matéria-prima utilizada e do processamento. Estas análises foram feitas segundo as metodologias de DOWNES & ITO (2001) e ISO 6579 (2002). De acordo com a Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional da Vigilância Sanitária, para frutas, produtos de frutas e similares (Grupo de Alimentos 1, Item b) a tolerância é de ausência de *Salmonella sp* em 25g e máximo de 5×10^2 UFC/g de coliformes. A ANVISA não determina padrões para este tipo de produto em relação a bolores e leveduras.

3.2.4.12. Microscopia óptica

Ensaio de microscopia óptica foram realizados ao longo da vida de prateleira, a fim de se comparar o efeito dos pré-tratamentos realizados (desidratação osmótica ou uso de banhos de lactato de cálcio) e das coberturas de pectina na estrutura celular das frutas durante o armazenamento refrigerado. A seqüência experimental foi descrita no item 3.2.1.6.

3.2.4.13. Avaliação Sensorial

Durante o estudo da vida útil, seguiu-se o mesmo procedimento das análises sensoriais realizadas anteriormente (item 3.2.1.7). A nota média de 4,5 foi considerada o limite de aceitação do produto.

3.2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram avaliados estatisticamente através da Análise de Variância, aplicando o Teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com o auxílio do programa STATISTICA[®] 5.0 (STatSoft Inc – Tulsa – Estados Unidos).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. EFEITO DO LACTATO DE CÁLCIO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS, ESTRUTURA CELULAR E NA ACEITAÇÃO SENSORIAL DE CUBOS DE MELÃO DESIDRATADOS OSMOTICAMENTE

4.1.1. Teor de Cálcio

A Tabela 4.1 mostra o teor de cálcio da amostra fresca (controle) e das frutas processadas osmoticamente por duas horas. O melão *in natura* apresentou uma quantidade de cálcio igual a $0,894 \pm 0,008$ g/kg de massa seca. A adição de lactato de cálcio na solução osmótica de sacarose resultou num aumento significativo ($p \leq 0,05$) do teor final de cálcio das frutas desidratadas osmoticamente, atingindo valores até quatro vezes maiores que o produto fresco. Os conteúdos de cálcio das frutas tratadas com lactato de cálcio e sacarose a 40°Brix variaram entre $1,397 \pm 0,019$ e $3,831 \pm 0,030$ g/kg massa seca; enquanto que as frutas processadas com sacarose a 60°Brix e lactato de cálcio apresentaram teor de cálcio entre $1,119 \pm 0,005$ a $2,540 \pm 0,019$ g/kg massa seca.

Tabela 4.1: Teor de cálcio das amostras de melão submetidas aos diferentes tratamentos.

Tratamento	Teor de cálcio \pm DP (g kg ⁻¹ massa seca)
Fruta Fresca	$0,894 \pm 0,007$ a
SAC40	$0,542 \pm 0,003$ b
SAC40CA0,5	$1,397 \pm 0,019$ c
SAC40CA1,0	$2,057 \pm 0,011$ d
SAC40CA1,5	$2,567 \pm 0,035$ e
SAC40CA2,0	$3,831 \pm 0,030$ f
SAC60	$0,494 \pm 0,003$ g
SAC60CA0,5	$1,119 \pm 0,005$ h
SAC60CA1,0	$1,676 \pm 0,018$ i
SAC60CA1,5	$2,306 \pm 0,013$ j
SAC60CA2,0	$2,540 \pm 0,019$ e

SAC40: desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix; **SAC40CA0,5 a SAC40CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%; **SAC60:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix; **SAC60CA0,5 a SAC60CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%. Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si para $p \leq 0,05$.

LEWICKI *et al.* (2002) avaliaram a influência de dois pré-tratamentos na secagem de tomates. As amostras foram submetidas à desidratação osmótica em solução de sacarose (60°Brix) à temperatura de 30°C por 3 horas com adição de 2% de cloreto de cálcio na solução. No outro tratamento, os tomates foram pré-tratados em 2% de cloreto de cálcio por 24 horas e em seguida processados osmoticamente nas mesmas condições descritas anteriormente. Os autores verificaram, em ambos os casos, um aumento considerável do conteúdo de cálcio dos tomates, apresentando valores em torno de 7 a 11 vezes maior que o do produto fresco.

De acordo com a Tabela 4.1, verificou-se que quanto maior a concentração do sal de cálcio adicionado à solução osmótica, maior a incorporação dos íons Ca^{+2} durante o tratamento e que a combinação do uso de sacarose na menor concentração (40°Brix) e lactato de cálcio promoveu uma maior incorporação desses íons, quando comparado aos ensaios realizados com sacarose a 60°Brix. Além disso, o tratamento osmótico conduzido com solução de sacarose (40°Brix) e adição de 2,0% de lactato de cálcio resultou num ganho de íons Ca^{+2} aproximadamente 5 vezes maior que o teor de cálcio da fruta fresca.

TORRES *et al.* (2006) desidratando pedaços de manga com soluções de sacarose (45 ou 65°Brix) e lactato de cálcio (0 – 2,0%) observaram uma maior incorporação de cálcio na fruta, com o aumento da concentração do sal na solução. O ganho de cálcio também foi superior nos ensaios conduzidos com soluções menos concentradas (45°Brix), resultado da menor viscosidade da solução nesta condição, já que soluções osmóticas com maior concentração de açúcares podem limitar a entrada de sólidos no produto pela formação de uma camada superficial de solutos ao redor da fruta.

Em um trabalho similar, CASTELLÓ *et al.* (2009) desidrataram osmoticamente fatias de maçã à pressão atmosférica ou aplicando pulso de vácuo em soluções de glicose (50°Brix) com adição de lactato de cálcio (0-2,0%). Os autores observaram que quanto maior a concentração de cálcio na solução osmótica, maior a incorporação de íons Ca^{+2} nas frutas. Adicionalmente, as amostras desidratadas com pulso de vácuo apresentaram um conteúdo de cálcio final em torno de 50 a 80% maior em comparação com as amostras desidratadas à pressão atmosférica, fato que foi atribuído a ação de mecanismos

hidrodinâmicos promovidos pela alteração na pressão, favorecendo a entrada de solução nos poros.

4.1.2. Perda de Água, Perda de Peso e Ganho de Sólidos

A Figura 4.1 mostra os valores de perda de água e de peso e ganho de sólidos dos ensaios realizados com sacarose a 40°Brix e a 60°Brix, com ou sem a adição de lactato de cálcio durante duas horas.

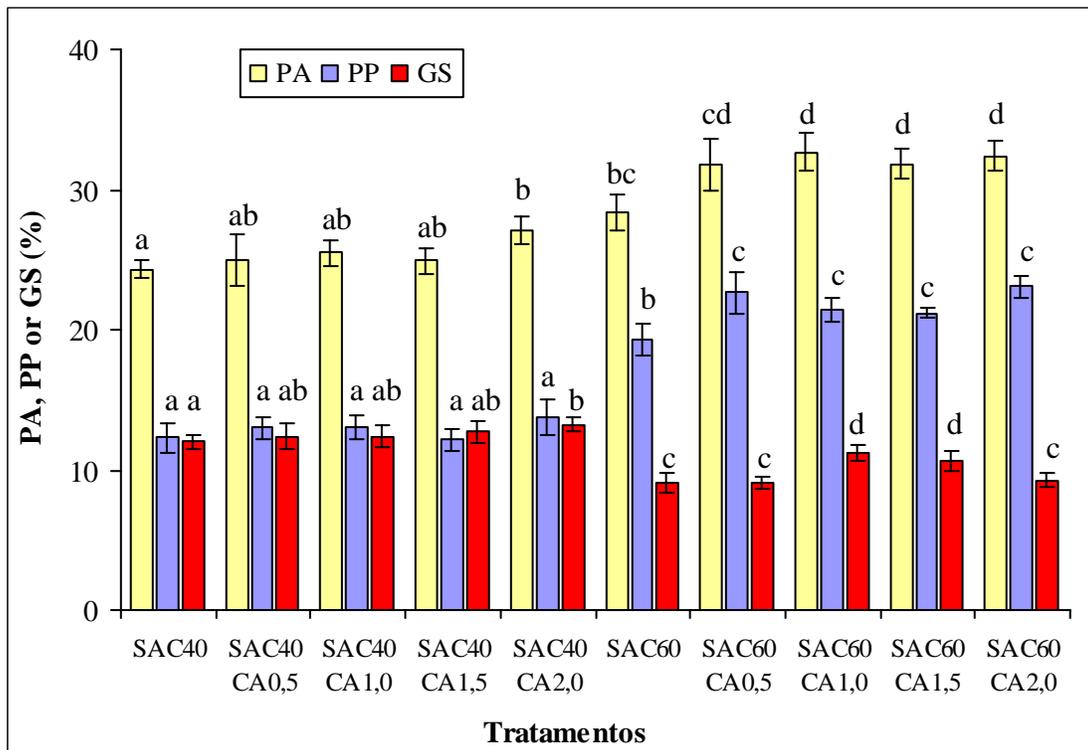


Figura 4.1: Perda de Água (PA), Perda de Peso (PP) e Ganho de Sólidos (GS) das amostras de melão submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos por duas horas. **SAC40:** desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix; **SAC40CA0,5 a SAC40CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%; **SAC60:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix; **SAC60CA0,5 a SAC60CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%. Colunas com letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos para cada resposta avaliada a $p \leq 0,05$.

O processo osmótico usando apenas sacarose como agente desidratante resultou em maiores valores de perda de água ($\cong 28\%$) e de peso ($\cong 19\%$) para as amostras processadas a 60°Brix, devido ao maior gradiente de pressão osmótica na interface produto/solução, proporcionando uma maior taxa de transferência de massa.

Por outro lado, com relação ao ganho de sólidos, notou-se uma diminuição estatisticamente significativa da incorporação de solutos com o aumento da concentração de açúcar. Tal ocorrência também foi verificada nos ensaios de desidratação osmótica utilizando lactato de cálcio, ou seja, para uma mesma concentração de sal na solução, constatou-se um ganho de sólidos mais baixo nas frutas processadas osmoticamente com solução de sacarose a 60°Brix. Esta ocorrência já havia sido constatada por pesquisadores, como TORRES *et al.* (2006) e TALENS *et al.* (2002) em seus trabalhos com mangas e kiwis, respectivamente, sendo que conforme discutido previamente no item 4.1.1., está relacionada com o aumento da viscosidade da solução a 60°Brix, que representa uma barreira para a transferência de massa da solução para a fruta.

A adição do sal de cálcio na solução osmótica proporcionou um ligeiro aumento da perda de água das frutas, mas estatisticamente significativo ($p \leq 0,05$) apenas para as concentrações de sal superiores a 1,0% nos ensaios realizados com sacarose a 60°Brix. Nos tratamentos a 40°Brix, a elevação da concentração de lactato de cálcio provocou alterações significativas no teor de água final das amostras somente quando o sal foi utilizado na concentração de 2,0%. Em relação à perda de peso das amostras, a adição de lactato de cálcio na solução osmótica resultou em uma perda de peso significativamente maior nos ensaios realizados a 60°Brix, enquanto que nos tratamentos com concentração de sacarose igual a 40°Brix o sal de cálcio não apresentou um efeito significativo nesta resposta.

Um aumento do teor de sólidos das frutas foi observado apenas nos ensaios com solução de sacarose a 60°Brix, atingindo-se uma incorporação de sólidos em torno de 11% nos tratamentos com 1,0 e 1,5% de lactato de cálcio, seguida de uma redução estatisticamente significativa desses valores para as amostras tratadas com concentração de sal de 2,0%. Em contrapartida, no processo osmótico realizado com sacarose a 40°Brix, um aumento estatisticamente significativo do teor de sólidos das frutas foi verificado somente

nos tratamentos com 2,0% de lactato de cálcio, obtendo-se uma incorporação de sólidos final de aproximadamente 13%.

LEWICKI *et al.* (2002) relataram uma maior difusão de água e de açúcares em tomates pré-tratados com cloreto de cálcio, submetidos aos processos de desidratação osmótica e secagem. De acordo com os autores, a formação de uma estrutura aberta, devido às interações entre as moléculas de pectina através de ligações com íons cálcio, favoreceu a transferência de massa, resultando em maiores perdas de água e incorporação de sólidos do produto. PEREIRA *et al.* (2007) e MASTRANTONIO *et al.* (2005) verificaram maiores taxas de perda de água em goiabas desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose ou maltose com adição de lactato de cálcio. De acordo com os autores, o efeito combinado da ação dos açúcares e sais na solução osmótica promoveu um maior efeito desidratante, devido ao aumento do gradiente de pressão osmótica observado em soluções osmóticas mais concentradas.

Entretanto, de acordo com BARRERA *et al.* (2004), a interação dos íons cálcio com a pectina da parede celular do tecido vegetal acarreta a formação de pontes de cálcio, resultando numa parede celular mais reforçada, e assim, dificultando os fluxos de perda de água e ganho de sólidos. Já CASTELLÓ *et al.* (2009), em um trabalho sobre desidratação osmótica de maçãs, afirmam que o aumento da resistência à transferência de massa não é somente devido ao efeito das ligações da pectina com o cálcio na matriz celular, mas também pela influência dos íons Ca^{+2} no transporte ativo de água através da membrana celular. De acordo com os autores, o cálcio bloqueia a ação de uma classe de proteínas da membrana celular chamadas de aquaporinas que são responsáveis pelo transporte ativo de água na célula, diminuindo portanto o fluxo de saída de água das células. TORRES *et al.* (2006) verificaram que a adição de lactato de cálcio (até 2,0%) nas soluções osmóticas de sacarose a 45 ou 65°Brix ocasionou uma redução da perda de água de fatias de manga processadas osmoticamente.

Para PEREIRA *et al.* (2006), o efeito dos sais de cálcio na transferência de massa do processo osmótico está diretamente relacionado com a estrutura celular da fruta a ser estudada. Os autores observaram que, no caso da goiaba, o lactato de cálcio resultou num aumento da perda de água e redução do ganho de sólidos durante 6 horas de processo

utilizando soluções de sacarose a 40 ou 60°Brix com adição de lactato de cálcio (1,2%). Por outro lado, para o mamão verificou-se um efeito contrário, ou seja, diminuição da perda de água e aumento da incorporação de solutos ao longo do tempo.

4.1.3. Atividade de Água

A Tabela 4.2 mostra os valores da atividade de água das soluções e do produto final submetido aos diferentes tratamentos osmóticos. Analisando esta tabela, pode-se dizer que o aumento da concentração de sacarose e o uso de lactato de cálcio na solução osmótica resultaram em uma maior redução estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) dos valores de atividade de água das soluções, intensificando assim o seu poder desidratante, devido ao aumento do gradiente de pressão osmótica na interface produto/solução. Entretanto, a atividade de água final do produto foi muito alta, sendo necessários tratamentos adicionais para garantir a estabilidade microbiológica do alimento e retardar as reações químicas e enzimáticas que podem ocorrer no produto durante o armazenamento.

Tabela 4.2: Atividade de água das soluções desidratantes e do produto final submetido aos tratamentos osmóticos por duas horas.

Tratamento	Atividade Água Solução \pm Desvio Padrão	Atividade Água Produto \pm Desvio Padrão
Fruta Fresca	----	0,982 \pm 0,001 a
SAC40	0,957 \pm 0,001 a	0,976 \pm 0,002 b
SAC40CA0,5	0,953 \pm 0,001 b	0,971 \pm 0,002 c
SAC40CA1,0	0,953 \pm 0,001 b	0,970 \pm 0,002 c
SAC40CA1,5	0,949 \pm 0,001 c	0,967 \pm 0,002 c
SAC40CA2,0	0,948 \pm 0,001 c	0,969 \pm 0,001 c
SAC60	0,895 \pm 0,001 d	0,963 \pm 0,001 d
SAC60CA0,5	0,888 \pm 0,001 e	0,961 \pm 0,001 e
SAC60CA1,0	0,878 \pm 0,001 f	0,962 \pm 0,001 de
SAC60CA1,5	0,875 \pm 0,001 g	0,960 \pm 0,001 e
SAC60CA2,0	0,861 \pm 0,001 h	0,957 \pm 0,001 f

SAC40: desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix; **SAC40CA0,5 a SAC40CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%; **SAC60:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix; **SAC60CA0,5 a SAC60CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%. Médias seguidas por letras minúsculas iguais em uma mesma coluna não diferem entre si para $p \leq 0,05$.

Comparando-se a atividade de água das amostras desidratadas osmoticamente com ou sem a adição de lactato de cálcio na solução, notou-se que o sal resultou em uma

redução estatisticamente significativa nos valores deste parâmetro, devido ao efeito do cálcio na depressão da atividade de água.

Apesar da adição de lactato de cálcio na solução osmótica proporcionar uma redução estatisticamente significativa dos valores de atividade de água das amostras, ao se avaliar a influência da concentração de lactato de cálcio na atividade de água das amostras, observou-se que para os tratamentos com sacarose a 60°Brix, o aumento da concentração do sal influenciou significativamente na depressão da atividade de água apenas para a concentração de 2,0%. Nos ensaios realizados com concentração de sacarose igual a 40°Brix não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas na atividade de água do produto com o aumento da concentração de lactato. Este comportamento pode ser correlacionado com a perda de água observada após as duas horas de desidratação osmótica (Figura 4.1), visto que o aumento da concentração de lactato de cálcio de 0,5 a 2,0% não mostrou um efeito significativo nos valores desta variável de processo.

4.1.4. Propriedades Mecânicas

Tensão na Ruptura e Deformação na Ruptura

Nas Figuras 4.2 e 4.3, observam-se, respectivamente, os valores de tensão e deformação na ruptura das amostras submetidas aos tratamentos osmóticos com soluções de sacarose com ou sem adição de lactato de cálcio por duas horas. Os desvios entre as repetições relativamente grandes nestas medidas se devem à heterogeneidade entre as frutas e à falta de uniformidade em sua estrutura interna, uma vez que as propriedades mecânicas de um material biológico são determinadas pela estrutura e pelos constituintes da parede celular, afetados pelas condições de processo e pelas pequenas variações no grau de maturação, variedade e época de colheita. O grande desvio desses resultados devido à variabilidade na matéria-prima também foi observado em trabalhos realizados com goiabas (PEREIRA *et al.*, 2004), maçãs (CASTELLÓ *et al.*, 2009) e *grapefruits* (MORAGA *et al.*, 2009).

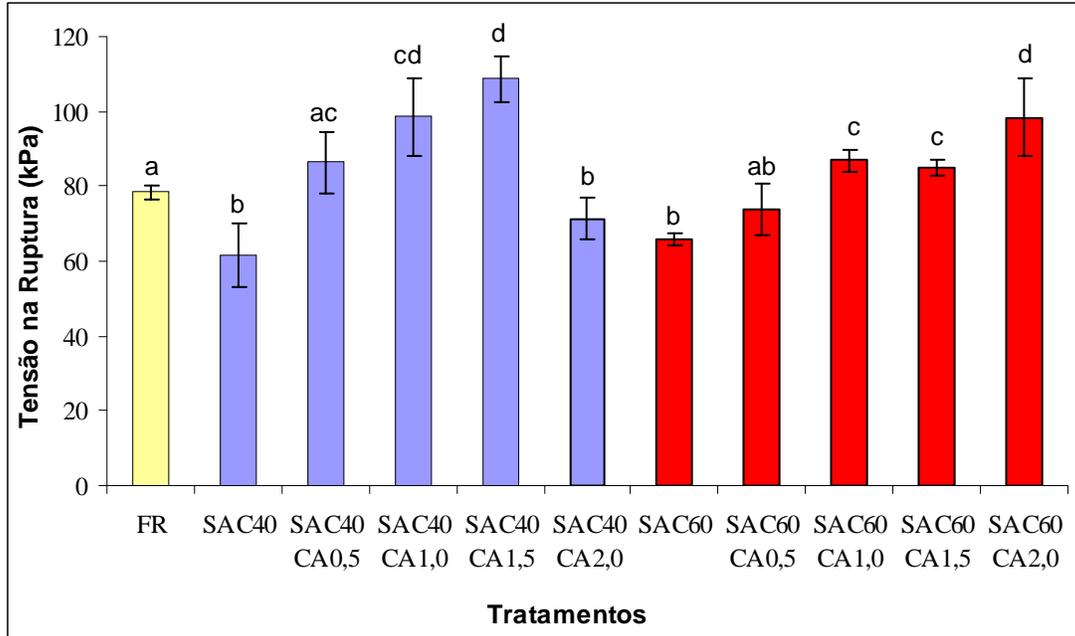


Figura 4.2: Tensão na Ruptura das amostras de melão fresca e submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos por duas horas. **FR:** fruta fresca. **SAC40:** desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix; **SAC40CA0,5 a SAC40CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%; **SAC60:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix; **SAC60CA0,5 a SAC60CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%. Colunas com a mesma letra não diferem entre si para $p \leq 0,05$.

O processo osmótico realizado apenas com solução de sacarose a 40 ou 60°Brix (Figura 4.2) provocou uma redução estatisticamente significativa da tensão de ruptura das amostras. Em termos comparativos, a tensão na ruptura para a amostra fresca foi de $78,37 \pm 1,77$ kPa, enquanto que os valores desta propriedade para as frutas tratadas osmoticamente com sacarose a 40 e 60°Brix foi de $61,68 \pm 8,47$ kPa e $65,68 \pm 1,64$ kPa, respectivamente. Tal ocorrência também foi relatada por CASTELLÓ *et al.* (2009) e por PRINZIVALLI *et al.* (2006) em maçãs e morangos desidratados osmoticamente, respectivamente. Segundo os autores, a mudança de textura no processo osmótico é atribuída principalmente aos fluxos de perda de água e ganho de sólidos e a fatores químicos e enzimáticos, como a decomposição da pectina presente na parede celular. Em um trabalho similar, SANJINEZ-ARGANDOÑA *et al.* (2002) verificaram uma diminuição dos valores de tensão na ruptura para as amostras desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose (50 a 70°Brix) com

adição de ácido cítrico ou láctico à temperatura de 30°C, ou seja, as amostras processadas foram menos resistentes à compressão em relação à fruta fresca. A redução da tensão na ruptura foi associada principalmente ao ganho de açúcares, deixando o produto final menos rígido.

A adição de sais de cálcio na solução osmótica resultou em um aumento da tensão de ruptura das amostras, implicando em uma característica mais acentuada de dureza das frutas. Para as frutas tratadas com soluções de sacarose a 60°Brix, o aumento da concentração de íons cálcio na solução desidratante resultou em maiores valores da tensão de ruptura (estatisticamente significativos a $p \leq 0,05$) apenas para concentrações de lactato superiores a 1,0%.

Por outro lado, para as frutas submetidas aos tratamentos em soluções de sacarose a 40°Brix, o aumento da concentração do sal até 1,5% ocasionou um maior enrijecimento do tecido, porém a adição de 2,0% de lactato de cálcio na solução promoveu uma diminuição significativa na tensão na ruptura, não diferindo estatisticamente dos valores da amostra processada apenas com solução de sacarose a 40°Brix (Figura 4.2). Portanto, a grande incorporação de cálcio observada nesta condição (Tabela 4.1) pode ter causado danos ao tecido das frutas, comprometendo a textura das amostras.

Em um trabalho com maçãs, ANINO *et al.* (2006) constataram uma diminuição da tensão na ruptura nas amostras submetidas aos tratamentos utilizando solução isotônica de glicose e mistura de lactato e gluconato de cálcio por tempos de processo superiores a duas horas. De acordo com os autores, o aumento da incorporação de sais de cálcio com o tempo de tratamento provocou plasmólise do citoplasma e um conseqüente amolecimento dos tecidos, ao invés de um fortalecimento da parede celular. Adicionalmente, CASTELLÓ *et al.* (2009) não observaram manutenção das propriedades mecânicas em morangos desidratados osmoticamente em soluções de glicose (50°Brix) contendo 2,0% de lactato de cálcio, sendo que o efeito benéfico do sal na textura das frutas foi verificado apenas na concentração de 1,0%.

PEREIRA *et al.* (2007) estudando a desidratação osmótica de goiabas em solução de sacarose com adição de cloreto ou lactato de cálcio (até 2,5%) verificaram uma grande

incorporação de íons cálcio nas amostras tratadas com cloreto de cálcio, resultando em goiabas com teores de cálcio de 3 a 10 vezes maiores que a fruta fresca. Este elevado ganho de cálcio ocasionou alterações estruturais que foram consistentes com o intenso efeito deste sal nas características de textura das frutas a altas deformações, observando-se o não rompimento das amostras tratadas em concentrações de CaCl_2 superiores a 0,5%. Em relação ao lactato de cálcio, os autores verificaram maiores valores de tensão na ruptura com o aumento da concentração deste sal, porém o uso de concentrações acima de 1,5% provocou alguns danos na estrutura celular das goiabas.

A deformação na ruptura das amostras (Figura 4.3) também foi afetada pelo processo osmótico e pela adição de lactato de cálcio na solução desidratante. A amostra *in natura* apresentou uma deformação na ruptura de $0,289 \pm 0,026$. As frutas desidratadas com ou sem o sal de cálcio apresentaram valores de deformação superiores aos da amostra fresca, demonstrando uma maior deformabilidade antes de romper. O aumento da deformação na ruptura após o processo osmótico já foi relatado para outros produtos, tais como: maçãs (CASTELLÓ *et al.*, 2009), goiabas (PEREIRA *et al.*, 2007) e abóboras (MAYOR *et al.*, 2007).

De acordo com KROKIDA *et al.* (2000) e MAYOR *et al.* (2007), a diminuição da umidade ao longo do processo osmótico acarreta um aumento da deformação na ruptura das amostras processadas. Este fato, segundo os autores, pode ser associado aos fluxos de perda de água e ganho de sólidos ao longo do processo, no qual os açúcares tendem a ocupar os espaços intercelulares inicialmente preenchidos com ar, observando-se uma redução da elasticidade e aumento das características viscosas do produto.

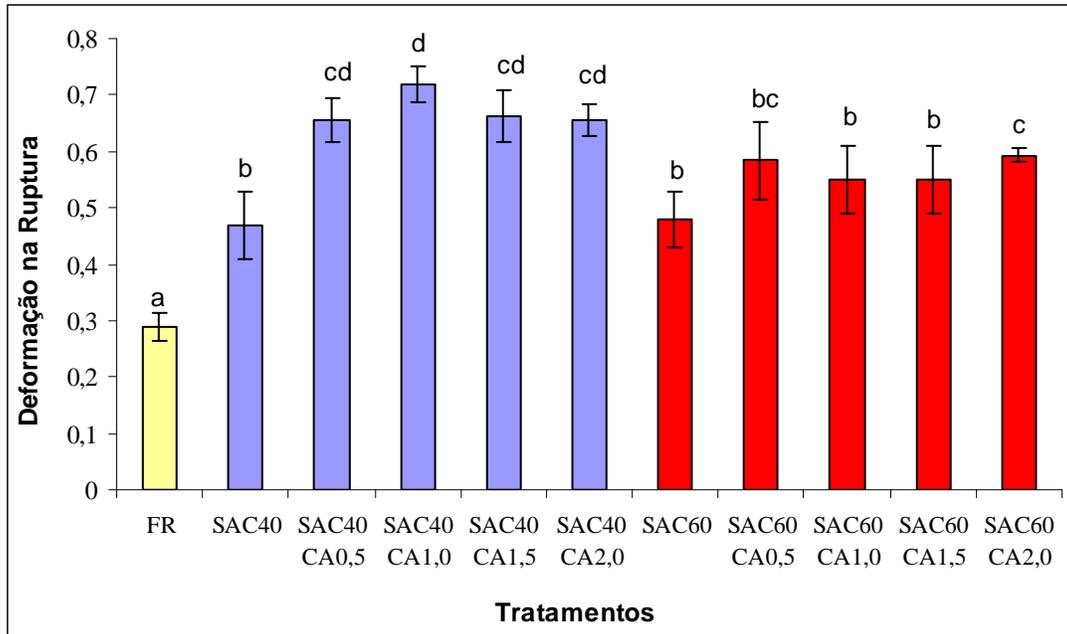


Figura 4.3: Deformação na Ruptura das amostras de melão fresca e submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos por duas horas. **FR:** fruta fresca. **SAC40:** desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix; **SAC40CA0,5 a SAC40CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%; **SAC60:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix; **SAC60CA0,5 a SAC60CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%. Colunas com a mesma letra não diferem entre si para $p \leq 0,05$.

O uso de lactato de cálcio resultou em valores de deformação na ruptura significativamente maiores nas amostras processadas em soluções de sacarose a 40°Brix. Entretanto, o aumento da concentração de lactato de 0,5 até 2,0% não afetou de maneira significativa esta propriedade mecânica. Para os tratamentos realizados a 60°Brix, o efeito da adição de lactato de cálcio foi verificado apenas na concentração de 2,0% (para $p \leq 0,05$).

Analisando a influência da concentração de açúcar na solução, notou-se que as frutas desidratadas osmoticamente com soluções de sacarose a 40°Brix apresentaram valores mais elevados de deformação na ruptura, porém estatisticamente significativos para as concentrações de sal iguais a 1,0 ou 1,5% (Figura 4.3). Este aumento da deformação na ruptura pode ser atribuído à maior incorporação de açúcares (Figura 4.1) e de íons cálcio

(Tabela 4.1), observada nos ensaios realizados com menor concentração de sacarose. Tal ocorrência também foi relatada por TORRES *et al.* (2006) durante a desidratação osmótica de fatias de manga, com ou sem aplicação de pulso de vácuo, empregando soluções de sacarose a 45 ou 65°Brix, contendo lactato de cálcio. Segundo os autores, maiores valores de deformação na ruptura foram obtidos para as amostras processadas em concentrações mais baixas de sacarose (45°Brix), o que foi atribuído aos maiores ganhos de açúcar e sal nestas condições. Em contrapartida, MAYOR *et al.* (2007) não observaram influência estatisticamente significativa da concentração da solução de sacarose (30 a 60%) e da temperatura de processo (25 ou 38°C) nas propriedades mecânicas (tensão e deformação na ruptura e módulo de elasticidade) de abóboras desidratadas osmoticamente durante 9 horas. Neste caso, as alterações das propriedades mecânicas do produto final foram dependentes apenas do teor de umidade das amostras ao longo do processo.

Tempo de Relaxação e Tensão Residual

Nas Figura 4.4 são apresentados os resultados dos ensaios de compressão a baixas deformações (tempo de relaxação e tensão residual, respectivamente) das amostras com e sem tratamento osmótico. Segundo STEFFE (1996), o tempo de relaxação é o tempo que se leva para relaxar (ou aliviar) as tensões, quando o produto é deformado por um certo tempo, ou a razão entre as características viscosas e elásticas do alimento. Já a tensão residual representa a tensão que não é relaxada, mesmo após um tempo de relaxação tendendo ao infinito. Esta tensão corresponde à medida da parte elástica do material viscoelástico, sendo que maiores valores deste parâmetro estão associados com um material mais sólido ou rígido.

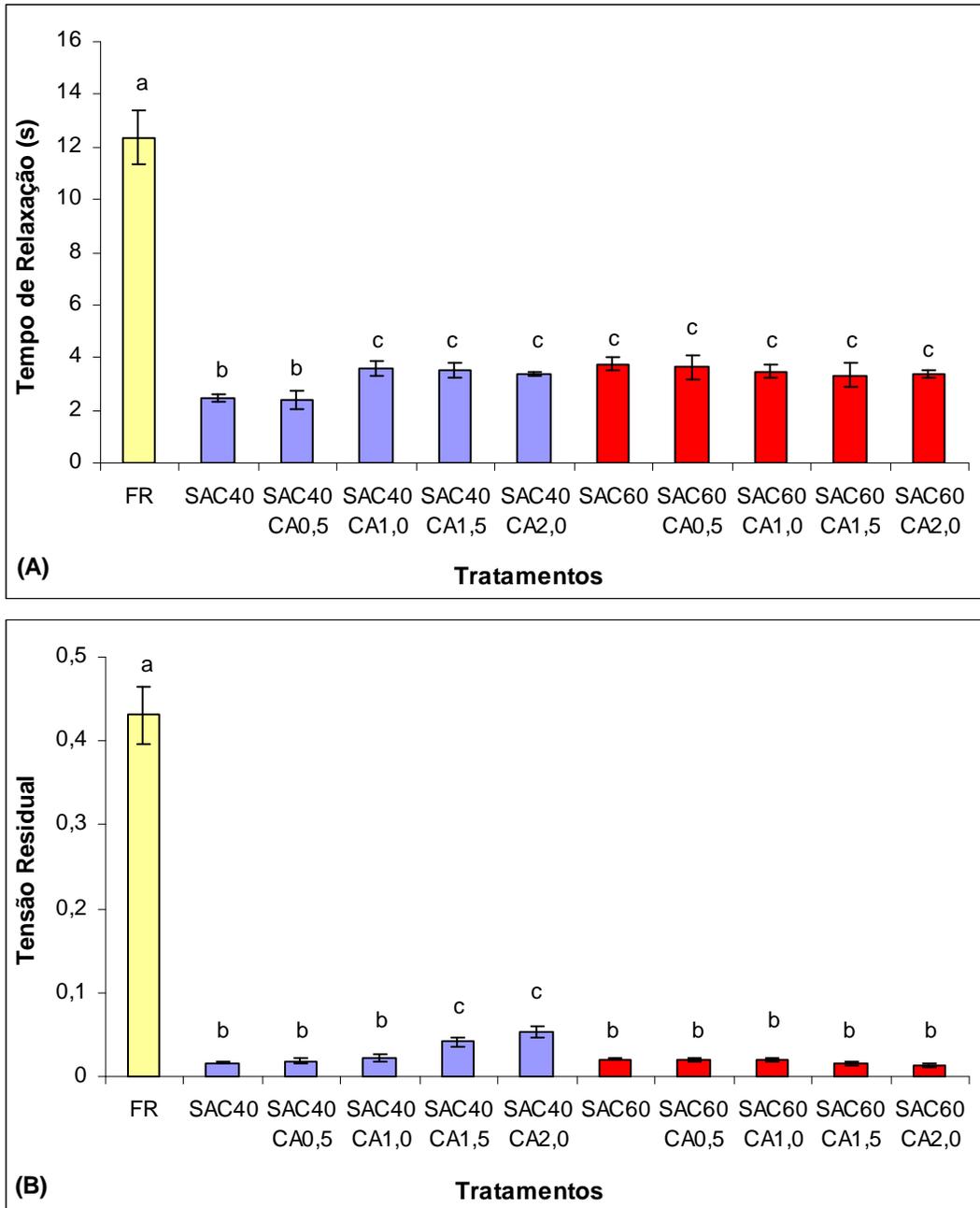


Figura 4.4: Tempo de Relaxação (A) e Tensão Residual (B) das amostras de melão fresca e submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos por duas horas. **FR:** amostra fresca; **SAC40:** desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix; **SAC40CA0,5 a SAC40CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%; **SAC60:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix; **SAC60CA0,5 a SAC60CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%. Colunas com a mesma letra não diferem entre si para $p \leq 0,05$.

Houve diferença estatisticamente significativa no tempo de relaxação (Figura 4.4A) e na tensão residual (Figura 4.4B) das amostras processadas, em relação à fruta fresca, a um intervalo de confiança de 95% ($p \leq 0,05$). As amostras *in natura* apresentaram valores consideravelmente superiores destes parâmetros em comparação aos da fruta tratada osmoticamente com ou sem adição de lactato de cálcio, indicando que características de elasticidade da fruta fresca não foram preservadas durante a desidratação osmótica. Os valores do tempo de relaxação e da tensão residual do melão fresco foram iguais a $12,37 \pm 1,01$ s e $0,430 \pm 0,033$, respectivamente, sendo que as frutas processadas apresentaram uma redução do tempo de relaxação de aproximadamente cinco vezes, enquanto que os resultados de tensão residual obtidos foram em torno de vinte vezes menor em relação aos valores da fruta fresca.

Uma diminuição do tempo de relaxação em bananas e maçãs desidratadas osmoticamente da ordem de 20 e 30%, respectivamente, foi observado por KROKIDA *et al.* (2000). Para os autores, a redução dos valores desta propriedade mecânica está relacionada com a incorporação de sólidos no processo osmótico, refletindo diretamente no comportamento reológico do produto, devido à simultânea perda de elasticidade e ao aumento da natureza viscosa nas frutas processadas osmoticamente.

MASTRÁNGELO *et al.* (2000) também verificaram efeito similar da desidratação osmótica no tempo de relaxação e na tensão residual de melões. As frutas submetidas ao tratamento osmótico em soluções de glicose, sob pressão atmosférica ou a vácuo, com ou sem adição de lactato de cálcio, apresentaram uma tensão residual entre oito e dez vezes menor que a amostra fresca, enquanto que os valores do tempo de relaxação do melão *in natura* foram aproximadamente vinte vezes maior que para as frutas osmoticamente desidratadas. Segundo os autores, isso mostra uma intensa ruptura interna sofrida pelas amostras durante o processo osmótico, além da perda da elasticidade da fruta após a desidratação.

Em tomates pré-tratados com cálcio, submetidos aos processos de desidratação osmótica e secagem, LEWICKI & LUKASZUK (2000) observaram menores valores para o tempo de relaxação e a tensão residual. De acordo com os pesquisadores, as amostras secas

e pré-tratadas osmoticamente apresentaram uma menor resistência à deformação e características mais viscosas, em comparação às frutas sem tratamento osmótico.

Por outro lado, PEREIRA *et al.* (2007) observaram pequenas alterações nas características viscoelásticas de goiabas submetidas ao processo osmótico por duas horas. O uso de soluções de sacarose causou a diminuição do tempo de relaxação e da tensão residual das goiabas em aproximadamente 20 e 10%, respectivamente. A adição de lactato ou cloreto de cálcio nas soluções não alterou de maneira significativa a tensão residual das amostras, enquanto que o tempo de relaxação foi apenas influenciado pela adição de cloreto de cálcio. Em um trabalho com pedaços de mamão desidratados osmoticamente, RODRIGUES *et al.* (2003) verificaram uma redução em torno de 20% da tensão residual das amostras processadas com sacarose e cloreto de cálcio por 3 horas. No caso do tempo de relaxação, um aumento estatisticamente significativo foi evidenciado ao longo do tempo de processo, provavelmente devido à formação de pectatos de cálcio.

Uma possível explicação para os distintos comportamentos das propriedades mecânicas da goiaba e do mamão em relação ao melão são as diferenças no teor de pectina das frutas. O melão apresenta baixo teor de pectina (em torno de 0,10g/100g fruta), enquanto que a goiaba é uma fruta rica em pectina (1,30g/100g fruta). Portanto, na goiaba há uma maior formação dos complexos cálcio-pectina, contribuindo para um maior enrijecimento da parede celular, resultando em maiores valores de tensão na ruptura e tempo de relaxação, em comparação com os resultados para o melão. Já o mamão possui também um alto teor de pectina de aproximadamente 1,60g/100g fruta (RODRIGUES *et al.*, 2003), além de ser rico em pectinametilesterase, uma importante enzima na indústria de alimentos, que contribui para a estabilização da textura de produtos vegetais. Esta enzima age na desmetoxilação da pectina, fornecendo grupos carboxílicos livres que se complexam com os íons Ca^{+2} . Deste modo, acredita-se que a ativação da pectinametilesterase durante o processo osmótico pode ter causado o aumento dos valores da tensão na ruptura das amostras de mamão.

4.1.5. Análise da Estrutura Celular: Microscopia Óptica

A Figura 4.5 representa um corte transversal do mesocarpo de melão fresco, na qual é possível observar a parede celular, o vacúolo e os espaços intercelulares. O tecido da amostra fresca apresenta células de formato arredondado, túrgidas com parede celular bem definida, estruturada, porém fina, devido ao baixo teor de pectina presente na fruta, evidenciado pela coloração pouco intensa do azul de toluidina (corante específico para substâncias pécnicas da parede celular). A maior porção de água da célula se encontra no vacúolo. A alta porcentagem de água (aproximadamente 90%) nas células do tecido fresco do melão faz com que o vacúolo ocupe grande volume da célula, empurrando o citoplasma para a periferia da célula, o que dificulta a sua delimitação.

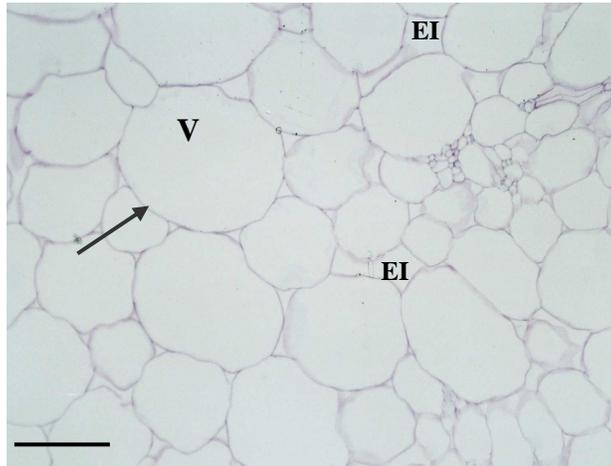


Figura 4.5: Corte transversal do mesocarpo (tecido parenquimático) de melão fresco. V = vacúolo; EI = espaço intercelular; seta = parede celular. Barra = 140 μ m.

As Figuras 4.6 e 4.7 mostram a estrutura celular dos melões desidratados osmoticamente em soluções de sacarose com ou sem a adição de lactato de cálcio. De maneira geral, houve redução dos espaços intercelulares e aumento do contato entre as células, como consequência dos fluxos de perda de água e ganho de sólidos e do encolhimento decorrente do processo. Este fato foi observado em todos os tratamentos, com exceção do ensaio realizado com sacarose a 40°Brix e 2,0% de lactato de cálcio (Figura 4.6e). A diminuição dos espaços intercelulares durante o processo osmótico já foi relatada em maçãs (MARTÍNEZ *et al.*, 2007; NIETO *et al.*, 2004), melões (MASTRÁNGELO *et al.*, 2000) e morangos (BUGGENHOUT *et al.*, 2008).

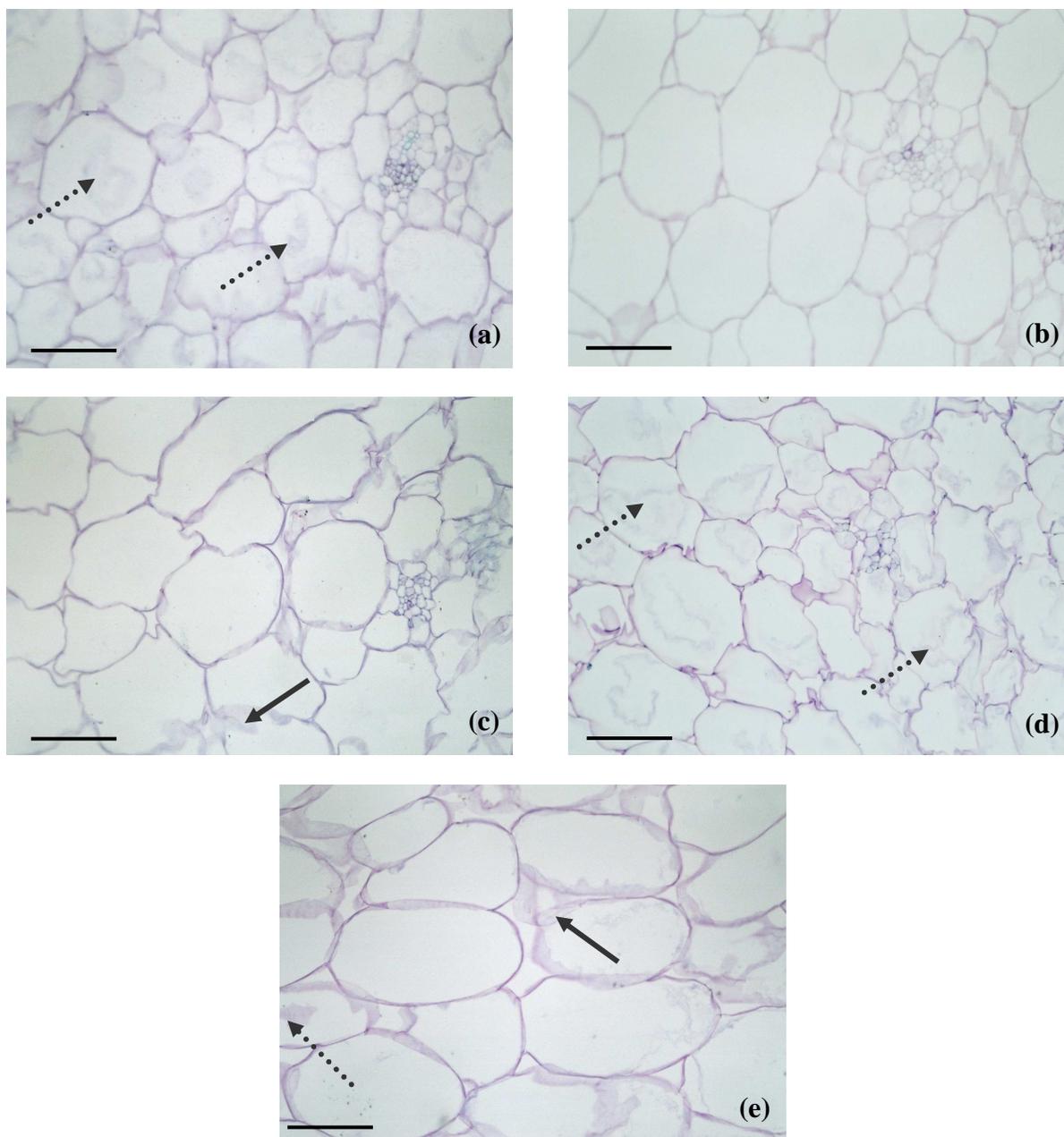


Figura 4.6: Cortes transversais do mesocarpo (tecido parenquimático) de amostras de melão submetidas à desidratação osmótica em solução de sacarose a 40°Brix por duas horas. (a) sem adição de lactato de cálcio; (b) com adição de 0,5% de lactato de cálcio; (c) com adição de 1,0% de lactato de cálcio; (d) com adição de 1,5% de lactato de cálcio; (e) com adição de 2,0% de lactato de cálcio. Barra = 140µm. Setas tracejadas: plasmólise do citoplasma; Setas cheias: danos na parede celular.

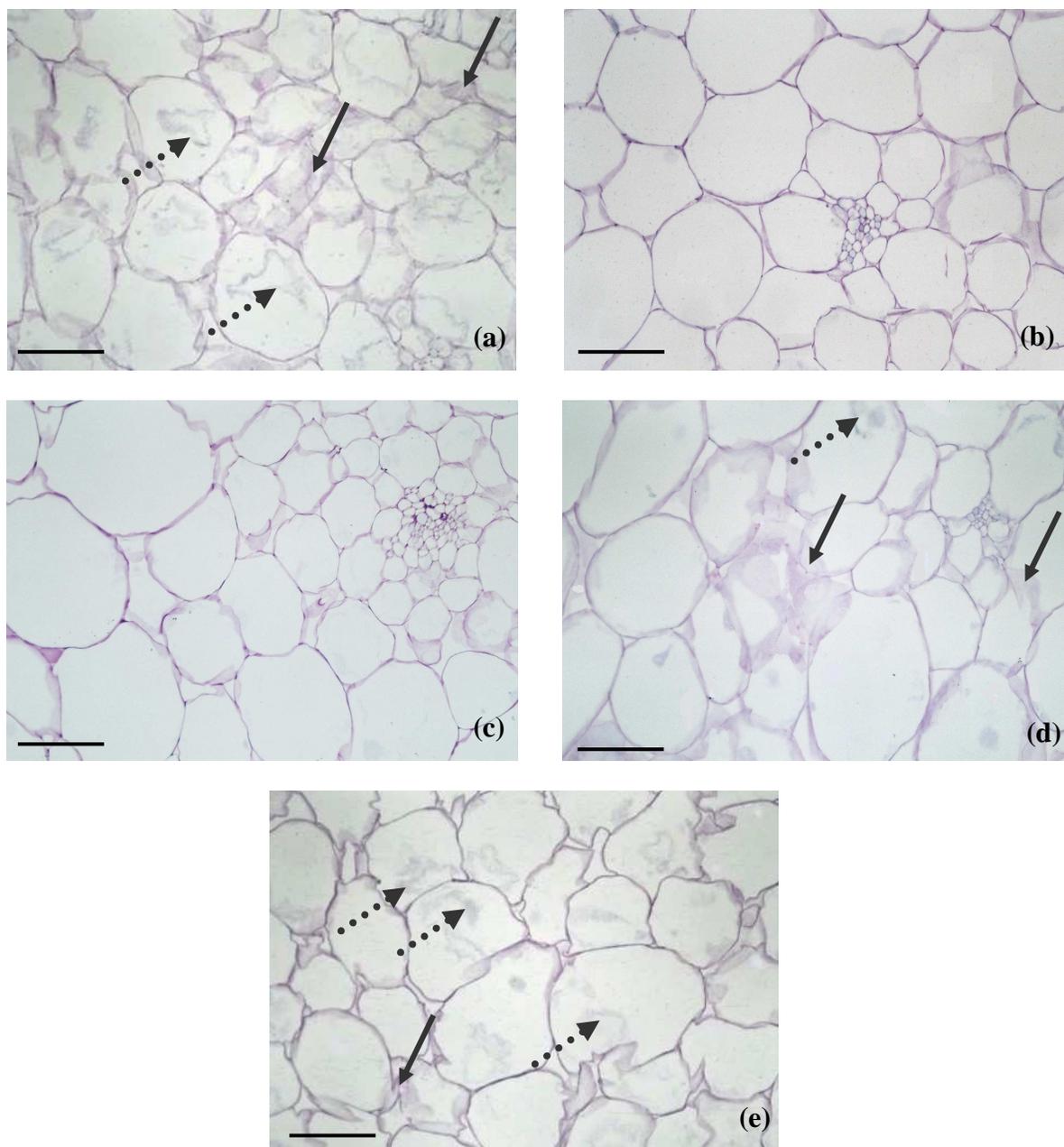


Figura 4.7: Cortes transversais do mesocarpo (tecido parenquimático) de amostras de melão submetidas à desidratação osmótica em solução de sacarose a 60°Brix por duas horas. (a) sem adição de lactato de cálcio; (b) com adição de 0,5% de lactato de cálcio; (c) com adição de 1,0% de lactato de cálcio; (d) com adição de 1,5% de lactato de cálcio; (e) com adição de 2,0% de lactato de cálcio. Barra = 140 μ m. Setas tracejadas: plasmólise do citoplasma; Setas cheias: danos na parede celular.

Na desidratação osmótica sem cálcio (Figuras 4.6a e 4.7a), observou-se plasmólise do citoplasma, causada pela perda de água decorrente do processo, resultando na perda de turgor e conseqüente diminuição da resistência da parede, que levaram à variação na forma e tamanho das células, ficando algumas células deformadas e até colapsadas. PEREIRA *et al.* (2007) verificaram uma intensa plasmólise do citoplasma, além de um grande colapso celular em goiabas desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 60°Brix por duas horas. Comparando-se a estrutura celular do melão com a da goiaba, os danos celulares decorrentes do processo foram mais severos nas goiabas, o que pode ser devido à maior perda de água observada nos tratamentos realizados com esta fruta (superior a 31%), acarretando maiores alterações na sua estrutura.

De acordo com CHIRALT & TALENS (2005), na desidratação osmótica, a perda de água e de sólidos naturais do alimento e a incorporação de sólidos são responsáveis por modificações na estrutura celular e nas propriedades viscoelásticas da fruta. Além disso, CASTELLÓ *et al.* (2009) afirmam que o processo osmótico implica em um estresse celular, como conseqüência da redução do teor de água disponível nas células, alterando assim a fisiologia dos tecidos da fruta.

Avaliando os dois tratamentos sem adição de cálcio, verifica-se que os danos celulares mais intensos ocorreram no tratamento osmótico a 60°Brix, o que pode ser atribuído à natureza mais severa deste ensaio, proporcionando maiores taxas de perda de água, e portanto, uma maior perda de turgor das células. Tais danos podem ser conseqüência da dissolução da pectina solúvel presente na parede celular, que atua na manutenção da firmeza e adesão entre as células. De acordo com FERNANDES *et al.* (2008), a solubilização das substâncias pécticas, combinada ao gradiente de pressão osmótica e aos fluxos de transferência de massa durante o processo osmótico, contribuem para que haja perda de coesão dos componentes da parede celular e conseqüente desestruturação do tecido. Esta ocorrência pode ser correlacionada também com a redução significativa da tensão de ruptura das amostras processadas apenas com soluções de sacarose, conforme observado na Figura 4.2.

PRINZIVALLI *et al.* (2006) trabalhando com desidratação osmótica de fatias de morango em soluções de sacarose a 60°Brix e temperatura de 25°C durante 6 horas

observaram uma perda de turgor, e alterações no tamanho e forma das células, além da retração do citoplasma após uma hora de processo. Os danos celulares se intensificaram a partir da quarta hora de tratamento osmótico, verificando-se a separação e ruptura de grande parte das células, ocorrência que, de acordo com os autores, foi atribuída principalmente à solubilização da pectina presente na parede celular.

A adição de lactato de cálcio na solução desidratante em concentrações de até 1,0% (Figuras 4.6b e 4.6c; 4.7b e 4.7c) resultou numa melhor preservação da estrutura celular, com manutenção do turgor das células, quando comparadas aos tratamentos realizados sem adição de sal, tanto para as soluções de sacarose a 40 ou 60°Brix. O impacto negativo do processo osmótico na integridade celular dos tecidos vegetais e o efeito benéfico da adição de sais de cálcio na solução osmótica já foi verificado em alguns tipos de frutas como goiabas (PEREIRA *et al.*, 2007), morangos (BUGGENHOUT *et al.*, 2008) e maçãs (QUILES *et al.*, 2004).

As frutas tratadas com o sal de cálcio em concentração de 0,5% apresentaram uma estrutura celular mais semelhante à fruta fresca, com um arranjo celular mais estruturado. No entanto, concentrações de lactato de cálcio superiores a 1,5% provocaram severos danos à estrutura celular, tais como uma intensa plasmólise do citoplasma, danos na parede celular e aumento dos espaços intercelulares, além da perda de turgor, resultando na modificação da forma e tamanho das células (Figuras 4.6d; 4.7d e 4.7e). Apesar das frutas tratadas nestas condições apresentarem maiores valores de tensão na ruptura, caracterizados por uma maior rigidez da estrutura celular e fortalecimento da parede, o efeito benéfico do lactato de cálcio na manutenção da estrutura celular não foi verificado.

As amostras processadas osmoticamente com solução de sacarose a 40°Brix e lactato de cálcio em concentração de 2,0% (Figura 4.6e) apresentaram danos na parede celular. De acordo com QUILES *et al.* (2004), estes danos podem ocasionar alterações na textura das frutas, ocorrência que foi confirmada nos ensaios de tensão na ruptura, devido à significativa redução dos valores desta propriedade nas amostras (Figura 4.2). Segundo LEWICKI & PORZECKA-PAWLAK (2005), FERNANDES *et al.* (2009) e MAYOR *et al.* (2007), a perda de turgor no processo osmótico pode provocar um aumento dos espaços intercelulares e diminuição da área de contato entre as células, resultando na separação de

algumas células devido à perda de adesão entre as paredes celulares adjacentes. Como consequência, a redução da resistência da parede celular afeta as propriedades mecânicas do tecido vegetal, ocasionando um amolecimento da fruta.

Portanto, é possível que nesta condição (40°Brix de sacarose e 2,0% de lactato de cálcio) a adição do sal de cálcio tenha causado um efeito adverso na estrutura celular, ou seja, plasmólise do citoplasma e amolecimento dos tecidos, prevalecendo o efeito desidratante do lactato de cálcio, ao invés da sua ação na preservação da estrutura celular. Além disso, tal comportamento do lactato de cálcio pode ser atribuído à maior incorporação de íons Ca^{+2} observada neste ensaio em relação aos outros tratamentos avaliados no presente trabalho, causando danos aos tecidos das frutas (Tabela 4.1). PEREIRA *et al.* (2007) também verificaram injúrias celulares nos tecidos de goiaba desidratadas osmoticamente com solução de sacarose a 60°Brix e cloreto de cálcio em concentrações superiores a 0,5%, sendo que as autoras atribuíram estes danos na estrutura à elevada incorporação de íons cálcio nas frutas. ANINO *et al.* (2006) relataram que o aumento da incorporação de sais de cálcio com o tempo de tratamento provocou danos severos na estrutura celular de fatias de maçã e redução nos valores de tensão na ruptura das frutas, não recomendando tempos de processo superiores a duas horas.

Mesmo com a intensa plasmólise do citoplasma, causada pela perda de água do vacúolo das células, verificada nas concentrações de lactato de cálcio superiores a 1,5%, a quantidade de água do melão se manteve praticamente constante com o aumento da concentração do sal, como já visto na Figura 4.1. Deste modo, pode-se dizer que o processo osmótico permite a perda de água do vacúolo para os espaços entre o citoplasma e a parede (espaço periplasmático), mas a estrutura rígida da parede celular resultante das ligações entre a pectina e os íons Ca^{2+} parece impedir a saída de água destes espaços para fora da célula, não ocorrendo assim redução na quantidade total de água do tecido, como também observado por PEREIRA (2006).

4.1.6. Avaliação Sensorial

Os resultados da avaliação sensorial podem ser vistos na Tabela 4.3. Através da sua análise, é possível observar que as amostras osmoticamente desidratadas em soluções de

sacarose a 60°Brix, com ou sem adição de lactato de cálcio, apresentaram boa aceitação sensorial em relação a todos os atributos avaliados.

Tabela 4.3: Médias de aceitação dos provadores em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global.

Tratamento	Notas da Aceitação Sensorial				
	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão Global
SAC40	7.20a	6.15ab	6.68a	5.02a	6.05a
SAC40CA0,5	6.17b	5.89a	5.76b	5.85b	6.32a
SAC40CA1,0	5.97b	6.11ab	6.72a	6.19b	5.68a
SAC40CA1,5	5.88b	5.77a	5.23b	5.03a	5.06b
SAC40CA2,0	6.05b	5.74a	4.94b	4.82a	5.09b
SAC60	7.04a	6.80b	6.94a	5.92b	6.23a
SAC60CA0,5	6.02b	7.03b	6.98a	6.10b	6.58a
SAC60CA1,0	6.16b	6.49ab	6.65a	5.86b	6.42a
SAC60CA1,5	6.06b	6.51b	6.37a	5.86b	6.07a
SAC60CA2,0	6.07b	6.16ab	6.24a	5.88b	6.21a

SAC40: desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix; **SAC40CA0,5 a SAC40CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%; **SAC60:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix; **SAC60CA0,5 a SAC60CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%. Os valores representam as médias da notas de aceitação sensorial por 35 provadores, utilizando-se uma escala hedônica não estruturada de 9 cm. Médias com uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a $p \leq 0.05$ de acordo com o Teste de Tukey.

Nos ensaios realizados a 40°Brix, verificaram-se notas médias um pouco inferiores (entre 4,82 e 6,05) para as concentrações de lactato de cálcio de 1,5 e 2,0%, mas ainda superiores ao limite de aceitação estabelecido (4,5). Nas duas concentrações do sal utilizadas, a textura e o sabor foram os atributos de qualidade mais afetados, refletindo diretamente nas notas da “impressão global” do produto (grifados na tabela). Além disso, o sabor das amostras desidratadas a 40°Brix e com concentração de lactato de cálcio de 2,0% também foi prejudicado, recebendo notas ruins, provavelmente devido à maior incorporação de açúcares e sal nos ensaios realizados a 40°Brix, influenciando as notas dos provadores neste atributo.

Deste modo, pode-se associar a baixa aceitação das frutas tratadas nessas condições com o intenso efeito do sal na tensão na ruptura das frutas (Figura 4.2), sendo também

relacionada aos danos estruturais verificados nesses tratamentos, principalmente no ensaio conduzido com concentração de sacarose de 40°Brix e 2,0% de lactato de cálcio, no qual se observou uma severa degradação da parede celular e modificações significativas na textura do produto (Figuras 4.6d e 4.6e).

Entretanto, a boa aceitação sensorial pelos consumidores das amostras tratadas osmoticamente com soluções de sacarose a 60°Brix pode estar relacionada com o menor ganho de sólidos, garantindo um sabor mais agradável ao produto. Adicionalmente, a redução estatisticamente significativa dos valores da incorporação de cálcio nas frutas e os menores valores de tensão na ruptura também contribuíram para uma maior aceitação destas amostras. As amostras tratadas osmoticamente em solução de sacarose a 60°Brix com lactato de cálcio obtiveram notas maiores (estatisticamente significativas a $p \leq 0.05$) para o atributo textura, em comparação com as frutas tratadas em sacarose a 40°Brix e com adição de lactato de cálcio, em concentrações maiores que 1,5%. A análise estrutural corroborou os resultados da avaliação sensorial somente para os ensaios realizados com sacarose a 40°Brix, uma vez que as amostras melhor aceitas pelo consumidor foram aquelas processadas com 0,5 e 1,0% de lactato de cálcio. Já nos tratamentos realizados com maior concentração de açúcar (60°Brix), apesar dos danos estruturais observados para concentrações de lactato de cálcio maiores que 1,5%, estes resultados não influenciaram a avaliação sensorial do produto.

Para o atributo “aparência”, observa-se analisando a Tabela 4.3 que as frutas desidratadas osmoticamente sem a adição de cálcio apresentaram as melhores notas (estatisticamente significativas a $p \leq 0.05$). Tal ocorrência pode estar associada ao maior encolhimento verificado nos ensaios realizados com lactato de cálcio, por efeito dos maiores valores de perda de água (Figura 4.1).

Em relação à intenção de compra (Figura 4.8), os resultados mostraram que houve uma maior preferência do consumidor pelas amostras osmoticamente desidratadas sem adição de lactato de cálcio, já que aproximadamente 70% das notas se concentraram entre “eu provavelmente compraria este produto” (nota 4) e “eu certamente compraria este produto” (nota 5). Além disso, de maneira geral, os tratamentos com soluções de sacarose a 60°Brix apresentaram percentuais de compra iguais ou superiores a 50%, com exceção do

ensaio realizado com adição de 2,0% de lactato de cálcio, que resultou numa intenção de compra inferior a 50%. Por outro lado, as frutas processadas com sacarose a 40°Brix e lactato de cálcio obtiveram pior avaliação pelo consumidor, visto que apenas a condição com o sal em concentração de 0,5% apresentou percentual de intenção de compra igual a 50%, enquanto que para as demais concentrações estes valores foram em torno de 45%.

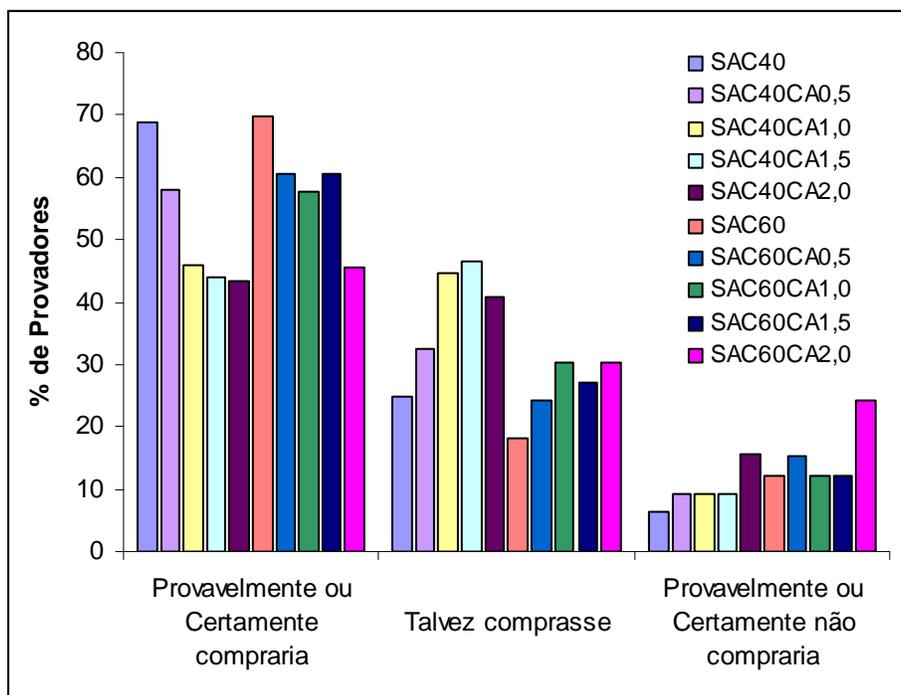


Figura 4.8: Intenção de compra das amostras de melão desidratadas osmoticamente. **SAC40:** desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix; **SAC40CA0,5 a SAC40CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 40°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%; **SAC60:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix; **SAC60CA0,5 a SAC60CA2,0:** desidratação osmótica com sacarose a 60°Brix e lactato de cálcio em concentrações variando de 0,5 a 2,0%.

Dentre os comentários feitos pelos provadores, a textura e o sabor das frutas foram os atributos sensoriais que mais influenciaram a aceitação do produto e, portanto, a sua atitude de compra. As frutas processadas com sacarose a 40°Brix a adição de 1,5 ou 2,0% de lactato de cálcio foram consideradas mais duras e com sabor muito doce, não característico de melão, o que pode ter sido consequência da maior incorporação de açúcares e de sal observadas nestas condições, refletindo nas características sensoriais do produto.

Pode-se concluir nesta etapa do trabalho que o emprego de sacarose como agente desidratante na concentração de 60°Brix e lactato de cálcio em concentrações de até 1,0% se mostrou mais adequado ao processo osmótico de melão, proporcionando uma maior perda de água e menor ganho de sólidos em relação aos tratamentos com 40°Brix de sacarose. No entanto, os resultados da microscopia óptica revelaram que as amostras processadas com solução de sacarose a 40 ou 60°Brix e concentração de cálcio igual a 0,5% apresentaram melhor preservação dos tecidos celulares das frutas e manutenção do turgor das células, com estrutura celular semelhante à fruta fresca, além de uma boa aceitação sensorial pelos consumidores. Portanto, escolheram-se como melhores condições, os ensaios realizados com concentração de sacarose de 40 ou 60°Brix e adição de 0,5% de lactato de cálcio por duas horas para serem utilizados como pré-tratamentos à aplicação de coberturas comestíveis a base de pectina nas amostras de melão.

4.2. ENSAIOS DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA REALIZADOS A MENORES TEMPOS DE PROCESSO

4.2.1. Teor de Cálcio

Na Tabela 4.4, pode-se observar o teor de cálcio da fruta fresca e das amostras desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 40 ou 60°Brix com adição de 0,5% de lactato de cálcio por 30 ou 60 minutos. A amostra fresca apresentou um conteúdo de cálcio igual a $0,750 \pm 0,007$ g/kg de massa seca, enquanto que o teor de cálcio das amostras processadas variou entre $0,894 \pm 0,009$ e $1,187 \pm 0,008$ g/kg de massa seca.

Tabela 4.4: Teor de cálcio das amostras de melão submetidas aos diferentes tratamentos.

Tratamento	Teor de cálcio \pm DP (g kg ⁻¹ massa seca)
Fruta Fresca	$0,750 \pm 0,007$ a
SAC40CA0,5 30min	$0,921 \pm 0,019$ b
SAC40CA0,5 60min	$1,187 \pm 0,008$ c
SAC60CA0,5 30min	$0,894 \pm 0,009$ d
SAC60CA0,5 60min	$1,011 \pm 0,027$ e

SAC40CA0,5 30min e SAC40CA0,5 60min: desidratação osmótica com soluções de sacarose a 40°Brix e 0,5% de lactato de cálcio realizada por 30 ou 60 minutos, respectivamente. **SAC60CA0,5 30min e SAC60CA0,5 60min:** desidratação osmótica com soluções de sacarose a 60°Brix e 0,5% de lactato de cálcio realizada por 30 ou 60 minutos, respectivamente. Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si para $p \leq 0,05$.

O aumento do tempo de tratamento de 30 para 60 minutos resultou numa incorporação de íons Ca^{+2} significativamente mais alta na fruta. MORAGA *et al.* (2009) e ANINO *et al.* (2006) também verificaram um aumento no ganho de cálcio por efeito do tempo de tratamento osmótico em *grapefruits* e maçãs, respectivamente. Além disso, conforme observado e analisado na etapa anterior, o uso de soluções osmóticas menos concentradas (40°Brix) promoveu uma maior incorporação de cálcio ($p \leq 0,05$), provavelmente devido à formação de uma camada de açúcares ao redor da fruta nos ensaios a 60°Brix, dificultando a entrada de cálcio na fruta.

Ao se comparar os resultados da incorporação de cálcio dos cubos de melão desidratados por duas horas (Tabela 4.1) com os valores encontradas para 30 e 60 minutos, o teor final de cálcio das amostras processadas com solução de sacarose a 40°Brix por 30

minutos ($0,921 \pm 0,019$ g/kg de massa seca) ou 60 minutos ($1,187 \pm 0,008$ g/kg de massa seca) equivale a aproximadamente 65 ou 85%, respectivamente, do conteúdo de cálcio determinado para as frutas processadas por duas horas ($1,397 \pm 0,019$ g/kg de massa seca). No caso dos tratamentos a 60°Brix, o teor de cálcio das amostras processadas por 30 minutos ($0,894 \pm 0,009$ g/kg de massa seca) ou 60 minutos ($1,011 \pm 0,027$ g/kg de massa seca) corresponde a 80 ou 90%, respectivamente, do conteúdo de cálcio das frutas tratadas por duas horas de processo ($1,119 \pm 0,005$ g/kg de massa seca). Estes resultados indicam que a difusão do cálcio para o interior da fruta ocorreu de maneira intensa no início da desidratação osmótica.

4.2.2. Perda de Água, Perda de Peso e Ganho de Sólidos

A Figura 4.9 mostra os valores de perda de água e de peso e ganho de sólidos para as amostras submetidas aos diversos tratamentos osmóticos. Nos ensaios realizados com concentração de sacarose igual a 40°Brix com adição de 0,5% de lactato de cálcio, observou-se uma perda de água de aproximadamente 18% e 22% para 30 e 60 minutos de processo, respectivamente. Entretanto, apesar do aumento da perda de água com o tempo de processo, diferenças estatisticamente significativas não foram observadas para esta resposta entre os dois tratamentos. O tempo de processo também não apresentou um efeito significativo nos ensaios conduzidos a 60°Brix, verificando-se uma perda de água em torno de 24% em 30 minutos de desidratação e 28% em 60 minutos. Estes dados mostram as altas taxas de desidratação no início do processo osmótico ao compará-los com os resultados obtidos na etapa anterior (Figura 4.1), visto que foi observada uma perda de água em torno de 25 ou 32% para os ensaios realizados com 40 ou 60°Brix de sacarose, respectivamente, por duas horas. Uma outra justificativa para a grande perda de água durante a primeira hora de processo está baseada no fato de que o melão possui uma umidade inicial mais alta em relação a outras frutas, como goiaba e mamão, o que favorece a perda de água no processo osmótico, conforme relatado por PEREIRA *et al.* (2006).

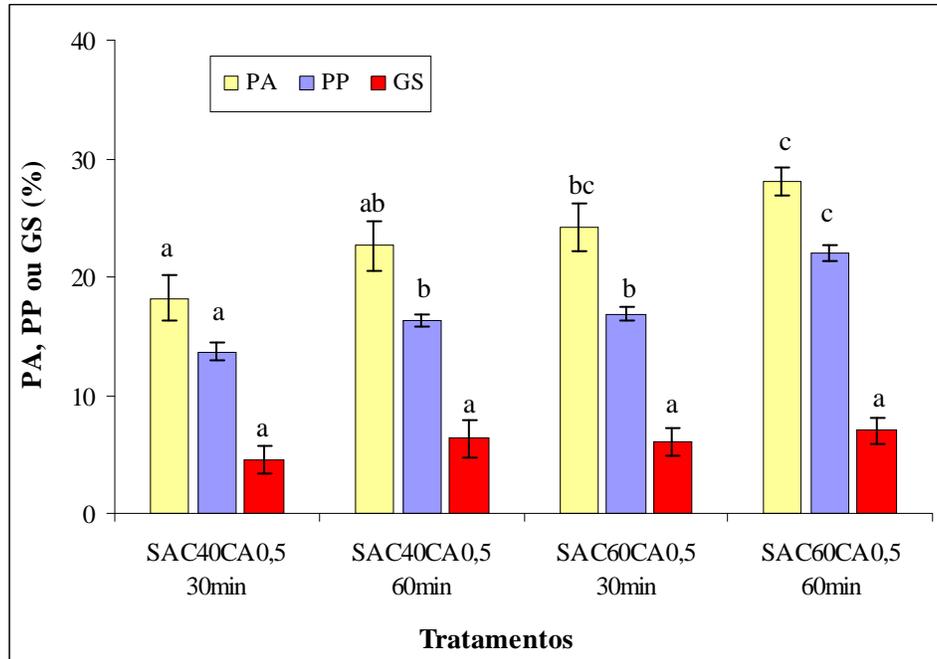


Figura 4.9: Perda de Água (PA), Perda de Peso (PP) e Ganho de Sólidos (GS) das amostras de melão submetidas aos diferentes tratamentos. **SAC40CA0,5 30min e SAC40CA0,5 60min:** desidratação osmótica com soluções de sacarose a 40°Brix e 0,5% de lactato de cálcio realizada por 30 ou 60 minutos, respectivamente. **SAC60CA0,5 30min e SAC60CA0,5 60min:** desidratação osmótica com soluções de sacarose a 60°Brix e 0,5% de lactato de cálcio realizada por 30 ou 60 minutos, respectivamente. Colunas com letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos para cada resposta avaliada a $p \leq 0,05$.

Com relação à perda de peso, as amostras processadas em solução de sacarose a 40°Brix por 30 minutos apresentaram valores significativamente menores ($p \leq 0,05$) em comparação aos demais tratamentos. Por outro lado, notou-se um ligeiro aumento do ganho de sólidos com o tempo de processo e com a concentração de açúcar na solução, porém tal aumento não foi estatisticamente significativo a um nível de confiança de 95%. Os valores de ganho de sólidos se concentraram na faixa de 4,5 a 7,5%, enquanto que as frutas tratadas osmoticamente por duas horas de processo utilizando soluções de sacarose a 40 ou 60°Brix mostraram uma incorporação de sólidos de aproximadamente 12 ou 9%, respectivamente (Figura 4.1).

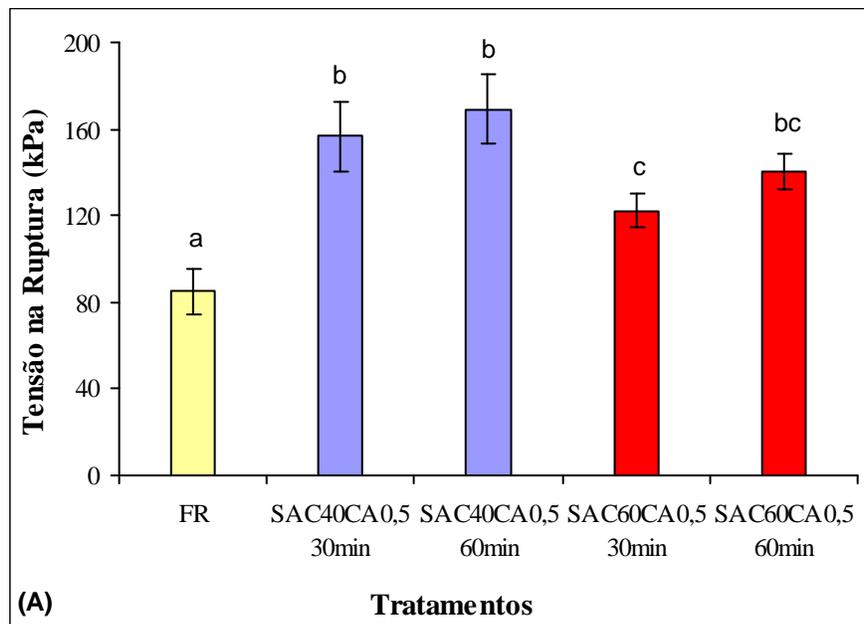
FERNANDES *et al.* (2008) trabalhando com desidratação osmótica de cubos de melão em soluções de sacarose a 60°Brix por 30, 60 e 120 minutos observaram maiores

valores para a perda de água e ganho de sólidos em função do tempo de processo. Um aumento considerável (em torno de 40%) foi verificado na perda de água das amostras desidratadas por 120 minutos, em comparação com dados obtidos em 60 minutos de tratamento. Em contrapartida, como no presente trabalho, o efeito do tempo de processo não foi significativo ao se confrontar a perda de água das frutas processadas por 30 e 60 minutos. Segundo os autores, este fato está relacionado com os danos na estrutura celular ocasionadas pelo processo, visto que tempos de tratamento superiores a uma hora podem provocar a ruptura das células, alterando a permeabilidade da membrana celular e assim, aumentando o fluxo de saída de água dos tecidos da fruta e a incorporação de sólidos na mesma.

4.2.3. Propriedades Mecânicas

Tensão na Ruptura e Deformação na Ruptura

Os valores de tensão e deformação na ruptura da fruta fresca e das amostras submetidas aos tratamentos osmóticos em soluções de sacarose (40°Brix) com adição de lactato de cálcio (0,5%) por 30 ou 60 minutos podem ser visualizados nas Figuras 4.10A e 4.10B, respectivamente.



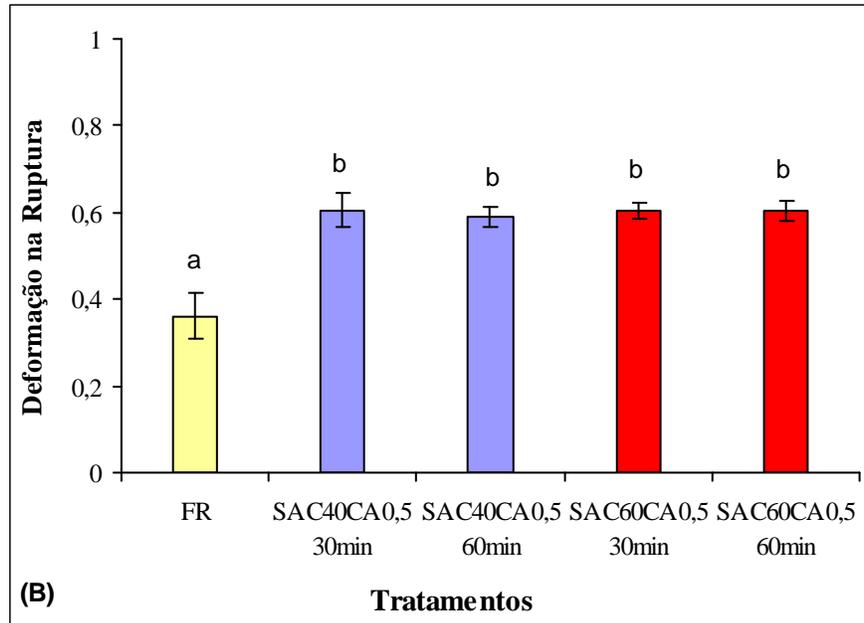


Figura 4.10: Tensão na Ruptura (A) e Deformação na Ruptura (B) das amostras de melão. FR: fruta fresca. **SAC40CA0,5 30min e SAC40CA0,5 60min:** desidratação osmótica com soluções de sacarose a 40°Brix e 0,5% de lactato de cálcio realizada por 30 ou 60 minutos, respectivamente. **SAC60CA0,5 30min e SAC60CA0,5 60min:** desidratação osmótica com soluções de sacarose a 60°Brix e 0,5% de lactato de cálcio realizada por 30 ou 60 minutos, respectivamente. Colunas com letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos para $p \leq 0,05$.

A tensão na ruptura para a amostra fresca foi de $85,17 \pm 10,43$ kPa, enquanto que os valores variaram de $122,46 \pm 8,21$ kPa a $169,11 \pm 16,07$ kPa para as frutas processadas (Figura 4.10A). Portanto, um aumento estatisticamente significativo ($p \leq 0,05$) nos valores da tensão na ruptura foi observado em todos os tratamentos, devido à complexação dos íons Ca^{+2} com a pectina presente na parede celular das frutas, ocasionando um maior enrijecimento dos tecidos.

Tal aumento não sofreu influência do tempo de processo, mas foi significativamente superior nas amostras processadas com soluções de sacarose a 40°Brix, o que pode ser relacionado com a maior incorporação de cálcio observada nestas condições (Tabela 4.4). Em um trabalho com mangas desidratadas osmoticamente, TORRES *et al.* (2006) também observaram maiores valores para a tensão na ruptura nas frutas desidratadas em soluções

menos concentradas de sacarose (45°Brix) e relacionaram o aumento da incorporação de cálcio nas amostras com uma intensificação das características de dureza das frutas.

Em relação à deformação na ruptura, a fruta fresca apresentou uma deformação de $0,361 \pm 0,055$, enquanto que maiores valores desta propriedade foram obtidos para as amostras processadas em todas as condições (Figura 4.10B, o que está de acordo com os resultados obtidos no item 4.1.4. e com a literatura (CASTELLÓ *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2007; MAYOR *et al.*, 2007; TORRES *et al.*, 2006).

Comparando-se os resultados das propriedades mecânicas das amostras processadas por duas horas (item 4.1.4. – Figura 4.2), 30 ou 60 minutos, maiores valores de tensão na ruptura foram observados para as frutas processadas em soluções de sacarose a 40°Brix ou 60°Brix com adição de 0,5% de lactato de cálcio durante 30 ou 60 minutos de tratamento. Isto pode ter sido consequência da grande perda de água observada na primeira hora de processo nestes ensaios (entre 18 e 28%). Adicionalmente, como a redução da tensão na ruptura pode ser também associada ao ganho de açúcares (FERRARI, 2005; KROKIDA *et al.*, 2000), a menor incorporação de sólidos verificada nos ensaios realizados a menores tempos de processo (na faixa de 4,5 a 7,5%) em relação aos tratamentos realizados a 40 ou 60°Brix por duas horas (12 e 9%, respectivamente) deve ter contribuído para os maiores valores da tensão na ruptura das amostras processadas por 30 ou 60 minutos.

Em relação à deformação na ruptura, menores valores foram obtidos em relação às amostras desidratadas por duas horas (Figura 4.3), comportamento que também foi verificado por MAYOR *et al.* (2007). Segundo os autores, a diminuição da umidade ao longo do tempo de processo acarreta um aumento da deformação das amostras, conforme explicado no item 4.1.4.

4.2.4. Análise da Estrutura Celular: Microscopia Óptica

A Figura 4.11 apresenta os cortes transversais do mesocarpo do melão fresco e desidratado osmoticamente nas condições avaliadas nesta etapa do trabalho. O tecido da amostra fresca (Figura 4.11a) apresenta células de formato arredondado, túrgidas com parede celular bem definida e estruturada, além da presença de espaços intercelulares.

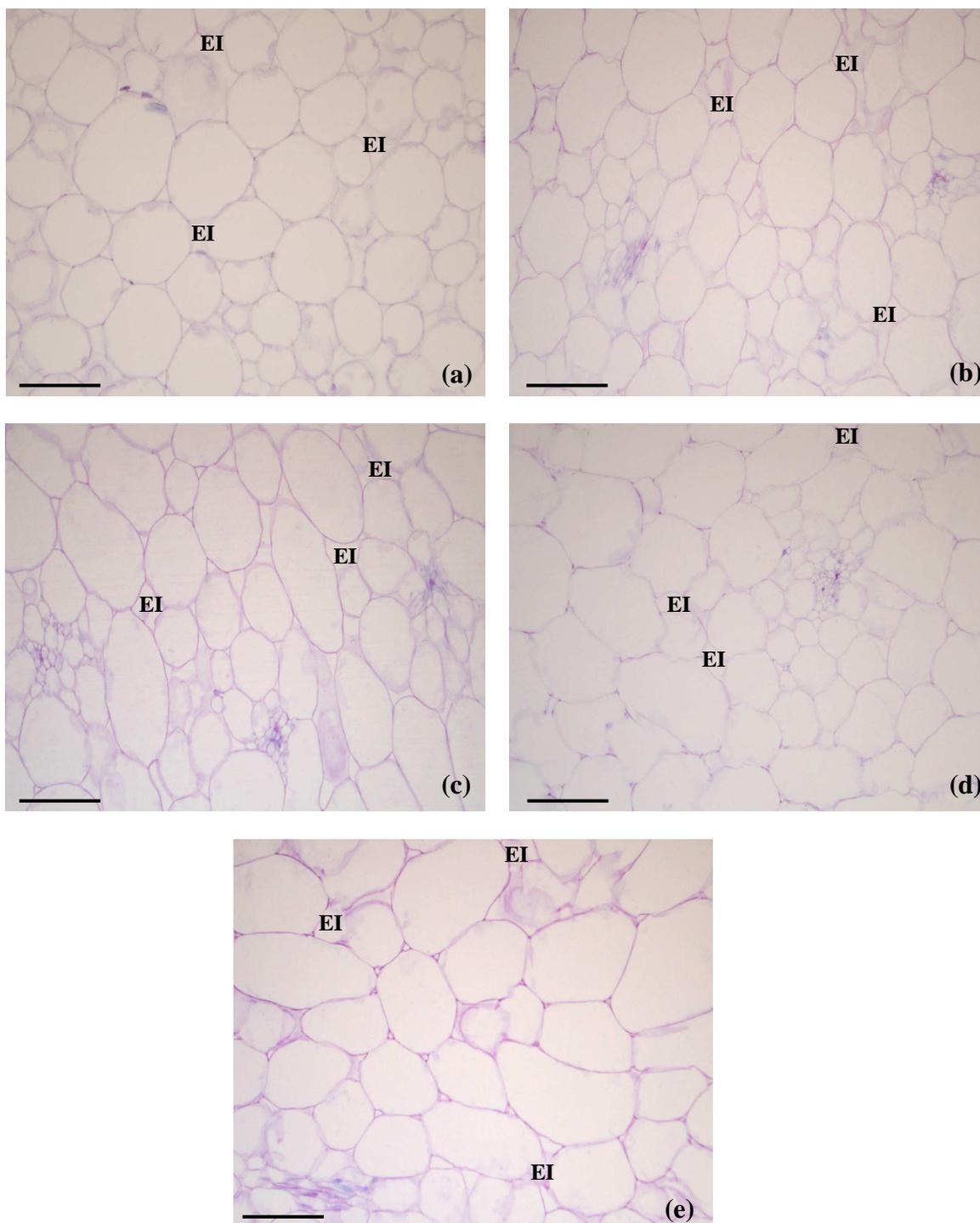


Figura 4.11: Cortes transversais do mesocarpo (tecido parenquimático) de amostras de melão. (a) Fruta fresca; (b) e (c) desidratadas osmoticamente em solução de sacarose a 40°Brix e 0.5% de lactato de cálcio; (d) e (e) desidratadas osmoticamente em solução de sacarose a 60°Brix e 0.5% de lactato de cálcio; (b) e (d) por 30 minutos ou (c) e (e) por 60 minutos de processo. Barra = 140µm. EI = espaços intercelulares.

A parede celular se mostrou mais espessa (evidenciada pela coloração mais intensa do corante azul de toluidina) nas frutas desidratadas por 60 minutos (Figuras 4.11c e 4.11e). Uma possível explicação para as diferenças na coloração da parede celular seria a maior incorporação de íons Ca^{+2} observada nestas condições (Tabela 4.4), havendo então uma maior quantidade de cálcio disponível na fruta para se ligar com a pectina da parede celular para formação dos pectatos de cálcio. Como na etapa anterior (item 4.1.5.), verificou-se uma redução dos espaços intercelulares e aumento do contato entre as células em todos os tratamentos.

Um maior efeito preservador do cálcio na manutenção da estrutura celular foi observado nas amostras tratadas osmoticamente por 30 minutos (Figura 4.11b e 4.11d) e também nas frutas submetidas à desidratação osmótica com solução de sacarose a 60°Brix por 60 minutos (Figura 4.11e), as quais apresentaram uma maior manutenção do turgor das células (células mais arredondadas). Estes resultados são coerentes aos obtidos na etapa anterior, uma vez que as frutas tratadas osmoticamente por duas horas com soluções de sacarose a 40 ou 60°Brix com adição de 0,5% de lactato de cálcio (Figura 4.6b e 4.7b) apresentaram um arranjo celular mais estruturado e semelhante à fruta fresca com manutenção do turgor celular.

As células das amostras processadas em soluções de sacarose na concentração de 40°Brix por 60 minutos (Figura 4.11c) se apresentaram um pouco mais alongadas, caracterizando uma possível perda de turgor devido à perda de água durante o processo, apesar de não ter sido verificado uma influência significativa do tempo de tratamento osmótico nos valores de perda de água (Figura 4.9). Entretanto, não foram observados danos celulares mais intensos, como plasmólise do citoplasma e danos na parede celular, mostrando que nesta condição o lactato de cálcio também apresentou um efeito benéfico na estrutura celular. Alterações no formato das células durante o processo osmótico já foram relatadas em maçãs (NIETO *et al.*, 2004 e LEWICKI & PORZECKA-PAWLAK, 2005), abóboras (MAYOR *et al.*, 2008) e morangos (BUGGENHOUT *et al.*, 2008).

4.2.5. Avaliação Sensorial

A Tabela 4.5 mostra os resultados encontrados na avaliação sensorial para os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global das amostras desidratadas osmoticamente por 30 ou 60 minutos.

Tabela 4.5: Médias de aceitação dos provadores em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global.

Atributo	Notas da Aceitação Sensorial			
	SAC40CA0,5 30min	SAC40CA0,5 60min	SAC60CA0,5 30min	SAC60CA0,5 60min
Aparência	6,57a	5,43bc	6,26ac	4,96b
Aroma	5,05a	4,70a	5,03a	4,80a
Sabor	5,71a	5,77a	6,03a	6,04a
Textura	5,21a	4,95a	5,71a	5,03a
Impressão Global	5,63a	5,61a	5,98a	5,46a

SAC40CA0,5 30min e SAC40CA0,5 60min: desidratação osmótica com soluções de sacarose a 40°Brix e 0,5% de lactato de cálcio realizada por 30 ou 60 minutos, respectivamente. **SAC60CA0,5 30min e SAC60CA0,5 60min:** desidratação osmótica com soluções de sacarose a 60°Brix e 0,5% de lactato de cálcio realizada por 30 ou 60 minutos, respectivamente. Os valores representam as médias da notas de aceitação sensorial por 35 provadores, utilizando-se uma escala hedônica não estruturada de 9 cm. Médias com uma mesma letra na linha não diferem estatisticamente a $p \leq 0.05$ de acordo com o Teste de Tukey.

Todas as amostras apresentaram boa aceitação sensorial, com notas acima do limite de aceitação estabelecido (4,5), como também verificado para os tratamentos realizados por duas horas de processo (Tabela 4.3).

Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos para os atributos aroma, sabor, textura e impressão global. No entanto, as notas relativamente mais baixas para o aroma que se devem principalmente à dificuldade do provador em analisar este atributo, pois o melão não possui um aroma muito característico.

Com relação ao atributo aparência, as amostras processadas por 30 minutos, independente da concentração de sacarose, tiveram as melhores notas para este atributo (estatisticamente significativas a $p \leq 0.05$). Isto pode estar associado aos maiores valores de

perda de água (Figura 4.9) nos ensaios realizados por mais tempo (60 minutos) que alteram a aparência do produto final, por efeito de um maior encolhimento.

Na Figura 4.12 é possível visualizar a intenção de compra das amostras de melão desidratadas osmoticamente durante 30 ou 60 minutos. As frutas submetidas aos tratamentos por 30 minutos apresentaram uma intenção de compra superior a 60%. Por outro lado, as amostras processadas com soluções de sacarose a 60°Brix por 60 minutos obtiveram a pior avaliação pelos consumidores, com um percentual de compra em torno de 42% e um percentual de rejeição de aproximadamente 30%, provavelmente devido às alterações na aparência na aparência do produto, conforme discutido anteriormente.

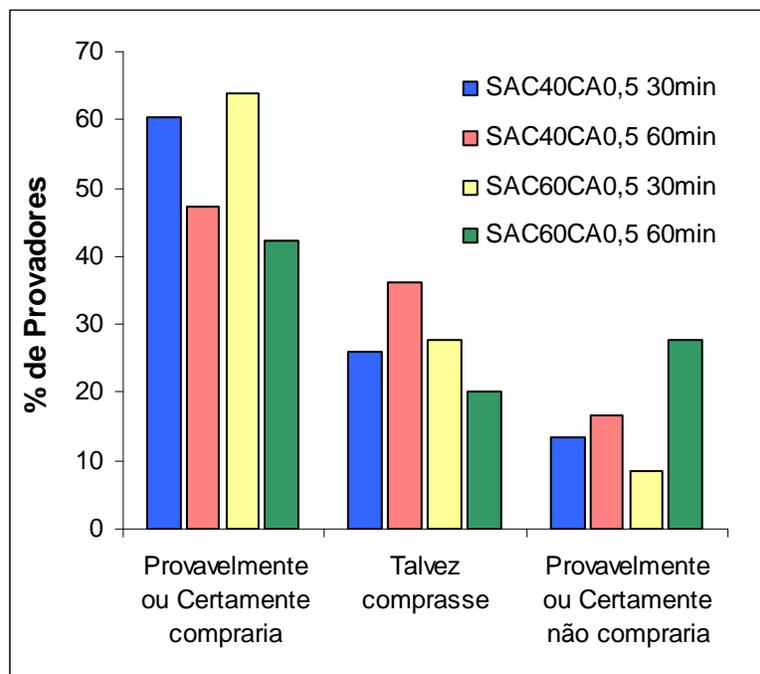


Figura 4.12: Intenção de compra das amostras de melão desidratadas osmoticamente. **SAC40CA0,5 30min e SAC40CA0,5 60min:** desidratação osmótica com soluções de sacarose a 40°Brix e 0,5% de lactato de cálcio realizada por 30 ou 60 minutos, respectivamente. **SAC60CA0,5 30min e SAC60CA0,5 60min:** desidratação osmótica com soluções de sacarose a 60°Brix e 0,5% de lactato de cálcio realizada por 30 ou 60 minutos, respectivamente.

Confrontando todos os resultados obtidos nesta etapa, verificou-se que, apesar do efeito benéfico do uso do lactato de cálcio na textura e na preservação da estrutura celular em todas as condições estudadas, os resultados da avaliação sensorial mostraram que uma

hora de processo causou alterações expressivas na aparência do produto final. Deste modo, como não foram observadas diferenças significativas nos valores de perda de água e ganho de sólidos entre os tratamentos realizados por 30 e 60 minutos, escolheu-se como melhores condições de processo as mais brandas, ou seja, aquelas realizadas por menos tempo de processo (30 minutos) para serem utilizadas como pré-tratamentos à aplicação de coberturas comestíveis nas amostras de melão. A escolha destas condições também foi baseada no fato de que o melão apresenta uma umidade inicial mais alta em relação a outras frutas, o que favorece a perda de água no processo osmótico, podendo-se assim utilizar tempos menores de processo, a fim de se procurar preservar melhor as características sensoriais e estruturais da fruta.

4.3. ESTUDO DO EMPREGO DE COBERTURAS COMESTÍVEIS A BASE DE PECTINA NOS PEDAÇOS DE MELÃO DESIDRATADOS OSMOTICAMENTE OU PRÉ-TRATADOS COM BANHOS DE CÁLCIO

4.3.1. Avaliação Visual e Redução de Volume

As Figuras 4.13 e 4.14 mostram as fotos das amostras de melão desidratadas nas melhores condições, conforme item 4.1 (soluções de sacarose a 40 ou 60°Brix com adição de 0,5% de lactato de cálcio por duas horas) e revestidas com as coberturas de pectina em concentração de 1 ou 2%. Já as Figuras 4.15 e 4.16 mostram as amostras desidratadas nas melhores condições obtidas no item 4.2 (soluções de sacarose a 40 ou 60°Brix com adição de 0,5% de lactato de cálcio durante 30 minutos de processo). As fotos foram tiradas após o processamento e embalagem (Dia 0) e após 14 dias de armazenamento refrigerado (Dia 14).

Observou-se uma liberação de água no interior da embalagem após 14 dias de estocagem nas amostras desidratadas em todas as condições. Tal ocorrência pode estar associada à dissolução parcial da cobertura de pectina ao longo do tempo de armazenamento, por se tratar de um material hidrofílico, contribuindo para a redução de volume de todas as amostras, conforme mostra a Tabela 4.6. KHIN *et al.* (2007b), avaliando o uso de coberturas comestíveis de maltodextrina antes do processo osmótico de fatias de maçã, observaram a dissolução da cobertura durante o processo, evidenciando a sua instabilidade devido ao caráter hidrofílico da maltodextrina.

Tabela 4.6: Redução de volume das amostras desidratadas osmoticamente revestidas com coberturas de pectina (1 ou 2%) após 14 dias de armazenamento refrigerado.

Tratamento	Redução do volume \pm DP (%)
SAC40CA0,5 120min + 1% pectina	27,02 \pm 2,64 a
SAC40CA0,5 120min + 2% pectina	28,66 \pm 1,79 a
SAC60CA0,5 120min + 1% pectina	43,70 \pm 3,25 b
SAC60CA0,5 120min + 2% pectina	42,39 \pm 3,98 b
SAC40CA0,5 30min + 1% pectina	19,94 \pm 1,47 c
SAC40CA0,5 30min + 2% pectina	20,76 \pm 2,08 c
SAC60CA0,5 30min + 1% pectina	21,36 \pm 0,87 c
SAC60CA0,5 30min + 2% pectina	20,14 \pm 0,41 c

SAC40CA0,5 ou SAC60CA0,5: desidratação osmótica com soluções de sacarose a 40°Brix ou 60°Brix, respectivamente com adição de 0,5% de lactato de cálcio realizada por 30 ou 120 minutos. Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si para $p \leq 0,05$.

A presença de água na embalagem, bem como a redução de volume foram maiores para as amostras desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 60°Brix por duas horas, devido à maior agressividade desse tratamento, apresentando uma redução de volume superior a 40% ao final do armazenamento. Apesar da drenagem das amostras após o processo, é possível que a camada de açúcares na superfície da fruta tenha ocasionado um efeito desidratante ao longo do armazenamento, intensificado pela adição da camada de pectina na superfície do fruto. A água que difunde do fruto para fora da película deve dissolver a pectina não gelificada (mais solúvel), provocando um acúmulo de água no interior da embalagem, e assim, acarretando um maior encolhimento das amostras com conseqüente comprometimento da aparência, conforme verificado nas Figuras 4.14b e 4.14d.

Por outro lado, as amostras submetidas ao tratamento osmótico por 30 minutos apresentaram menor acúmulo de água dentro das embalagens e uma redução de volume ao final do período de armazenamento refrigerado de aproximadamente 20% (Figuras 4.15b, 4.15d, 4.16b e 4.16d) e (Tabela 4.6). Já as amostras pré-tratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 40°Brix por duas horas e revestidas com 1 ou 2% de pectina tiveram uma redução de volume em torno de 27 e 29%, respectivamente.

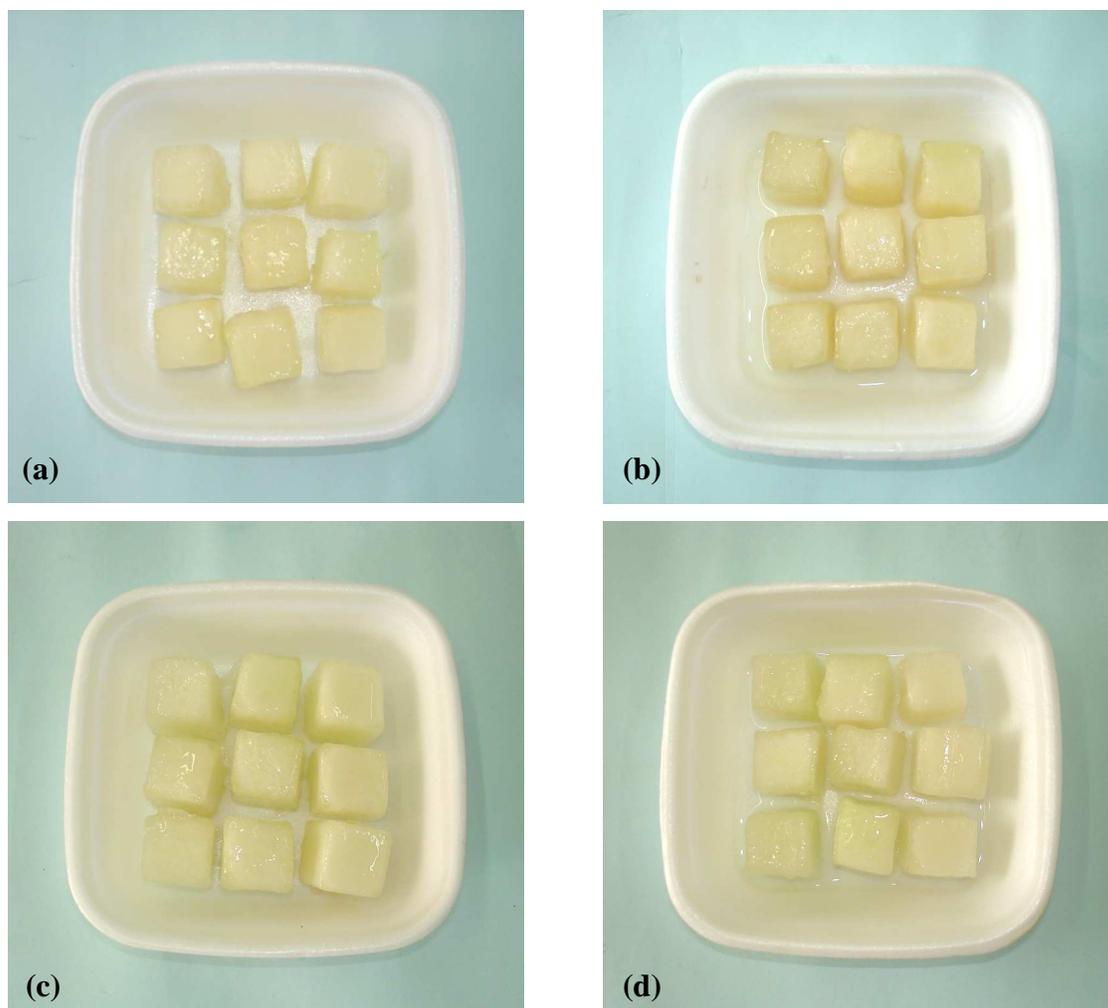


Figura 4.13: Fotos das amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 40°Brix e 0,5% de lactato de cálcio por duas horas e revestidas com coberturas de pectina em concentrações de 1% (a) e (b) e 2% (c) e (d). Dia 0: (a) e (c) e após 14 dias de armazenamento a 5°C: (b) e (d).

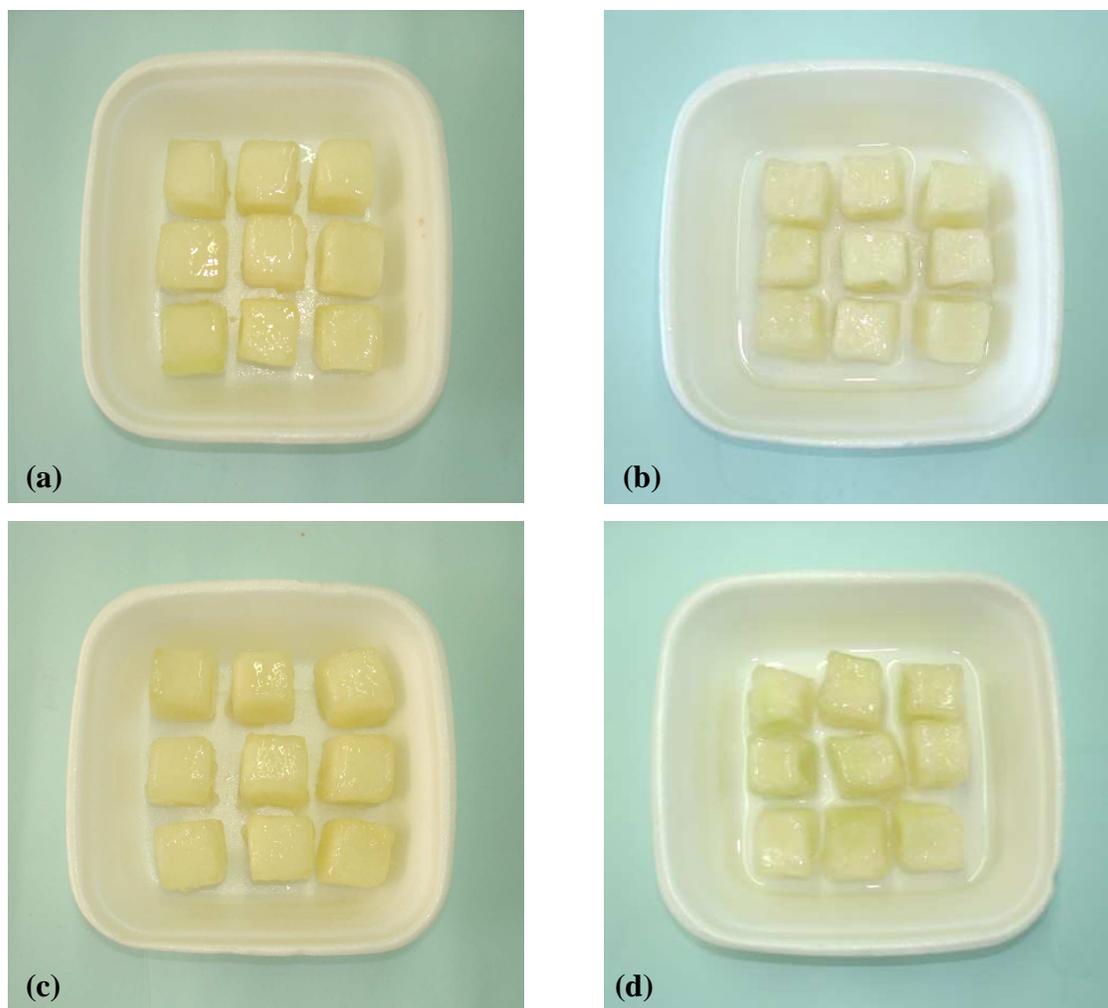


Figura 4.14: Fotos das amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 60°Brix e 0,5% de lactato de cálcio por duas horas e revestidas com coberturas de pectina em concentrações de 1% (a) e (b) e 2% (c) e (d). Dia 0: (a) e (c) e após 14 dias de armazenamento a 5°C: (b) e (d).

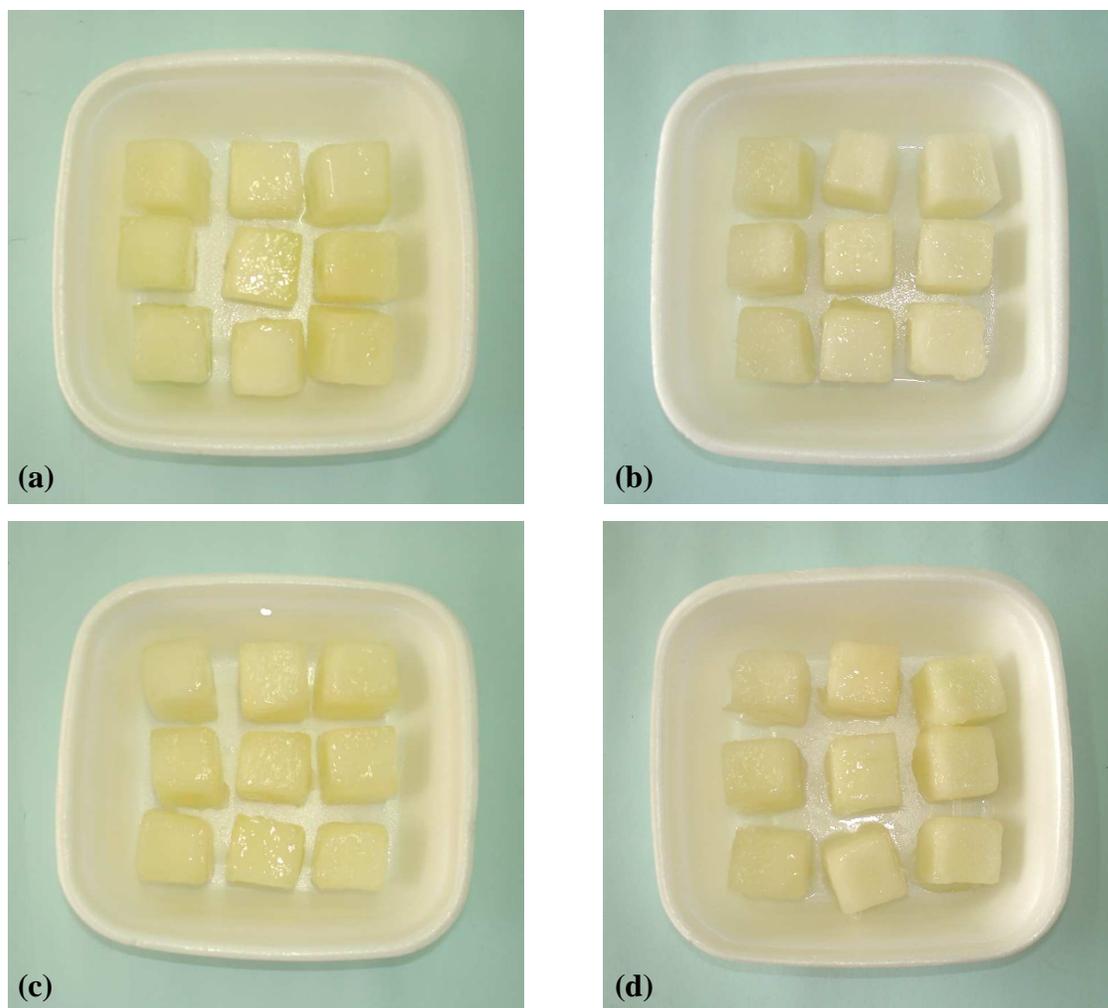


Figura 4.15: Fotos das amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 40°Brix e 0,5% de lactato de cálcio por 30 minutos e revestidas com coberturas de pectina em concentrações de 1% (a) e (b) e 2% (c) e (d). Dia 0: (a) e (c) e após 14 dias de armazenamento a 5°C: (b) e (d).

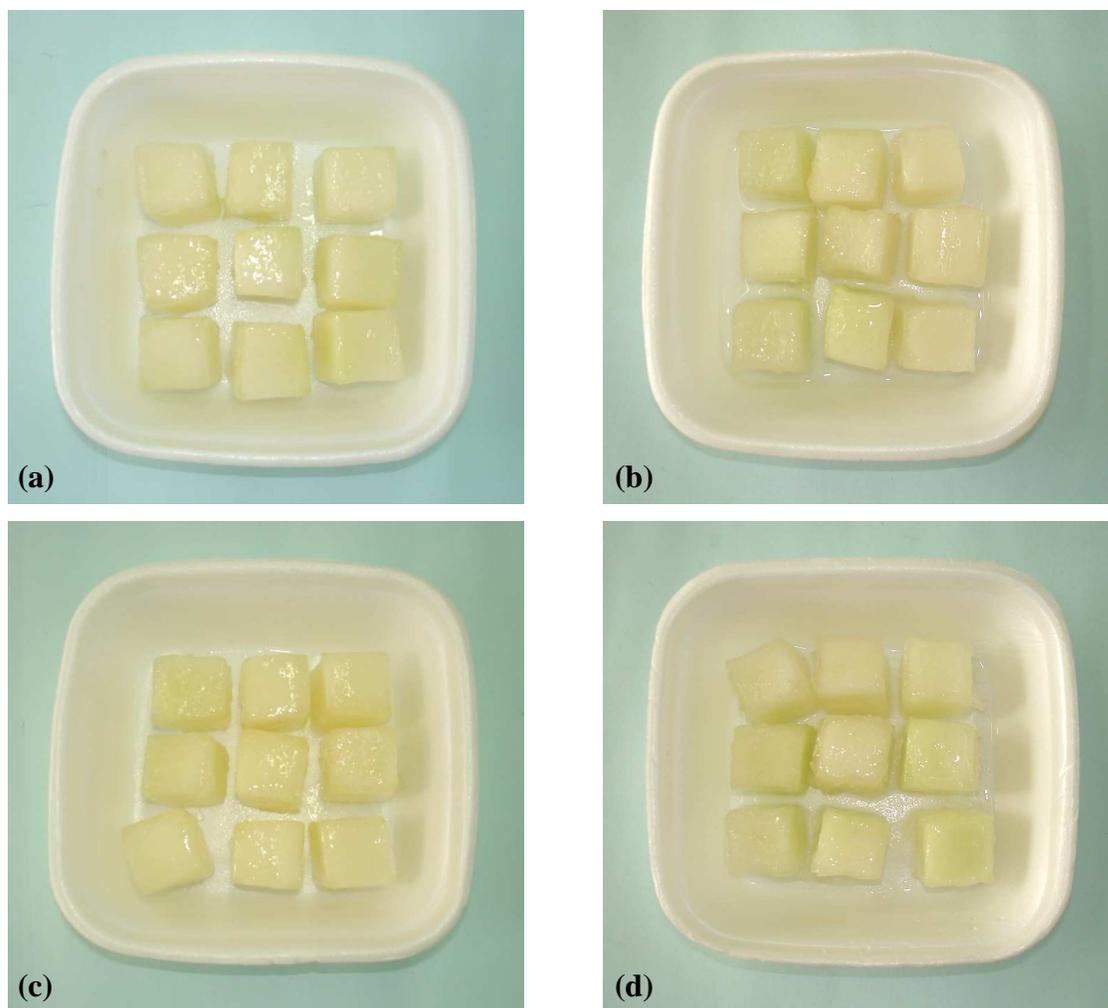


Figura 4.16: Fotos das amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 60°Brix e 0,5% de lactato de cálcio por 30 minutos e revestidas com coberturas de pectina em concentrações de 1% (a) e (b) e 2% (c) e (d). Dia 0: (a) e (c) e após 14 dias de armazenamento a 5°C: (b) e (d).

Diante desta avaliação, a combinação do uso desidratação osmótica e coberturas comestíveis não se mostrou como uma alternativa viável ao se utilizar soluções de sacarose em concentração de 60°Brix e duas horas de tratamento, devido às alterações na aparência do produto ao final do armazenamento. Portanto, para dar prosseguimento aos estudos com os revestimentos comestíveis a base de pectina, optou-se por realizar os pré-tratamentos osmóticos durante 30 minutos (com concentrações de açúcar de 40 ou 60°Brix e adição de 0,5% de lactato de cálcio em ambos os casos) ou somente com soluções de sacarose a

40°Brix e 0,5% de lactato de cálcio por duas horas. Após o pré-processamento osmótico, as frutas foram revestidas com coberturas de pectina em concentração de 1 ou 2% por dois minutos. Amostras pré-tratadas com banhos de 0,5% de lactato de cálcio por 15 minutos também foram recobertas com as soluções de pectina, totalizando 8 ensaios:

- BANHO CA0,5 15min + 1% pectina;
- BANHO CA0,5 15min + 2% pectina;
- DO SAC40CA0,5 120min + 1% pectina;
- DO SAC40CA0,5 120min + 2% pectina;
- DO SAC40CA0,5 30min + 1% pectina;
- DO SAC40CA0,5 30min + 2% pectina;
- DO SAC60CA0,5 30min + 1% pectina;
- DO SAC60CA0,5 30min + 2% pectina.

4.3.2. Taxa Respiratória e Produção de Etileno

A Tabela 4.7 mostra as taxas respiratórias (em termos de CO₂ liberado) para as amostras fresca e processadas nas temperaturas de 5 e 25°C.

Tabela 4.7: Taxas respiratórias (ml CO₂/kg.h) à 5 e 25°C das amostras fresca e processadas.

Amostra	ml CO ₂ /kg.h à 5°C	ml CO ₂ /kg.h à 25°C
Fresca	8,19 ± 0,17 a	28,25 ± 0,62 a
BANHO CA0,5 15min + 1% pectina	6,06 ± 0,45 b	20,95 ± 1,31 b
BANHO CA0,5 15min + 2% pectina	3,09 ± 0,44 c	17,82 ± 1,99 c
DO SAC40CA0,5 120min + 1% pectina	7,18 ± 0,37 d	20,76 ± 1,28 b
DO SAC40CA0,5 120min + 2% pectina	3,48 ± 0,41 c	15,77 ± 0,69 c
DO SAC40CA0,5 30min + 1% pectina	6,92 ± 0,55 d	23,13 ± 1,12 b
DO SAC40CA0,5 30min + 2% pectina	6,80 ± 0,69 d	22,16 ± 1,26 b
DO SAC60CA0,5 30min + 1% pectina	6,95 ± 0,36 d	24,94 ± 1,57 b
DO SAC60CA0,5 30min + 2% pectina	6,71 ± 0,22 d	23,82 ± 1,99 b

Letras diferentes na coluna indicam diferenças estatisticamente significativas a $p \leq 0.05$.

KADER (2008) encontraram taxas de respiração para o melão fresco e inteiro a 5°C e 25°C no intervalo de 3 a 5 e 28 a 35 ml CO₂/kg.h, respectivamente. Os valores mais altos observados na Tabela 4.7 se devem principalmente ao estresse provocado pelas etapas de

corde e descascamento. Segundo MIGUEL (2008), este estresse provoca descompartimentação celular e, assim, os substratos do metabolismo respiratório entram em contato com as enzimas, resultando no aumento da atividade respiratória. AGUAYO *et al.* (2008) também verificaram taxas respiratórias para o melão fresco e cortado a 5°C na faixa de 8 a 9 ml CO₂/kg.h.

Entretanto, o melão minimamente processado apresentou menores taxas respiratórias em comparação com outras frutas estudadas, tais como mamão (17 ml CO₂/kg.h a 5°C); goiaba (53 ml CO₂/kg.h a 25°C); maçã (45 ml CO₂/kg.h a 25°C); melancia (40 ml CO₂/kg.h a 5°C); morango (60 ml CO₂/kg.h a 5°C) e manga (35 ml CO₂/kg.h a 5°C), respectivamente (RODRIGUES *et al.*, 2006; PEREIRA *et al.*, 2004; LEE *et al.*, 2003; MAO *et al.*, 2006; GARCIA *et al.*, 2008 e TOVAR *et al.*, 2001). Em um trabalho com melão, manga e abacaxi minimamente processados e embalados sob atmosfera modificada passiva a 10°C, CHONHENCHOB *et al.* (2007) observaram que as taxas respiratórias das amostras de melão e abacaxi foram aproximadamente 3 vezes menores em relação aos valores obtidos para a manga.

No presente trabalho, em ambas as temperaturas as taxas respiratórias de todas as amostras avaliadas foram estatisticamente menores em relação aos valores do melão fresco. Maiores taxas de produção de CO₂ foram observadas à 25°C em comparação com os resultados obtidos à 5°C, uma vez que a respiração é influenciada pelo aumento da temperatura. CASTELLÓ *et al.* (2006), MAFTOONAZAD & RAMASWAMY (2008) e BHANDE *et al.* (2008), em trabalhos semelhantes com morangos, abacates e bananas, respectivamente, também verificaram um aumento da taxa respiratória a temperaturas mais altas de estocagem.

As amostras submetidas aos tratamentos “BANHO CA0,5 15min + 2% pectina” e “DO SAC40CA0,5 120min + 2% pectina” apresentaram as menores taxas respiratórias em ambas as temperaturas avaliadas. É possível que a maior incorporação de cálcio verificada nas frutas nestas condições (1,510 ± 0,016 e 1,397 ± 0,019 g kg⁻¹ massa seca, respectivamente) em relação às outras condições estudadas (Tabela 4.4), combinada à maior concentração de pectina utilizada (2%), tenham contribuído para a formação de um

gel mais rígido entre o lactato de cálcio e a pectina, dificultando a troca gasosa e reduzindo as taxas respiratórias.

O tratamento “BANHO CA0,5 15min + 1% pectina” também promoveu uma redução estatisticamente significativa nas taxas respiratórias das frutas a 5 e 25°C. Diversos trabalhos na literatura já relataram o efeito do cálcio no decréscimo das taxas respiratórias de diversas frutas minimamente processadas, como maçã (LEE *et al.*, 2003; CASTELLÓ *et al.*, 2009), melão (OMS-OLIU *et al.*, 2008a); LAMIKANRA *et al.*, 2004), *grapefruit* (MORAGA *et al.*, 2009) e pêra (OMS-OLIU *et al.*, 2008b). Segundo SERRANO *et al.* (2004), o cálcio inibe a ação das enzimas responsáveis pela degradação da parede celular, devido à sua interação com as moléculas de pectina presentes na parede, formando os pectatos de cálcio. Assim, o fortalecimento da parede celular provocado pela adição de sais de cálcio no processamento impede a troca gasosa nas células, reduzindo as taxas respiratórias do fruto.

De acordo com MORAGA *et al.* (2009) e CASTELLÓ *et al.* (2009), o cálcio atua na regulação de uma classe de proteínas da membrana celular chamadas de aquaporinas que são responsáveis pelo transporte ativo de água que ocorre na presença de ATP. A formação de pontes de cálcio com estas proteínas dificulta a ação das mesmas no fluxo de água através das células. Assim, uma menor quantidade de energia (ATP) é requerida para este processo, havendo assim um aumento da concentração de ATP na célula e conseqüente diminuição da respiração celular.

Avaliando o efeito do processo osmótico nas taxas respiratórias das frutas a 5 e 25°C, todas as amostras apresentaram redução estatisticamente significativa da respiração. Para LEWICKI *et al.* (2001), o aumento dos sólidos solúveis ocasionado pelo processo osmótico pode provocar mudanças estruturais nas células e na membrana celular, bem como a redução da disponibilidade de água para as reações biológicas, resultando numa diminuição da respiração. CASTELLÓ *et al.* (2009) ao desidratar osmoticamente fatias de maçã com ou sem aplicação de pulsos de vácuo afirmaram que as células mais externas e colapsadas atuam como uma barreira à difusão do oxigênio para o interior dos tecidos, diminuindo as taxas respiratórias do produto.

A Tabela 4.8 mostra a produção de etileno de todas as amostras apenas à temperatura de 25°C, visto que à 5°C não foi detectada produção deste hormônio vegetal. ALMEIDA *et al.* (2001), avaliando o comportamento respiratório de diversas variedades de melão, também não observaram produção de etileno no melão amarelo a 25°C. Já MIGUEL (2008) detectou o etileno à 5°C em amostras de melão fresco e revestidos com cobertura de alginato em níveis muito baixos, inferiores a 0,1 µL/kg.h, que é o nível mínimo para que este regulador de crescimento seja fisiologicamente ativo. AGUAYO *et al.* (2008), avaliando o efeito do emprego de diversos sais de cálcio (carbonato, lactato, cloreto e propionato de cálcio) na qualidade do melão amarelo minimamente processado, também observaram baixos níveis de produção de etileno (no intervalo de 0,060 a 0,090 µL/kg.h) à 5°C e atribuíram estes resultados à baixa taxa respiratória da fruta.

Tabela 4.8: Taxas de produção de etileno (em µL/kg.h de C₂H₄) à 25°C e 711 mmHg das amostras fresca e processadas.

Amostra	Etileno (µL/kg.h)
Fresca	1,22 ± 0,11 a
BANHO CA0,5 15min + 1% pectina	0,64 ± 0,09 b
BANHO CA0,5 15min + 2% pectina	0,46 ± 0,02 b
DO SAC40CA0,5 120min + 1% pectina	1,07 ± 0,17 a
DO SAC40CA0,5 120min + 2% pectina	1,49 ± 0,47 a
DO SAC40CA0,5 30min + 1% pectina	1,55 ± 0,28 a
DO SAC40CA0,5 30min + 2% pectina	1,38 ± 0,32 a
DO SAC60CA0,5 30min + 1% pectina	1,62 ± 0,38 a
DO SAC60CA0,5 30min + 2% pectina	1,66 ± 0,37 a

Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas a $p \leq 0.05$.

Outros trabalhos na literatura também não detectaram produção de etileno, como no caso de mangas (TOVAR *et al.*, 2001) e melancias (MAO *et al.*, 2006) minimamente processadas e armazenadas a 5°C. Apesar da biossíntese de etileno ser ativada pela ocorrência de danos físicos, como durante o processamento mínimo, nem todos os tecidos vegetais respondem a esse estresse com aumentos significativos na produção deste hormônio, ou a produção é tão baixa, que não é possível detectá-la.

A produção de etileno das amostras armazenadas à 25°C variou entre 0,46 e 1,66 µL/kg.h de C₂H₄. Não foi observada uma influência significativa da desidratação osmótica nas taxas de produção de etileno, enquanto que as frutas submetidas aos banhos de cálcio

previamente à aplicação das coberturas de pectina apresentaram os menores valores de produção de etileno ($p \leq 0,05$). Comportamento semelhante foi verificado por OMS-OLIU *et al.* (2008b), em um trabalho utilizando coberturas comestíveis de pectina e alginato em fatias de pêra minimamente processadas. Os autores observaram uma diminuição da produção de etileno nas frutas revestidas com as películas comestíveis em relação à fruta fresca e atribuíram esta redução ao efeito do cálcio no comportamento respiratório (taxas respiratórias e produção de etileno) do produto, conforme já discutido anteriormente.

4.3.3. Perda de Peso

A Figura 4.17 mostra os valores de perda de peso para as amostras processadas em todas as condições estudadas. Verificou-se um aumento estatisticamente significativo ($p \leq 0,05$) da perda de peso ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos, o que está relacionado com a perda de umidade das frutas, devido aos processos de respiração e transpiração, além da própria desidratação da cobertura comestível durante o armazenamento. Entretanto, tal aumento foi maior nas frutas submetidas à desidratação osmótica por 2 horas, independente da concentração de cobertura utilizada, sendo que as amostras tiveram ao final dos 14 dias de estocagem uma perda de peso em torno de 7%. Este comportamento foi decorrente do maior tempo de tratamento osmótico empregado (2 horas) e da incorporação de sólidos mais alta observada nestas condições ($\cong 12\%$), levando à formação de uma camada de açúcares na superfície da fruta, que provavelmente ocasionou um maior efeito desidratante ao longo do armazenamento. Tais resultados são condizentes com os valores da redução do volume das amostras (Tabela 4.6), sendo que as frutas processadas osmoticamente por duas horas apresentaram um encolhimento superior a 27%.

Por outro lado, as amostras desidratadas osmoticamente durante 30 minutos e recobertas com pectina na concentração de 1 ou 2%, assim como as frutas tratadas com banho de cálcio e solução de pectina a 1% apresentaram menor perda de peso ao final da estocagem ($p \leq 0,05$), atingindo valores no intervalo de 3,58 a 3,75%. Já as amostras submetidas ao banho de cálcio e revestidas com coberturas de pectina a 2% mostraram uma perda de peso um pouco maior ($\cong 4,70\%$), o que pode ser devido à uma maior dissolução do material da cobertura ao longo da estocagem nesta condição, porém inferior em relação

aos valores de perda de peso das frutas desidratadas osmoticamente por duas horas. FONTES (2005) também atribuiu à desidratação da própria película durante o armazenamento a maior perda de peso observada em maçãs minimamente processadas e tratadas com alginato de sódio a 3%.

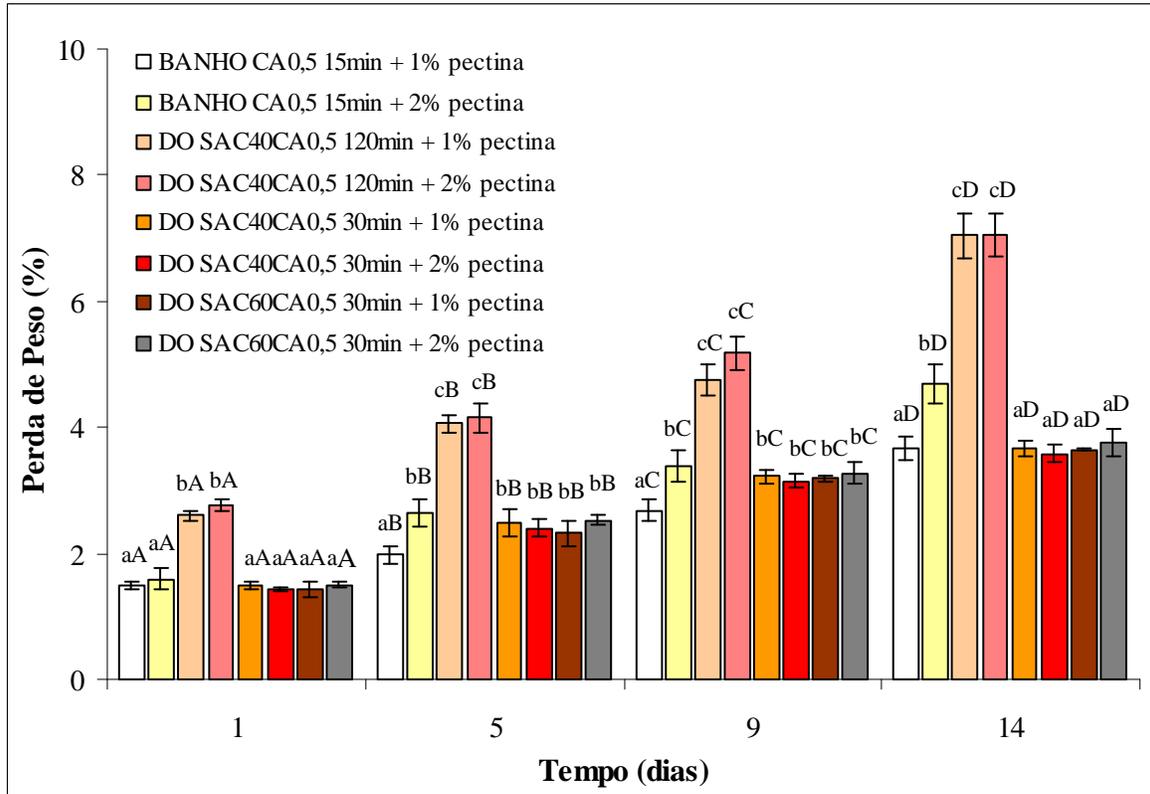


Figura 4.17: Perda de peso das amostras submetidas aos diversos tratamentos ao longo de 14 dias de armazenamento a 5°C. Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos em cada tempo, enquanto que as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento ao longo do tempo. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para $p \leq 0,05$.

4.3.4. Textura

Ensaio de Punção

Os valores da firmeza (força máxima de penetração) das amostras processadas ao longo do tempo de armazenamento são mostrados na Figura 4.18. A relativa variação nas medidas se deve à heterogeneidade entre as frutas e a falta de uniformidade em sua estrutura interna, conforme mencionado no item 4.1.4.

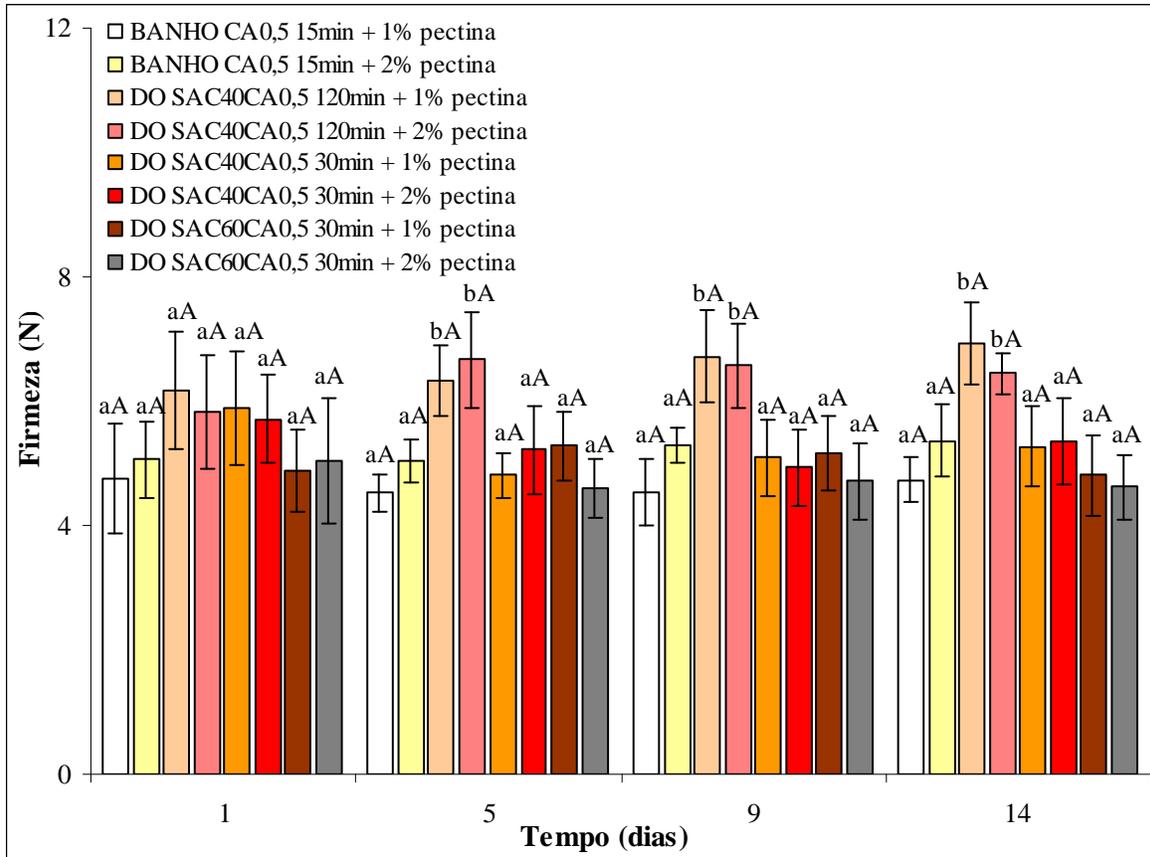


Figura 4.18: Firmeza (Força máxima de penetração) das amostras submetidas aos diversos tratamentos ao longo de 14 dias de armazenamento a 5°C. Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos em cada tempo, enquanto que as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento ao longo do tempo. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para $p \leq 0,05$.

Não foi verificado um aumento estatisticamente significativo ($p \leq 0,05$) da firmeza das frutas ao longo do período de armazenamento, mostrando que o uso dos pré-tratamentos (desidratação osmótica ou banhos de cálcio) associados às coberturas comestíveis de pectina foram efetivos na preservação da textura das amostras de melão até o 14º dia de estocagem. Além disso, a manutenção da firmeza das frutas durante o período de armazenamento pode ser atribuída ao efeito do cálcio, que interage com o polissacarídeo da cobertura ou com a própria pectina presente na parede celular das frutas, acarretando uma maior preservação da estrutura celular. Efeito semelhante foi também observado em estudos na literatura envolvendo outras frutas minimamente processadas, tais como: maçã

(ALANDES *et al.*, 2006; OLIVAS *et al.*, 2007), pêra (OMS-OLIU *et al.*, 2008b), mamão (TAPIA *et al.*, 2008) e melancia (MAO *et al.*, 2006). De acordo com estes trabalhos, a formação dos pectatos de cálcio proporciona uma maior integridade da parede e adesão celular, além da manutenção do turgor ao longo da estocagem, aumentando a rigidez da lamela média e parede celular.

Comparando-se os tratamentos entre si em cada tempo de análise, não foram constatadas diferenças estatisticamente significativas no dia 1 para a firmeza das frutas, enquanto que a partir do 5º dia, as frutas previamente desidratadas osmoticamente durante duas horas apresentaram uma maior resistência à penetração, diferindo estatisticamente das demais amostras para $p \leq 0,05$. Tais diferenças podem estar relacionadas com a maior perda de água observada nestas amostras (Figura 4.17), resultando em um maior encolhimento (Tabela 4.6) e perda de turgor ao longo do armazenamento, afetando a textura do produto final. Deste modo, estes fatores aliados à incorporação de cálcio mais elevada verificada nestas condições, proporcionando uma maior complexação dos íons Ca^{+2} com as cadeias de pectina da parede celular, devem ter contribuído para os maiores valores da firmeza das amostras de melão.

4.3.5. Avaliação Sensorial

Pela análise dos resultados da Tabela 4.9, é possível observar que os tratamentos T1 (BANHO CA0,5 15min + 1% pectina), T5 (DO SAC40CA0,5 30min + 1% pectina) e T7 (DO SAC60CA0,5 30min + 1% pectina) apresentaram uma melhor aceitação sensorial, em relação aos demais ensaios, para todos os atributos avaliados durante o período de armazenamento. As notas do atributo sabor foram significativamente maiores ($p \leq 0,05$) no 14º dia para as amostras submetidas aos tratamentos T1(BANHO CA0,5 15min + 1% pectina) e T5 (DO SAC40CA0,5 30min + 1% pectina), mostrando que o uso de coberturas de pectina na concentração de 1% foi mais eficiente na preservação da qualidade sensorial das frutas ao longo do tempo de estocagem.

Tabela 4.9: Médias de aceitação dos provadores em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global das amostras durante a estocagem.

Atributo	Dia	Notas da Aceitação Sensorial							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Aparência	1	5,51a	5,71a	5,52a	4,75a	6,69b	6,63b	6,96b	6,30b
	5	6,39a	5,60ab	5,49ab	5,24b	6,41a	6,47a	6,75a	6,07a
	9	6,80a	6,27a	5,05b	4,47b	6,27a	6,01a	6,67a	5,34b
	14	6,37a	-	5,26b	-	6,26a	-	6,03a	-
Aroma	1	6,25a	6,28a	6,57a	6,10a	5,09b	5,35b	5,87ab	5,46b
	5	5,98a	5,55a	6,05a	5,37a	5,05a	5,32a	5,48a	5,18a
	9	5,91a	5,78a	6,13a	5,21b	5,16b	4,80b	5,36b	5,12b
	14	6,47a	-	5,36ab	-	5,24b	-	4,94b	-
Sabor	1	5,06a	4,78a	6,94b	6,11ab	5,34a	5,78ab	6,79b	6,04ab
	5	5,19ab	4,96a	6,46b	5,77ab	5,80ab	5,46a	6,20b	5,81ab
	9	5,09ab	4,44a	6,24c	5,53ab	5,83bc	5,14ab	6,08c	5,15ab
	14	6,10a	-	4,58b	-	6,05a	-	5,25b	-
Textura	1	6,43a	5,97a	6,49a	5,76ab	5,10ab	5,87ab	5,87ab	5,02b
	5	6,25a	5,73ab	5,75ab	5,51ab	5,80ab	5,19b	5,76ab	5,04b
	9	6,36a	5,96a	5,15ab	4,42b	5,73a	4,45b	5,68a	4,34b
	14	5,89a	-	5,11a	-	5,45a	-	5,39a	-
Impressão Global	1	5,65a	5,37a	6,57a	5,77a	5,70a	5,92a	6,38a	5,69a
	5	5,97a	5,19a	6,13a	5,60a	5,84a	5,78a	6,29a	5,36a
	9	6,02a	5,24a	5,91a	5,01a	5,74a	5,45a	5,93a	5,01a
	14	6,01a	-	4,86b	-	5,67ab	-	5,41ab	-

T1 = BANHO CA0,5 15min + 1% pectina; T2 = BANHO CA0,5 15min + 2% pectina; T3 = DO SAC40CA0,5 120min + 1% pectina; T4 = DO SAC40CA0,5 120min + 2% pectina; T5 = DO SAC40CA0,5 30min + 1% pectina; T6 = DO SAC40CA0,5 30min + 2% pectina; T7 = DO SAC60CA0,5 30min + 1% pectina e T8 = DO SAC60CA0,5 30min + 2% pectina. Os valores representam as médias da notas de aceitação sensorial por 35 provadores, utilizando-se uma escala hedônica não estruturada de 9 cm. Médias seguidas por letras diferentes em uma mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas entre as amostras para $p \leq 0,05$, de acordo com o Teste de Tukey.

O tratamento T2 (BANHO CA0,5 15min + 2% pectina) resultou em notas inferiores para o atributo sabor, abaixo do limite de aceitação estabelecido (4,5) no dia 9 de armazenamento, sendo que a principal observação feita pelos provadores para esta amostra foi referente a sua pouca doçura. Assim, é provável que neste caso os banhos de cálcio em combinação ao uso da maior concentração de pectina (2%) tenham mascarado o sabor doce da fruta, afetando os resultados da aceitação sensorial.

Os tratamentos T6 (DO SAC40CA0,5 30min + 2% pectina) e T8 (DO SAC60CA0,5 30min + 2% pectina) apresentaram boa aceitação sensorial nos dias 1 e 5. Entretanto, apesar da preservação da textura instrumental das amostras de melão até o 14º dia de

estocagem (Figura 4.18), a partir do 9º dia de armazenamento, observou-se uma redução estatisticamente significativa das notas dos provadores no atributo textura, inferior ao limite de aceitação. De acordo com alguns provadores, a textura das amostras nestas condições se mostrou pouco característica do produto, apresentando um aspecto gelatinoso e artificial ao se morder o pedaço de fruta. Esta observação foi apontada sensorialmente por mais de 50% dos provadores nas amostras recobertas com 2% de pectina. Deste modo, ao se utilizar a maior concentração deste polissacarídeo (2%) para preparo das coberturas comestíveis, a complexação dos íons Ca^{+2} com a pectina possivelmente resultou na formação de um gel mais espesso ao redor da amostra, provocando alterações significativas na textura sensorial, porém sem trazer mudanças estatisticamente significativas na textura instrumental do produto.

Já as amostras previamente desidratadas osmoticamente por duas horas (tratamento T3: DO SAC40CA0,5 120min + 1% pectina) mostraram menores notas para os atributos aparência e textura a partir do dia 9 e abaixo do limite de aceitação no caso do tratamento T4 (DO SAC40CA0,5 120min + 2% pectina). Tal fato pode ser devido aos maiores fluxos de transferência de massa durante o processo verificados nestas condições, ocasionando um maior encolhimento (entre 27 e 29%, conforme a Tabela 4.6), refletindo diretamente nas notas destes atributos. Além disso, para o tratamento T3 (DO SAC40CA0,5 120min + 1% pectina), foram observadas notas inferiores para os atributos sabor e impressão global no 14º dia, provavelmente devido também à maior perda de água e ganho de açúcares e ao maior tempo de processo utilizado, provocando alterações nas características sensoriais das frutas. Isto comprova a eficiência do emprego de menores tempos de processo osmótico previamente à aplicação das coberturas comestíveis na manutenção da qualidade sensorial das amostras de melão.

OMS-OLIU *et al.* (2008a) e OMS-OLIU *et al.* (2008b) verificaram o efeito do uso de coberturas comestíveis a base de pectina (2%), alginato (2%) e gelana (0,5%) na qualidade sensorial de melão e pêra minimamente processados, respectivamente. As concentrações das coberturas foram escolhidas em ensaios preliminares, enquanto que os testes de aceitação sensorial foram realizados por 30 provadores ao longo do armazenamento refrigerado. Os revestimentos de pectina foram mais efetivos na

manutenção das características sensoriais de ambas as frutas após os 14 dias de estocagem, enquanto que as coberturas de alginato e gelana provocaram uma alteração no sabor das frutas durante o período de estudo.

4.3.6. Estereomicroscopia

As superfícies das amostras de melão fresca, pré-tratadas com banhos de cálcio e desidratadas osmoticamente em solução de sacarose a 40°Brix e 0,5% de cálcio por 30 minutos ou duas horas, obtidas através do estereomicroscópio, podem ser vistas nas Figuras 4.19 e 4.20. As imagens das frutas pré-tratadas osmoticamente em soluções de sacarose na concentração de 60°Brix e 0,5% de lactato de cálcio não foram apresentadas, devido às grandes semelhanças com as amostras processadas a 40°Brix de sacarose.

O melão fresco mostrou superfície homogênea, enquanto que as amostras tratadas com banhos de cálcio (Figuras 4.20a e 4.20b) ou desidratadas por 30 minutos (Figuras 4.20c e 4.20d) apresentaram uma superfície contínua, com boa adesão da cobertura, mas um pouco irregular nas arestas dos cubos (evidenciada pelas setas brancas), o que impediu a determinação da espessura dos revestimentos. Em um trabalho envolvendo a aplicação de revestimentos de alginato ou pectina (1 ou 2%) em fatias de maçã fresca, QUERIDO (2005) verificou que as superfícies das amostras recobertas com as películas comestíveis se apresentaram contínuas, porém desuniformes em espessura, como consequência do corte e da irregularidade da própria superfície recoberta.

As amostras submetidas aos banhos de cálcio ou desidratadas osmoticamente por 30 minutos apresentaram uma aparência mais brilhante, devido à presença da cobertura de pectina. Entretanto, esta superfície brilhante não pareceu muito evidente nas amostras previamente desidratadas por duas horas de processo (Figuras 4.20e e 4.20f), provavelmente devido à parcial dissolução do material da cobertura, observando-se uma maior semelhança com a fruta fresca (Figura 4.19). Este comportamento pode ter sido decorrente do maior tempo de tratamento osmótico e conseqüente maior incorporação de sólidos, levando à formação de uma camada de açúcares na superfície da fruta. Apesar da drenagem das amostras após o processo, esta camada superficial de açúcares possivelmente provocou um maior efeito desidratante, resultando na dissolução da cobertura de pectina, e

assim, conferindo um aspecto mais homogêneo (“molhado”) na superfície das amostras. KHIN *et al.* (2007b) avaliando o uso de coberturas comestíveis de maltodextrina antes da desidratação osmótica de fatias de maçã, com o intuito de reduzir a incorporação de sólidos durante o processo, também verificaram a dissolução parcial da cobertura ao longo do tempo de tratamento, evidenciando a sua instabilidade devido ao caráter hidrofílico da maltodextrina.

Em um trabalho com aplicação de coberturas comestíveis de alginato (2%) e gelana (0,5%) em mamão minimamente processado, TAPIA *et al.* (2008) observaram através de um estereomicroscópio uma boa aderência e uniformidade das coberturas na superfície das amostras. De acordo com os autores, tal fato foi devido às similaridades químicas entre o material das coberturas e aos carboidratos presentes no mamão. Além disso, a incorporação de ácido ascórbico como plasticizante, naturalmente encontrado na fruta, pode ter contribuído para a melhor adesão da cobertura na superfície do produto. Segundo OLIVAS & BARBOSA-CÁNOVAS (2005), as coberturas a base de pectina e alginato são consideradas boas opções para o recobrimento de frutas minimamente processadas, uma vez que estes polissacarídeos aderem facilmente à superfície destes produtos, devido às ligações cruzadas entre a pectina/alginato e o cálcio.

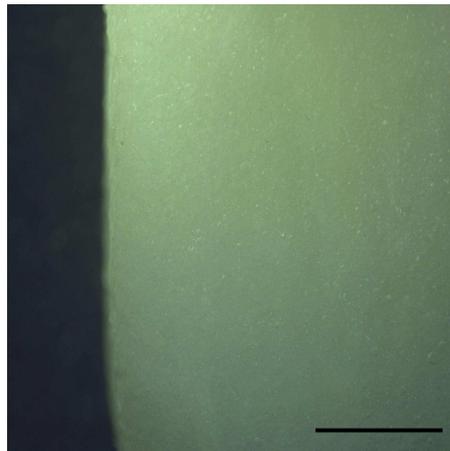


Figura 4.19: Imagem da superfície da amostra fresca de melão obtida a partir de um estereomicroscópio. Barra = 140 μm .

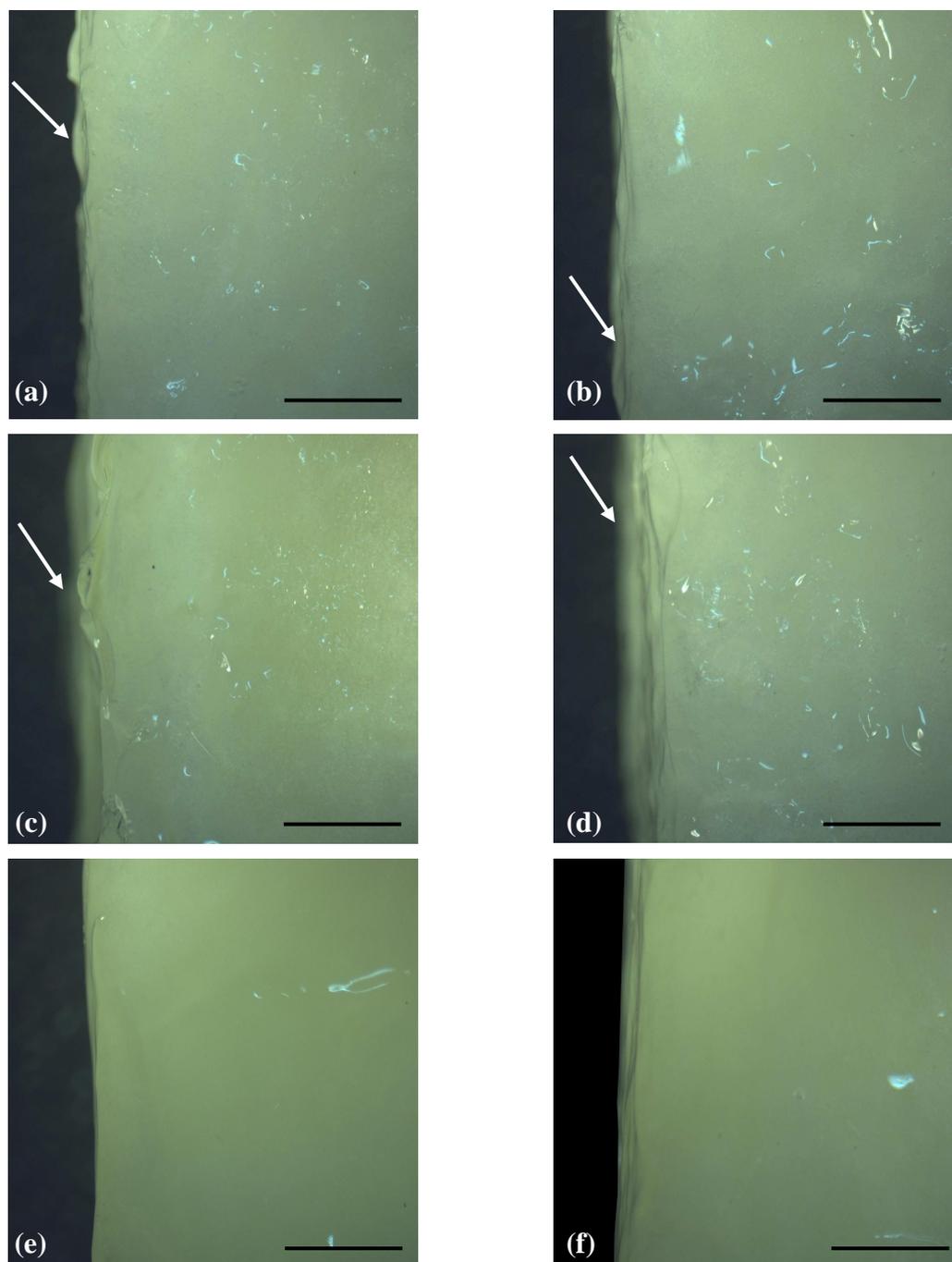


Figura 4.20: Imagens das superfícies dos cubos de melão submetidos aos diversos tratamentos obtidas a partir de um estereomicroscópio. (a) e (b) pré-tratamento em banhos com solução de lactato de cálcio a 0,5%; (c) e (d) desidratação osmótica em soluções de sacarose a 40°Brix e 0,5% de lactato de cálcio por 30 minutos; (e) e (f) desidratação osmótica em soluções de sacarose a 40°Brix e 0,5% de lactato de cálcio por duas horas. (a), (c) e (e) revestimento com coberturas de pectina em concentrações de 1%; (b), (d) e (f) revestimento com coberturas de pectina em concentrações de 2%. Barra = 140 μ m.

De acordo com os resultados obtidos nesta etapa do trabalho, é possível afirmar que os banhos de lactato de cálcio, assim como o uso de menores tempos de desidratação osmótica (30 minutos), como pré-tratamento à aplicação das coberturas comestíveis, se mostraram eficientes na redução da perda de peso ao longo da estocagem, assim como na manutenção da textura das frutas. Em contrapartida, os resultados da avaliação sensorial mostraram diferenças ao se comparar as duas concentrações de pectina utilizadas (1 ou 2%) como revestimento comestível, visto que as amostras recobertas com películas de 1% de pectina apresentaram melhor aceitação sensorial, provavelmente devido à textura mais gelatinosa e artificial das frutas revestidas com soluções de 2% de pectina. Isto comprova que o emprego de coberturas de pectina na concentração de 1% foi mais efetivo na manutenção da qualidade sensorial das frutas ao longo de todo o período de estocagem. Como os tratamentos “BANHO CA0,5 15min + 1% pectina” e “DO SAC40CA0,5 30min + 1% pectina” tiveram notas significativamente maiores ($p \leq 0,05$) para o atributo sabor no 14º dia de armazenamento em relação aos demais tratamentos, estes ensaios foram escolhidos como as melhores condições de processo para o estudo da vida útil.

4.4. ESTUDO DA VIDA ÚTIL

Para o estudo da vida útil, foram utilizadas as condições selecionadas no item 4.3, ou seja, (1) amostras pré-tratadas com banhos de 0,5% de lactato de cálcio por 15 minutos e recobertas com solução de 1% de pectina por 2 minutos (BANHO CA + COBERTURA); (2) amostras desidratadas osmoticamente por 30 minutos em solução de sacarose a 40°Brix com adição de 0,5% de lactato de cálcio e recobertas com solução de 1% de pectina por 2 minutos (DO + COBERTURA); e também (3) amostra fresca (controle) para comparação (FRESCA).

4.4.1. Perda de Peso

A perda de peso das amostras avaliadas durante o estudo da vida útil é apresentada na Figura 4.21. Observou-se um aumento estatisticamente significativo ($p \leq 0,05$) da perda de peso em todas as amostras ao longo da vida útil, fato que segundo MARTÍN-DIANA *et al.* (2006) está relacionado com o estresse devido às operações de manuseio e corte durante o processamento mínimo, além da própria perda de água resultante dos processos de respiração e transpiração.

Não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos até o 9º dia de armazenamento. Entretanto, no final da estocagem as frutas submetidas ao pré-tratamento com lactato de cálcio mostraram menores valores para a perda de peso, inferiores a 3%, revelando a eficiência do uso desta técnica previamente à aplicação de coberturas comestíveis de pectina na redução da perda de peso das frutas. Além do próprio efeito da cobertura na redução da perda de peso das amostras, por consequência da formação de uma camada protetora na superfície da fruta, dificultando a saída de água, o cálcio exerce uma grande influência na redução da perda de peso de frutas minimamente processadas.

Segundo LAMIKANRA *et al.* (2004), o cálcio é efetivo na manutenção da integridade celular, devido à ocorrência de ligações cruzadas com a pectina presente na parede celular. À baixas temperaturas, estas interações intermoleculares são mais fortes, resultando na formação de uma barreira à perda de umidade. Os autores verificaram um efeito benéfico do cálcio na redução da perda de peso em melão minimamente processado e

submetido a um tratamento preliminar com 1,5% de lactato de cálcio, realizado à 4 ou 25°C. Ao final dos 12 dias de armazenamento refrigerado (à 10°C), as frutas tratadas com o sal de cálcio, em ambas as temperaturas, apresentaram uma perda de peso quase duas vezes menor que o tratamento controle (fruta fresca). Comportamento semelhante foi relatado por OLIVAS *et al.* (2007) em um trabalho com utilização de coberturas a base de alginato de sódio em maçãs minimamente processadas. Os autores observaram uma redução estatisticamente significativa da perda de peso nas frutas revestidas com as coberturas em relação à amostra fresca sem tratamento e atribuíram tal ocorrência à complexação dos íons Ca^{+2} com o polissacarídeo, deixando a cobertura mais insolúvel e deste modo melhorando as suas propriedades de barreira ao vapor d'água.

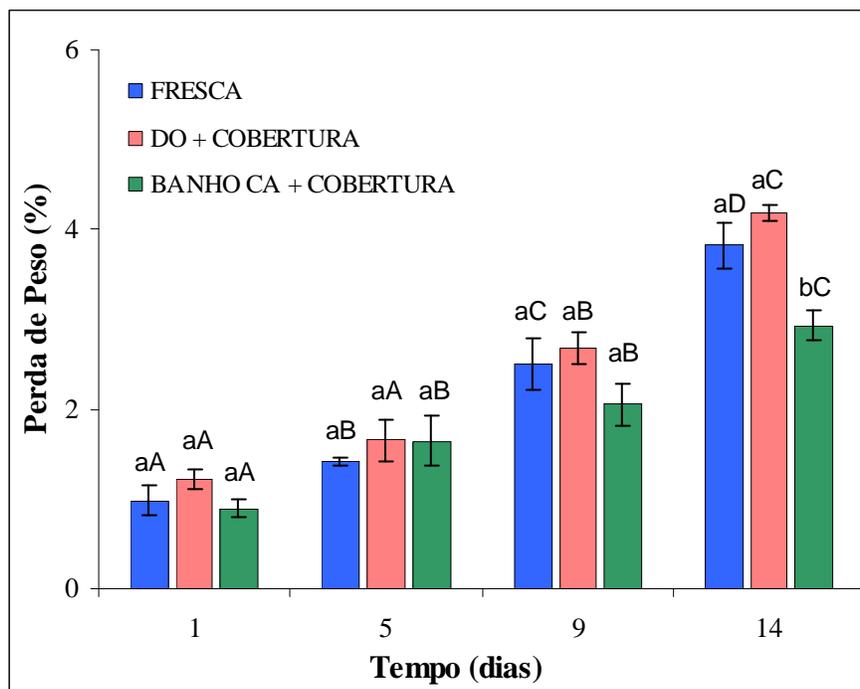


Figura 4.21: Perda de peso das amostras de melão durante o estudo da vida útil. Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos em cada tempo, enquanto que as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento ao longo do tempo de estocagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para $p \leq 0,05$.

A fruta fresca e a pré-tratada osmoticamente alcançaram maiores valores de perda de peso em torno de 4%, não diferindo entre si no final da vida útil. No entanto, estes valores se apresentaram abaixo dos valores críticos de perda de peso citados por MIGUEL

(2008), que oscilam entre 5 e 10%. No estudo da vida útil de goiaba ou mamão minimamente processados, acondicionados em bandejas de poliestireno e cobertos com filme de PVC, PEREIRA *et al.* (2004) e RODRIGUES *et al.* (2006), respectivamente, também observaram maiores valores de perda de peso para a fruta fresca em relação às frutas desidratadas osmoticamente ao longo do tempo.

Apesar da influência das coberturas comestíveis na redução da perda de peso de produtos minimamente processados, tais como: maçãs (OLIVAS *et al.*, 2007), bananas (BICO *et al.*, 2009), abacaxis (MONTERO-CALDERÓN *et al.*, 2008), no presente trabalho este efeito não foi verificado nas frutas processadas osmoticamente. Uma possível explicação para a maior perda de peso observada nas frutas submetidas ao pré-tratamento osmótico seria a formação da camada de açúcares na superfície da fruta, ocasionando um maior efeito desidratante ao longo do tempo, e assim, contribuindo para a dissolução da película de pectina durante o estudo da vida útil, conforme mencionado no item 4.3.1.

CASTELLÓ *et al.* (2009) relataram maiores taxas de perda de peso em maçãs desidratadas osmoticamente em soluções de glicose (50°Brix) com lactato de cálcio (0-2,0%) e armazenadas a 10°C por 7 dias, quando comparadas à fruta fresca. De acordo com os pesquisadores, o cálcio não mostrou uma influência significativa na perda de peso, prevalecendo o efeito negativo do processo osmótico na estrutura celular, ou seja, alterações na permeabilidade da membrana plasmática e colapso celular, possibilitando uma maior saída de água das células.

4.4.2. Taxa Respiratória

As taxas respiratórias das amostras durante o estudo da vida útil são mostradas na Figura 4.22. No início do período de armazenamento refrigerado, verificou-se um maior teor de CO₂ liberado para a amostra fresca (em torno de 16 ml CO₂/kg.h), o que pode ter sido ocasionado pelo estresse durante as etapas do processamento mínimo. Comportamento semelhante foi verificado em diversos trabalhos da literatura com maçã (FONTES, 2005; CASTELLÓ *et al.*, 2009), melão (AGUAYO *et al.*, 2008), pêra (OMS-OLIU *et al.*, 2008b) e banana (BHANDE *et al.*, 2008).

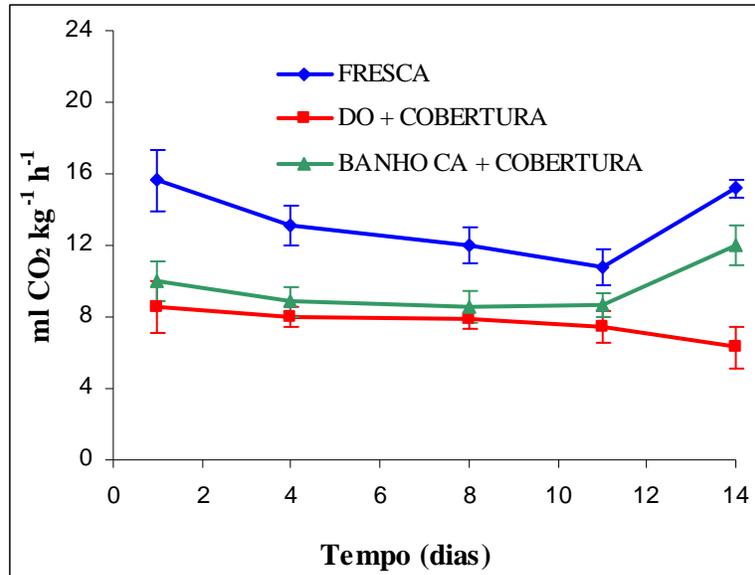


Figura 4.22: Taxas respiratórias (ml CO₂/kg.h) a 5°C das amostras de melão submetidas a diferentes tratamentos durante o estudo da vida útil.

Por outro lado, as amostras pré-tratadas com cálcio ou desidratadas osmoticamente apresentaram teores de $10,10 \pm 1,11$ e $8,60 \pm 1,10$ ml CO₂/kg.h, respectivamente. Tal ocorrência indica que os pré-tratamentos associados ao uso das coberturas comestíveis a base de pectina foram eficientes na diminuição da atividade respiratória das frutas no início da estocagem. Coberturas a base de pectina (MAFTOONAZAD & RAMASWAMY, 2008) e alginato (FONTES, 2005) aplicadas em abacate e maçã minimamente processados, respectivamente, se mostraram eficientes na redução das trocas gasosas das amostras, provavelmente em função das propriedades de barreira ao oxigênio dos revestimentos de polissacarídeos, estendendo a vida de prateleira destes produtos.

Durante o armazenamento por 14 dias, a amostra controle e a pré-tratada com banhos de cálcio mostraram uma redução da atividade respiratória, seguida de um aumento do teor de CO₂ liberado a partir do 11º dia, atingindo valores de $15,20 \pm 0,52$ e $12,02 \pm 1,10$ ml CO₂/kg.h, respectivamente, no último dia de estocagem. AGUAYO *et al.* (2008) avaliando o efeito de tratamentos com diversos sais de cálcio (cloreto, lactato, carbonato e propionato) na qualidade de melão minimamente processado também verificaram aumento das taxas respiratórias no final do período de estocagem a 5°C em todas as amostras. Os

autores atribuíram à senescência e ao crescimento microbiano os maiores valores da atividade respiratória encontrados no final da vida útil.

As frutas desidratadas osmoticamente tiveram uma redução da respiração até o 14º dia, atingindo teores de $6,31 \pm 1,10$ ml CO₂/kg.h ao final do armazenamento. Portanto, pode-se afirmar que o pré-tratamento osmótico foi mais efetivo no controle da taxa respiratória das amostras ao longo do tempo. De acordo com CASTELLÓ *et al.* (2009) a desidratação osmótica quando realizada a curtos períodos de tempo, além de preservar as características sensoriais das frutas, pode prolongar a sua vida útil, devido à diminuição da atividade respiratória do produto durante o período de estocagem, inibindo os processos metabólicos associados ao amadurecimento e senescência das frutas. O efeito benéfico do processo osmótico na vida de prateleira das frutas minimamente processadas foi verificado em pedaços de *grapefruit* (MORAGA *et al.*, 2009) e fatias de manga (TOVAR *et al.*, 2001) desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose e armazenadas durante 7 e 14 dias, respectivamente. Em um trabalho similar, RODRIGUES *et al.* (2006) mostraram que o uso do processo osmótico combinado ao armazenamento à baixas temperaturas resultou na redução da respiração e preservação das características de qualidade de amostras de mamão embalados sob atmosfera modificada durante 15 dias.

Apesar do aumento das taxas respiratórias das frutas pré-tratadas com cálcio no final da vida útil, a atividade respiratória destas amostras e das frutas pré-processadas osmoticamente apresentou comportamentos similares até o 11º dia. Isto mostra a influência do cálcio na redução das taxas respiratórias de frutas minimamente processadas, conforme explicado no item 4.3.2. Além disso, de acordo com OMS-OLIU *et al.* (2008a) e LEE *et al.* (2003), a diminuição da respiração e da produção de etileno observada em produtos minimamente processados revestidos com coberturas a base de polissacarídeos se deve mais à ação dos íons Ca⁺² do que ao efeito das propriedades de barreira ao oxigênio das coberturas.

4.4.3. Composição Gasosa

A Figura 4.23 mostra a composição gasosa no interior das embalagens ao longo do período de vida útil. Não houve modificação da atmosfera interna das embalagens,

indicando que o filme de PVC atuou apenas como proteção, sem interagir com o produto. Nos três tratamentos avaliados, os níveis de O_2 tiveram uma redução praticamente desprezível, enquanto que os teores de CO_2 apresentaram um suave aumento, alcançando valores inferiores a 2% no 14º dia. Os menores teores de CO_2 encontrados nas frutas desidratadas osmoticamente podem ser associados às menores taxas respiratórias destas amostras, conforme discutido previamente no item 4.4.2.

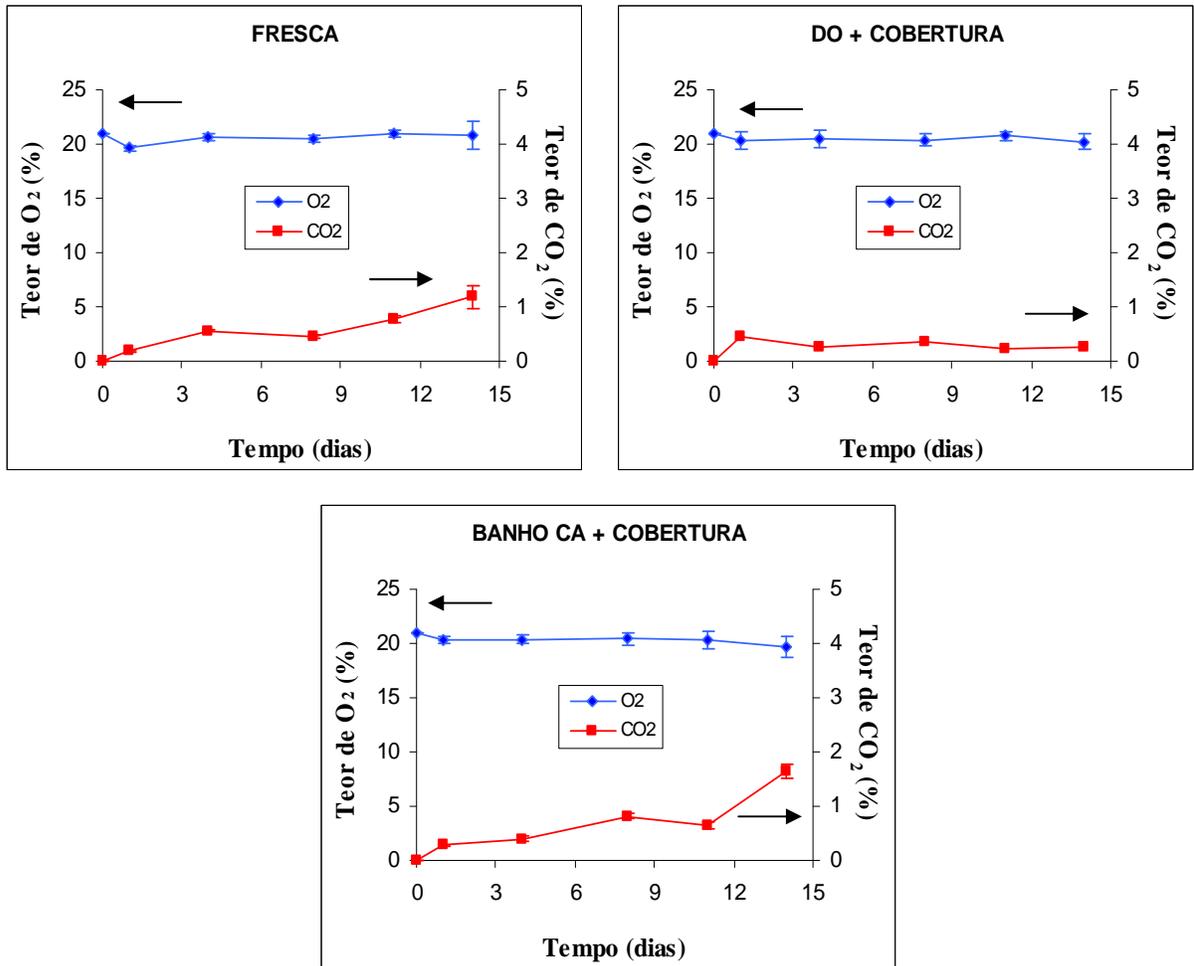


Figura 4.23: Teores de O_2 e CO_2 no interior das embalagens de poliestireno expandido envoltas em filme de PVC 20 μm contendo amostras de melão submetidas a diferentes tratamentos durante o estudo da vida útil.

No estudo da vida de prateleira de goiaba e mamão desidratados osmoticamente, PEREIRA *et al.* (2004) e RODRIGUES *et al.* (2006), respectivamente, verificaram que os filmes de PVC não promoveram a modificação da atmosfera das embalagens, não gerando

portanto um equilíbrio entre a taxa respiratória do produto e as taxas de permeabilidade do filme ao oxigênio e dióxido de carbono.

De acordo com alguns pesquisadores, as coberturas comestíveis podem criar uma modificação da atmosfera da embalagem, devido à formação de um filme semi-permeável na superfície do produto. Este comportamento foi verificado por ROJAS-GRAÜ *et al.* (2008), OMS-OLIU *et al.* (2008b) e TAPIA *et al.* (2008) em maçã, pêra e mamão minimamente processados, respectivamente, e revestidos com películas comestíveis a base de pectina ou alginato. Entretanto, como no presente trabalho, CHIUMARELLI (2008), utilizando coberturas de fécula de mandioca ou alginato, também não observou uma influência das coberturas na redução da atmosfera em fatias de mangas minimamente processadas e embaladas em filmes de PVC. Provavelmente, a alta permeabilidade desses filmes ao oxigênio mascarou a ação dos revestimentos comestíveis na modificação da atmosfera interna das embalagens.

Segundo MONTERO-CALDERÓN *et al.* (2008), as mudanças na composição gasosa das embalagens ao longo do tempo se devem principalmente às taxas respiratórias do produto, à permeabilidade do filme aos gases (O_2 e CO_2) e também à razão entre a área de permeação da embalagem e a massa de produto utilizada. Para o caso específico do melão, ARRUDA (2002) explica que não é vantajoso o emprego de embalagens com atmosfera modificada passiva em frutas, nas quais o consumo de O_2 é baixo. Como a atmosfera modificada passiva se estabelece pela própria respiração do produto, as baixas taxas respiratórias do melão fazem com que a atmosfera interna seja modificada muito lentamente, verificando-se deterioração do produto por reações bioquímicas antes que ocorra o equilíbrio dos gases no interior da embalagem.

4.4.4. Textura

Na Figura 4.24 são apresentados os valores da firmeza das amostras durante a avaliação da vida útil. No início do estudo, não foram verificadas diferenças significativas entre a amostra fresca e a pré-tratada osmoticamente. Todas as amostras mostraram uma redução significativa ($p \leq 0,05$) da firmeza durante o período de armazenamento, porém esta redução foi maior na fruta fresca, diferindo estatisticamente das amostras processadas a

partir do 5º dia de estocagem. Portanto, pode-se afirmar que os pré-tratamentos utilizados foram eficientes na manutenção da textura das amostras de melão.

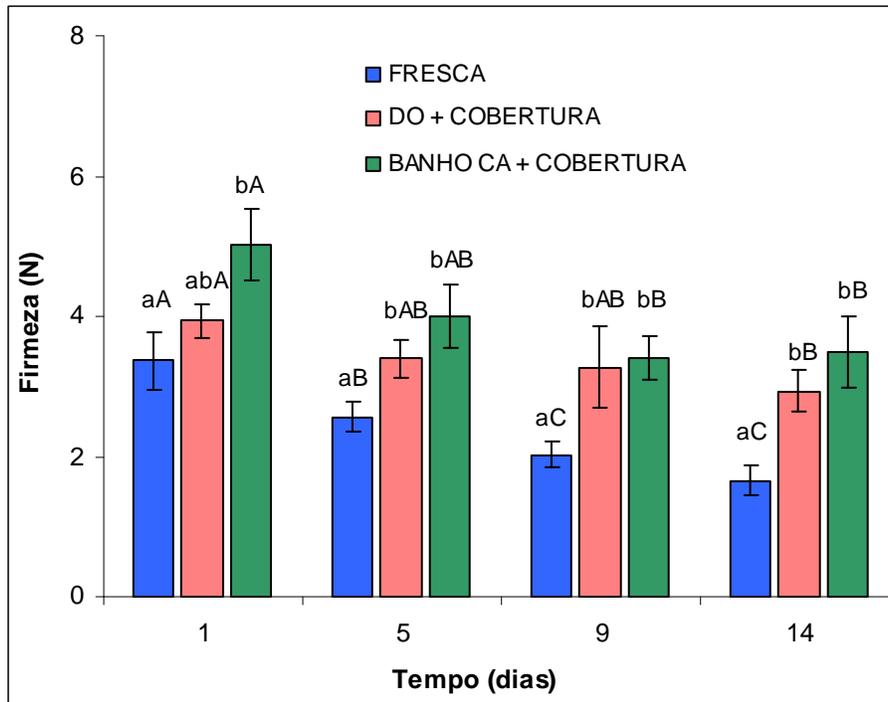


Figura 4.24: Firmeza (Força máxima de penetração) das amostras de melão durante o estudo da vida útil. Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos em cada tempo, enquanto que as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento ao longo do tempo de estocagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para $p \leq 0,05$.

As diferenças nos valores da firmeza das amostras ao longo do estudo da vida útil podem ter sido provocadas por mudanças na estrutura celular das frutas em função do tempo de estocagem. Segundo FONTES (2005), com o avanço da maturação dos frutos durante o armazenamento e a chegada da senescência ocorre a despolimerização e conseqüente solubilização da pectina presente na parede celular, pela ação da enzima poligalacturonase, o que resulta no amolecimento e diminuição da resistência das frutas. MAFTOONAZAD & RAMASWAMY (2008) também verificaram um decréscimo da firmeza em abacates minimamente processados com o tempo, enquanto que o uso de coberturas comestíveis de pectina ocasionou a preservação das características de textura das amostras.

Apesar da influência das coberturas de pectina na manutenção da textura, a maior preservação da firmeza das frutas processadas durante o período de armazenamento no presente trabalho deve ser atribuído ao uso do lactato de cálcio, através de banhos (dips) ou adicionado na solução osmótica. Tal ocorrência é devido à interação dos íons Ca^{+2} com o polissacarídeo da cobertura, resultando no enrijecimento da estrutura celular das amostras. OLIVAS *et al.* (2007) afirmaram que o efeito do cálcio na preservação das propriedades de textura de maçãs minimamente processadas foi mais evidente que o efeito das coberturas de polissacarídeos na redução da perda de água, uma vez que o amolecimento das frutas é devido principalmente à degradação da parede celular do que à perda de turgor das células.

Diversos trabalhos na literatura avaliaram a eficiência do cálcio na manutenção da textura de produtos minimamente revestidos com coberturas comestíveis, dentre eles: melão (OMS-OLIU *et al.*, 2008); maçã (OLIVAS *et al.*, 2007; ROJAS-GRAÜ *et al.*, 2007a), mamão (TAPIA *et al.*, 2007) e abacaxi (MONTERO-CALDERÓN *et al.*, 2008). No entanto, CHIUMARELLI (2008) estudou o emprego do alginato como cobertura comestível em mangas minimamente processadas, sem utilizar sais de cálcio previamente à aplicação dos revestimentos. A autora conclui que as amostras recobertas com este polissacarídeo apresentaram uma redução da firmeza superior a 100% do valor inicial ao longo do tempo, sugerindo a utilização de sais de cálcio para uma maior manutenção dos parâmetros de qualidade do produto.

Os ajustes lineares da firmeza das amostras ao longo do estudo da vida útil podem ser visualizados na Figura 4.25. Foi observada uma correlação linear negativa dos valores deste parâmetro com o tempo, mostrando que o tempo de estocagem teve um efeito significativo na firmeza das frutas, o que confirma os resultados obtidos pelo Teste de Tukey (Figura 4.24). A fruta fresca e pré-tratada osmoticamente apresentaram o melhor ajuste ($R^2 > 0,93$).

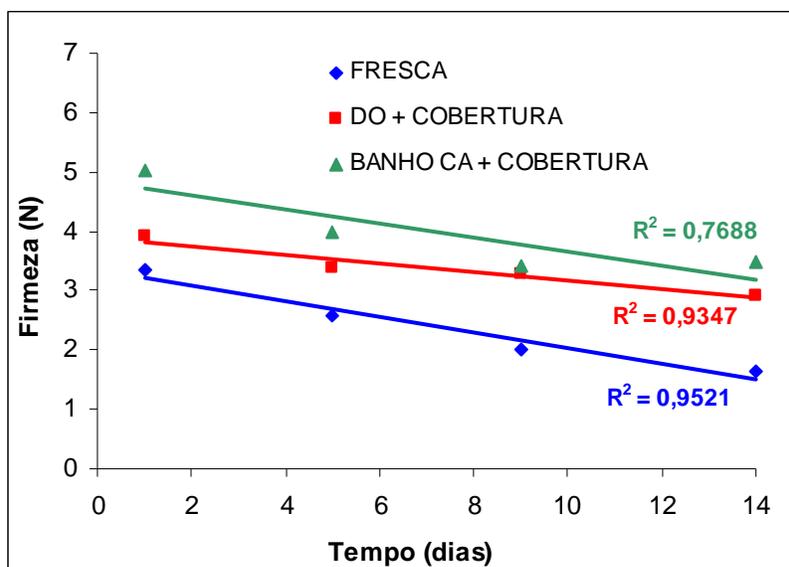


Figura 4.25: Ajuste linear aos valores de firmeza (força máxima de penetração) das amostras de melão durante o estudo da vida útil.

4.4.5. Cor

A Tabela 4.10 mostra uma redução estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) da luminosidade para a fruta fresca a partir do 9º dia de armazenamento, indicando que houve um escurecimento destas amostras com o tempo. Por outro lado, a luminosidade das frutas processadas se manteve praticamente constante por todo o período de estocagem, sem apresentar diferenças significativas, sugerindo que o uso dos pré-tratamentos foram importantes para a manutenção deste parâmetro durante o estudo da vida útil.

Tabela 4.10: Valores médios da luminosidade (L^*) das amostras de melão durante o estudo da vida útil.

Tratamento	Dias			
	1	5	9	14
FRESCA	71,69aA	69,88aA	66,13bA	65,59bA
DO + COBERTURA	70,36aA	69,12aA	70,05aB	68,03aB
BANHO CA + COBERTURA	68,57aA	68,49aA	71,46aB	69,71aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey para $p \leq 0,05$.

O efeito protetor das coberturas na cor das frutas ao longo da vida de prateleira pode ser explicado pela baixa permeabilidade ao oxigênio das películas de polissacarídeos, como

a pectina, o alginato e a carragena, dificultando as reações de escurecimento enzimático. BICO *et al.* (2009) observaram uma pequena diminuição na luminosidade de rodela de bananas revestidas com 0,5% de cobertura de carragena e armazenadas sob atmosfera controlada (3% O₂ e 10% CO₂), em comparação à fruta fresca. Coberturas com concentração de 2% de pectina se mostraram eficientes na preservação da luminosidade de melão minimamente processado e acondicionado em embalagem com atmosfera modificada a 5°C durante 14 dias. Os autores associaram tal ocorrência à baixa taxa respiratória promovida pelo revestimento (OMS-OLIU *et al.*, 2008a).

Em contrapartida, MIGUEL (2008) verificou uma queda significativa (em torno de 10%) da luminosidade em melão minimamente processado revestido com cobertura de alginato durante 12 dias de estocagem, atribuindo este resultado à coloração levemente marrom da solução de alginato de sódio. Nas amostras submetidas a um tratamento com cloreto de cálcio, a autora constatou uma maior manutenção da luminosidade ao longo do tempo, possivelmente devido à ação deste sal na inibição das enzimas responsáveis pelo escurecimento enzimático. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por OLIVAS *et al.* (2007), em um trabalho com maçãs minimamente processadas revestidas com coberturas de alginato. Os autores verificaram que a presença de cálcio nas coberturas retardou o escurecimento, em decorrência da interação do íons Ca⁺² com o cobre do sítio ativo da enzima polifenoloxidase.

Em relação ao croma, parâmetro que indica a saturação ou intensidade da cor, a amostra fresca apresentou uma queda estatisticamente significativa a partir do 9º dia, provavelmente devido à degradação dos pigmentos presentes na fruta, como mostra a Tabela 4.11.

Tabela 4.11: Valores médios do croma (C*) das amostras de melão durante o estudo da vida útil.

Tratamento	Dias			
	1	5	9	14
FRESCA	16,57aA	15,81aA	13,60bA	12,92bA
DO + COBERTURA	19,77aB	19,55aB	17,65aB	17,57aB
BANHO CA + COBERTURA	16,96aA	17,93aAB	16,47aB	17,70aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey para $p \leq 0,05$.

No caso das amostras processadas, o tempo de estocagem não teve influência nos valores de croma, indicando que houve uma estabilidade dos pigmentos durante a vida de prateleira. MIGUEL (2008) também não relatou efeito significativo do tempo no croma das amostras de melão recobertas com película de alginato, mostrando que a pigmentação amarelada da polpa das frutas foi preservada durante os 12 dias de estudo.

No entanto, no presente trabalho o croma foi afetado pelo tipo de pré-tratamento utilizado, uma vez que no início da vida útil, as amostras pré-tratadas osmoticamente apresentaram maiores valores deste parâmetro, diferindo estatisticamente da fruta pré-tratada com cálcio. A partir do 5º dia de estocagem, não foram verificadas mais diferenças estatisticamente significativas entre estas processadas. Tal ocorrência pode ser relacionada à redução do teor de umidade durante o processo osmótico, resultando na concentração dos pigmentos e conseqüente intensificação da cor. Comportamento semelhante foi também observado na avaliação da vida de prateleira de pedaços de mamão (RODRIGUES *et al.*, 2006) desidratados osmoticamente e acondicionados em atmosfera modificada. A manutenção das propriedades de cor das frutas processadas durante a vida de prateleira foi atribuída ao efeito protetor do açúcar utilizado na solução osmótica.

4.4.6. Sólidos Solúveis Totais, pH e Acidez Total Titulável

O teor de sólidos solúveis totais representa os açúcares, ácidos orgânicos e outros constituintes de menor peso molecular da fruta. É utilizado como indicador de maturidade e qualidade, exercendo papel importante no sabor das frutas, e também como guia de mercado para a aceitação do melão em muitos países (ALVES, 2000). Os valores dos sólidos solúveis totais das amostras ao longo da vida útil são apresentados na Tabela 4.12.

Tabela 4.12: Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) das amostras de melão durante o estudo da vida útil.

Tratamento	Dias			
	1	5	9	14
FRESCA	8,33aA	8,25aA	7,67abA	7,17bA
DO + COBERTURA	11,25abB	10,67aB	11,58bB	11,67bB
BANHO CA + COBERTURA	8,25aA	7,67abA	7,17bA	7,33bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey para $p \leq 0,05$.

As frutas previamente desidratadas osmoticamente apresentaram maiores valores (estatisticamente significativos) de sólidos solúveis, em comparação à amostra controle e à pré-tratada com lactato de cálcio. Esta diferença no conteúdo de sólidos solúveis das amostras pode ser justificada pela incorporação de açúcares provenientes da solução osmótica durante o processo, resultando no aumento do teor de sólidos final da fruta. Entretanto, as pequenas alterações nos valores de sólidos solúveis das amostras desidratadas osmoticamente ao longo da vida útil são provavelmente devido à variabilidade da matéria-prima, indicando que o tempo de estocagem não teve uma influência expressiva no conteúdo de sólidos solúveis das frutas submetidas ao processo osmótico.

A amostra controle e a fruta pré-tratada com banhos de lactato de cálcio não mostraram diferenças estatisticamente significativas entre si no teor de sólidos solúveis durante o período de armazenamento. A partir do 9º dia de estocagem, os sólidos solúveis destas amostras apresentaram uma tendência decrescente, observando-se no final da vida útil menores valores e estatisticamente diferentes, em relação ao teor inicial de sólidos solúveis.

De acordo com FONTES (2005), é possível ocorrer um decréscimo no teor dos sólidos solúveis totais durante o armazenamento, devido ao consumo dos açúcares que são os substratos do metabolismo respiratório das frutas. No presente trabalho, tal queda nos valores dos sólidos solúveis das amostras fresca e pré-tratada com banho de lactato de cálcio é coerente com os resultados encontrados na avaliação das taxas respiratórias das frutas (Figura 4.21), visto que estas amostras apresentaram maiores taxas de atividade respiratória a partir do 11º dia. Em trabalhos semelhantes realizados com melão (AGUAYO *et al.*, 2008) e melancia (MAO *et al.*, 2006) minimamente processadas, os pesquisadores também verificaram uma diminuição do teor de sólidos solúveis ao longo do tempo de armazenamento, devido ao aumento da respiração das frutas.

A acidez total titulável das amostras ao longo do estudo da vida útil é exibida na Tabela 4.13. Não foram observadas diferenças estatísticas ao nível de significância de 5% na acidez da fruta fresca no 1º e 5º dia de estocagem. No dia 9, a amostra fresca apresentou um aumento estatisticamente significativo deste parâmetro, provavelmente devido a uma maior proliferação microbiana. Já no final da vida útil, observou-se uma redução da acidez,

atingindo valores inferiores aos observados no início do período de armazenamento. As amostras pré-tratadas com lactato de cálcio também apresentaram menores valores de acidez no último dia de estocagem, não diferindo estatisticamente da amostra fresca no 1º e no 14º dia de estudo da vida útil.

Tabela 4.13: Valores médios de acidez total titulável (g de ácido cítrico/100 g produto) das amostras de melão durante o estudo da vida útil.

Tratamento	Dias			
	1	5	9	14
FRESCA	0,085aA	0,089abA	0,093bA	0,076cA
DO + COBERTURA	0,089aA	0,092aA	0,090aA	0,094aB
BANHO CA + COBERTURA	0,084aA	0,079aB	0,079aB	0,072bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey para $p \leq 0,05$.

Para MIGUEL (2008), o decréscimo na acidez dos frutos é resultado do processo de amadurecimento que provoca uma redução do teor de compostos fenólicos e ácidos e aumento dos sólidos solúveis e das características de aroma, devido à presença dos compostos voláteis. Entretanto, como no melão não ocorre aumento do teor de açúcares após a colheita, a redução da acidez do fruto ao longo do tempo pode ser explicada pela utilização dos ácidos orgânicos como substratos no processo respiratório. Ainda segundo a autora, estes ácidos se constituem como uma excelente fonte de reserva energética para os frutos, através da sua oxidação no ciclo de Krebs.

Deste modo, a redução dos valores da acidez total titulável na fruta fresca e pré-tratada com banho de cálcio ao final da vida útil está relacionada com o aumento da taxa respiratória destas amostras a partir do 11º dia de armazenamento (Figura 4.22), levando à um maior consumo dos ácidos orgânicos e conseqüente diminuição da acidez das frutas.

A desidratação osmótica promoveu uma manutenção da acidez das frutas durante todo o período de estocagem, possivelmente devido ao efeito da cobertura comestível na redução da atividade metabólica. Todavia, no caso do pré-tratamento com lactato de cálcio, a estabilidade dos valores de acidez foi verificada somente até o 9º dia de armazenamento. As frutas desidratadas osmoticamente apresentaram valores significativamente maiores ao final da vida útil, em comparação às outras amostras. Estes valores mais elevados da acidez

podem ter sido conseqüência da menor atividade respiratória das amostras submetidas ao processo osmótico, conforme verificado na Figura 4.22.

CHIUMARELLI (2008) verificou um aumento da acidez total titulável no final do estudo da vida útil de mangas minimamente processadas e revestidas com coberturas de fécula de mandioca. Comportamento semelhante foi relatado também por FONTES (2005) durante a avaliação da vida útil de fatias de maçã recobertas com películas de alginato. Em ambos os casos, as autoras atribuíram o aumento da acidez ao decréscimo da taxa respiratória das frutas proporcionado pela cobertura.

A Tabela 4.14 mostra os valores médios do pH das amostras durante o estudo da vida útil. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$) ao longo do tempo no pH de todas as amostras avaliadas. MONTERO-CALDERÓN *et al.* (2008) também não verificaram influência do tempo de armazenamento no pH de abacaxis minimamente processados e revestidos com cobertura de alginato.

Tabela 4.14: Valores médios de pH das amostras de melão durante o estudo da vida útil.

Tratamento	Dias			
	1	5	9	14
FRESCA	5,59aA	5,56aA	5,47aA	5,53aA
DO + COBERTURA	5,45aB	5,49aB	5,44aA	5,38aB
BANHO CA + COBERTURA	5,55aA	5,62aA	5,52aA	5,61aC

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey para $p \leq 0,05$.

Comparando-se os tratamentos entre si, o pH das frutas submetidas ao pré-tratamento em banhos de cálcio e da amostra controle não diferiram entre si ($p \leq 0,05$) nos dias 1, 5 e 9. As frutas desidratadas osmoticamente apresentaram menores valores de pH, mostrando diferenças estatisticamente significativas da amostra fresca e da pré-tratada com lactato de cálcio nos dias 1, 5 e 14. Estes resultados são condizentes com os valores da acidez total titulável das frutas, onde se observou uma maior acidez nas amostras desidratadas osmoticamente (Tabela 4.13), conforme explicado anteriormente.

4.4.7. Atividade de Água e Umidade

A água é o principal constituinte dos alimentos frescos, contribuindo de forma determinante nos parâmetros de qualidade do produto, como a textura, a aparência e o sabor. É também um fator importante na deterioração dos alimentos, pois participa de diferentes reações químicas e enzimáticas, além de contribuir para o crescimento microbiano. Entretanto, somente a determinação do conteúdo de água não é suficiente para avaliar a perecibilidade de um alimento, visto que não considera as interações da água com o próprio produto.

Deste modo, a atividade de água (a_w), expressa pelo teor de água livre do alimento, é o parâmetro mais adequado para indicar a estabilidade de um produto, levando em conta a interação da água com outros constituintes do alimento em condições de equilíbrio termodinâmico (WELTI-CHANES & VERGARA, 1997).

A Tabela 4.15 mostra os valores médios da atividade de água (a_w) das amostras ao longo dos 14 dias de armazenamento. Não foi observada influência significativa do tempo de estocagem na atividade de água das frutas, a um intervalo de confiança de 95% ($p \leq 0,05$). Por outro lado, as amostras desidratadas osmoticamente apresentaram menores valores deste parâmetro em relação às demais amostras, como consequência da redução da atividade de água ocasionada pelo processo osmótico.

Tabela 4.15: Valores médios de atividade de água (a_w) a 25°C das amostras de melão durante o estudo da vida útil.

Tratamento	Dias			
	1	5	9	14
FRESCA	0,986aA	0,984aA	0,985aA	0,987aA
DO + COBERTURA	0,978aB	0,980aB	0,980aB	0,981aB
BANHO CA + COBERTURA	0,985aA	0,987aA	0,987aA	0,989aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey para $p \leq 0,05$.

A umidade de um fruto pode ser definida como a quantidade total de água presente no vegetal, considerando as formas livre e ligada. A perda de água dos frutos relaciona-se principalmente aos processos de transpiração e respiração e também ao tempo de

armazenamento, resultando em encolhimento, amolecimento dos tecidos e alterações na aparência do produto.

O teor de umidade das amostras avaliadas no estudo da vida útil é apresentado na Tabela 4.16. A fruta fresca exibiu uma diminuição estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) do teor de umidade com o tempo, enquanto que o pré-tratamento com lactato de cálcio manteve a umidade das amostras durante a estocagem. Adicionalmente, as frutas pré-tratadas com o sal de cálcio apresentaram um conteúdo de umidade significativamente mais alto que a amostra controle a partir do 5º dia de armazenamento. FONTES (2005) também verificou um maior teor de umidade em fatias de maçãs revestidas com coberturas de alginato. Segundo a autora, isto pode indicar que o revestimento estaria evitando a perda de umidade do produto para o meio, ou seja, um efeito protetor da cobertura na manutenção da umidade da fruta. Uma outra possibilidade seria o fato de que as películas podem reter em si parte da umidade existente no interior das embalagens, já que são hidrofílicas.

Tabela 4.16: Valores médios do teor de umidade das amostras de melão durante o estudo da vida útil.

Tratamento	Dias			
	1	5	9	14
FRESCA	92,28aA	90,18bA	90,61bA	90,86bA
DO + COBERTURA	87,71aB	87,45aB	86,29bB	86,18bB
BANHO CA + COBERTURA	93,51aA	93,39aC	93,89aC	93,29aC

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey para $p \leq 0,05$.

Avaliando o efeito da desidratação osmótica na umidade, as frutas pré-processadas osmoticamente mostraram menores valores de umidade em comparação às outras amostras, devido à perda de água decorrente do processo. Além disso, observou-se uma redução estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) da umidade das amostras a partir do 9º dia. Tal comportamento está relacionado à continuidade da perda de água da amostra ao longo do tempo de armazenamento, devido à presença de uma fina camada de açúcares na superfície da fruta, possibilitando um maior efeito desidratante durante o estudo da vida útil, e deste modo, contribuindo para a desidratação da própria película de pectina ao longo do tempo, por se tratar de um material hidrofílico.

Estes resultados estão de acordo com os encontrados para a perda de peso (Figura 4.21), uma vez que a amostra desidratada osmoticamente e a fresca apresentaram maiores valores de perda de peso ao fim da vida útil.

4.4.8. Análise Microbiológica

A Tabela 4.17 apresenta os valores máximos encontrados para a contagem microbiológica das amostras avaliadas durante a vida útil.

Tabela 4.17: Valores máximos encontrados para contagem microbiológica nas amostras de melão durante o estudo da vida útil.

Análise	FRESCA	DO + COBERTURA	BANHO CA + COBERTURA
	Dia 1		
Salmonella (em 25g)	ausente	ausente	Ausente
Coliformes totais (UFC/g)*	<10	<10	<10
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)*	<10	<10	<10
Bolores e Leveduras (UFC/g)*	4,0x10 ² (est)**	4,0x10 ² (est)**	1,0x10 ² (est)**
Dia 5			
Bolores e Leveduras (UFC/g)*	4,2x10 ³	2,8x10 ³	2,4x10 ³
Dia 9			
Bolores e Leveduras (UFC/g)*	4,0x10 ⁵	8,2x10 ⁴	1,8x10 ⁴
Dia 14			
Bolores e Leveduras (UFC/g)*	2,5x10 ⁶	6,5x10 ⁵	6,5x10 ⁵

* UFC/g = Unidades Formadoras de Colônia por grama de amostra. ** Contagem estimada, abaixo do limite de quantificação do método.

As determinações de *Salmonella sp* mostraram ausência deste microrganismo em 25 g de matéria-prima, confirmando boas práticas de manejo na colheita e pós colheita dos frutos. Foram detectadas contagens de coliformes totais e de *Escherichia coli* menores que

10 UFC/g, indicando que as condições higiênico-sanitárias durante o processamento foram satisfatórias. Estes resultados estão de acordo com os padrões microbiológicos da Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional da Vigilância Sanitária, para frutas, produtos de frutas e similares.

Para bolores e leveduras a ANVISA não determina limites para produtos minimamente processados, sendo que os valores encontrados não oferecem risco para a saúde, mas podem explicar possíveis alterações sensoriais. Os bolores e leveduras são indesejáveis nos alimentos, pois são capazes de produzir uma grande variedade de enzimas, as quais provocam a deterioração dos alimentos, comprometendo as características sensoriais do produto. Além disso, LEE *et al.* (2003) afirmam que muitos bolores e leveduras podem produzir metabólitos tóxicos nos alimentos, quando a contagem total destes microrganismos for superior a 10^6 UFC/g. De acordo com os padrões microbiológicos para alimentos não processados termicamente do IFST (1999), este valor é considerado o limite máximo de aceitação dos produtos a base de frutas durante o estudo de vida de prateleira.

No início da vida útil, as contagens de bolores e leveduras de todas as amostras se apresentaram abaixo dos níveis de quantificação do método (5×10^2 UFC/g), enquanto que no 5º dia observou-se um aumento da contagem destes microrganismos para 10^3 UFC/g, valores considerados ainda relativamente baixos. A partir do 9º dia foi constatada uma proliferação mais expressiva de bolores e leveduras, principalmente na fruta fresca, atingindo valores superiores a 10^6 UFC/g no 14º dia, e assim, ultrapassando a contagem limite recomendada pelo IFST (1999). As frutas pré-tratadas com o lactato de cálcio ou desidratadas osmoticamente tiveram um menor crescimento de bolores e leveduras, em comparação à fruta fresca no final da vida útil (em torno de 10^5), indicando que o uso dos pré-tratamentos associado à aplicação das coberturas de pectina promoveu uma maior estabilidade microbiológica no produto final.

As contagens mais baixas de bolores e leveduras observadas nas frutas pré-tratadas no 9º e 14º dia de estocagem em comparação à amostra controle podem estar associadas à ação antimicrobiana do lactato na cálcio, como também relatado por MAO *et al.* (2006), AGUAYO *et al.* (2008), ALANDES *et al.* (2006) e PEREIRA (2007) em seus trabalhos

com melancia, melão, maçã e goiaba minimamente processadas, respectivamente. Além disso, de acordo com alguns trabalhos da literatura (MORAGA *et al.*, 2009; CASTELLÓ *et al.*, 2009; RODRIGUES *et al.*, 2006), a desidratação osmótica também apresenta um efeito na redução do crescimento microbiano. No entanto, como a atividade de água do produto final ainda é alta (Tabela 4.15), a diminuição da umidade e o aumento do teor de sólidos da fruta durante o processo não são suficientes para uma inibição significativa do crescimento microbiano.

CHIUMARELLI (2008), na avaliação da vida de prateleira de mangas minimamente processadas, verificou que a partir do 10º dia de estocagem, a contagem de bolores e leveduras das amostras revestidas com coberturas de fécula de mandioca foi maior que a da amostra fresca. Segundo a autora, este fato sugere que, provavelmente, a película se tornou um bom substrato para o desenvolvimento de microrganismos, apesar do uso de sanitizante e de boas condições higiênico-sanitárias utilizadas durante o processamento.

Segundo RAGAERT *et al.* (2007), a contagem total de microrganismos nos produtos minimamente processados após o processamento varia entre 10^3 a 10^6 UFC/g. Entretanto, em um estudo com abacaxi minimamente processado e revestido com coberturas de alginato, MONTERO-CALDERÓN *et al.* (2008) observaram uma contagem de bolores e leveduras maior que 10^7 UFC/g após duas semanas de armazenamento à 5°C. Os autores concluíram que, embora as películas de polissacarídeos, como alginato e pectina, dificultem o acesso do oxigênio aos tecidos da fruta, minimizando o crescimento dos microrganismos aeróbios, no trabalho em questão as coberturas não foram capazes de reduzir a carga microbiana durante o estudo da vida útil do produto.

Diversas pesquisas na literatura abordaram o efeito das coberturas de polissacarídeos na estabilidade microbiológica de frutas minimamente processadas. OMS-OLIU *et al.* (2008b) trabalhando com pêras revestidas com pectina, alginato ou gelana verificaram contagem de bolores e leveduras semelhantes aos valores da fruta fresca durante 14 dias de armazenamento a 4°C (em torno de 10^5 UFC/g). Entretanto, adicionando-se os antioxidantes glutatona ou n-acetilcisteína nas coberturas, a contagem total destes microrganismos caiu para aproximadamente 10^3 UFC/g no final do período de

estocagem. Em um trabalho similar com melão minimamente processado (OMS-OLIU *et al.*, 2008a), coberturas de pectina ou alginato não tiveram um efeito favorável na inibição de microrganismos durante a vida de prateleira do produto, já que as frutas mostraram altos níveis de contaminação microbiana no final do estudo. Deste modo, uma alternativa viável para RAYBAUDI-MASSILIA *et al.* (2008) foi a incorporação de antimicrobianos nas coberturas, como óleos essenciais de canela, capim-limão ou palmarosa (planta da família dos capins que possui um aroma semelhante à rosa) em concentrações variando de 0,3 a 0,7%. Os autores obtiveram uma redução de 3 ciclos logarítmicos nas contagens de bolores e leveduras em relação ao melão fresco após 20 dias de armazenamento, sendo que o uso de 0,3% de óleo essencial de palmarosa foi o melhor antimicrobiano dentre os estudados, visto que os óleos de canela e capim-limão resultaram em alterações significativas no sabor e aroma das amostras de melão.

4.4.9. Microscopia óptica

A Figura 4.26 mostra a estrutura celular das amostras de melão fresco e processados durante o estudo da vida útil. Observou-se que o tempo de armazenamento e os tratamentos utilizados tiveram uma grande influência nas características estruturais da fruta.

Ao início da vida útil, as três amostras apresentaram estrutura celular semelhante (Figura 4.26a, 4.26d e 4.26g), isto é, células arredondadas e túrgidas com parede celular bem definida, porém fina, devido ao baixo teor de pectina presente na fruta (aproximadamente 0,1g/100 de fruta). Segundo RICO *et al.* (2007b) e MARTÍN-DIANA *et al.* (2006), o estresse gerado pelas etapas do processamento mínimo pode provocar uma perda de turgor celular logo no primeiro dia de estocagem, alterando a formato das células, porém no presente trabalho este fato não foi verificado. Além disso, a parede celular se mostrou intacta nas amostras pré-tratadas com banhos de cálcio ou desidratadas osmoticamente, evidenciando um efeito benéfico deste sal na manutenção da estrutura celular após o processamento.

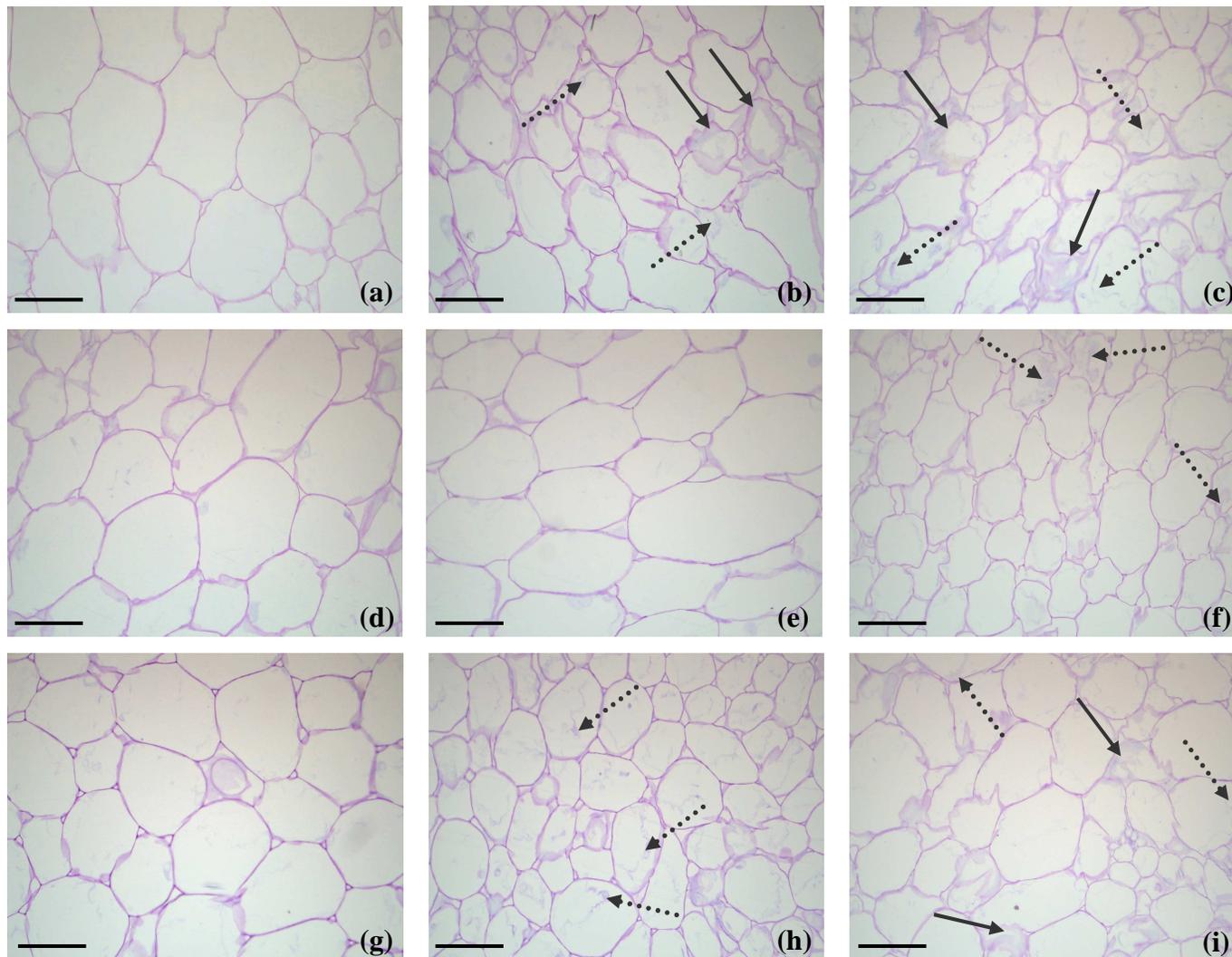


Figura 4.26: Cortes transversais do mesocarpo (tecido parenquimático) das amostras de melão ao longo do estudo da vida útil. (a), (b) e (c) amostra fresca; (d), (e) e (f): amostra DO + cobertura; (g), (h) e (i): amostra Banho Ca^{2+} + cobertura. (a), (d) e (g): dia 1; (b), (e) e (h): dia 8; (c), (f) e (i): após 14 dias de estocagem a 5°C . Barra = $140\mu\text{m}$. Setas tracejadas: plasmólise do citoplasma; Setas cheias: danos na parede celular.

Por outro lado, a partir do 8º dia de armazenamento, comportamentos distintos foram observados para cada amostra. A fruta fresca começou a apresentar plasmólise do citoplasma, e conseqüentes alterações no formato das células, as quais se mostraram mais distorcidas e alongadas (Figura 4.26b), além de alguns danos na parede celular, provavelmente devido à solubilização da pectina presente na parede. Estas modificações estruturais corroboram os resultados de textura discutidos anteriormente no item 4.4.4., visto que a fruta fresca apresentou uma diminuição estatisticamente significativa da firmeza a partir do 5º dia de estocagem (Figura 4.24). Após os 14 dias de armazenamento, os danos celulares se intensificaram, verificando-se um grande número de células colapsadas em função da desintegração da parede celular (Figura 4.26c), provavelmente devido à senescência. Um aumento dos espaços intercelulares e diminuição da área de contato entre as células também foi constatado, resultando na separação de algumas células, devido à perda de adesão entre as paredes celulares adjacentes.

RICO *et al.* (2007b) também observaram um aumento dos espaços intercelulares em cenouras minimamente processadas e armazenadas a 4°C durante 10 dias. De acordo com os autores, o tamanho dos espaços intercelulares aumenta ao longo do tempo de estocagem como conseqüência do processo de senescência, facilitando a penetração de microrganismos e o seu desenvolvimento. Tal assertiva pode ser confirmada através dos resultados da contaminação microbiológica do melão fresco (Tabela 4.17), com a observação de uma contagem de bolores e leveduras superior a 10^6 UFC/g nesta amostra ao término do estudo da vida útil.

Com relação à fruta pré-tratada osmoticamente, observou-se uma manutenção estrutural nas amostras analisadas no 8º dia, apesar do formato mais achatado e elíptico de algumas células (Figura 4.26e). No entanto, ao final do período de armazenamento, algumas células se apresentaram plasmolisadas, o que levou à variações nas suas formas e tamanhos, devido à perda de turgor provocada pela perda de água ao longo da estocagem. Já a parede celular não mostrou danos, sendo portanto preservada, como conseqüência do efeito do cálcio (Figura 4.26f). Provavelmente a perda de turgor resultou na diminuição dos valores da firmeza das amostras, conforme observado na Figura 4.24, porém tal redução foi

menor que a da fruta fresca, mostrando a eficiência do pré-tratamento osmótico e das coberturas comestíveis na preservação da textura e da estrutura celular das amostras.

CASTELLÓ *et al.* (2009) afirmaram que o processo osmótico implica em um estresse celular, como consequência da redução do teor de água disponível nas células, provocando alterações na estrutura celular das frutas. Por outro lado, segundo FERNANDES *et al.* (2008) o tempo de processo constitui um fator muito importante, visto que nos tratamentos osmóticos realizados por até 30 minutos observa-se um fortalecimento da parede celular, e portanto, uma manutenção da estrutura. Quando o processo é conduzido por duas ou mais horas, há uma degradação da parede celular, gerando ruptura e separação das células, resultando na redução da resistência mecânica das frutas. Estas diferenças estruturais em função do tempo de tratamento osmótico relatadas pelos autores poderiam explicar também os resultados insatisfatórios obtidos no item 4.3., tais como perda de peso, encolhimento e alterações de textura durante o período de armazenamento do produto, ao se utilizar duas horas de desidratação osmótica como pré-tratamento à aplicação das coberturas.

As amostras pré-tratadas com banhos de lactato de cálcio apresentaram plasmólise do citoplasma no 8º dia de estocagem (Figura 4.26h), enquanto que ao final do estudo da vida útil foram observados também alguns danos na parede celular das frutas (Figura 4.26i). No entanto, estes resultados não chegaram a comprometer a textura das amostras, como também observado no caso das frutas pré-processadas osmoticamente, notando-se apenas uma diminuição dos valores de firmeza, significativamente menor que o verificado para a amostra fresca (Figura 4.24).

ALANDES *et al.* (2006) em um estudo avaliando a influência da utilização de banhos de lactato de cálcio na estrutura celular de maçãs minimamente processadas verificaram uma retração do citoplasma nas amostras tratadas com o sal de cálcio após 3 semanas de armazenamento a 4°C, porém a parede celular manteve sua estrutura. No presente trabalho, os danos celulares observados nas frutas pré-tratadas com lactato de cálcio a partir do 8º dia de estocagem podem ser atribuídos à maior incorporação de íons Ca^{+2} nas amostras submetidas a esse pré-tratamento, em comparação às frutas processadas osmoticamente ($1,510 \pm 0,016$ e $0,921 \pm 0,019$ g/kg de massa seca, respectivamente).

Assim, é possível que o maior teor de cálcio das frutas submetidas aos tratamentos com banhos de lactato de cálcio tenha provocado um efeito adverso na estrutura celular, ou seja, plasmólise do citoplasma e amolecimento dos tecidos, ao invés do fortalecimento da parede celular, conforme também relatado por ANINO *et al.* (2006).

Deste modo, pode-se afirmar que, apesar da ocorrência de plasmólise do citoplasma das células das frutas pré-tratadas osmoticamente no final do período de armazenamento (Figura 4.26f), o lactato de cálcio foi mais efetivo na manutenção da estrutura destas amostras, mostrando um fortalecimento e preservação da parede celular ao longo do estudo da vida útil.

4.4.10. Avaliação Sensorial

A análise sensorial das amostras de melão durante o estudo da vida útil foi realizada com o intuito de se verificar diferenças perceptíveis entre os tratamentos e também ao longo do tempo, como mostra a Tabela 4.18. A intenção de compra do produto pelo consumidor é exibida na Figura 4.27, enquanto que as fotos das amostras avaliadas nos dias dos testes sensoriais se encontram nas Figuras 4.28, 4.29 e 4.30.

Não foi observada uma influência estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) do tempo de armazenamento na aceitação sensorial das frutas, com exceção do atributo sabor para o tratamento controle. No 9º dia de estocagem, a amostra fresca apresentou uma redução das notas de sabor, inferiores ao limite de aceitação estabelecido (4,5), o que gerou a rejeição desta amostra pelo consumidor. Tal ocorrência pode estar associada ao maior crescimento microbiano verificado na fruta fresca a partir do 9º dia de armazenamento, resultando em um sabor indesejável.

Tabela 4.18: Médias de aceitação dos provadores em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global das amostras ao longo da vida útil.

Atributo	Dia	Notas da Aceitação Sensorial		
		FRESCA	DO + COBERTURA	BANHO CA + COBERTURA
Aparência	1	5,56aA	5,64aA	6,02aA
	5	5,86aA	6,16aA	5,63aA
	9	5,39aA	6,35bA	6,57bA
	14	--	6,37aA	6,06aA
Aroma	1	5,22aA	5,45aA	5,82aA
	5	4,91aA	5,89aA	5,35aA
	9	5,74aA	5,32aA	5,88aA
	14	--	5,24aA	5,74aA
Sabor	1	5,62aA	6,44aA	5,58aA
	5	5,36aA	7,25bA	5,05aA
	9	4,45aB	6,68bA	5,09aA
	14	--	6,88aA	5,30bA
Textura	1	6,06aA	5,72aA	6,25aA
	5	6,13aA	6,54aA	5,56aA
	9	5,71aA	6,06aA	5,82aA
	14	--	6,80aA	5,93aA
Impressão global	1	5,51aA	5,82aA	5,89aA
	5	5,54aA	6,84bA	5,28aA
	9	5,14aA	6,41bA	5,68abA
	14	--	6,74aA	5,89aA

Os valores representam as médias da notas de aceitação sensorial por 35 provadores, utilizando-se uma escala hedônica não estruturada de 9 cm. Médias seguidas pela mesma letra minúscula em uma linha não diferem estatisticamente a $p \leq 0,05$ de acordo com o Teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em uma coluna para cada atributo avaliado não diferem estatisticamente a $p \leq 0,05$ de acordo com o Teste de Tukey.

Comparando-se os tratamentos entre si, verificou-se para o atributo aparência uma aceitação superior das amostras desidratadas osmoticamente e pré-tratadas com banhos de cálcio, em comparação à fruta fresca no 9º dia. Nos outros dias não foram constatadas diferenças estatisticamente significativas ao intervalo de confiança de 95%. As maiores notas obtidas para as frutas processadas no dia 9 podem ser devido à aparência mais brilhante, proporcionada pelos revestimentos de pectina (Figuras 4.29 e 4.30), enquanto que a fruta fresca mostrou um aspecto mais ressecado (Figura 4.28) e um crescimento microbiano no último dia de estocagem (setas cheias – Figura 4.28), comprometendo a sua aparência.

O aroma das amostras não foi afetado pelo processamento, provavelmente devido ao aroma pouco característico da fruta, sendo esta a principal observação feita pela maioria dos provadores na avaliação deste atributo. Resultados semelhantes foram obtidos por OMS-OLIU *et al.* (2008a) em um trabalho realizado com melão minimamente processado e recoberto com películas de pectina ou alginato. Os autores verificaram uma manutenção do aroma de todas as amostras por 14 dias, assim como notas semelhantes para a fruta fresca e as amostras revestidas com ambas as coberturas durante todo o período de estocagem.

Em relação ao sabor, no primeiro dia da avaliação sensorial não foram verificadas diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$) entre as amostras. Em contrapartida, a partir do 5º dia de armazenamento a amostra pré-tratada osmoticamente apresentou notas significativamente mais altas para este atributo. Esta preferência do consumidor pode ser justificada pelo maior conteúdo de açúcares das frutas submetidas à desidratação osmótica, deixando o produto mais doce, uma vez que um grande problema do melão *in natura* é o seu teor de sólidos solúveis relativamente baixo, devido à ocorrência de chuvas durante o seu plantio ou à colheita antes do fruto atingir a completa maturação. As amostras pré-tratadas com lactato de cálcio apresentaram notas inferiores para o sabor ao longo de todo o armazenamento refrigerado, provavelmente devido ao efeito do sal no sabor do melão, que pode ter mascarado a doçura destas frutas.

Para o atributo textura, as diferenças nos valores da firmeza encontrados nos ensaios instrumentais (Figura 4.24) não foram verificadas nos resultados da avaliação da textura sensorial do produto, pois as notas das três amostras não diferiram entre si a 5% de nível de significância.

Finalmente, as notas de impressão global revelaram uma maior aceitação das amostras pré-tratadas osmoticamente e revestidas com as coberturas de pectina a partir do 5º dia de armazenamento, o que foi refletido na intenção de compra, visto que estas amostras apresentaram ao longo da vida útil percentuais de compra superiores a 70% (Figura 4.27). A amostra pré-tratada com banhos de cálcio mostrou uma intenção de compra mais baixa, em torno de 50%, durante todo o período de armazenamento, enquanto

que a porcentagem de consumidores que compraria a fruta fresca caiu de 48% no início do estudo para 25% no 9º dia de estocagem, quando esta amostra foi rejeitada sensorialmente.

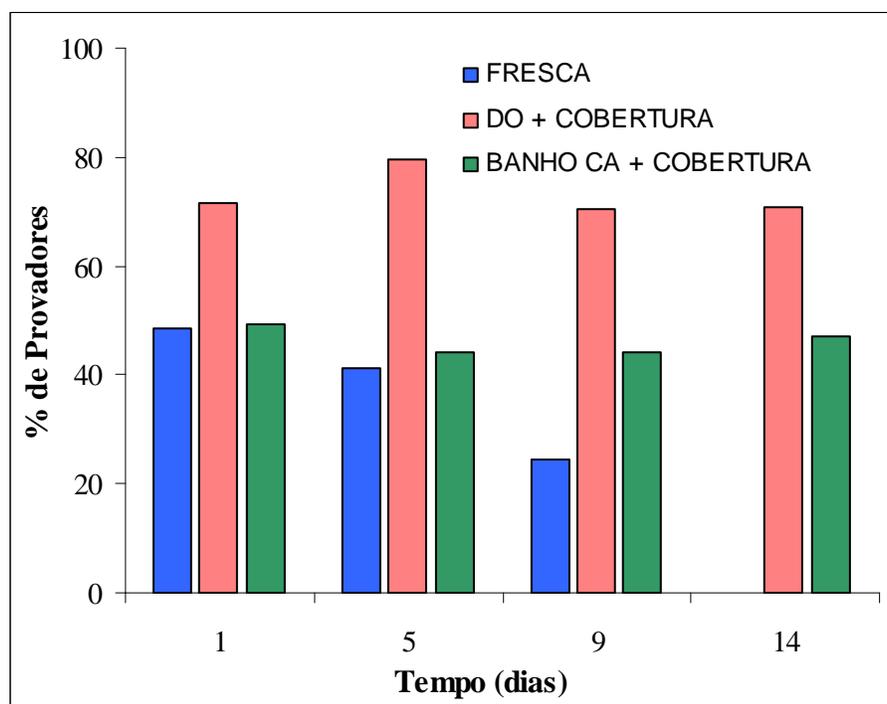


Figura 4.27: Intenção de compra das amostras de melão avaliadas sensorialmente ao longo do estudo da vida útil.

Diante dos resultados obtidos no estudo da vida útil, pode-se concluir que o processo de desidratação osmótica combinado ao uso de coberturas comestíveis a base de pectina se mostrou eficiente na redução da taxa respiratória do produto, assim como na manutenção das características sensoriais das amostras e dos seus principais atributos de qualidade durante os 14 dias de armazenamento a 5°C. Além disso, apesar da ocorrência de plasmólise no final do período de armazenamento, o cálcio adicionado na solução osmótica foi capaz de preservar a integridade da parede celular das frutas, mostrando também um efeito antimicrobiano, uma vez que as amostras pré-tratadas osmoticamente apresentaram maior estabilidade microbiológica ao longo da vida útil.

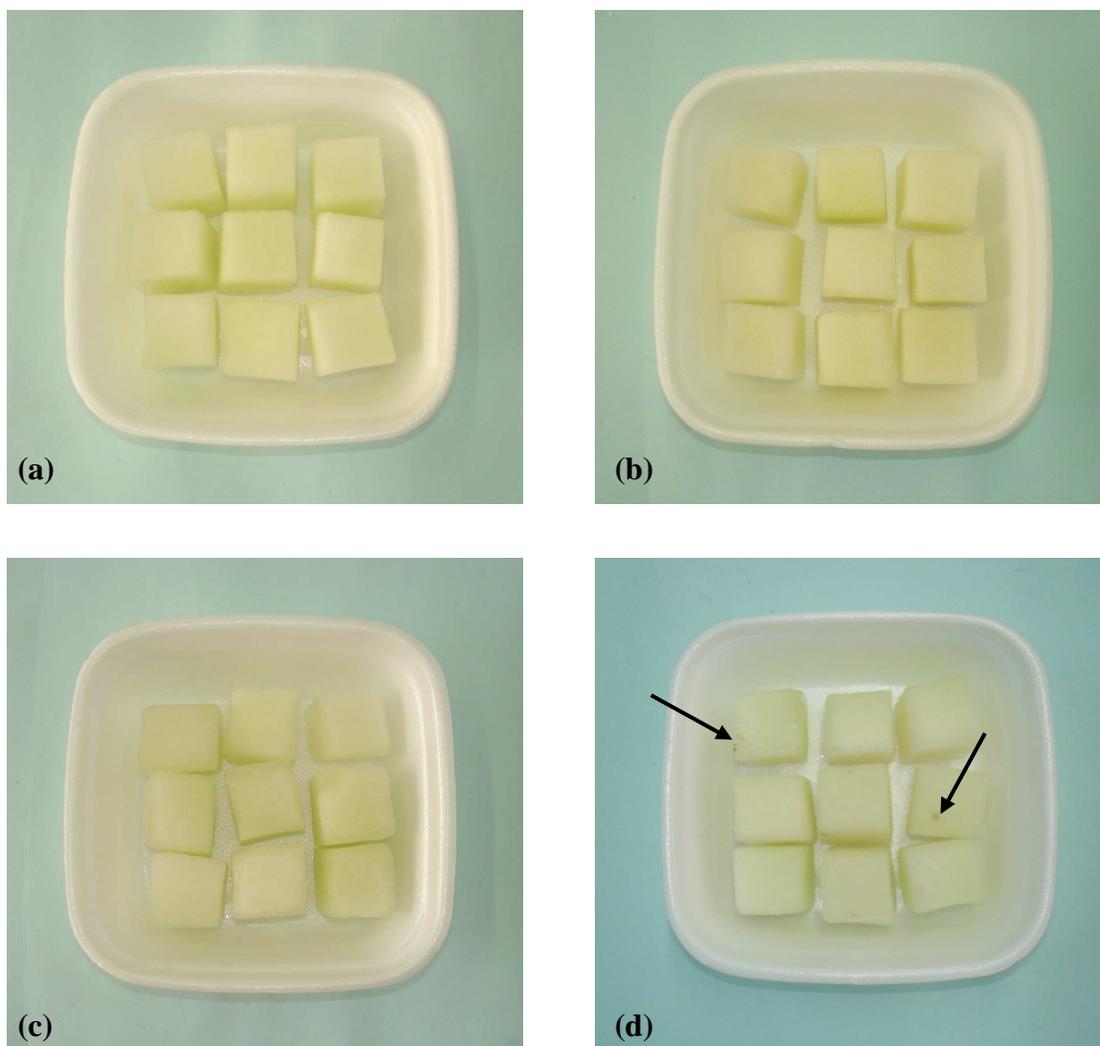


Figura 4.28: Fotos das amostras de melão fresco durante o estudo da vida útil. (a) após o processamento - dia 0, (b) no 5º dia, (c) no 9º dia e (d) após 14 dias de armazenamento a 5°C. Setas cheias: crescimento microbiano.

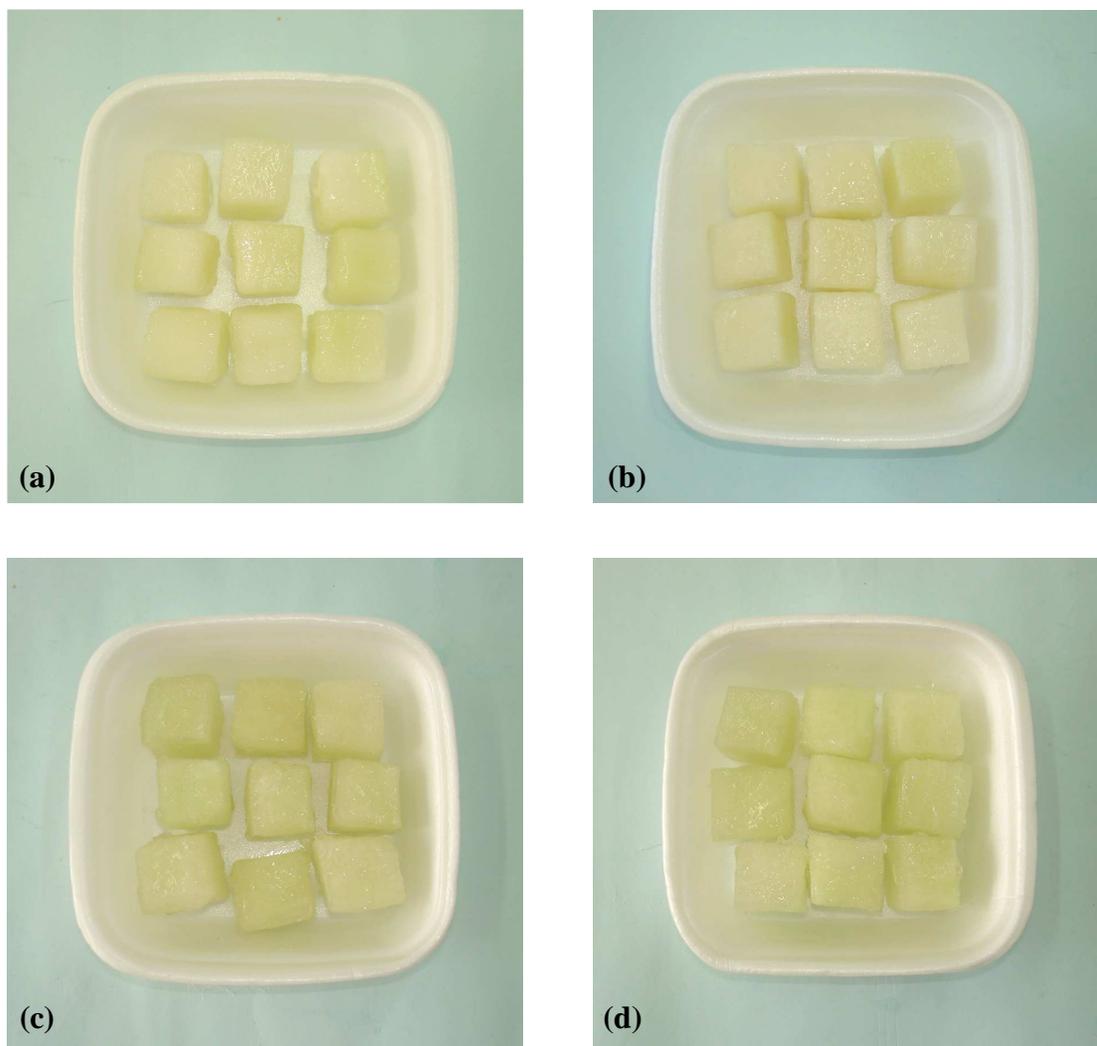


Figura 4.29: Fotos das amostras de melão submetidas ao pré-tratamento em banhos com soluções de lactato de cálcio a 0,5% por 15 minutos e revestidas com coberturas de pectina em concentrações de 1% durante o estudo da vida útil. (a) após o processamento - dia 0, (b) no 5º dia, (c) no 9º dia e (d) após 14 dias de armazenamento a 5°C.

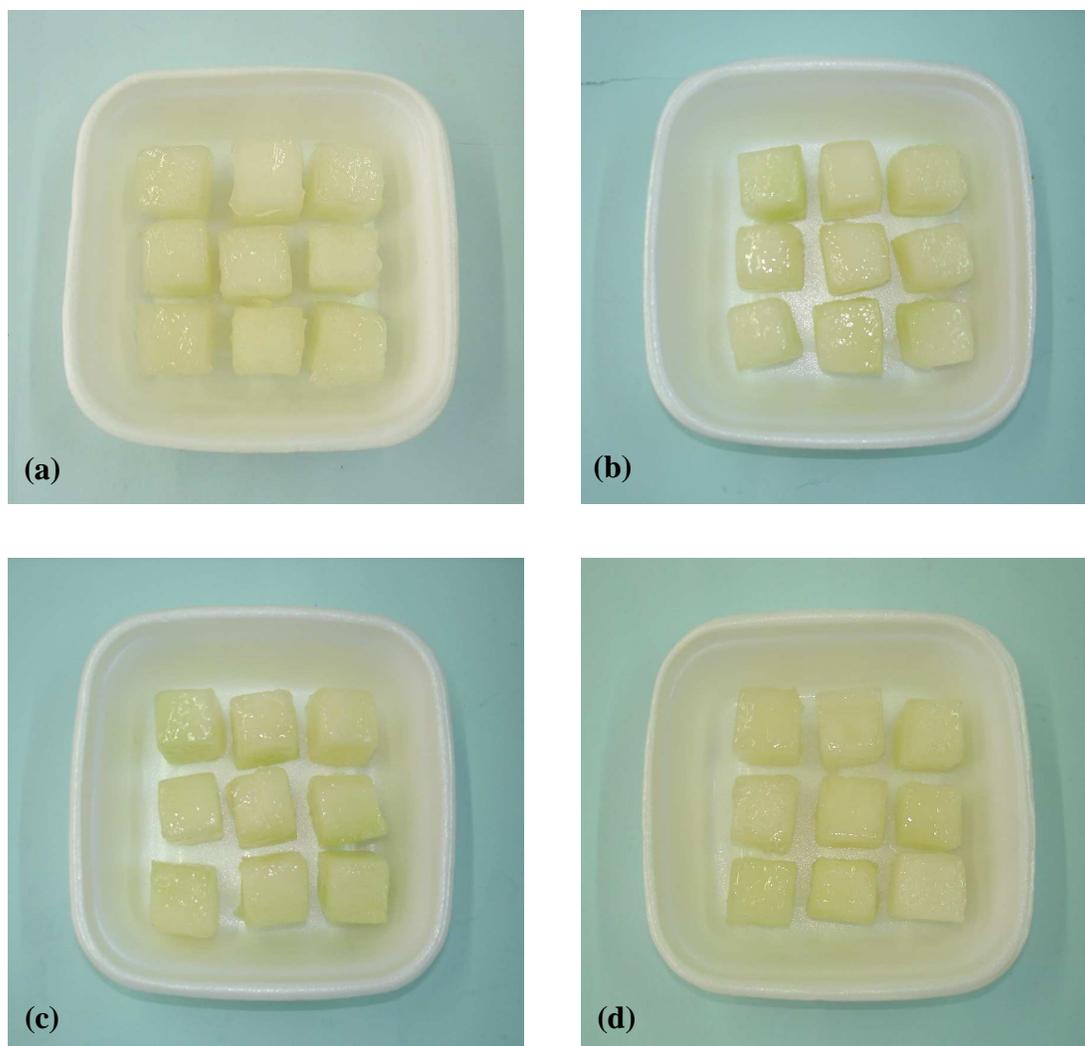


Figura 4.30: Fotos das amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 40°Brix e 0,5% de lactato de cálcio por 30 minutos e revestidas com coberturas de pectina em concentrações de 1% durante o estudo da vida útil. (a) após o processamento - dia 0, (b) no 5° dia, (c) no 9° dia e (d) após 14 dias de armazenamento a 5°C.

5. CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos, este trabalho apresenta as seguintes conclusões:

- A adição do sal de cálcio na solução osmótica provocou um aumento da perda de água das frutas, mas estatisticamente significativo somente para as concentrações superiores a 1,0% no caso das amostras pré-tratadas em soluções de sacarose a 60°Brix e quando utilizado na concentração de 2,0% nos ensaios realizados com sacarose a 40°Brix.
- O uso de soluções de sacarose menos concentradas (40°Brix) contendo lactato de cálcio acarretou uma maior incorporação de sólidos e de íons Ca^{+2} , quando comparado aos tratamentos realizados com soluções de sacarose a 60°Brix.
- O lactato de cálcio mostrou uma influência nas propriedades mecânicas e na estrutura celular das frutas, proporcionando uma manutenção das suas características estruturais, se empregado em concentrações de até 1,0%.
- Nos ensaios conduzidos por duas horas de processo, as melhores condições de desidratação osmótica selecionadas como pré-tratamentos ao emprego de coberturas comestíveis de pectina nas amostras de melão foram aquelas realizadas com concentração de sacarose de 40 ou 60°Brix e adição de 0,5% de lactato de cálcio.
- As amostras submetidas à desidratação osmótica em soluções de sacarose a 40 ou 60°Brix e adição de 0,5% de lactato de cálcio por tempos de processo de 30 ou 60 minutos não apresentaram diferenças significativas nos valores de perda de água e ganho de sólidos. Além disso, apesar do efeito benéfico do uso do lactato de cálcio na textura e na preservação da estrutura celular em todas as condições avaliadas, os resultados da avaliação sensorial mostraram que uma hora de processo causou alterações na aparência do produto final, optando-se assim pela escolha de 30 minutos de processo.
- A utilização de duas horas de desidratação osmótica como tratamento prévio à aplicação das coberturas comestíveis não se apresentou como uma alternativa viável, devido ao acúmulo de água no interior da embalagem, maior perda de peso e encolhimento

das amostras ao longo do tempo de estocagem, além do comprometimento da textura do produto final.

➤ O uso de 30 minutos de desidratação osmótica ou de banhos de lactato de cálcio previamente à imersão das amostras nas soluções de pectina se mostrou eficiente na redução da perda de peso e na manutenção das características sensoriais da fruta.

➤ Os pré-tratamentos associados ao uso das coberturas comestíveis a base de pectina foram eficientes na diminuição da atividade respiratória das frutas, sendo que a desidratação osmótica resultou em uma redução da respiração das amostras até o final do estudo da vida útil, enquanto que os tratamentos com banhos de cálcio provocaram um aumento do teor de CO₂ liberado a partir do 11º dia de estocagem.

➤ Apesar da ocorrência de plasmólise do citoplasma no final do período de armazenamento, o lactato de cálcio foi efetivo na manutenção das características estruturais das amostras pré-tratadas osmoticamente durante a avaliação da vida útil, mostrando um fortalecimento e preservação da parede celular, o que refletiu diretamente na textura das frutas.

➤ As frutas pré-tratadas com o lactato de cálcio ou desidratadas osmoticamente apresentaram um menor crescimento de bolores e leveduras, em comparação à fruta fresca no final da vida útil, indicando que o uso dos pré-tratamentos associado à aplicação das coberturas de pectina promoveu uma maior estabilidade microbiológica no produto final.

➤ Os resultados da avaliação sensorial mostraram uma maior aceitação e intenção de compra pelo consumidor das frutas pré-tratadas osmoticamente durante os 14 dias de estocagem, devido à incorporação de açúcares decorrente do processo, deixando o produto mais doce. As amostras pré-tratadas com lactato de cálcio apresentaram notas inferiores para o atributo sabor ao longo de todo o armazenamento refrigerado em comparação às frutas desidratadas osmoticamente como consequência do efeito do sal no sabor do melão, que pode ter mascarado a sua doçura. A amostra fresca foi rejeitada sensorialmente no 9º dia de estocagem por apresentar notas inferiores ao limite de aceitação para o atributo sabor.

De maneira geral, o processo de desidratação osmótica combinado ao uso de coberturas comestíveis a base de pectina preservou as características sensoriais das amostras e os seus principais atributos de qualidade durante os 14 dias de armazenamento a 5°C. Entretanto, apesar da incorporação de sólidos durante o processo, garantindo uma fruta com maior teor de açúcar e melhor qualidade, a utilização da desidratação osmótica como tratamento prévio à aplicação das coberturas comestíveis pode encarecer o produto, sendo necessária uma avaliação econômica criteriosa para verificar a viabilidade da combinação destas dois pré-tratamentos.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como todas as amostras apresentaram contagem microbiológica relativamente alta ao final da vida útil, uma sugestão viável seria a adição de antimicrobianos na formulação das coberturas. Uma outra proposta para trabalhos futuros é a incorporação de lipídeos na matriz filmogênica, para redução da permeabilidade ao vapor d'água das coberturas a base de polissacarídeos, melhorando as propriedades de barreira destas coberturas, ou ainda a utilização de ingredientes funcionais, visando a manutenção das características de qualidade do produto final.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUAYO, E.; ESCALONA, V.H.; ARTÉS, F. Effect of Hot Water Treatment and Various Calcium Salts on Quality of Fresh-Cut “Amarillo” Melon. **Postharvest Biology and Technology**, v.47, n.3, p.397-406, 2008.
- AGUAYO, E.; ALLENDE, A.; ARTES, F. Keeping Quality and Safety of Minimally Fresh Processed Melon. **European Food Research and Technology**, v.216, n.6, p.494-499, 2003.
- AHVENAINEN, R. New Approaches in Improving the Shelf Life of Minimally Processed Fruit and Vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v.7, n.6, p.179-187, 1996.
- ALANDES, L.; HERNANDO, I.; QUILES, A.; PÉREZ-MUNUERA, I.; LLUCH, M.A. Cell Wall Stability of Fresh-Cut Fuji Apples Treated with Calcium Lactate. **Journal of Food Science**, v.71, n.9, p.615-620, 2006.
- ALMEIDA, A.S.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MENEZES, J.B.; ALVES, R.E.; PEREIRA, M.E.C.; ALMEIDA, A.V. de. Atividade Respiratória e Produção de Etileno em Diferentes Híbridos de Melão Cultivados no Pólo Agrícola Mossoró-Açú. **Horticultura Brasileira**, v.19, suplemento CD-ROM, 2001.
- ALVES, R.E. **Melão, pós-colheita**. Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza, CE). Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 43 p.
- ALZAMORA, S. M.; GERSCHENSON, L. N.; VIDALES, S. L.; NIETO, A. Structural Changes in the Minimal Processing of Fruits: Some Effects of Blanching and Sugar Impregnation. In: FITO, P.; ORTEGA-RODRIGUEZ, E.; BARBOSA-CANOVAS, G. **Food Engineering 2000**, New York: Ed. Chapman and Hall, 1997. p.117-139.
- ANINO, S.V.; SALVATORI, D.M.; ALZAMORA, S.M. Changes in Calcium Level and Mechanical Properties of Apple Tissue due to Impregnation with Calcium Salts. **Food Research International**, v.39, n.2, p.154-164, 2006.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 17th ed., Gaithersburg, Ed. William Horwitz, 2002.
- ARRUDA, M.C.; MACHADO, F.L.C.; JACOMINO, A.P.; SILVA, E.O.; ALVES, R.E. Processamento Mínimo de Melão. In: MORETTI, C.L. (Ed.). **Manual do Processamento**

- Mínimo de Frutas e Hortaliças.** Brasília: Embrapa Hortaliças e SEBRAE, 2007. p.455-464.
- ARRUDA, M.C. **Processamento Mínimo de Melão Rendilhado: Tipo de Corte, Temperatura de Armazenamento e Atmosfera Modificada.** Dissertação (Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002. 71p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia – NBR 12806.** São Paulo, 1993. 8p.
- AZOUBEL, P.M.; SILVA, F.O. Optimisation of Osmotic Dehydration of ‘Tommy Atkins’ Mango Fruit. **International Journal of Food Science and Technology**, v.43, n.7, p.1276-1280, 2008.
- BALDWIN, E.A.; WOOD, B. Use of Edible Coating to Preserve Pecans at Room Temperature. **Hortscience**, v.41, n.1, p.188-192, 2006.
- BARRERA, C.; BETORET, N.; FITO, P. Ca⁺² and Fe⁺² Influence on the Osmotic Dehydration Kinetics of apple Slices (var. Granny Smith). **Journal of Food Engineering**, v.65, n.1, p.9-14, 2004.
- BASTOS, M.S.R. **Processamento Mínimo de Frutas.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 38p.
- BATISTA, J.A. **Desenvolvimento, Caracterização e Aplicações de Biofilmes a Base de Pectina, Gelatina e Ácidos Graxos em Bananas e Sementes de Brócolos.** Dissertação (Mestre em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. 137p.
- BHANDE, S.D.; RAVINDRA, M.R. GOSWAMI, T.K. Respiration Rate of Banana Fruit under Aerobic Conditions at Different Storage Temperatures. **Journal of Food Engineering**, v.87, n.1, p.116-123, 2008.
- BICO, S.L.S.; RAPOSO, M.F.J.; MORAIS, R.M.S.C.; MORAIS, A.M.M.B. Combined Effects of Chemical Dip and/or Carrageenan Coating and/or Controlled Atmosphere on Quality of Fresh-Cut Banana. **Food Control**, v.20, n.5, p.508-514, 2009.
- BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Química do Processamento de Alimentos**, 3ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 143p.

BOURNE, M.C. **Food Texture and viscosity: concept and measurement**. 2ed., San Diego: Academic, 2002. 427p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Regulamento Técnico sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm/. Acesso em 20 de maio 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 386, de 05 de agosto de 1999**. Regulamento Técnico sobre Aditivos Utilizados segundo as Boas Práticas de Fabricação e suas Funções. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/386_99.htm/. Acesso em 15 de outubro 2007.

BUGGENHOUT, S.V.; GRAUWET, T.; LOEY, A.V.; HENDRICKX, M. Use of pectinmethylesterase and calcium in osmotic dehydration and osmodehydrofreezing of strawberries. **European Food Research and Technology**, v.226, n.5, p.1145-1154, 2008.

CALVO, C.; DURÁN, L. Propriedades Físicas II – Ópticas y Color. In: AGUILERA, J. M. (Ed.). **Temas en Tecnología de Alimentos**. México: Ed. Instituto Politécnico Nacional, 1997. v.I, cap.7, p.261-288.

CANTWELL, M. **Properties and Recommended Conditions for Storage of Fresh Fruits and Vegetables**. Postharvest Technology Research and Information Center. University of California, Davis, California, USA. Disponível em:

<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Storage/index.shtml/>. Acesso em 10 outubro 2008.

CASTELLÓ, M.L.; IGUAL, M.; FITO, P.J.; CHIRALT, A. Influence of Osmotic Dehydration on Texture, Respiration and Microbial Stability of Apple Slices (Var. Granny Smith). **Journal of Food Engineering**, v.91, n.1, p.1-9, 2009.

CASTELLÓ, M.L.; FITO, P.J.; CHIRALT, A. Effect of Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation on Respiration Rate of Cut Strawberry. **LWT - Food Science and Technology**, v.39, n.10, p.1171-1179, 2006.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**. Campinas, Editora da UNICAMP, 1999, 212 p.

CHIRALT, A.; TALENS, P. Physical and Chemical Changes Induced by Osmotic Dehydration in Plant Tissues. **Journal of Food Engineering**, v.67, n.1-2, p.167-177, 2005.

- CHIRALT, A.; FITO, P. Transport Mechanisms in Osmotic Dehydration: The Role of Structure. **Food Science and Technology International**, v.9, n.3, p.179-186, 2003.
- CHIRALT, A.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J.; TALENS, P.; MORAGA, G. Changes in Mechanical Properties throughout Osmotic Processes: Cryoprotectant Effect. **Journal of Food Engineering**, v.49, n.2-3, p.129-135, 2001.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de Frutas e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- CHIUMARELLI, M. **Avaliação da Vida Útil de Manga (*Mangifera indica* cv ‘Tommy Atkins’) Minimamente Processada Pré-Tratada com Ácido Cítrico e Coberturas Comestíveis**. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. 102p.
- CHONHENCHOB, V.; CHANTARASOMBOOM, Y.; SINGH, S.P. Quality Changes of Treated Fresh-Cut Tropical Fruits in Rigid Modified Atmosphere Packaging Containers. **Packaging Technology & Science**, v.20, n.1, p.27-37, 2007.
- COSTELL, E.; FISZMAN, S.M.; DURÁN, L. Propiedades Físicas I – Reologia de Sólidos y Textura. In: AGUILERA, J.M. (Ed.) **Temas en Tecnología de Alimentos**. México: Ed. Instituto Politécnico Nacional, 1997. v.I, cap.6, p.215-260.
- DELGADO, A.E.; RUBIOLO, A.C. Microstructural Changes in Strawberry after Freezing and Thawing Processes. **Food Science and Technology: LWT**, v.38, n.2, p.135-142, 2005.
- DERMESONLOUOGLU, E.K.; GIANNAKOUROU, M.C.; TAOUKIS, P. Stability of Dehydrofrozen Tomatoes Pretreated with Alternative Osmotic Solutes. **Journal of Food Engineering**, v.78, n.1, p.272–280, 2007.
- DOWNES, F.P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. Washington: American Public Health Association, 2001.
- ESCOBAR, M.P.; GALINDO, F.G.; WADSO, L.; NÁJERA, J.R.; SJOHOLM, I. Effect of Long-Term Storage and Blanching Pre-Treatments on the Osmotic Dehydration Kinetics of Carrots (*Daucus carota* L. cv. Nerac). **Journal of Food Engineering**, v.81, n.2, p.313–317, 2007.
- FALADE, K.O., IGBEKA, J.C. & AYANWUYI, F.A. Kinetics of Mass Transfer and Color Changes during Osmotic Dehydration of Watermelon. **Journal of Food Engineering**, v.80, n.3, p.1002-1010, 2007.

FAO. **FAOSTAT Statistical Database**. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em 10 maio 2007.

FERNANDES, F.A.N.; GALLÃO, M.I.; RODRIGUES, S. Effect of Osmosis and Ultrasound on Pineapple Cell Tissue during Dehydration. **Journal of Food Engineering**, v.90, n.1, p.186-190, 2009.

FERNANDES, F.A.N.; GALLÃO, M.I.; RODRIGUES, S. Effect of Osmotic Dehydration and Ultrasound Pre-Treatment on Cell Structure: Melon Dehydration. **LWT – Food Science and Technology**, v.41, n.4, p.604-610, 2008.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O.C.P.; OLIVEIRA, E.L. Optimization of Osmotic Dehydration of Bananas followed by Air-Drying. **Journal of Food Engineering**, v.77, n.1, p.188-193, 2006.

FERRARI, C.C. **Estudo da Transferência de Massa e Qualidade do Melão Desidratado Osmoticamente em Soluções de Sacarose e Maltose**. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. 146p.

FITO, P.; CHIRALT, A.; BETORET, N.; GRAS, M.; CHÁFER, M.; MARTÍNÉZ-MONZÓ, J.; ANDRÉS, A.; VIDAL, D. Vacuum Impregnation and Osmotic Dehydration in Matrix Engineering. Application in Functional Fresh Food Development. **Journal of Food Engineering**, v.49, n.2-3, p.175-183, 2001.

FLOURY, J.; LE BAIL, A.; PHAM, Q.T. A 3-Dimensional Numerical Simulation of the Osmotic Dehydration of Mango and Effect of Freezing on the Mass Transfer Rates. **Journal of Food Engineering**, v.85, n.1, p.1-11, 2008.

FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F. A. R.; BRECHT, J. K. Modelling Respiration Rate of Fresh Fruits and Vegetables for Modified Atmosphere Packages: a Review. **Journal of Food Engineering**, v.52, n.2, p.99-119, 2002.

FONTES, L.C.B. **Uso de Solução Conservadora e de Películas Comestíveis em Maçãs da Cultivar Royal Gala Minimamente Processadas: Efeito na Fisiologia e na Conservação**. Dissertação (Mestre em Ciências, Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. 118p.

- FREIRE, M.; LEBRUN, M.; DUCAMP, M.N.; REYNES, M. Evaluation of Edible Coatings in Fresh Cuts Mango Fruits. **Alimentaria**, v.369, n.1, p.85-91, 2005.
- FRUTAS E HORTALIÇAS: FONTE DE PRAZER E SAÚDE.** São Paulo: PIF Logística Pós colheita, PROC. 480037/ 02-7, 2006. 6 p.
- GARCIA, L.C.; PEREIRA, L.M.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; HUBINGER, M.D. Edible Coatings Effect On Minimally Processed Strawberries. In: International Conference of Agricultural Engineering, 2008, Foz do Iguaçu, Brazil. **Proceedings of International Conference of Agricultural Engineering**, 2008. CD-Room.
- GARCIA, C.C.; MAURO, M.A.; KIMURA, M. Kinetics of Osmotic Dehydration and Air-Drying of Pumpkins (*Cucurbita moschata*). **Journal of Food Engineering**, v.82, n.3, p.284-291, 2007.
- GIANNAKOUROU, M.C.; TAOUKIS, P.S. Stability of Dehydrofrozen Green Peas Pretreated with Nonconventional Osmotic Agents. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 6, p. 2002-2010, 2003.
- GONZALEZ-AGUILAR, G.A.; CELIS, J.; SOTELO-MUNDO, R.R.; DE LA ROSA, L.A.; RODRIGO-GARCIA, J.; ALVAREZ-PARRILA, E. Physiological and biochemical changes of different fresh-cut mango cultivars stored at 5°C. **International Journal of Food Science & Technology**, v.43, n.1, p.91-101, 2008.
- HAN, J.H.; GENNADIOS, A. Edible Films and Coatings: a Review. In: HAN, J.H (Ed.). **Innovations in Food Packaging**. New York: Elsevier Science & Technology Books, 2005. p.239-262.
- IFST. **Development and Use of Microbiological Criteria for Foods**. London: Institute of Food Science and Technology, 1999. 76 p.
- INDACO, M.M.; MARTÍNEZ, V.Y.; SALVATORI, D.M.; ALZAMORA, S.M. Rheological Behavior of Potato Tissue as Affected by Calcium Impregnation at High Temperature. In: 4th Mercosur Congress on Process Systems Engineering (ENPROMER 2005), 2005, Rio de Janeiro, Brazil. **Proceedings**, 2005. CD-Room.
- ISO 6579. **Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs: Horizontal Method for the Detection of Salmonella spp.** 4 ed. The International Organization for Standardization, 2002.

- JACKMAN, R.L.; STANLEY, D.W. Perspectives in the Textural Evaluation of Plant Foods. **Trends in Food Science & Technology**, v.6, n.1, p.187-194, 1995.
- JACOMINO, A. P.; ARRUDA, M. C.; MOREIRA, R. C.; KLUGE, R. A. Processamento Mínimo de Frutas no Brasil. In: Simposium “Estado Actual del Mercado de Frutos y Vegetales Cortados em Iberoamérica”, 2004, San José, Costa Rica. **Anais**, 2004.
- JAMES, B. Advances in “Wet” Electron Microscopy Techniques and their Application to the Study of Food Structure. **Trends in Food Science & Technology**, 2009. doi: 10.1016/j.tifs.2009.01.057
- KADER, A.A. **Melon. Recommendations for maintaining postharvest quality**. Postharvest Technology Research and Information Center. University of California, Davis, California, USA. Disponível em: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/honeydew.shtml/>. Acesso em 28 outubro 2008.
- KADER, A.A.; SALTVEIT, M.E. Atmosphere Modification. In: BARTZ, J.A.; BRECHT, J.K. (Eds). **Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables**. New York: Marcel Dekker, 2003. p.229-246.
- KANO, C. **Extrações de Nutrientes pelo Meloeiro Rendilhado Cultivado em Ambiente Protegido com a Adição de Potássio e CO₂ na Água de Irrigação**. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002. 102p.
- KHIN, M.M.; ZHOU, W.; PERERA, C.O. Impact of Process Conditions and Coatings on the Dehydration Efficiency and Cellular Structure of Apple Tissue during Osmotic Dehydration. **Journal of Food Engineering**, v.79, n.3, p.817-827, 2007a.
- KHIN, M.M.; ZHOU, W.; PERERA, C.O. Mass Transfer in the Osmotic Dehydration of Coated Apple Cubes by using Maltodextrin as the Coating Material and their Textural Properties. **Journal of Food Engineering**, v.81, n.3, p.514-522, 2007b.
- KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e Manejo Pós-colheita de Frutas de Clima Temperado**. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2002. 214p.
- KROKIDA, M.K.; KARATHANOS, V.T.; MAROULIS, Z.B. Effect of Osmotic Dehydration on Viscoelastic Properties of Apple and Banana. **Drying Technology**, v.18, n.4-5, p.951-966, 2000.

- LAMIKANRA, O.; WATSON, M.A. Effect of Calcium Treatment Temperature on Fresh-Cut Cantaloupe Melon during Storage. **Journal of Food Science**, v.69, n.6, p.468-472, 2004.
- LEE, J.Y.; PARK, H.J.; LEE, C.Y.; CHOI, W.Y. Extending Shelf Life of Minimally Processed Apples with Edible Coatings and Antibrowning Agents. **LWT-Food Science and Technology**, v.36, n.3, p.323-329, 2003.
- LEWICKI, P.P.; PORZECKA-PAWLAK, R. Effect of Osmotic Dewatering on Apple Tissue Structure. **Journal of Food Engineering**, v.66, n.1, p.43-50, 2005.
- LEWICKI, P.P.; VU LE, H.; POMARANSKA-LAZUCA, W. Effect of Pre-Treatment on Convective Drying of Tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v.54, n.2, p.141-146, 2002.
- LEWICKI, P.P.; GONDEK, E.; WITROWA-RAJCHERT, D.; NOWAK, N. Effect of Drying on Respiration of Apple Slices. **Journal of Food Engineering**, v.49, n.3, p.333-337, 2001.
- LEWICKI, P.P.; LUKASZUK, A. Effect of Osmotic Dewatering on Rheological Properties of Apple Subjected to Convective Drying. **Journal of Food Engineering**, v.45, n.3, p.119-126, 2000.
- LIN, D.; ZHAO, Y. Innovations in the Development and Application of Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables. **Comprehensive Reviews in Food Science and Technology**, v.6, n.3, p.60-75, 2007.
- LOOTENS, D.; CAPEL, F.; DURAND, D.; NICOLAI, T.; BOULENGUER, P.; LANGENDORFF, V. Influence of pH, Ca Concentration, Temperature and Amidation on the Gelation of Low Methoxyl Pectin. **Food Hydrocolloids**, v.17, n.3, p.237-244, 2003.
- LUNA-GUZMÁN, I.; BARRET, D.M. Comparison of Calcium Chloride and Calcium Lactate Effectiveness in Maintaining Shelf Stability and Quality of Fresh-Cut Cantaloupe. **Postharvest Biology and Technology**, v.19, n.1, p.61-72, 2000.
- MAFTOONAZAD, N.; RAMASWAMY, H.S. Effect of Pectin-Based Coating on the Kinetics of Quality Change Associated with Stored Avocados. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.32, n.4, p.21-643, 2008.

- MAFTOONAZAD, N.; RAMASWAMY, H.S.; MARCOTTE, M. Shelf-Life Extension of Peaches through Sodium Alginate and Methyl Cellulose Edible Coatings. **International Journal of Food Science and Technology**, v.43, n.6, p.951-957, 2008.
- MAO, L.; JEONG, J.; QUE, F.; HUBER, D. J. Physiological Properties of Fresh-Cut Watermelon (*Citrullus lanatus*) in Response to 1-methylcyclopropene and Post-Processing Calcium Application. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.86, n.1, p.46-53, 2006.
- MARTÍN-BELLOSO, O. Pros and Cons of Minimally Processed Foods. **Trends in Food Science & Technology**, v.18, n.11, p.582, 2007.
- MARTÍN-DIANA, A.B.; RICO, D.; FRÍAS, J.M.; BARAT, J.M.; HENEHAN, G.T.M.; BARRY-RYAN, C. Calcium for Extending the Shelf Life of Fresh Whole and Minimally Processed Fruits and Vegetables: A Review. **Trends in Food Science & Technology**, v.18, n.4, p.210-218, 2007.
- MARTÍN-DIANA, A.B.; RICO, D.; FRÍAS, J.; HENEHAN, G.T.M.; MULCAHY, J.; BARAT, J.M.; BARRY-RYAN, C. Effect of Calcium Lactate and Heat-Shock on Texture in Fresh-Cut Lettuce during Storage. **Journal of Food Engineering**, v.77, n.4, p.1069-1077, 2006.
- MARTÍNEZ, V.Y.; NIETO, A.B.; CASTRO, M.A.; SALVATORI, D.; ALZAMORA, S.M. Viscoelastic characteristics of Granny Smith Apple during Glucose Osmotic Dehydration. **Journal of Food Engineering**, v.83, n.3, p.394-403, 2007.
- MASKAT, M.Y.; YIP, H.H.; MAHALI, H.M. The Performance of a Methyl Cellulose-Treated Coating during the Frying of a Poultry Product. **International Journal of Food Science & Technology**, v.40, n.8, p.811-816, 2005.
- MASTRÁNGELO, M.M.; ROJAS, A.M.; CASTRO, M.A.; GERSCHENSON, L.N.; ALZAMORA, S.M. Texture and Structure of Glucose-Infused Melon. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, n.6, p.769-776, 2000.
- MASTRANTONIO, S. D. S.; PEREIRA, L.M.; HUBINGER, M.D. Osmotic Dehydration Kinetics of Guavas in Maltose Solutions with Calcium Salt. **Alimentos e Nutrição**, v.16, n.4, p.309-314, 2005.

- MATUSKA, M.; LENART, A.; LAZARIDES, H.N. On the Use of Edible Coatings to Monitor Osmotic Dehydration Kinetics for Minimal Solids Uptake. **Journal of Food Engineering**, v.72, n.1, p.85-91, 2006.
- MAYOR, L.; PISSARRA, J.; SERENO, A.M. Microstructural Changes during Osmotic Dehydration of Parenchyma Pumpkin Tissue. **Journal of Food Engineering**, v.85, n.3, p. 326-339, 2008.
- MAYOR, L.; CUNHA, R.L.; SERENO, A.M. Relation between Mechanical Properties and Structural Changes during Osmotic Dehydration of Pumpkin. **Food Research International**, v.40, n.4, p.448-460, 2007.
- MEILGAARD, M., CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. 3ed., Florida; CRC Press Inc.,1999. 387p.
- MENDONÇA, F.V.C.; MENEZES, J. B.; GOIS, V.A.; GUIMARÃES, A.A.; NUNES, G.H.S.; MENDONÇA JUNIOR, C.F. Efeito do Retardamento da Colheita na Qualidade e na Vida Útil do Melão Orange Flesh. **Horticultura brasileira**, v.22, n.1, p.35-38, 2004.
- MENEZES, J. B. **Qualidade Pós-Colheita de Melão Tipo Galia Durante a Maturação e o Armazenamento**. Tese (Doutor em Ciência de Alimentos) - Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996. 155p.
- MIGNANI, I.; GREVE, L.C.; BEM-ARIE, R.; STOTZ, H.U.; LI, C.; SHACKEL, K.A.; LABAVITCH, J.M. The Effects of GA₃ and Divalent Cations on Aspects of Pectin Metabolism and Tissue Softening in Ripening Tomato Pericarp. **Physiologia Plantarum**, v.93, n.1, p.108-115, 1995.
- MIGUEL, A.C.A. **Uso de Película Comestível, Cloreto de Cálcio e Ácido Ascórbico para a Conservação do Melão 'Amarelo' Minimamente Processado**. Dissertação (Mestre em Ciências, Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. 195p.
- MITRAKAS, G.E.; KOUTSOUMANIS, K.P.; LAZARIDES, H.N. Impact of Edible Coating with or without Anti-Microbial Agent on Microbial Growth during Osmotic Dehydration and Refrigerated Storage of a Model Plant Material. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.9, n.4, p.550-555, 2008.

- MONTERO-CALDERÓN, M.; ROJAS-GRAÜ, M.A.; MARTÍN-BELLOSO, O. Effect of Packaging Conditions on Quality and Shelf-Life of Fresh-Cut Pineapple (*Ananas comosus*). **Postharvest Biology and Technology**, v.50, n.2-3, p.182-189, 2008.
- MORAGA, M.J.; MORAGA, G.; FITO, P.J.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Effect of Vacuum Impregnation with Calcium Lactate on the Osmotic Dehydration Kinetics and Quality of Osmodehydrated Grapefruit. **Journal of Food Engineering**, v.90, n.3, p.372-379, 2009.
- MORETTI, C.L. Panorama do Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. In: MORETTI, C.L. (Ed.). **Manual do Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças e SEBRAE, 2007. p.27-40.
- MUÑOZ, A. M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation in Quality Control**, New York: Ed. Van Nostrand Reinhold, 1992. 240p.
- NIETO, A.B.; SALVATORI, D.M.; CASTRO, M.A.; ALZAMORA, S.M. Structural Changes in Apple Tissue during Glucose and Sucrose Osmotic Dehydration: Shrinkage, Porosity, Density and Microscopic Features. **Journal of Food Engineering**, v.61, n 2, p.269–278, 2004.
- OLIVAS, G.I.; MATTINSON, D.S.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Alginate Coatings for Preservation of Minimally Processed ‘Gala’ Apples. **Postharvest Biology and Technology**, v.45, n.1, p.89-96, 2007.
- OLIVAS, G.I.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.45, n.7-8, p.657-670, 2005.
- OMS-OLIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Using Polysaccharide-Based Edible Coatings to Enhance quality and Antioxidant Properties of Fresh-Cut Melon. **LWT - Food Science and Technology**, v.41, n.10, p.1862-1870, 2008a.
- OMS-OLIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible Coatings with Antobrowning Agents to Maintain Sensory Quality and Antioxidant Properties of Fresh-Cut Pears. **Postharvest Biology and Technology**, v.50, n.1, p.87-94, 2008b.
- PARK, H. J. Development of Advanced Edible Coatings for Fruits. **Trends in Food Science and Technology**, v.10, n.8, p.254-260, 1999.
- PELEG, M. Linearization of Relaxation and Creep Curves of Solid Biological Materials. **Journal of Rheology**, v.24, n.4, p.451-463, 1980.

- PEREIRA, L.M.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M.; HUBINGER, M.D. Microscopic Features, Mechanical and Thermal Properties of Osmotically Dehydrated Guavas. **LWT – Food Science and Technology**, v.42, n.1, p.378-384, 2008.
- PEREIRA, L.M.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M.; BOLINI, H.M.A.; CUNHA, R.L.; HUBINGER, M.D. Effect of Calcium Salts on the Texture, Structure and Sensory Acceptance of Osmotically Dehydrated Guavas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.87, n.6, p.1149-1156, 2007.
- PEREIRA, L.M.; FERRARI, C.C.; MASTRANTONIO, S.D.S.; RODRIGUES, A.C.C.; HUBINGER, M.D. Kinetic Aspects, Texture, and Color Evaluation of some Tropical Fruits during Osmotic Dehydration. **Drying Technology**, v.24, n.4, p.475-484, 2006.
- PEREIRA, L.M. **Influência da desidratação osmótica com aditivos na estrutura celular e na manutenção da qualidade de goiabas minimamente processadas**. Tese (Doutor em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006. 178p.
- PEREIRA, L.M.; RODRIGUES, A.C.C.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; JUNQUEIRA, V.C.A.; CUNHA, R.L.; HUBINGER, M.D. Influence of Modified Atmosphere Packaging and Osmotic Dehydration of Minimally Processed Guavas. **Journal of Food Science**, v.69, n.4, p.172-177, 2004.
- PERES, A.P. Legislação para Produtos Minimamente Processados. In: V Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, Lavras, Brasil. **Anais**, 2008.
- PITT, R.E. Viscoelastic Properties of Fruit and Vegetables. In: RAO, M.A.; STEFFE, J.F. (Eds.). **Viscoelastic Properties of Foods**. London: Elsevier Science Publishers, 1992, p.49-76.
- PRINZIVALLI, C.; BRAMBILLA, A.; MAFFI, D.; LO SCALZO, R.; TORREGGIANI, D. Effect of Osmosis Time on Structure, Texture and Pectin Composition of Strawberry Tissue. **European Food Research and Technology**, v.224, n.1, p.119-127, 2006.
- PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA**. Normas de Classificação de Melão. São Paulo: CEAGESP, Centro de Qualidade em Horticultura, 2004. 6p. (CQH. Documentos, 27).
- QUERIDO, A.F. **Estudo da Influência de Técnicas na Minimização na Incorporação de Óleo durante o Processo de Fritura de Maçã**. Tese (Doutor em Tecnologia de

- Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. 219p.
- QUILES, A.; HERNANDO, I.; PÉREZ-MUNUERA, I.; LLORCA, E.; LARREA, V.; LLUCH, M.A. The Effect of Calcium and Cellular Permeabilization on the Structure of the Parenchyma of Osmotic Dehydrated ‘Granny Smith’ Apple. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.84, n.13, p.1765–1770, 2004.
- RAGAERT, P.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Role of Microbiological and Physiological Spoilage Mechanisms during Storage of Minimally Processed Vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.44, n.4, p.185-194, 2007.
- RAOULT-WACK, A.L. Recent Advances in the Osmotic Dehydration of Foods. **Trends in Food Science & Technology**, v.5, n.8, p.255-260, 1994.
- RASTOGI, N.K.; RAGHAVARAO, K.S.M.S. Mass Transfer during Osmotic Dehydration of Pineapple: considering Fickian Diffusion in Cubical Configuration. **Food Science and Technology: LWT**, v.37, n.1, p.43-47, 2004.
- RASTOGI, N.K.; RAGHAVARAO, K.S.M.S.; NIRANJAN, K.; KNORR, D. Recent Developments in Osmotic Dehydration: Methods to Enhance Mass Transfer. **Trends in Food Science & Technology**, v.13, n.1, p 48-59, 2002.
- RAYBAUDI-MASSILIA, R.M.; MOSQUEDA-MELGAR, J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible Alginate-Based Coating as Carrier of Antimicrobials to Improve Shelf-Life and Safety of Fresh-Cut Melon. **International Journal of Food Microbiology**, v.121, n.3, p.313-327, 2008.
- RIBEIRO, C.; VICENTE, A.A.; TEIXEIRA, J.A.; MIRANDA, C. Optimization of Edible Coating Composition to Retard Strawberry Fruit Senescence. **Postharvest Biology and Technology**, v.44, n.1, p.63-70, 2007.
- RICO, D.; MARTÍN-DIANA, A. B.; BARAT, J. M.; BARRY-RYAN, C. Extending and Measuring the Quality of Fresh-Cut Fruit and Vegetables: a Review. **Trends in Food Science & Technology**, v.18, n.7, p.373-386, 2007a.
- RICO, D.; MARTÍN-DIANA, A. B.; FRÍAS, J.M.; BARAT, J.B.; HENEHAN, G.T.M.; BARRY-RYAN, C. Improvement in Texture using Calcium Lactate and Heat-Shock Treatments for Stored Ready-to-Eat Carrots. **Journal of Food Engineering**, v.79, n.4, p.1196-1206, 2007b.

- RODRIGUES, S.; FERNANDES, F.A.N. Image Analysis of Osmotically Dehydrated Fruits: Melons Dehydrated in a Ternary System. **European Food Research and Technology**, v.225, n.5-6, p.685-691, 2007.
- RODRIGUES, A. C. C.; PEREIRA, L. M.; SARANTÓPOULOS C. I. G. L.; BOLINI, H. M. A.; CUNHA, R. L.; JUNQUEIRA, V. C. A.; HUBINGER M. D. Impact of Modified Atmosphere Packaging on the Osmodehydrated Papaya Stability. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.30, n.5, p.563-581, 2006.
- RODRIGUES, A.C.C.; CUNHA, R.L.; HUBINGER, M.D. Rheological Properties and Colour Evaluation of Papaya during Osmotic Dehydration Processing. **Journal of Food Engineering**, v.59, n.2-3, p.129-135, 2003.
- ROJAS, A.M.; GERSCHENSON, L.N.; MARANGONI, A.G. Contributions of Cellular Components to the Rheological Behaviour of Kiwifruit. **Food Research International**, v.34, n.2-3, p.189-195, 2001.
- ROJAS-GRAÜ, M. A.; TAPIA, M. S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Using Polysaccharide-Based Edible Coatings to Maintain Quality of Fresh-Cut Fuji Apples. **LWT - Food Science and Technology**, v.41, n.1, p.139-147, 2008.
- ROJAS-GRAÜ, M.A.; TAPIA, M.S.; RODRÍGUEZ, F.J.; CARMONA, A.J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Alginate and Gellan-Based Edible Coatings as Carriers of Antibrowning Agents Applied on Fresh-Cut Fuji Apples. **Food Hydrocolloids**, v.21, n.1, p.118-127, 2007a.
- ROJAS-GRAÜ, M.A.; RAYBAUDI-MASSILIA, R.M.; SOLIVA-FORTUNY, R.C.; AVENA-BUSTILLOS, R.J.; MCHUGH, T.H.; MARTÍN-BELLOSO, O. Apple Ppuree-Alginate Edible Coating as Carrier of Antimicrobial agents to Prolong Shelf-Life of Fresh-Cut Apples. **Postharvest Biology and Technology**, v.45, n.2, p.254-264, 2007b.
- SANJINEZ-ARGANDOÑA, E.J.; NISHIYAMA, C.; HUBINGER, M.D. Qualidade Final de Melão Osmoticamente Desidratado em Soluções de Sacarose com Adição de Ácidos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.12, p.1803-1810, 2002.
- SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; ANTONIO, J. T. Alimentos em Embalagem com Atmosfera Modificada. In: OLIVEIRA, L.M. (Ed.). **Requisitos de Proteção de Produtos em Embalagens Plásticas Rígidas**. Campinas: Cetea/Ital, 2006. p.253-283.

- SASAKI, F.F. **Processamento Mínimo de Abóbora (*Curcubita moschata* Duch.): Alterações Fisiológicas, Qualitativas e Microbiológicas**. Dissertação (Mestre em Ciências, Área de Concentração: Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. 145p.
- SERRANO, M.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; CASTILLO, S.; GUILLÉN, F.; VALERO, D. Role of Calcium and Heat Treatments in Alleviating Physiological Changes Induced by Mechanical Damage in Plum. **Postharvest Biology and Technology**, v.34, n.2, p.155-167, 2004.
- SREBERNICH S. M. . Utilização do Dióxido de Cloro e do Ácido Peracético como Substitutos do Hipoclorito de Sódio na Sanitização do Cheiro Verde Minimamente Processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.4, p.744-750, 2007.
- SIDRA – **SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em 11 julho 2007.
- SILVA, P.R. Uma Abordagem sobre o Mercado de Hortaliças Minimamente Processadas. **Informações Econômicas**, v.38, n.4, p.52-57, 2008.
- SILVA, F. A. **Estudo da Aplicação de Energia de Microondas na Secagem da Noz Macadâmia**. Tese (Doutor em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. 184p.
- SILVA, S.; TASSARA, H. **Frutas no Brasil**. São Paulo: Empresa das Artes, 1996. 4ª ed. 321p.
- SINGH, B.; KUMAR, A.; GUPTA, A.K. Study of Mass Transfer Kinetics and Effective Diffusivity during Osmotic Dehydration of Carrot Cubes. **Journal of Food Engineering**, v.79, n.2, p.471-480, 2007.
- SOLIVA-FORTUNY, R. C.; MARTÍN-BELLOSO, O. New Advances in Extending the Shelf-Life of Fresh-Cut Fruits: A Review. **Trends in Food Science & Technology**, v 14, n.9, p.341-353, 2003.
- SORMANI, A.; MAFFI, D.; BERTOLO, G.; TORREGGIANI, D. Textural and Structural Changes of Dehydrofreeze-thawed Strawberry Slices: Effects of Different Dehydration Pretreatments. **Food Science and Technology International**, v.5, n.6, p.479-485, 1999.

- SOUSA, M.B.; CANET, W.; ALVAREZ, M.D.; TORTOSA, M.E. Effect of Processing on the Texture and Structure of Raspberry (cv. Heritage) and Blackberry (cv. Thornfree). **European Food Research and Technology**, v.223, n.4, p.517-532, 2006.
- SOUZA, J. S.; MEDEIROS, M. F. D.; MAGALHÃES, M. M. A.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. Optimization of Osmotic Dehydration of Tomatoes in a Ternary System followed by Air-Drying. **Journal of Food Engineering**, v.83, n.4, p.501-509, 2007.
- STEFFE, J.F. **Rheological methods in food process engineering**. 2ed., Michigan: Freeman Press, 1996. 428p.
- STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**, 3ed., San Diego: Ed. Academic Press Inc., 2004. 408p.
- SUÁREZ, R.B.; CAMPAÑONE, L.A.; GARCIA, M.A.; ZARITZKY, N. E. Comparison of the Deep Frying Process in Coated and Uncoated Dough Systems. **Journal of Food Engineering**, v.84, n.3, p.383-393, 2008.
- TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TACO) / NEPA – UNICAMP - Versão II – 2.ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006. 113p.
- TAIWO, K.A.; BAIK, O.D. Effects of Pre-Treatments on the Shrinkage and Textural Properties of Fried Sweet Potatoes. **Food Science and Technology: LWT**, v.40, n.4, p.661-668, 2007.
- TALENS, P.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; FITO, P.; CHIRALT, A. Changes in Optical and Mechanical Properties during Osmodehydrofreezing of Kiwi Fruit. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.3, n.2, p.191-199, 2002.
- TAPIA, M.S.; ROJAS-GRAÜ, M.A.; CARMONA, A.; RODRIGUES, F.J.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Use of Alginate and Gellan Based Coatings for Improving Barrier, Texture and Nutritional Properties of Fresh-Cut Papaya. **Food Hydrocolloids**, v.22, n.8, p.1493-1503, 2008.
- THAKUR, B.R.; SINGH, R.K.; HANDA, A.K. Chemistry and Uses of Pectin – a Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.37, n.1, p.47-73, 1997.
- TORRES, J.D.; TALENS, P.; ESCRICHE, I.; CHIRALT, A. Influence of Process Conditions on Mechanical Properties of Osmotically Dehydrated Mango. **Journal of Food Engineering**, v.74, n.2, p.240-246, 2006.

TOVAR, B.; GARCIA, H.S.; MATA, M. Physiology of Pre-Cut Mango. I. ACC and ACC Oxidase Activity of Slices Subjected to Osmotic Dehydration. **Food Research International**, v.34, n.2-3, p.207-215, 2001.

VARGAS, M.; PASTOR, C.; CHIRALT, A.; JULIAN McCLEMETNS, D.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Recent Advances in Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.48, n.6, p.496-511, 2008.

WELTI-CHANES, J., VERGARA, B. F. Actividad de agua. Concepto y aplicación en alimentos con alto contenido de humedad. In: AGUILERA, J.M. (Ed.). **Temas en tecnología de alimentos**. México: Ed. Instituto Politécnico Nacional, 1997. v.I, cap.1, p.11-43.

WILKINSON, C.; DIJKSTERHUIS, G. B.; MINEKUS, M. From Food Structure to Texture. **Trends in Food Science & Technology**, v.11, n.12 , p.442-450, 2000.

YANG, H. H., & LAWSLESS, H. T. Descriptive Analysis of Divalent Salts. **Journal of Sensory Studies**, v.20, n.1, p.97-113, 2005.

ZHANG, B.M.; XIAO, G.; SALOKHE, V.M. Preservation of Strawberries by Modified Atmosphere Packages with Other Treatments. **Packaging Technology and Science**, v.19, n.4, p.183-191, 2006.

ANEXO I

PRODUCT DATA SHEET



GENU® pectin type L21102AS-FS

Description GENU® pectin type L21102AS-FS is a partly amidated low ester pectin extracted from citrus peel and not standardized by addition of sucrose.

Features

- Medium calcium reactivity
- Gelling agent

Typical Applications

- Low sugar jams/jellies with soluble solids of 30 - 50%

Typical Use Level 0.3 - 0.8%

Standard packaging Packed in 25 kg paper bags. All packaging material complies with FDA and EU food contact legislation.

Regulatory Compliance The hydrocolloid(s) in question complies with current purity criteria according to

- Food Chemicals Codex
- FAO/JECFA specifications
- EU directive

Further details appear from:

<u>GENU® publication</u>	<u>Title</u>
Product Specification 0000001	Purity specifications for pectins

Labeling information GENU® pectin type L21102AS-FS

Amidated pectin not standardized with sucrose
For manufacture of foodstuffs and not for retail sale.

GENU® pectin type L21102AS-FS

Specifications	Property	Specification	Method
	pH of 1% solution	4.0 - 5.0	0006041
	Loss on drying, %	<=12.0	0006042
	Ca-test 160 ppm, 31%, g TA-XT2	40.0 - 60.0	0201030
	Ca-test 80 ppm, 31%, g TA-XT2	15.0 - 25.0	0201030

- Other characteristics**
- Texture free-flowing powder
 - Particle size less than 1% gum on a 0.250 mm test sieve
 - Colour cream to light tan
 - Essentially flavourless, free from off-flavours and odours
 - Degree of esterification not specified, typically 30%
 - Degree of amidation not specified, typically 19%

Best before When stored in a roofed and well ventilated area in the unopened original package, the product may be stored for up to 24 months from the date of production without showing significant difference in functional properties.

Documentation Test methods and Nutritional Data Profiles are available upon request. CP Kelco reserves the right to use company test methodology.

Production facilities Possible production facilities of CP Kelco:
 CP Kelco, Grossenbrode, Germany
 CP Kelco Limeira, Brazil

The information contained herein is, to our best knowledge, true and accurate, but all recommendations or suggestions are made without guarantee, since we can neither anticipate nor control the different conditions under which this information and our products are used. Each manufacturer should evaluate their final products to determine compliance with all relevant federal, state and local regulations. Further we can disclaim all liability with regard to its customers' infringement of third party intellectual property including, but not limited to, patents. We recommend that our customers apply for licenses under any relevant patents. No statement herein or by our employees shall be construed to imply the non-existence of relevant patents nor as a recommendation or inducement to infringe said patents. It is our policy, however, to assist our customers and to help in the solution of particular problems which may arise in connection with applications of our products.

GENU® is a registered trademark of CP Kelco ApS and/or CP Kelco U.S., Inc. and may be registered or applied for in other countries.

© CP Kelco ApS 2001.

Page 2 of 2

e-mail solutions@cpkelco.com
www.cpkelco.com

ANEXO II

FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html

CEP, 13/09/06.
(Grupo III)

PARECER PROJETO: N° 342/2006 (Este n° deve ser citado nas correspondências referente a este projeto)
CAAE: 0258.0.146.000-06

I-IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: “PROCESSO, EMBALAGEM, APLICAÇÃO DE COBERTURAS COMESTÍVEIS E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ALGUMAS FRUTAS TROPICAIS A ALTA UMIDADE”

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Miriam Dupas Hubinger

INSTITUIÇÃO: FEA/UNICAMP

APRESENTAÇÃO AO CEP: 04/07/2006

APRESENTAR RELATÓRIO EM: 22/08/07 (O formulário encontra-se no *site* acima)

II - OBJETIVOS

Avaliar o emprego da desidratação osmótica com adição de um agente protetor de textura combinado a outros métodos de preservação e estocagem de frutas minimamente processadas.

III - SUMÁRIO

Serão estudadas três frutas: melão, manga e abacaxi. As selecionadas serão inicialmente lavadas em água corrente e sanitizadas com ácido peracético. Para os ensaios de desidratação osmótica serão testados três agentes desidratantes: sacarose comercial, maltose (xarope de milho de alta maltose) e lactato de cálcio. Para os ensaios de uso de coberturas comestíveis serão utilizadas coberturas de pectina, alginato e farinha de amaranto. Será também avaliado o efeito do uso de embalagem sob atmosfera modificada (razão CO₂, O₂) associada à refrigeração nas amostras desidratadas, sendo que a escolha dos filmes será feita a partir da taxa de respiração do produto e das taxas de permeabilidade dos filmes. As amostras armazenadas em diferentes tipos de embalagens ou revestidas com coberturas comestíveis serão submetidas a uma análise sensorial para verificar a aceitação do produto e a intenção de compra pelo consumidor. Nesta etapa, serão recrutados provadores não treinados e consumidores das frutas utilizadas, principalmente alunos e servidores da FEA/UNICAMP, que preencheram um questionário para avaliar características de cor, sabor, odor e textura, em formulário que serão elaborados conforme os produtos.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

Conforme mencionado pela pesquisadora responsável o projeto está fundamentado na experimentação laboratorial e dados científicos anteriores, não possibilitando apresentar danos

**FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html

aos provadores. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi reformulado, estando adequado às normas da resolução 196/96 e suas complementares. A pesquisadora atendeu às questões levantadas pelos assessores adequadamente.

V - PARECER DO CEP

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa, bem como ter aprovado o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, assim como todos os anexos incluídos na Pesquisa supracitada.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.

VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e)

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

VII - DATA DA REUNIÃO

Homologado na VII Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 25 de julho de 2006.


Prof. Dra. Carmen Silvia Bertuzzo
PRESIDENTE DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP

APÊNDICE I

FICHA DE APLICAÇÃO: ANÁLISE SENSORIAL

Nome: _____ Data: ___/___/___

Amostra no: _____

Por favor, avalie a amostra de melão recebida e indique na escala o quanto você gostou ou desgostou da amostra em relação:

- à aparência.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- ao aroma.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- ao sabor.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- à textura.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- à impressão global.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- Se este produto estivesse à venda, você:
 - () certamente compraria
 - () provavelmente compraria
 - () talvez comprasse / talvez não comprasse
 - () provavelmente não compraria
 - () certamente não compraria

Comentários : _____

APÊNDICE II

FICHA DE APLICAÇÃO: ANÁLISE SENSORIAL

Nome: _____ Data: ___/___/___

Amostra no: _____

Por favor, avalie a amostra de melão recebida e indique na escala o quanto você gostou ou desgostou da amostra em relação:

- à aparência.

Desgostei muitíssimo

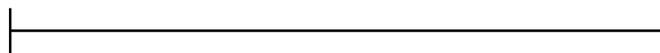
Gostei muitíssimo



- ao aroma.

Desgostei muitíssimo

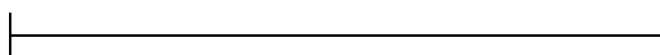
Gostei muitíssimo



- ao sabor.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- à textura.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- à impressão global.

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



Comentários: _____
