



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

***Influência da Desidratação Osmótica com Aditivos na
Estrutura Celular e na Manutenção da Qualidade de Goiabas
Minimamente Processadas***

Leila Mendes Pereira

Profa. Dra. Míriam Dupas Hubinger

Orientadora

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

Campinas, 2006.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

P414e Pereira, Leila Mendes
Influência da desidratação osmótica com aditivos na
estrutura celular e na manutenção da qualidade de goiabas
minimamente processadas / Leila Mendes Pereira. --
Campinas, SP: [s.n.], 2006.

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

1. Goiaba. 2. Desidratação osmótica. 3. Embalagem sob
atmosfera modificada. 4. Processamento mínimo. I. Hubinger,
Miriam Dupas. II. Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de
Engenharia de Alimentos. III. Título.

(cars/fea)

Titulo em inglês: Influence of osmotic dehydration with additives on the cellular
structure and quality maintenance of minimally processed guavas
Palavras-chave em inglês (Keywords): Guava, Osmotic dehydration, Modified
atmosphere packaging, Minimal processing

Titulação: Doutor em Engenharia de Alimentos

Banca examinadora: Miriam Dupas Hubinger
Florência Cecília Menegalli
Helena Maria André Bolini
Ana Lúcia Gabas
Kil Jin Park
Marcos David Ferreira

Programa de Pós Graduação: Programa em Engenharia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Míriam Dupas Hubinger
(ORIENTADORA) – DEA/FEA/UNICAMP

Profa. Dra. Florência Cecilia Menegalli
(MEMBRO) – DEA/FEA/UNICAMP

Profa. Dra. Helena Maria André Bolini
(MEMBRO) – DEPAN/FEA/UNICAMP

Profa. Dra. Ana Lúcia Gabas
(MEMBRO) – FZEA/USP

Prof. Dr. Kil Jin Park
(MEMBRO) – FEAGRI/UNICAMP

Prof. Dr. Marcos David Ferreira
(MEMBRO) – FEAGRI/UNICAMP

***Ao Ricardo,
meu grande amor!***

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar presente em todos os momentos da minha vida, em tudo o que faço e sinto.

À Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, seus professores e funcionários pela oportunidade de realização deste trabalho.

À FAPESP pela concessão da bolsa de doutorado e a CAPES pela bolsa de doutorado sanduíche realizado em Portugal. Ao CNPq, CAPES e FAPESP pelo suporte financeiro.

À Profa. Dra. Miriam Dupas Hubinger por acreditar e confiar no meu trabalho, pela orientação, através do seu conhecimento e experiência, pelo seu carinho, amizade e respeito.

À Profa. Dra. Cristina Silva da Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa e ao Prof. Dr. Alberto Sereno da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto pela oportunidade de realização de estágio em Portugal.

Aos membros da banca por enriquecer o trabalho através de suas correções e sugestões.

À Profa. Dra. Rosiane Lopes da Cunha pela imensa colaboração nos trabalhos publicados e dicas durante o desenvolvimento do trabalho, pela amizade e carinho.

À Profa. Dra. Sandra Maria Carmello-Guerreiro pela enorme colaboração na realização das análises de microscopia. Pela atenção, simpatia e carinho.

À Profa. Dra. Florencia Cecilia Menegall por ajudar carinhosamente quando necessário.

À Profa. Helena Maria André Bolini pela colaboração na realização das análises sensoriais.

Aos departamentos de Tecnologia de Alimentos e Planejamento Alimentar e Nutrição pela concessão da utilização dos laboratórios e equipamentos.

À querida amiga Ana Luiza, por tudo, pelo simples fato de ser uma grande amiga.

À Sabrina por sua alegria que tornaram o trabalho mais leve e divertido. Pelo valioso aprendizado que recebi durante a orientação de sua iniciação científica.

Ao querido amigo Ângelo, pela companhia durante as viagens Jundiaí/ Campinas, por sua gentileza, cuidado e carinho.

À Alline e a Alessandra Baroni pelo carinho mesmo após terminarem o doutorado.

À Renatinha e a Cris pelas produtivas discussões de trabalho, almoços ao shopping e divertidas horas de descontração.

À Ana P. pelos divertidos dias no México, pelas ajudas, carinho e amizade, por seu divertido jeito de ser.

À Joyce e à Dona Ana por sempre contribuírem de forma carinhosa e com dedicação.

Aos colegas do LEP pelos momentos divididos durante o trabalho e aos colegas do DEA que participaram com a maior boa vontade das análises sensoriais.

A Susana pela atenção e ensinamentos nas análises de microscopia. Ao Luis e ao Loic pela ajuda nas análises calorimétricas. A Malfada por me receber de forma tão carinhosa em Portugal e pela “assessoria” durante minha estadia. Às meninas da ESB e ao pessoal da FEUP por me receberem carinhosamente e me ajudarem em tudo o que foi preciso durante os meses que passei em Portugal.

À minha família pelo amor incondicional, aos meus pais por me ensinarem a viver bem e ser feliz independentemente de qualquer obstáculo.

À Cássia, ao Luiz e a Luciana por me permitirem fazer parte da família, sempre com muito amor e carinho.

Ao Ricardo, amor da minha vida, por ser tudo e um pouco mais do que eu esperei de um grande amor. Obrigada pelo amor, paciência, cuidado e carinho durante anos vividos da nossa vida.

A todos que de alguma forma contribuíram para que essa etapa fosse concluída.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xv
NOMENCLATURA	xix
RESUMO	xxi
ABSTRACT	xxiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. Goiaba	7
2.2. Desidratação Osmótica	9
2.2.1. Soluções de Maltose como Agente Osmótico	13
2.3. Manutenção Estrutural pelo Emprego de Íons Ca^{+2}	14
2.4. Avaliação Estrutural e Sensorial	18
2.4.1. Análises Microscópicas e Calorimétricas	18
2.4.2. Análise Sensorial	22
2.5. Processamento Mínimo: Processo e Armazenagem	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. Material	33
3.2. Métodos	37
3.2.1. Preparo da Matéria-prima	37
3.2.2. Desidratação Osmótica	37
3.2.3. Escolha do Xarope de Maltose Utilizado no Processo Osmótico das Goiabas	39
3.2.4. Escolha do Sal de Cálcio Utilizado no Processo Osmótico das Goiabas	42
3.2.5. Ensaio de Desidratação Osmótica com Soluções de Sacarose e	

Maltose Adicionadas de Lactato de Cálcio	45
3.2.6. Avaliação Estrutural das Goiabas Através de Ensaio de Microscopia e Calorimetria	46
3.2.7. Estudo da Vida de Prateleira das Goiabas Osmoticamente Desidratadas Acondicionadas em Embalagens sob Atmosfera Modificada	50
3.2.8. Análise Estatística	52
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1. Escolha do Xarope de Maltose Utilizado no Processo Osmótico das Goiabas	53
4.2. Escolha do Sal de Cálcio Utilizado no Processo Osmótico das Goiabas	55
4.3. Ensaio de Desidratação Osmótica com Soluções de Sacarose e Maltose Adicionadas de Lactato de Cálcio	71
4.4. Avaliação Estrutural das Goiabas Através de Ensaio de Microscopia e Calorimetria	87
4.5. Estudo da Vida de Prateleira das Goiabas Osmoticamente Desidratadas Acondicionadas em Embalagens sob Atmosfera Modificada	121
5. CONCLUSÕES	153
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155
APÊNDICE A	169
APÊNDICE B	173

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Taxa de respiração e produção de etileno de frutas e hortaliças	26
Tabela 3.1. Composição da goiaba (cultivar “Paluma”)	33
Tabela 4.1. Características das goiabas osmoticamente desidratadas com soluções dos diferentes xaropes de milho de alta maltose	54
Tabela 4.2. Médias da aceitação dos provadores em relação à cor, aroma, sabor, textura e impressão global das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos	69
Tabela 4.3. Médias da aceitação dos provadores em relação à impressão global das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose	84
Tabela 4.4. Médias da aceitação dos provadores em relação ao aroma das goiabas durante a estocagem	137
Tabela 4.5. Médias da aceitação dos provadores em relação ao sabor das goiabas durante a estocagem	138
Tabela 4.6. Médias da aceitação dos provadores em relação à textura das goiabas durante a estocagem	138
Tabela 4.7. Médias da aceitação dos provadores em relação à impressão global das goiabas durante a estocagem	138
Tabela 4.8. Médias da aceitação dos provadores em relação à aparência das goiabas durante a estocagem	139
Tabela 4.9. Médias da aceitação dos provadores em relação à cor das goiabas durante a estocagem	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Fluxos de transferência de massa durante a desidratação osmótica.	11
Figura 3.1. Goiaba cultivar “Paluma”.	33
Figura 3.2. Embalagem de polietileno tereftalato (PET).	37
Figura 3.3. Esquema da retirada das amostras para análises microscópicas.	43
Figura 4.1. Teor de cálcio das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos.	56
Figura 4.2. Perda de peso, perda de água e ganho de sólidos das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos.	58
Figura 4.3. Tensão e deformação na ruptura das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos.	60
Figura 4.4. Tempo de relaxação e tensão residual das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos.	63
Figura 4.5. Microscopia ótica das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos.	65
Figura 4.6. Parâmetros de cor L^* , a^* e b^* das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 40°Brix com adição de lactato de cálcio.	72
Figura 4.7. Parâmetros de cor L^* , a^* e b^* das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 50°Brix com adição de lactato de cálcio.	73
Figura 4.8. Parâmetros de cor L^* , a^* e b^* das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 60°Brix com adição de lactato de cálcio.	73
Figura 4.9. Parâmetros de cor L^* , a^* e b^* das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose a 40, 50 e 60°Brix com adição de lactato de cálcio.	74
Figura 4.10. Parâmetros de cor L^* , a^* e b^* das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de maltose a 40, 50 e 60°Brix com adição de lactato de cálcio.	74
Figura 4.11. Tensão e deformação na ruptura das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 40°Brix com adição de lactato de cálcio.	77
Figura 4.12. Tensão e deformação na ruptura das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 50°Brix com adição de lactato de cálcio.	77
Figura 4.13. Tensão e deformação na ruptura das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 60°Brix com adição de lactato de cálcio.	78

Figura 4.14. Tensão e deformação na ruptura das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose a 40, 50 e 60°Brix com adição de lactato de cálcio.	78
Figura 4.15. Tensão e deformação na ruptura das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de maltose a 40, 50 e 60°Brix com adição de lactato de cálcio.	79
Figura 4.16. Tempo de relaxação e tensão residual das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 40°Brix com adição de lactato de cálcio.	81
Figura 4.17. Tempo de relaxação e tensão residual das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 50°Brix com adição de lactato de cálcio.	81
Figura 4.18. Tempo de relaxação e tensão residual das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 60°Brix com adição de lactato de cálcio.	82
Figura 4.19. Tempo de relaxação e tensão residual das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose a 40, 50 e 60°Brix com adição de lactato de cálcio.	82
Figura 4.20. Tempo de relaxação e tensão residual das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de maltose a 40, 50 e 60°Brix com adição de lactato de cálcio.	83
Figura 4.21. Microscopia ótica da goiaba fresca.	89
Figura 4.22. Microscopia ótica das goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose.	89
Figura 4.23. Microscopia ótica das goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de maltose.	91
Figura 4.24. Microscopia ótica das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos – Fotos panorâmicas.	95
Figura 4.25. Microscopia ótica das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos – Fotos panorâmicas.	97
Figura 4.26. Microscopia eletrônica de varredura das goiabas submetidas aos diferentes métodos de preparação das amostras.	101
Figura 4.27. Microscopia eletrônica de varredura das goiabas submetidas aos diferentes métodos de preparação das amostras.	103
Figura 4.28. Microscopia eletrônica de varredura das goiabas submetidas aos diferentes métodos de preparação das amostras.	105
Figura 4.29. Microscopia eletrônica de varredura da goiaba fresca.	107
Figura 4.30. Microscopia eletrônica de varredura das goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose a 60°Brix.	109
Figura 4.31. Termogramas da pectina comercial e da parede celular da goiaba fresca.	112

Figura 4.32. Termogramas da parede celular das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose.	113
Figura 4.33. Termogramas da parede celular das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de maltose.	113
Figura 4.34. Teor de cálcio das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos.	115
Figura 4.35. Perda de peso das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos.	117
Figura 4.36. Perda de água das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos.	118
Figura 4.37. Ganho de sólidos das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos.	118
Figura 4.38. Perda de peso das goiabas durante a estocagem.	122
Figura 4.39. Teores de O ₂ e CO ₂ no interior das embalagens PET contendo goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose durante a estocagem.	124
Figura 4.40. Teores de O ₂ e CO ₂ no interior das embalagens PET contendo goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose adicionadas de lactato de cálcio durante a estocagem.	124
Figura 4.41. Teores de O ₂ e CO ₂ no interior das embalagens PET contendo goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de maltose durante a estocagem.	125
Figura 4.42. Teores de O ₂ e CO ₂ no interior das embalagens PET contendo goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de maltose adicionadas de lactato de cálcio durante a estocagem.	125
Figura 4.43. Contagem de bolores e leveduras e bactérias lácticas das goiabas durante a estocagem.	129
Figura 4.44. Luminosidade L* das goiabas durante a estocagem.	131
Figura 4.45. Parâmetro de cor a* das goiabas durante a estocagem.	131
Figura 4.46. Parâmetro de cor b* das goiabas durante a estocagem.	132
Figura 4.47. Tensão e deformação na ruptura das goiabas durante a estocagem.	134
Figura 4.48. Tempo de relaxação e tensão residual das goiabas durante a estocagem.	135
Figura 4.49. Influência do tempo de estocagem no aroma das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos.	140
Figura 4.50. Influência do tempo de estocagem no sabor das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos.	141
Figura 4.51. Influência do tempo de estocagem na textura das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos.	141
Figura 4.52. Influência do tempo de estocagem na impressão global das	

goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos.	142
Figura 4.53. Influência do tempo de estocagem na aparência das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos.	142
Figura 4.54. Influência do tempo de estocagem na cor das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos.	143
Figura 4.55. Goiaba fresca.	145
Figura 4.56. Goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose no início da vida de prateleira.	145
Figura 4.57. Goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose após 13 dias de estocagem.	147
Figura 4.58. Goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose após 24 dias de estocagem.	149

NOMENCLATURA

$A(t)$	área da amostra em função do tempo (m^2)
$F(t)$	força em função do tempo (N)
GS	ganho de sólidos (%)
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
m_i	massa inicial do produto (g)
m_f	massa final (após processo osmótico) do produto (g)
p_i	peso do conjunto embalagem/amostra no tempo inicial (g)
p_f	peso do conjunto embalagem/amostra no tempo final (g)
PA	perda de água (%)
PP	perda de peso (%)
S_i	teor de sólidos inicial do produto (%)
S_f	teor de sólidos final do produto (%)
S_r	tensão residual
t	tempo (s)
U_{bui}	teor de umidade (base úmida) inicial do produto (%)
U_{buf}	teor de umidade (base úmida) final do produto (%)
ε_H	deformação de Hencky
σ_H	tensão de Hencky (Pa)
σ_0	tensão inicial (Pa)
σ_t	tensão em função do tempo (Pa)
τ	tempo de relaxação (s)

RESUMO

A proposta deste trabalho foi estudar a combinação da desidratação osmótica à ação de aditivos e avaliar o emprego de atmosfera modificada e refrigeração a metades de goiaba. Para o tratamento osmótico, dois diferentes açúcares, sacarose e maltose, em diferentes concentrações (40, 50 e 60ºBrix) e dois sais de cálcio, lactato e cloreto de cálcio, em concentrações de 0,5 a 2,5% foram utilizados, e para o estudo da vida de prateleira, as goiabas foram acondicionadas em embalagens rígidas de polietileno tereftalato (PET). Os ensaios de desidratação osmótica permitiram: 1) comparar o efeito dos dois sais de cálcio nas propriedades reológicas, estrutura, através de microscopia ótica, e aceitação sensorial das goiabas osmoticamente desidratadas; 2) verificar o efeito das variáveis de processo, tipo e concentração de açúcar e adição de diferentes concentrações de lactato de cálcio, na cor e textura instrumentais e aceitação sensorial do produto; 3) avaliar as características estruturais das frutas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose adicionadas ou não de lactato de cálcio, através de ensaios de microscopia ótica e eletrônica de varredura e ensaios de calorimetria. O estudo da vida de prateleira foi realizado para goiabas submetidas a condições de processo selecionadas nos ensaios de desidratação osmótica, sendo avaliadas em relação à cor e propriedades reológicas, perda de peso, contaminação microbiológica e atributos sensoriais. Durante os ensaios de desidratação osmótica, verificou-se que o sal lactato de cálcio foi mais adequado que o cloreto de cálcio, promovendo a preservação estrutural do tecido com boa aceitação sensorial, quando utilizado em concentrações de até 1,5%. Todas as variáveis de processo interferiram nas características de cor e textura das goiabas, porém seus diferentes efeitos foram pouco perceptíveis aos consumidores. A avaliação estrutural das goiabas mostrou os severos danos estruturais causados pelo processo osmótico e o efeito preservador do lactato de cálcio na estrutura celular das frutas. Essa preservação decorrente da interação entre os íons Ca^{+2} e a matriz péctica presente no tecido das goiabas foi confirmada pelos ensaios de calorimetria diferencial de varredura. Durante o estudo da vida de prateleira, verificou-se que o uso de embalagens sob atmosfera modificada passiva preservou as frutas por 24 dias de estocagem a 5°C, resultando num produto com boas condições microbiológicas, perda de peso reduzida e características de cor e textura mantidas. No entanto, apenas a goiaba osmoticamente desidratada com sacarose sem adição do sal de cálcio apresentou boa aceitação pelo consumidor durante toda a estocagem.

ABSTRACT

The main purpose of this work was to study the osmotic dehydration process with additives and evaluating the use of modified atmosphere packaging and refrigeration on guava halves. For osmotic treatment, two sugar types, sucrose and maltose, at different concentrations (40, 50 and 60°Brix) and two calcium salts, calcium lactate and chloride, at concentrations of 0.5 to 2.5% were used. For shelf life study, guavas were packed in polyethylene terephthalate (PET) containers. The osmotic dehydration assays allowed: 1) to compare the effect of calcium salts on rheological properties, structure by light microscopy and sensory acceptance of osmotically dehydrated guavas; 2) to verify the effect of process variables, sugar type and concentration and addition of different calcium lactate concentrations, on the color and instrumental texture and sensory acceptance of the product; 3) to evaluate the structural characteristics of the osmotically dehydrated fruits with sucrose and maltose solutions with or without the addition of calcium lactate, using light and scanning electron microscopy and calorimetry assays. The shelf life study was carried out with guavas subjected to process conditions selected in the osmotic dehydration assays, and the samples were analyzed with respect to color and rheological properties, weight loss, microbial spoilage and sensory attributes. During the osmotic dehydration trials, it could be verified that the calcium lactate salt was more effective than calcium chloride, providing tissue structural preservation with good sensory acceptance for salt concentrations up to 1,5%. All process variables influenced guavas color and texture characteristics, however, the distinctive effects of these variables were not perceptible by the consumers. The guavas structural evaluation showed the severe tissue damages caused by osmotic process and the preserving effect of calcium lactate on its cellular structure. This preservation due to Ca^{+2} and guavas pectin linkage was confirmed by differential scanning calorimetry assays. During shelf life study, it was verified that sample packaging under passive modified atmosphere preserved the fruits along the 24 days of storage at 5°C, resulting in a product with good microbiological conditions, small weight loss and with color and texture characteristics maintenance. However, only the guava osmotically dehydrated with sucrose solution without calcium salt addition showed good sensory acceptance by the consumers during the whole storage period.

1. INTRODUÇÃO

A busca crescente dos consumidores por produtos naturais em detrimento à procura por produtos processados, aliada à alimentação prática requerida atualmente pela sociedade, tem promovido o desenvolvimento de uma nova categoria de alimentos, as frutas e hortaliças minimamente processadas.

Apesar dessa nova tendência de mercado, o consumo de verduras, frutas e legumes pré-processados ou minimamente processados é ainda pequeno, representando apenas 2,9% do total de hortifrutis consumidos no Brasil (SATO, 2006). No entanto, o mercado desses produtos está em constante crescimento, apresentando-se como um nicho de mercado para os produtores de produtos hortifrutícolas e empresas do setor de alimentação.

As frutas e hortaliças minimamente processadas, apesar de apresentarem praticidade e conveniência como principais diferenciais, são geralmente mais suscetíveis aos processos de deterioração devido às injúrias causadas nos tecidos vegetais pelas etapas de descascamento, corte e retirada de sementes, podendo resultar em alterações das suas propriedades sensoriais e nutricionais, e conseqüente redução da sua vida útil.

Devido a essa facilidade de degradação, vários estudos têm sido realizados com o objetivo de alcançar melhor qualidade e extensão da vida de prateleira dos produtos minimamente processados, através da utilização de processamentos brandos de acordo com o conceito da tecnologia de barreiras, que é fundamentada na combinação de diferentes métodos de conservação para a obtenção de produtos mais estáveis à contaminação microbiológica e de melhor qualidade sensorial.

O processo de desidratação osmótica associado a outras tecnologias tem se mostrado uma importante ferramenta para o desenvolvimento desses produtos (DEL VALLE, ARÁNGUIZ e LEÓN, 1998; ESCRICHE et al., 2000; MORENO et al., 2000; TOVAR, GARCÍA e MATA, 2001). A suave redução da atividade de água e a possível incorporação de aditivos, como antimicrobianos, antioxidantes,

depressores de pH e agentes de firmeza, favorecidas pelo processo, em combinação a tratamentos térmicos brandos, embalagem sob atmosfera modificada e refrigeração ou outros processamentos mínimos de preservação, podem fornecer produtos estáveis, de boa qualidade nutricional e sensorial e com características similares ao produto fresco (ALZAMORA et al., 1993; ALZAMORA et al., 1997; PEREIRA et al., 2004).

Apesar dos possíveis benefícios da aplicação do processo de desidratação osmótica no desenvolvimento das frutas minimamente processadas, alterações estruturais refletidas nas características de textura do produto são freqüentemente observadas em função do processo (MASTRÁNGELO et al., 2000; MUNTADA et al., 1998; SORMANI et al., 1999). No entanto, a possibilidade de incorporação de aditivos de interesse sensorial e/ou nutricional, permitida pelo tratamento osmótico, pode resultar em produtos de alta qualidade.

O emprego de sais de cálcio com o objetivo de favorecer a manutenção da estrutura celular de frutas e hortaliças processadas tem sido amplamente estudado nos últimos anos. A ação do cálcio na preservação estrutural dos alimentos vegetais é explicada pelo seu efeito na matriz péctica presente na parede celular dos tecidos desses alimentos. Segundo Jackman e Stanley (1995) a interação entre os íons Ca^{+2} e a pectina proporciona uma maior rigidez à parede celular, podendo favorecer a manutenção das características de textura dos produtos.

O acondicionamento de frutas e hortaliças minimamente processadas em embalagens sob atmosfera modificada, visando sua conservação e conseqüente extensão da sua vida útil, é fundamentado na inibição dos processos metabólicos associados ao amadurecimento e senescência desses produtos. Sabe-se que as altas taxas de respiração estão diretamente relacionadas aos processos de amadurecimento e conseqüente deterioração ocorridos após a colheita das frutas e hortaliças e que as injúrias causadas pelo processamento mínimo favorecem o aumento das mesmas. Portanto, baixos níveis de oxigênio e/ou elevados níveis de dióxido de carbono na atmosfera de armazenagem desses produtos podem

diminuir a taxa respiratória, retardando o amadurecimento e proporcionando uma maior vida de prateleira.

Assim, o processo de desidratação osmótica com o emprego de sais de cálcio associado ao acondicionamento sob atmosfera modificada e refrigeração pode prolongar a vida de prateleira dos produtos minimamente processados, mantendo seus atributos de qualidade e agregando valor aos produtos hortifrutícolas.

1.1. Objetivos

Este trabalho teve como finalidade o estudo da combinação da desidratação osmótica à ação de aditivos e avaliação do emprego de atmosfera modificada e refrigeração a metades de goiaba, apresentando como principais objetivos:

- Estudar a influência do tipo e concentração de açúcar e o uso de sais de cálcio no processo osmótico de metades de goiaba, visando a melhora da qualidade sensorial dos produtos osmoticamente desidratados.
- Avaliar o efeito de sais de cálcio na manutenção da estrutura celular das goiabas osmoticamente desidratadas, vinculando suas propriedades estruturais e físicas através de ensaios de microestrutura e análise de textura.
- Verificar a interação entre os íons Ca^{+2} e a matriz pécica dos tecidos vegetais por calorimetria diferencial de varredura.
- Analisar o uso dos processos de desidratação osmótica com aditivos e atmosfera modificada associada à refrigeração, na vida de prateleira de goiabas minimamente processadas.
- Verificar a aceitação do produto pelo consumidor.

Para atender a esses objetivos, a tese foi dividida em 5 principais etapas:

Primeira Etapa: Escolha do xarope de maltose utilizado no processo osmótico das goiabas

Os xaropes de milho de alta maltose disponíveis no mercado nacional da marca Cargill (Malteggill® 63/82) e da marca Corn Products (Mor-Sweet® 1557 e Mor-Rex® 1557) foram avaliados para escolha do xarope de maltose utilizado na desidratação osmótica das goiabas. Neste ensaio, as goiabas foram osmoticamente desidratadas em soluções à concentração de 60°Brix dos diferentes xaropes de maltose. O processo osmótico foi avaliado pela perda de peso (*PP*), perda de água (*PA*) e ganho de sólidos (*GS*) e as frutas foram avaliadas em relação à atividade de água, umidade, acidez, açúcares totais e parâmetros reológicos.

Segunda Etapa: Escolha do sal de cálcio utilizado no processo osmótico das goiabas

Os sais lactato de cálcio e cloreto de cálcio foram avaliados para escolha do melhor sal de cálcio a ser utilizado na desidratação osmótica das goiabas, visando a preservação da estrutura celular das frutas, sem prejudicar a aceitação sensorial do produto. Neste ensaio, as goiabas foram osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose à concentração de 60°Brix, com a adição de diferentes concentrações de cloreto ou lactato de cálcio. As propriedades reológicas das frutas, a estrutura, através de microscopia ótica, e aceitação sensorial do produto pelos consumidores foram analisadas para escolha do sal de cálcio. O processo osmótico foi ainda avaliado pela perda de peso (*PP*), perda de água (*PA*) e ganho de sólidos (*GS*) e o teor de cálcio das frutas foi determinado. Frutas frescas também foram avaliadas quanto às propriedades reológicas, estrutura e teor de cálcio para efeito de comparação.

Terceira Etapa: Ensaio de desidratação osmótica com soluções de sacarose e maltose adicionadas de lactato de cálcio

Ensaio de desidratação osmótica foram realizados, variando-se o tipo (sacarose e maltose) e concentração de açúcar e a concentração de lactato de cálcio, para verificar o efeito dessas variáveis na cor, nos parâmetros reológicos e

na aceitação sensorial do produto osmoticamente desidratado. Neste ensaio, foram utilizadas três concentrações de açúcar 40, 50 e 60ºBrix e seis concentrações de lactato de cálcio 0; 0,3; 0,6; 0,9; 1,2 e 1,5%, sendo realizadas todas as combinações possíveis.

Quarta Etapa: Avaliação estrutural das goiabas através de ensaios de microscopia e calorimetria

A avaliação estrutural das goiabas foi feita através de ensaios de microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura. Para isso, foram selecionadas algumas condições do processo osmótico, estudadas anteriormente, levando-se em consideração o tipo e a concentração de açúcar e a adição do sal de cálcio. Utilizaram-se neste experimento, goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose em concentrações de 40 e 60ºBrix, adicionadas ou não de 1,5% de lactato de cálcio, utilizando goiabas frescas como controle. Para essas condições de processo osmótico, foram avaliados também a perda de peso (*PP*), perda de água (*PA*) e ganho de sólidos (*GS*) decorrentes do processo e teor de cálcio das amostras, e realizaram-se ensaios de calorimetria diferencial de varredura para verificar a interação entre os íons Ca^{+2} e a matriz péctica presente nos tecidos vegetais das goiabas.

Quinta Etapa: Estudo da vida de prateleira das goiabas osmoticamente desidratadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada

Goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose a 60ºBrix, adicionadas ou não de 1,5% de lactato de cálcio, foram acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada passiva, embalagens rígidas de polietileno tereftalato (PET) com tampa acoplada, e estocadas à temperatura de 5°C durante 24 dias. Durante a estocagem, as goiabas foram avaliadas periodicamente em relação à cor, parâmetros reológicos, perda de peso, contaminação microbiológica e atributos sensoriais, sendo também determinada a composição gasosa no interior das embalagens, nos definidos tempos de estocagem.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Goiaba

A goiaba (*Psidium guajava* L.), originária das regiões Tropicais Americanas, é a espécie de maior interesse comercial pertencente ao gênero *Psidium* da família *Myrtacea*, cujo cultivo se estende a todas as regiões tropicais e sub-tropicais do mundo (MEDINA, 1978; PEREIRA, 1995).

O Brasil situa-se entre os principais produtores mundiais de goiaba com 18.826 hectares plantados e uma produção anual de 408.283 toneladas. O cultivo da goiaba no Brasil está concentrado em São Paulo, com produção de 120.282 toneladas em 2004, e em Pernambuco, que produziu 168.042 toneladas na mesma safra, podendo-se destacar também os estados da Bahia e Goiás, com produções de 34.337 e 23.385 toneladas, respectivamente (IBGE, 2004).

Apesar da grande disponibilidade do fruto no país, a exportação de goiaba é ainda inexpressiva, apenas uma pequena parte da sua produção, 123.154 kg em 2005 (IBRAF, 2005), é destinada ao mercado externo, sendo no mercado interno direcionada principalmente à industrialização. A produção de goiaba destinada ao consumo da fruta *in natura* no estado de São Paulo foi estimada, pelo Instituto de Economia Agrícola, em torno de 35% da produção total da fruta no ano de 2004, sendo o restante da produção (em torno de 65%) destinado à industrialização (IEA, 2004).

No entanto, atualmente, mediante investimentos em adubação, podas programadas e irrigação, a produção de goiaba voltada para o consumo de mesa (*in natura*) tem crescido consideravelmente, possibilitando também sua expansão no mercado internacional. Os avanços e investimentos na produção estão gerando frutos de melhor qualidade, que podem ser aceitos tanto pela indústria quanto pelo mercado *in natura* (CARMO, 2000).

De acordo com Pereira (1995), a goiaba é uma das mais completas e equilibradas frutas em relação ao valor nutritivo, destacando-se por seus teores de

elementos minerais como cálcio, fósforo e potássio e vitaminas A e C, além de teores consideráveis de proteínas e fibras. Carvalho (1999) considera também os teores de vitaminas do complexo B como tiamina e niacina e apresenta o teor de ácido ascórbico (vitamina C) da goiaba como sendo um dos mais altos entre as frutas tradicionais, estando inferior apenas ao da acerola. Porém, os autores enfatizam que grandes variações nos teores dos componentes nutritivos podem ocorrer devido à variedade do fruto, estágio de maturação no momento da colheita, condições climáticas durante o desenvolvimento dos frutos e procedimentos durante o cultivo.

Outra característica da goiaba que vem chamando atenção nos últimos anos é o seu alto teor de licopeno, sendo considerada uma das frutas mais ricas nesse carotenóide, que tem recebido atenção internacional pela possível capacidade de atuar na prevenção e combate a diferentes tipos de câncer (TODA FRUTA, 2003).

Os investimentos na produção de frutos de alta qualidade para o consumo *in natura* e o grande valor nutritivo apresentado pela goiaba, associados à sua disponibilidade no país, têm incentivado o estudo voltado à conservação pós-colheita desses frutos, ampliando as possibilidades de alcançar o mercado internacional.

Yamashita e Benassi (1998) utilizaram a combinação de embalagem sob atmosfera modificada e refrigeração para a conservação de goiabas brancas de mesa, cultivar Kumagai, obtendo uma vida de prateleira de 24 dias. Em um outro estudo, Yamashita e Benassi (2000) avaliaram a vida de prateleira de goiabas vermelhas “Pedro Sato” tratadas com cloreto de cálcio e acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada e refrigeração.

Neto, Cristo e Choudhury (1999) avaliaram o efeito do tratamento com cálcio, do ambiente de armazenamento (condições naturais e ambiente refrigerado) e do tipo de embalagem (saco de polietileno transparente e saco de papel manteiga) na conservação pós-colheita de goiabas vermelhas, cultivar Paluma, verificando que o tratamento com cálcio, associado à armazenagem refrigerada em saco de polietileno transparente, forneceu um produto de boa qualidade durante 16 dias.

A utilização de embalagem sob atmosfera modificada, associada à refrigeração, na conservação de goiabas também foi avaliada por Lima e Durigan (2000). Os autores verificaram que esse tipo de armazenagem pode reduzir a perda de peso, retardar o amadurecimento, manter a aparência e evitar o desenvolvimento de podridões das goiabas durante 15 dias de estocagem.

A conservação de goiabas minimamente processadas, submetidas apenas às etapas de lavagem, descascamento e corte, foi estudada por Carlos et al. (2000) e Mattiuz et al. (2000) que obtiveram produtos de boa qualidade sensorial durante 8 a 10 dias.

Em um estudo posterior, Mattiuz, Durigan e Rossi Junior (2003) avaliaram o efeito do processamento mínimo associado ao uso de embalagem sob atmosfera modificada e refrigeração nas características químicas, sensoriais e microbiológicas de duas diferentes cultivares de goiaba “Paluma” e “Pedro Sato”, obtendo produtos microbiologicamente seguros, durante os 10 dias de estocagem para os dois tipos de goiaba, porém com uma preferência dos consumidores pela cultivar “Pedro Sato” após alguns dias de estocagem.

Pereira (2002) estudou o acondicionamento de goiabas vermelhas, cultivar “Paluma”, minimamente processadas por uma única condição de desidratação osmótica em embalagens sob atmosfera modificada e refrigeração, obtendo um produto de características similares à fruta *in natura* com uma vida de prateleira de 24 dias.

2.2. Desidratação Osmótica

A conservação dos alimentos baseada na redução do conteúdo de umidade é amplamente reconhecida. Segundo Welti e Vergara (1997), o controle do conteúdo de umidade dos alimentos tem sido uma importante ferramenta para a sua conservação, visto que quanto maior o seu teor de umidade, maior sua suscetibilidade à degradação.

Os processos de desidratação de alimentos apresentam como objetivo comum o fornecimento de produtos mais estáveis à contaminação microbiológica e à

deterioração química, através da remoção parcial ou total da água presente no alimento.

Dentro deste contexto, o processo de desidratação osmótica, que consiste em colocar pedaços de frutas ou hortaliças numa solução hipertônica de desidratação, permite uma parcial redução do conteúdo de umidade do alimento, possibilitando também a sua formulação de maneira simultânea.

A remoção da água do alimento verificada durante o processo osmótico é conseqüência da maior pressão osmótica apresentada pela solução desidratante. Esta saída de água do alimento é acompanhada por uma difusão em contracorrente de solutos da solução desidratante para o tecido do alimento, além de alguma transferência de solutos naturais (açúcares, ácidos orgânicos, sais minerais e vitaminas) do alimento para a solução, mesmo que desprezível quantitativamente, podendo ser importante para a qualidade do produto final (HENG, GUILBERT e CUQ, 1990; KAREL, 1975; LERICI et al., 1985). A Figura 2.1 representa os fluxos de transferência de massa estabelecidos durante o processo de desidratação osmótica.

Segundo Fito et al. (2001), o enriquecimento de frutas e hortaliças com minerais, vitaminas ou outros componentes fisiologicamente ativos pode ser uma boa ferramenta para o desenvolvimento de alimentos funcionais. A desidratação osmótica permite introduzir um ou mais solutos na estrutura porosa das frutas e hortaliças, podendo ser depressores de pH ou atividade de água, antimicrobianos, componentes fisiologicamente ativos como cálcio e ferro, entre outros, que possam favorecer a preservação sensorial e nutricional dos produtos, além de formular produtos funcionais, estáveis e mais próximos aos frutos frescos.

Erle e Schubert (2001) consideram o processo osmótico um método muito suave de remoção de água dos tecidos vegetais. Segundo os autores, apesar da redução do conteúdo de umidade do alimento favorecida pelo processo, a atividade de água alcançada é ainda muito alta, sendo necessários processos adicionais para assegurar a estabilidade microbiológica do alimento.



Figura 2.1. Fluxos de transferência de massa durante a desidratação osmótica.

A aplicação da desidratação osmótica como tratamento preliminar ou adicional aos processos de secagem, congelamento, fritura e branqueamento tem sido utilizada por vários pesquisadores como Argandoña (1999), Erle e Schubert (2001), Krokida et al. (2001), Maestrelli et al. (2001) e Moreno et al. (2000), obtendo produtos de alta qualidade sensorial e nutricional.

Outra aplicação do processo osmótico atualmente discutida é a sua utilização como barreira, dentro do conceito da tecnologia dos obstáculos, para o desenvolvimento de frutas e hortaliças minimamente processadas. A suave redução da atividade de água e a possível incorporação de aditivos, como antimicrobianos, antioxidantes, depressores de pH e agentes de firmeza, favorecidas pelo processo, em combinação a tratamentos térmicos brandos, embalagem sob atmosfera modificada e refrigeração ou outros processamentos mínimos de preservação, podem fornecer produtos estáveis, de boa qualidade nutricional e sensorial e com características similares ao produto fresco (ALZAMORA et al., 1993; ALZAMORA et al., 1997; PEREIRA et al., 2004).

Torreggiani e Bertolo (2001) afirmam que existe um grande potencial de mercado para produtos de frutas de alta qualidade, sendo a desidratação osmótica uma importante ferramenta para desenvolver novos produtos, agregar valor aos produtos de frutas existentes no mercado e preparar frutas com propriedades funcionais.

2.2.1. Soluções de Maltose como Agente Osmótico

O mecanismo de transferência de massa entre o alimento e o meio desidratante que ocorre durante a desidratação osmótica é estritamente afetado pelas características do produto (estrutura do tecido, tamanho e geometria) e pelas variáveis do processo, como concentração e temperatura da solução osmótica, agitação, proporção produto/solução, natureza do soluto osmótico, pressão aplicada (atmosférica ou vácuo) e tempo de processo (CHIRALT e FITO, 2003; RASTOGI et al., 2002).

Dentre essas variáveis de processo, a composição da solução osmótica, ou seja, o tipo de soluto e a concentração utilizada, está diretamente relacionada com as alterações nutricionais e propriedades sensoriais do produto final.

Soluções de sacarose são usualmente empregadas no processo osmótico de frutas devido a sua eficiência, disponibilidade e baixo custo, além de conferir um sabor agradável ao produto. Porém, alguns pesquisadores como Ferrando e Spiess (2001) e Forni et al. (1997) sugerem a utilização de outros dissacarídeos como agentes desidratantes. Segundo os autores, soluções de maltose tem se mostrado interessantes devido ao seu maior efeito protetor de cor e estrutura celular, em comparação às soluções de sacarose.

Torreggiani e Bertolo (2001) também apontam uma maior retenção de clorofila e vitamina C de kiwis armazenados à temperatura de -10°C , quando pré-tratados osmoticamente com soluções de maltose, em comparação ao pré-tratamento com sacarose ou sorbitol.

Outra importante característica da maltose é o seu baixo poder adoçante, com valores em torno de 0,38 e 0,47, em comparação à sacarose (poder adoçante igual a 1,0), conferindo ao produto uma menor doçura, o que pode ser desejável em frutas com sabor naturalmente bastante adocicado. (BOBBIO e BOBBIO, 1992; OETTERER, 2003).

O efeito da concentração da solução osmótica na transferência de massa do processo é apresentado por vários pesquisadores (GIRALDO et al., 2003; PAN et

al., 2003; PARK et al., 2002; PEREIRA et al., 2006). 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 dificulta a transferência de massa durante o processo, limitando a incorporação de açúcar.

No entanto, o efeito do uso de soluções mais ou menos concentradas de açúcares nas propriedades sensoriais das frutas ainda é muito pouco estudado e difundido. A influência da desidratação osmótica e das variáveis do processo na qualidade do produto ainda tem recebido pouca atenção em comparação ao estudo do fenômeno de transferência de massa.

Panadés et al. (2003) estudaram o efeito da temperatura da solução osmótica de sacarose (30 a 50°C), do tempo de processo (60 a 180 min) e da pressão aplicada (atmosférica, pulso de vácuo e vácuo contínuo) na qualidade sensorial de goiabas osmoticamente desidratadas, avaliada por uma equipe de provadores treinados. As variáveis de processo mostraram influenciar significativamente apenas o sabor das frutas, não alterando as características de cor e textura, obtendo uma boa aceitação sensorial do produto.

2.3. Manutenção Estrutural pelo Emprego de Íons Ca^{+2}

A qualidade sensorial das frutas e hortaliças apresenta grande influência na aceitação do produto pelo consumidor. Por outro lado, a fragilidade desses produtos favorece a ocorrência de alterações dos atributos responsáveis por sua qualidade, quando submetidos a processos para sua conservação.

Os processos de branqueamento, desidratação, congelamento, resfriamento e irradiação utilizados para a conservação das frutas e hortaliças provocam mudanças estruturais que são refletidas nas características desses alimentos (ALZAMORA et al., 1997). Segundo Lin e Schyvens (1995), a textura é um dos mais importantes atributos de qualidade que afetam a aceitabilidade das frutas e hortaliças processadas, pois pode ser bastante prejudicada durante o processamento.

A textura dos alimentos vegetais tem sua base na estrutura celular e pode ser atribuída principalmente à integridade da parede celular e da lamela média, como também à pressão de turgor no interior das células (JACKMAN e STANLEY, 1995).

De acordo com Ferrando e Spiess (2001), as propriedades estruturais e sensoriais dos produtos osmoticamente desidratados irão depender das mudanças de composição devido à impregnação dos solutos, do impacto do processo na parede celular e lamela média, assim como do grau de dano da membrana plasmática provocado pelo processo.

Apesar dos possíveis danos causados pela desidratação osmótica na estrutura celular dos alimentos vegetais como perda de turgor das células, deformação e/ou ruptura da parede celular, degradação da lamela média, rompimento de membranas (plasmalema e tonoplasta), colapso celular, plasmólise e encolhimento dos tecidos (ALZAMORA et al., 1997; LEWICKI e PORZECKA-PAWLAK, 2005; MASTRÁNGELO et al., 2000; NIETO et al., 2004; QUILES et al., 2004), o processo permite a incorporação de aditivos de interesse sensorial e/ou nutricional, resultando em produtos de alta qualidade.

O emprego de sais de cálcio, com o objetivo de favorecer a manutenção da estrutura celular de frutas e hortaliças processadas, tem sido amplamente estudado nos últimos anos. A adição desses sais nas soluções de açúcares utilizadas durante o processo osmótico, a infiltração de cálcio como pré-tratamento à desidratação osmótica, ou seu uso através de banhos em soluções de cloreto ou lactato de cálcio associado ou não a tratamentos térmicos brandos, tem resultado numa melhora das características de textura desses produtos, mostrando um efeito protetor do cálcio na estrutura celular dos tecidos vegetais (LUNA-GUZMÁN, CANTWELL e BARRETT, 1999; MASTRÁNGELO et al., 2000; MUNTADA et al., 1998; QUILES et al., 2004).

A ação do cálcio na preservação estrutural dos alimentos vegetais tem sido explicada pelo seu efeito na matriz péctica presente na parede celular dos tecidos desses alimentos. A interação entre os íons Ca^{+2} e a pectina proporciona uma

maior rigidez à parede celular, favorecendo a manutenção das características de textura dos produtos (JACKMAN e STANLEY, 1995).

Mastrángelo et al. (2000) estudando o efeito da adição de cálcio (lactato de cálcio) na desidratação osmótica de melões, verificaram que a presença de íons Ca^{+2} proporcionou uma maior integridade da parede celular do tecido das frutas, sendo responsável por melhores características de textura.

Luna-Guzmán, Cantwell e Barrett (1999) verificaram que banhos em soluções de cloreto de cálcio melhoram a firmeza de melões minimamente processados durante a estocagem e retardaram o metabolismo das frutas através da redução da taxa de respiração. Além disso, observaram que o efeito desse sal na textura dos melões foi intensificado quando combinado a altas temperaturas de imersão, devido à maior impregnação de cálcio nas frutas, promovida pela temperatura do processo.

Em um estudo posterior, Luna-Guzmán e Barrett (2000) compararam o efeito dos sais cloreto e lactato de cálcio na qualidade dos melões minimamente processados, avaliando, além da textura e da atividade metabólica, a aceitação sensorial das frutas. Neste estudo, observaram que apesar do efeito firmador dos dois sais de cálcio utilizados, as frutas tratadas com cloreto de cálcio apresentaram um amargor indesejável, recomendando-se o uso do lactato de cálcio como agente firmador, em melões minimamente processados.

Monsalve-González, Barbosa-Cánovas e Cavalieri (1993) observaram uma correlação negativa entre textura e a difusão de açúcar durante o tratamento osmótico de maçãs, verificando um amolecimento do tecido das frutas durante o tratamento. A adição de cloreto de cálcio, em concentrações de 0,3%, na solução osmótica minimizou essas alterações de textura e perdas estruturais provocadas pelo processo; no entanto, o desenvolvimento de sabor amargo nas maçãs foi verificado em concentrações de 0,6% do sal de cálcio.

A textura e a estrutura celular de kiwis osmoticamente desidratados, com ou sem adição de lactato de cálcio na solução desidratante, foram analisadas por Muntada et al. (1998). Os pesquisadores observaram que o processo osmótico

provocou alterações nas características de textura das frutas com severos danos estruturais ao tecido, como intensa plasmólise das membranas celulares, degradação das paredes celulares e da lamela média e diminuição do contato entre as células. A adição de lactato de cálcio, no entanto, minimizou as alterações de textura dos kiwis, resultando numa maior integridade estrutural do tecido.

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 manutenção estrutural de maçãs osmoticamente desidratadas. Segundo os autores, o processo osmótico causou plasmólise e colapso celular, entre outras alterações, no tecido das maçãs; no entanto, o pré-tratamento com CaCl_2 mostrou o efeito protetor do cálcio na microestrutura das frutas, apresentando células não tão colapsadas, além de fortalecer a parede celular e proteger o protoplasma contra plasmólise.

O tratamento com sais de cálcio também mostrou afetar a transferência de massa durante o processo de desidratação osmótica. Em um estudo com tomates, Lewicki, Vu Le e Pomaranska-Lazuka (2002) verificaram uma diminuição da resistência ao transporte de água e açúcar quando o sal cloreto de cálcio foi utilizado como pré-tratamento no processo osmótico (imersão em solução de CaCl_2 a 2% por 24 horas). A penetração de íons Ca^{+2} e a formação de cadeias entre as moléculas de pectina, através da ligação com esses íons, fortalecem o tecido e aumentam a resistência à deformação, levando a formação de uma estrutura aberta que favorece o transporte de massa.

O enriquecimento de frutas e hortaliças com cálcio e/ou outros minerais, visando o desenvolvimento de alimentos funcionais, tem se destacado recentemente como mais uma importante aplicação dos sais de cálcio no processamento dos alimentos vegetais. Anino, Salvatori e Alzamora (2006), Barrera, Betoret e Fito (2004) e Fito et al. (2001), utilizando técnicas de impregnação a vácuo e/ou atmosférica em soluções isotônicas de sacarose adicionadas de sais de cálcio, obtiveram frutas com teores de cálcio bastante

superiores às frutas frescas, representando um percentual significativo do consumo diário recomendado para adultos desse mineral.

O cloreto de cálcio é um sal de cálcio comumente utilizado no processamento de frutas e hortaliças, visando a preservação estrutural, a redução da atividade metabólica ou o desenvolvimento de alimentos funcionais. No entanto, como observado em alguns estudos (LUNA-GUZMÁN e BARRETT, 2000; MONSALVE-GONZÁLEZ, BARBOSA-CÁNOVAS e CAVALIERI, 1993), ele pode conferir sabor amargo em alguns tipos de frutas. Devido a essas alterações de sabor, o uso de lactato de cálcio tem se mostrado uma boa alternativa no processamento desses alimentos (LUNA-GUZMÁN e BARRETT, 2000; MASTRÁNGELO et al., 2000; MUNTADA et al., 1998).

2.4. Avaliação Estrutural e Sensorial

2.4.1. Análises Microscópicas e Calorimétricas

O estudo das alterações estruturais decorrentes do processamento das frutas e hortaliças, através de ensaios de microscopia e textura instrumental tem se destacado nos últimos anos. As técnicas de microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura ou transmissão tem se mostrado eficientes no conhecimento da microestrutura desses alimentos e suas alterações, apresentando uma boa correlação com as características de textura dos tecidos vegetais.

De acordo com Wilkinson, Dijksterhuis e Minekus (2000), o estudo da microestrutura pode ser usado para ampliar o conhecimento das 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. Com este propósito, a microscopia e outras técnicas de imagem estão sendo amplamente utilizadas, permitindo que a estrutura do alimento seja visualizada, oferecendo informações valiosas para um melhor entendimento da textura.

Sormani et al. (1999) utilizaram ensaios de microscopia ótica e textura

instrumental para verificar as alterações estruturais provenientes de diferentes pré-tratamentos (desidratação osmótica, secagem convencional e combinação de desidratação osmótica e secagem) durante o processo de congelamento-descongelamento de morangos. Segundo os autores, uma boa correlação foi obtida entre as alterações estruturais observadas durante o processamento e as características de textura das frutas.

Essa correspondência 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 ótica e microscopia eletrônica de transmissão, em um estudo com melões osmoticamente desidratados e por Vidales, Castro e Alzamora (1998) estudando morangos branqueados e osmoticamente desidratados através das técnicas de microscopia eletrônica de varredura e transmissão.

As alterações das características de textura de kiwis submetidos ao processo de desidratação osmótica também foram confirmadas pelas imagens obtidas na microscopia ótica e microscopia eletrônica de transmissão (MUNTADA et al., 1998) e as técnicas de microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura comprovaram o efeito do tratamento a alta pressão na textura, avaliada através de metodologia instrumental, de tomates cerejas (TANGWONGCHAI, LEDWARD e AMES, 2000).

Apesar da boa correlação entre as características de textura e as alterações estruturais observadas através das análises de microscopia, Kaláb, Allan-Wojtas e Miller (1995) sugerem a utilização de várias técnicas de imagem para comparação e confirmação dos resultados, devido às possíveis alterações sofridas pelo alimento durante as etapas de preparação das amostras para as análises microscópicas.

Como as alterações estruturais decorrentes do processamento das frutas e hortaliças estão freqüentemente associadas a mudanças na parede celular dos tecidos vegetais, a avaliação das características reológicas desses produtos, através de ensaios oscilatórios a baixas deformações, e térmicas, através da

calorimetria, tem se mostrado de grande importância, fornecendo informações adicionais sobre a relação composição/função da parede celular no material vegetal (GEORGET, SMITH e WALDRON, 1998, 2002; KUNZEK, KABBERT e GLOYNA, 1999).

No entanto, devido à complexidade dos tecidos vegetais e da estrutura da parede celular, é difícil encontrar relações entre o processamento e as alterações na estrutura e propriedades do material celular. Conseqüentemente, o emprego de sistemas modelo, como pectinas ou materiais da parede celular, como resíduo insolúvel em álcool (AIR) ou materiais com estrutura celular (MCS) tem se mostrado conveniente para o conhecimento dos mecanismos de degradação da parede celular (KUNZEK, KABBERT e GLOYNA, 1999).

Para a análise da estrutura e das propriedades do material celular, a parede celular do alimento vegetal precisa ser isolada. Durante o procedimento de isolamento, a remoção dos materiais intracelulares como lipídeos, pigmentos, polifenóis, ácidos nucléicos, proteínas e polissacarídeos de reserva como o amido, precisa ser o mais completa possível e a atividade das enzimas da parede celular, como pectina metilesterase e poligalacturonase, deve ser minimizada ou, se possível, eliminada (KUNZEK, KABBERT e GLOYNA, 1999; SELVENDRAN e RYDEN, 1990).

O método mais comum usado para a extração ou isolamento da parede celular é a preparação do resíduo insolúvel em álcool (AIR). A preparação desse material é baseada no tratamento térmico do tecido vegetal em solução alcoólica e subsequente secagem. Durante este procedimento, as enzimas são inativadas e os componentes de baixo peso molecular são removidos, sendo que os principais componentes desse material são fibras solúveis e insolúveis. No entanto, alguns compostos intracelulares como proteínas e amido podem co-precipitar, podendo porém ser extraídos com o uso da mistura fenol - ácido acético -água (PAW) e com solução aquosa de dimetil sulfoxido (DMSO), respectivamente. Alguns pesquisadores, como Kunzek, Opel e Senge (1997) e Muller e Kunzek (1998), sugerem a utilização de materiais com estrutura celular (MCS) como sistema

modelo, sendo que na preparação desse material a extração alcoólica é substituída pela extração em água e subsequente lavagem com água e etanol. Assim, os componentes solúveis em água, como a fibra solúvel, são removidos quase completamente. Outra alternativa para a obtenção do material da parede celular é a homogeneização do tecido vegetal em detergentes aquosos diluídos, como deoxicolato de sódio ou dodecil sulfato de sódio, porém essa metodologia apresenta, como principais desvantagens, a incompleta remoção ou inativação das enzimas e a parcial solubilização de polímeros da parede celular (MULLER e KUNZEK, 1998; KUNZEK, OPEL e SENGE, 1997; KUNZEK, KABBERT e GLOYNA, 1999; SELVENDRAN e RYDEN, 1990).

Segundo Kunzek, Kabbert e Gloyna (1999), a caracterização reológica de suspensões desses sistemas modelo e seu comportamento quando submetidos a alterações térmicas são de grande importância para a avaliação das propriedades do material celular, podendo ser utilizados para melhorar a tecnologia aplicada no processamento de frutas e hortaliças, gerando produtos com melhores propriedades.

Lin, Yuen e Varner (1991) utilizaram a calorimetria diferencial de varredura para verificar o efeito da adição de cálcio nas transições térmicas da parede celular de grãos de soja. Os pesquisadores verificaram um aumento da temperatura de transição vítrea devido à adição de cálcio, refletindo as ligações entre as moléculas de pectina, presente na parede celular dos grãos de soja, e os íons Ca^{+2} .

Georget, Smith e Waldron (1999) usaram essa mesma técnica para a determinação da temperatura de transição vítrea de cenouras e de seus componentes da parede celular, verificando a contribuição de cada componente da parede celular nas propriedades térmicas deste alimento.

Chang, Liao e Wu (1996), analisando o conteúdo de água não congelável no resíduo insolúvel em álcool (AIR) de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.), através da calorimetria diferencial de varredura, verificaram o efeito de uma etapa de pré-cozimento na textura dos feijões, durante o cozimento.

2.4.2. Análise Sensorial

Várias vantagens são apresentadas pelo uso de métodos de medidas instrumentais na avaliação de ingredientes e matérias-primas como também de produtos processados, 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. No entanto, algumas limitações, como 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, a incapacidade dos instrumentos em fazer uma avaliação global dos atributos sensoriais e a menor sensibilidade de alguns métodos analíticos ou instrumentais comparada com a sensibilidade humana, fazem necessário o uso de métodos de avaliação sensorial em combinação às medidas instrumentais (MUÑOZ, CIVILLE e CARR, 1992). Como abordado por vários pesquisadores, nenhum instrumento analítico é capaz de substituir a resposta humana.

Diferentes testes sensoriais podem ser utilizados na avaliação dos produtos alimentícios, dentre eles, os testes afetivos, que buscam avaliar a resposta dos consumidores habituais ou potenciais, com relação à aceitação e/ou preferência de um produto ou de suas características. Esses testes são usualmente 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, CIVILLE e CARR, 1999).

Nos testes de preferência, os consumidores escolhem um produto entre dois ou mais produtos e nos testes de aceitação os consumidores classificam, através de uma escala, o seu gosto pelo produto, o quanto gostam ou desgostam do produto avaliado. Nos testes de aceitação, a comparação entre os diferentes produtos não é solicitada aos provadores. No entanto, ao se determinar a aceitação sensorial dos consumidores, utilizando a escala de notas, em um teste onde vários produtos são avaliados, a preferência do consumidor pode ser determinada indiretamente, através das notas atribuídas aos diferentes produtos

(LAWLESS e HEYMANN, 1999; STONE e SIDEL, 1993).

A informação de quanto o consumidor gosta ou desgosta de um dado produto é extremamente importante antes de se lançar o produto no mercado consumidor, no entanto, a boa performance de um produto em testes de aceitação não garante seu sucesso no mercado. Os efeitos da embalagem, preço, propaganda, segmentação do mercado, entre outros, sobre a decisão final do consumidor não são avaliados pelos testes sensoriais afetivos. Porém, um produto que não é bem avaliado em um teste de aceitação de consumidor irá provavelmente fracassar, independentemente das ferramentas de “marketing” utilizadas (LAWLESS e HEYMANN, 1999).

Os testes de aceitação devem ser realizados por uma equipe de no mínimo 25 provadores (testes de laboratório), que seja representativa do público alvo. 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 e SIDEL, 1993).

Apesar da importância da avaliação sensorial dos produtos alimentícios, associada ou não aos métodos de medidas instrumentais, poucos estudos abordam a aceitação do consumidor em relação às frutas e hortaliças osmoticamente desidratadas impossibilitando uma avaliação, mesmo que apenas indicativa, do comportamento desses produtos no mercado consumidor.

2.5. Processamento Mínimo: Processo e Armazenagem

Uma combinação de técnicas usadas em pós-colheita, como pré-resfriamento, refrigeração, atmosfera controlada, preparo para o consumo e embalagem individual definem o conceito de processamento mínimo, porém a indústria alimentícia estendeu esse conceito empregando uma variedade de tecnologias e

suas combinações para produzir frutas e hortaliças minimamente processadas, envolvendo apenas processamentos brandos para assegurar a qualidade do produto e estender a sua vida de prateleira.

Ohlsson (1994) definiu o processamento mínimo como tecnologias modernas que concedem aos alimentos uma vida de prateleira suficiente para sua distribuição e comercialização, atendendo também, a atual procura dos consumidores por conveniência e qualidade de produtos frescos, pois utilizam processos que alteram as características desses produtos de forma mínima.

O autor apresentou, entre as tecnologias utilizadas, processos térmicos brandos, embalagem sob atmosfera modificada associada à refrigeração, irradiação na embalagem, tratamento à alta pressão, embalagem ativa, utilização de pulsos elétricos, tratamento com aditivos e preservativos e a tecnologia de barreiras ou métodos combinados de preservação.

A tecnologia de barreiras é fundamentada na combinação de diferentes métodos de conservação, que agem de maneira sinérgica, para a obtenção de produtos mais estáveis à contaminação microbiológica. Além disso, podem fornecer produtos de melhor qualidade sensorial, por permitirem o emprego de tratamentos menos severos (CHIRIFE, 1993).

De acordo com Alzamora, Tapia e Welti Chanes (1998), a tecnologia de barreiras pode ser aplicada na preservação dos alimentos minimamente processados em vários aspectos: nos produtos de curta vida de prateleira, com o objetivo de diminuir os riscos de deterioração e aumentar sua vida útil, nos produtos de longa vida de prateleira como uma importante ferramenta para melhorar a qualidade sem sacrificar sua estabilidade microbiológica ou como um novo processo de preservação para obtenção de novos alimentos minimamente processados.

As etapas de preparo, como descascamento, corte e remoção de sementes, e a conseqüente manipulação a que são submetidas as frutas e hortaliças minimamente processadas podem acelerar a degradação do produto, resultando numa curta vida de prateleira. A influência prejudicial dessas operações tem sido

atribuída principalmente à liberação de enzimas devido ao rompimento dos tecidos e à exposição da superfície do produto ao oxigênio e à possível contaminação microbiológica (AHVENAINEN, 1996; HOWARD e HERNANDEZ-BRENES, 1998; PARK, CHO e LEE, 1998; PIGA et al., 2000).

Devido a essa facilidade de degradação, vários estudos têm sido realizados com o objetivo de alcançar melhor qualidade e extensão da vida de prateleira dos produtos minimamente processados, através da utilização de processamentos brandos, de acordo com o conceito da tecnologia de barreiras. A aplicação dessa tecnologia tem sido direcionada principalmente à utilização de aditivos, como antioxidantes, antimicrobianos e agentes protetores de textura, em combinação ou não a depressores de atividade de água, no emprego de embalagens sob atmosfera modificada e refrigeração e em tratamentos térmicos brandos associados à adição de aditivos.

O acondicionamento de frutas e hortaliças minimamente processadas em embalagens sob atmosfera modificada, visando sua conservação e conseqüente extensão da sua vida útil, é fundamentado na inibição dos processos metabólicos associados ao amadurecimento e senescência desses produtos.

A respiração é um processo metabólico responsável pelo suprimento de energia para a ocorrência dos processos bioquímicos das plantas, que consiste na quebra oxidativa das reservas orgânicas (carboidratos, lipídeos e ácidos orgânicos) produzindo dióxido de carbono e água com liberação de energia (OLIVEIRA et al., 1998). A taxa de respiração e a produção de etileno de algumas frutas e hortaliças à temperatura de 20°C são apresentadas na Tabela 2.1.

Sabe-se que as altas taxas de respiração estão diretamente relacionadas aos processos de amadurecimento e conseqüente deterioração ocorridos após a colheita das frutas e hortaliças e que as injúrias causadas pelo processamento mínimo favorecem o aumento das mesmas. Portanto, baixos níveis de oxigênio e/ou elevados níveis de dióxido de carbono na atmosfera de armazenagem desses produtos podem diminuir a taxa respiratória, retardando o amadurecimento e proporcionando uma maior vida de prateleira.

Tabela 2.1. Taxa de respiração e produção de etileno de frutas e hortaliças

Fruta ou Hortaliça	Taxa de Respiração (ml CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Produção de Etileno (µl C ₂ H ₄ kg ⁻¹ h ⁻¹)
Figo	20 – 30	4 – 6
Goiaba	10 – 70	1 – 20
Mamão	15 – 35	1 – 15
Kiwi	15 – 20	50 – 100
Manga	35 – 80	0,5 – 8,0
Uva	12 – 15	< 0,1
Abacaxi	8 – 10	< 0,2
Tomate	12 – 22	4,3 – 4,9
Brócolis	140 – 160	< 0,1
Pepino	7 – 24	0,1 – 1,0
Espinafre	86 – 143	<0,1

Fonte: CRISOSTO, MITCHAM e KADER, 2000; KADER, 2000; SUSLOW e CANTWELL, 2000.

De acordo com Ahvenainen (1996), o princípio básico da embalagem sob atmosfera modificada é que esta pode ser alcançada de forma passiva usando materiais de embalagem permeáveis, ou de forma ativa usando uma mistura específica de gás, juntamente ao material de embalagem permeável. O objetivo dos dois princípios é criar uma composição de gás ideal dentro da embalagem, onde a atividade respiratória do produto seja a menor possível, mas os níveis de oxigênio e dióxido de carbono não sejam prejudiciais ao mesmo.

Algumas condições de atmosfera de armazenagem recomendadas para algumas frutas e hortaliças inteiras são apresentadas por Crisosto, Mitcham e Kader (2000), Kader (2000) e Suslow e Cantwell (2000), entre elas, 5-10%O₂+15-20%CO₂ para figos, 2-5%O₂+1-3%CO₂ para uvas, 7-10%O₂+5-10%CO₂ para espinafres, 1-2%O₂+5-10%CO₂ para brócolis, 3-5%O₂+10%CO₂ para pepinos, 2-5%O₂ para goiabas e 3-5%O₂+5-8%CO₂ para mamões.

Nas embalagens sob atmosfera modificada, após o estabelecimento do equilíbrio gasoso, o dióxido de carbono produzido pelo produto na respiração é transferido para a atmosfera externa e o oxigênio consumido pelo produto é suprido pela mesma. Inicialmente, a taxa de respiração do produto é muito maior

que a permeabilidade da embalagem aos gases O₂ e CO₂. Os gradientes de concentração dos gases através da embalagem também são pequenos. Conseqüentemente, nesse estágio inicial, os fluxos gasosos através da embalagem não são suficientes para compensar os fluxos gasosos promovidos pela respiração, resultando no acúmulo de CO₂ e redução de O₂ dentro da embalagem, e no aumento dos gradientes de concentração dos gases através da mesma, provocando um aumento nas taxas de troca gasosa. Eventualmente, as diferenças entre os fluxos da respiração e os fluxos gasosos através da embalagem desaparecem e concentrações constantes de oxigênio e dióxido de carbono são estabelecidas dentro da embalagem (LEE et al., 1996).

A utilização de embalagens sob atmosfera modificada para o acondicionamento de pimentas jalapeño minimamente processadas foi estudada por Howard e Hernandez-Brenes (1998). Os autores afirmam que o processamento mínimo (lavagem, descascamento e corte) prejudica os atributos de qualidade (cor, textura e umidade) e degrada as substâncias antioxidantes, devido ao rompimento dos tecidos e à maior exposição ao oxigênio. No entanto, o uso da embalagem sob atmosfera modificada combinada à refrigeração resultou numa maior preservação desses atributos, quando comparada à estocagem em ar atmosférico.

De acordo com Agar et al. (1999), o aumento na ocorrência das reações bioquímicas, como aumento da taxa de respiração e produção de etileno, causadas pelo descascamento, corte e outras injúrias mecânicas nas frutas minimamente processadas, está relacionado com as mudanças de cor, sabor, textura, qualidade nutricional e suscetibilidade à desidratação. Em um estudo com fatias de kiwis, verificaram que a temperatura de estocagem, o grau de dano do tecido e a composição de gás da atmosfera de armazenagem foram fatores primordiais para a retenção da qualidade dos frutos, obtendo uma vida de prateleira de 9 a 12 dias quando tratados com soluções de cálcio e armazenados sob atmosfera modificada, com baixos teores de oxigênio e elevados teores de dióxido de carbono, e refrigeração.

Habibunnisa et al. (2001) verificaram que abóboras minimamente processadas, tratadas com soluções antimicrobianas contendo ácido cítrico (0,2%) e metabissulfito de potássio (0,1%), podem ser estocadas pelo período de 25 dias à temperatura de 5°C sob condições de atmosfera modificada (sacos de polietileno de baixa densidade), com mínima perda de peso e com mudanças inexpressivas nos constituintes bioquímicos, como vitamina C, sólidos solúveis, umidade, carotenóides e acidez, possibilitando a retenção da qualidade das abóboras frescas e sendo também seguras do ponto de vista microbiológico.

A qualidade de goiabas minimamente processadas, desidratadas osmoticamente e embaladas sob atmosfera modificada passiva (embalagens de polietileno tereftalato PET) foi avaliada por Pereira et al. (2004). Os autores verificaram que a atmosfera modificada preveniu a perda de peso das frutas e promoveu a manutenção dos atributos de qualidade do produto, como cor e textura, durante 24 dias de estocagem à temperatura de 5°C, obtendo também um produto com boas características microbiológicas.

Soliva-Fortuny et al. (2001) e Soliva-Fortuny et al. (2002) afirmam que a estocagem refrigerada sob baixos teores de oxigênio e altos teores de dióxido de carbono é capaz também de retardar a atividade enzimática, inibindo o escurecimento de pêras e maçãs minimamente processadas. Durante a estocagem sob diferentes condições de atmosfera modificada verificaram que a atividade da enzima polifenol oxidase é bastante reduzida, resultando na preservação da cor das frutas por várias semanas.

De acordo com Bai, Saftner e Watada (2003), a embalagem sob atmosfera modificada é considerada um dos métodos mais eficientes para a extensão da vida de prateleira de frutas e hortaliças inteiras ou minimamente processadas. Estudando cubos de melões, colhidos em diferentes estações do ano (verão e inverno), embalados em atmosfera modificada passiva, atmosfera modificada ativa (5 kPa O₂ + 5 kPa CO₂) e embalagem perfurada (ar atmosférico), verificou que o uso das embalagens sob atmosfera modificada associada à temperaturas de refrigeração (5 e 10°C) retardou a deterioração dos melões minimamente

processados, obtendo uma vida de prateleira de 11 dias. Os autores verificaram também uma maior eficiência da embalagem ativa em comparação a embalagem passiva, porém, a época de colheita das frutas não influenciou a vida de prateleira dos cubos de melão, apesar dos diferentes atributos de qualidade apresentados pelos melões colhidos no verão e no inverno.

O sucesso da utilização da embalagem sob atmosfera modificada depende de vários fatores como: boa qualidade da matéria-prima, boas práticas de fabricação, uso de material de embalagem adequado, correta mistura de gases utilizada e refrigeração do produto, como afirmado por Martinez-Ferrer et al. (2002). Obedecendo a esses pré-requisitos, a atmosfera modificada é capaz de retardar a deterioração natural das frutas e hortaliças, no entanto, não há uma melhora em relação à qualidade inicial do produto. Em seu estudo com mangas e abacaxis minimamente processados, os autores verificaram que o uso da atmosfera modificada ativa (10%CO₂ e 4%O₂) manteve boas características de cor, textura, aroma e sabor após 25 dias de estocagem das frutas a 5°C, não prejudicando também a qualidade sensorial, quando comparadas às frutas frescas, além de inibir o crescimento microbiológico.

Serrano et al. (2006) atribuem ao uso da atmosfera modificada, associada à refrigeração, não apenas a extensão da vida de prateleira de frutas e hortaliças, mas também a manutenção de seus componentes com propriedades funcionais. Em seu estudo com brócolis, verificaram que o acondicionamento em filmes de polipropileno, com permeabilidades seletivas ao O₂ e ao CO₂, sob temperatura de 1°C, resultou na manutenção dos parâmetros de qualidade, como cor, textura e perda de peso, como também foi capaz de preservar as propriedades funcionais dessa hortaliça, através da manutenção da sua atividade antioxidante e da retenção de seus componentes fenólicos e teores de ácido ascórbico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento experimental do trabalho consistiu da avaliação das condições de processo, visando a melhora da qualidade das goiabas osmoticamente desidratadas, e do estudo da vida de prateleira das goiabas submetidas a diferentes condições de desidratação osmótica.

Para a avaliação das condições de processo, inicialmente escolheram-se o xarope de maltose e o sal de cálcio utilizados no tratamento osmótico das goiabas. A seguir, foram avaliados o efeito do tipo e concentração de açúcar e o emprego do sal lactato de cálcio, como agente protetor de textura, no processo osmótico das goiabas, com soluções de sacarose e maltose. Selecionaram-se então, algumas condições de processo para verificar a ação dos íons Ca^{+2} na manutenção da estrutura celular das goiabas osmoticamente desidratadas, através de ensaios de microestrutura e verificou-se a interação entre esses íons e a matriz péctica presente no tecido das goiabas por calorimetria diferencial de varredura.

Durante o estudo da vida de prateleira, as goiabas submetidas a diferentes condições de desidratação osmótica, selecionadas anteriormente, foram acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada passiva, armazenadas sob refrigeração e avaliadas periodicamente em relação aos atributos de qualidade, como cor, textura, perda de peso e contaminação microbiana, sendo também verificada a aceitação do produto pelo consumidor, através de análise sensorial.

3.1. Material

Matéria-prima

Utilizaram-se goiabas vermelhas “Paluma” (*Psidium guajava* L.) (Figura 3.1 e Tabela 3.1), fornecidas pela Indústria Val Frutas, localizada na cidade de Vista Alegre do Alto, SP, Brasil. As frutas foram selecionadas, fornecendo amostras padronizadas de acordo com o grau de maturação (7-8 °Brix e 80% da cor da casca amarela), tamanho e formato ($7,8 \pm 0,4$ cm de comprimento, $6,7 \pm 0,2$ cm de diâmetro, $1,0 \pm 0,1$ cm de espessura do pericarpo e peso de $152,0 \pm 7,8$ g).



Figura 3.1. Goiaba cultivar “Paluma”.

Tabela 3.1. Composição da goiaba (cultivar “Paluma”)

Análise	Valor Médio (%)	Método
Umidade (base úmida)	$87,26 \pm 0,48$	Ranganna (1977)
Cinzas	$0,54 \pm 0,03$	Ranganna (1977)
Proteínas	$1,42 \pm 0,06$	Ranganna (1977)
Lipídeos	$0,31 \pm 0,05$	Bligh and Dyer (1959)
Açúcares Totais	$2,80 \pm 0,31$	Ranganna (1977)
Fibras	6,91	***
Acidez Total (g ácido cítrico/100 g)	$0,76 \pm 0,01$	Ranganna (1977)

*** Valor determinado por diferença.

Agente Desidratante

As soluções desidratantes de sacarose, utilizadas no processo osmótico, foram preparadas com água destilada e sacarose comercial (Copersucar União, Piracicaba, SP, Brasil) em concentrações de 40, 50 e 60ºBrix.

Os xaropes de milho de alta maltose Maltegit[®] 63/82 da Cargill SA. (Mairinque, SP, Brasil), Mor-Sweet[®] 1557 e Mor-Rex[®] 1557 da Corn Products Brasil (São Paulo, SP, Brasil) (Apêndice A), foram avaliados para a escolha do xarope de maltose utilizado nos experimentos. As soluções de maltose foram preparadas com água destilada e o xarope de milho de alta maltose selecionado, nas mesmas concentrações das soluções de sacarose.

Foram adicionados os sais lactato ou cloreto de cálcio (em grau analítico) nas soluções dos diferentes açúcares, em concentrações de 0 a 2,5% (p/p).

Agente Sanitizante

A sanitização da matéria-prima foi feita com o Desinfetante Clorado para Verduras e Frutas Sumaveg (Diversey Lever, SP, Brasil), nas concentrações de 0,55 e 0,20% (p/v). Componente químico: Dicloro S. Triazinatriona Sódica Dihidratada com 3% de cloro ativo.

Embalagem

Embalagens rígidas de polietileno tereftalato (PET) com tampa acoplada (Figura 3.2), com capacidade de 350ml, da marca Galvanotek (Carlos Barbosa, RS, Brasil), com taxa de permeabilidade ao oxigênio de 6cm³/embalagem/dia a 23°C e 0,21atm e taxa de permeabilidade ao vapor de água de 0,243g/embalagem/dia a 38°C e 90%UR, foram utilizadas para o acondicionamento das frutas. Essas embalagens foram escolhidas com base no trabalho prévio realizado por Pereira (2002).



Figura 3.2. Embalagem de polietileno tereftalato (PET).

3.2. Métodos

3.2.1. Preparo da Matéria-prima

As goiabas, previamente selecionadas, foram lavadas em água corrente e imersas em solução sanitizante a 0,55% (p/v) do Desinfetante Clorado Sumaveg, durante 10 minutos, descascadas por tratamento químico, segundo Argandoña (1999), através da imersão por 45 a 50s em solução de hidróxido de sódio a 2% (p/v) pré-aquecida a 65°C, lavadas em água corrente e imersas novamente na solução sanitizante a 0,55% (p/v), por 10 minutos. Em seguida, foram cortadas em metades e as partes internas foram removidas, utilizando-se acessórios de aço inoxidável (PEREIRA, 2002).

3.2.2. Desidratação Osmótica

As metades de goiaba foram colocadas em frascos, contendo a solução desidratante de sacarose ou maltose nas concentrações de 40, 50 e 60°Brix, adicionadas ou não de lactato ou cloreto de cálcio em concentrações de 0,5 a 2,5% (p/p). As soluções foram previamente aquecidas a 40°C e a proporção fruta:solução utilizada foi de 1:10. Os frascos foram colocados em banho termostático (TE 420, Tecnal, Piracicaba, SP, Brasil), agitado a 120rpm, durante 2

horas. Após o processo, as metades de goiaba foram enxaguadas com a solução sanitizante Sumaveg a 0,20% (p/v) e colocadas sobre papel absorvente, para a remoção da solução em excesso (PEREIRA, 2002).

3.2.3. Escolha do Xarope de Maltose Utilizado no Processo Osmótico das Goiabas

Os xaropes de milho de alta maltose, disponíveis no mercado nacional, da marca Cargill (Maltegill® 63/82) e da marca Corn Products (Mor-Sweet® 1557 e Mor-Rex® 1557) foram avaliados para escolha do xarope de maltose utilizado na desidratação osmótica das goiabas.

Soluções à concentração de 60ºBrix desses xaropes foram preparadas utilizando-se água destilada, sendo as goiabas preparadas e osmoticamente desidratadas de acordo com os itens 3.2.1 e 3.2.2. O processo osmótico foi avaliado pela perda de peso (*PP*), perda de água (*PA*) e ganho de sólidos (*GS*) e as frutas foram analisadas através das determinações da atividade de água, umidade, acidez, açúcares totais e parâmetros reológicos. As análises foram realizadas em triplicata e o resultado final dado pela sua média e desvio padrão.

- Perda de Peso, Perda de Água e Ganho de Sólidos

A perda de peso (*PP*), perda de água (*PA*) e o ganho de sólidos (*GS*), resultantes do processo osmótico, foram calculados a partir das equações 3.1 a 3.3.

$$PP(\%) = 100 \left(1 - \frac{m_f}{m_i} \right) \quad (3.1)$$

$$PA(\%) = 100 \left(\frac{U_{bui} \cdot m_i - U_{buf} \cdot m_f}{m_i} \right) \quad (3.2)$$

$$GS(\%) = 100 \left(\frac{S_f \cdot m_f - S_i \cdot m_i}{m_i} \right) \quad (3.3)$$

onde m_i =massa inicial do produto, m_f =massa final (após processo osmótico) do produto, U_{bui} =teor de umidade (base úmida) inicial do produto, U_{buf} =teor de umidade (base úmida) final do produto, S_i =teor de sólidos inicial do produto, S_f =teor de sólidos final do produto.

As variações de peso foram obtidas pesando as amostras antes e depois do tratamento osmótico e os teores de umidade e de sólidos foram determinados segundo AOAC (2002).

- Determinação da Atividade de Água

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

- Determinação da Umidade

A determinação da umidade das amostras foi feita utilizando estufa a vácuo a 70°C e 100mmHg, até as amostras atingirem peso constante, segundo AOAC (2002).

- Determinação da Acidez

A acidez das amostras foi determinada por método titulométrico, segundo Ranganna (1977).

- Determinação de Açúcares Totais

O teor de açúcares totais das amostras foi determinado por método titulométrico, segundo a metodologia de Lane & Eynon (RANGANNA, 1977).

- Determinação dos Parâmetros Reológicos

Com o objetivo de avaliar a textura das goiabas, foram determinados os parâmetros reológicos tensão e deformação na ruptura, tempo de relaxação e

tensão residual das amostras, com o auxílio do texturômetro Universal Testing Machine (TA.XT2i Texture Analyzer, Stable Micro Systems, Surrey, England).

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 de 30mm de diâmetro lubrificada com silicone, a uma velocidade de compressão de 1mm/s até 70% de deformação da amostra. Os dados de força e altura, obtidos deste ensaio, foram convertidos à tensão (σ_H) e deformação (ε_H) de Hencky, de acordo com as equações 3.4 e 3.5.

$$\sigma_H = \frac{F(t)}{A(t)} \quad (3.4)$$

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

onde $F(t)$, $A(t)$ e $H(t)$ são a força (N), área (m²) e altura (m) da amostra em função do tempo t (s), respectivamente, e H_0 é a altura inicial da amostra (m).

A tensão e a deformação na ruptura foram calculadas pelo valor do pico da curva tensão-deformação (COSTELL, FISZMAN e DURAN, 1997).

O tempo de relaxação e a tensão residual foram determinados através de um ensaio de compressão uniaxial a baixas deformações da amostra, utilizando a mesma placa acrílica de 30mm de diâmetro, a uma velocidade inicial de 7mm/s, mantendo as amostras a 5% de deformação por 600s. A curva tensão-relaxação obtida foi linearizada (equação 3.6) de acordo com Peleg (1980) e o tempo de relaxação (τ) e a tensão residual (S_r) foram calculados usando as constantes k_1 (elemento viscoso) e k_2 (elemento elástico), segundo as equações 3.7 e 3.8 (LEWICKI e LUKASZUK, 2000).

$$\frac{\sigma_0 \cdot t}{\sigma_0 - \sigma_t} = k_1 + k_2 \cdot t \quad (3.6)$$

$$\tau = \frac{k_1}{4 - k_2} \quad (3.7)$$

$$S_r = 1 - \frac{1}{k_2} \quad (3.8)$$

onde σ_0 e σ_t são a tensão inicial (Pa) e a tensão e função do tempo t (s), respectivamente.

Amostras cilíndricas de 10mm de diâmetro, retiradas da parte central das metades de goiaba, foram utilizadas nestes ensaios.

3.2.4. Escolha do Sal de Cálcio Utilizado no Processo Osmótico das Goiabas

Os sais lactato e cloreto de cálcio foram avaliados para escolha do melhor sal de cálcio utilizado na desidratação osmótica das goiabas, visando a preservação da estrutura celular das frutas, sem prejudicar a aceitação sensorial do produto.

Soluções desidratantes de sacarose à concentração de 60°Brix foram preparadas com a adição de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5% (p/p) de cloreto ou lactato de cálcio, sendo as amostras preparadas e osmoticamente desidratadas de acordo com os itens 3.2.1 e 3.2.2. As frutas foram avaliadas em relação às propriedades reológicas, segundo item 3.2.3, estrutura, através de microscopia ótica, e aceitação sensorial, para escolha do sal de cálcio. O processo osmótico foi ainda avaliado pela perda de peso (*PP*), perda de água (*PA*) e ganho de sólidos (*GS*), como descrito no item 3.2.3, e o teor de cálcio das frutas foi determinado. Frutas frescas também foram avaliadas quanto às propriedades reológicas, estrutura e teor de cálcio para efeito de comparação. A *PP*(%), *PA*(%) e o *GS*(%) resultantes do processo e o teor de cálcio das amostras foram avaliados em triplicata e para os parâmetros reológicos, 5 repetições para cada tipo de amostra foram realizadas, sendo o resultado final dado pela média das repetições e seu desvio padrão.

- Teor de Cálcio

Para a quantificação do cálcio presente nas amostras foi utilizado um espectrômetro de emissão atômica com fonte de plasma indutivamente acoplado, modelo ICP 2000 (BAIRD, Massachusetts, USA) (AOAC, 2002).

- Ensaio de Microscopia Ótica

Amostras, medindo aproximadamente 5x5x3mm, retiradas da porção média do mesocarpo das goiabas (Figura 3.3), foram fixadas em solução contendo 4% (v/v) de glutaraldeído, 0,2M de fosfato de potássio, 0,1M ácido cítrico monohidratado e 4% (p/v) de sacarose a pH 7,0 e, a seguir, foram 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 e soluções alcoólicas a 70 e 100% sem adição do açúcar.

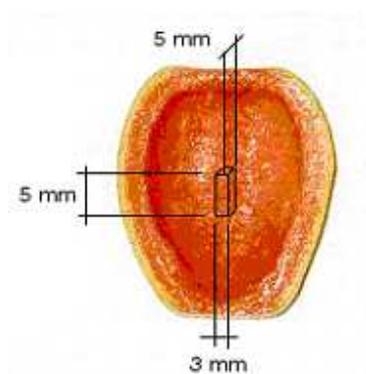


Figura 3.3. Esquema da retirada das amostras para análises microscópicas.

As amostras desidratadas (série alcoólica-etílica) foram infiltradas em resina hidroxietil metacrilato (HistoResin, Leica Microsystems-Jung, Heidelberg, Alemanha), seccionadas a 8 μ m 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) (O'BRIEN, FEDER e McCULLY, 1964). As amostras foram observadas em microscópio ótico Olympus, modelo BX 51 (Olympus Optical CO., Tokyo, Japão) (BRON, 2001).

- Análise Sensorial

O produto foi submetido a uma análise sensorial de aceitação, utilizando-se escala hedônica não estruturada de 9cm, ancorada nos extremos pelos termos “Desgostei muitíssimo” à esquerda e “Gostei muitíssimo” à direita, sendo avaliado em relação à cor, aroma, sabor, textura e impressão global por 30 provadores não treinados, consumidores de goiaba (Apêndice B). A nota média de 4,5 foi considerada o limite de aceitação do produto. A intenção de compra do consumidor também foi avaliada.

A análise foi realizada em cabines individuais, sendo as amostras fornecidas aos provadores de forma monádica, em pires brancos codificados com 3 dígitos aleatórios (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999; STONE e SIDEL, 1993).

3.2.5. Ensaio de Desidratação Osmótica com Soluções de Sacarose e Maltose Adicionadas de Lactato de Cálcio

Ensaio de desidratação osmótica foram realizados, variando-se o tipo (sacarose e maltose) e concentração de açúcar e a concentração de lactato de cálcio, para verificar o efeito dessas variáveis na cor, nos parâmetros reológicos e na aceitação sensorial do produto osmoticamente desidratado. Neste ensaio, foram utilizadas três concentrações de açúcar 40, 50 e 60ºBrix e seis concentrações de lactato de cálcio 0; 0,3; 0,6; 0,9; 1,2 e 1,5% (p/p), sendo realizadas todas as combinações possíveis. Esses ensaios também seguiram os procedimentos descritos nos itens 3.2.1 e 3.2.2.

- Determinação da Cor

A cor foi avaliada através do sistema de leitura de três parâmetros, o CIELAB, proposto pela Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) em 1971. Os parâmetros L^* , a^* e b^* foram fornecidos pelo espectrofotômetro de bancada Color Quest II, marca HunterLab (Reston, VA, U.S.A.), onde L^* define a luminosidade ($L^*=0$ preto e $L^*=1$ branco) e a^* e b^* são responsáveis pela cromaticidade ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde), b^* ($+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul). Foi utilizado o módulo de calibração de Reflectância Especular Excluída (RSEX), com o iluminante D65 e

um ângulo de observação de 10° (CALVO e DURAN, 1997). Os parâmetros de cor foram determinados para a parte interna da fruta.

- Determinação dos Parâmetros Reológicos

A determinação dos parâmetros reológicos das frutas foi realizada como descrito no item 3.2.3.

Os valores dos parâmetros reológicos e de cor das frutas processadas, obtidos em 5 repetições, foram normalizados em relação aos valores da fruta fresca para minimizar a variabilidade entre os lotes de goiaba utilizados no experimento. O resultado final foi dado pela média dos valores normalizados e seu desvio padrão.

- Análise Sensorial

A impressão global do consumidor em relação ao produto osmoticamente desidratado, submetido às diferentes condições de processo, foi avaliada utilizando-se o procedimento apresentado no item 3.2.4.

3.2.6. Avaliação Estrutural das Goiabas Através de Ensaio de Microscopia e Calorimetria

A avaliação estrutural das goiabas foi feita através de ensaios de microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura. Para isso, foram selecionadas algumas condições do processo osmótico, estudadas anteriormente, levando-se em consideração o tipo e a concentração de açúcar e a adição do sal de cálcio. Foram utilizadas, neste experimento, goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose em concentrações de 40 e 60°Brix, adicionadas ou não de 1,5% (p/p) de lactato de cálcio, utilizando goiabas frescas como controle. Para essas condições de processo osmótico, ainda foram avaliados a perda de peso (*PP*), perda de água (*PA*) e ganho de sólidos (*GS*) decorrentes do processo e teor de cálcio das amostras. Ensaio de calorimetria diferencial de varredura foram também realizados com o objetivo de verificar a interação entre os íons Ca^{+2} e a matriz pectínica presente nos tecidos vegetais das goiabas.

Fotos panorâmicas das amostras submetidas aos diferentes tratamentos, utilizando a metodologia de microscopia ótica, foram avaliadas com o objetivo de verificar o efeito da desidratação osmótica e da adição de cálcio em toda a extensão da fruta (da polpa da fruta que esteve em contato com a solução desidratante até a região onde se retirou a casca). Neste ensaio, as fotos foram tiradas em seqüência, varrendo toda a superfície da amostra.

A preparação das amostras e o processo osmótico foram feitos conforme os itens 3.2.1 e 3.2.2. As determinações da perda de peso, perda de água, ganho de sólidos e teor de cálcio das amostras, realizadas em triplicata, e as análises de microscopia ótica seguiram os procedimentos dos itens 3.2.3 e 3.2.4. Cinco repetições foram realizadas para os ensaios de calorimetria diferencial de varredura, sendo apresentado como resultado final a média das repetições.

- Ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura

Para os ensaios de microscopia eletrônica de varredura, inicialmente otimizou-se a metodologia de preparação das amostras para, após a escolha desta metodologia, realizar as análises microscópicas.

a) Otimização da Metodologia de Preparação das Amostras

Amostras, medindo aproximadamente 5x5x1mm, foram retiradas da porção média do mesocarpo das goiabas (Figura 3.3, item 3.2.4), e submetidas a duas diferentes metodologias de preparação para as análises de microscopia eletrônica de varredura, com o objetivo de definir a melhor forma de preparação para o produto estudado. As metodologias utilizadas foram: (1) Amostras fixadas em solução contendo 4% (v/v) de glutaraldeído, 0,2M de fosfato de potássio, 0,1M ácido cítrico monohidratado e 4% (p/v) de sacarose a pH 7,0, desidratadas em série alcoólico-etílica até álcool 100%, com adição de 4% de sacarose até álcool 50%, secas em ponto crítico de CO₂ e cobertas com ouro (BRON, 2001; DEL VALLE, ARÁNGUIZ e LEÓN, 1998) e (2) Amostras congeladas em nitrogênio líquido e liofilizadas (FONSECA et al., 2004).

Para a visualização, as amostras submetidas às duas diferentes preparações (1) e (2) foram montadas em stubs e analisadas em microscópio eletrônico, modelo JSM-5600LV (JEOL, Tokyo, Japão).

b) Análises Microscópicas

Definida a metodologia de preparação das amostras para as análises de microscopia eletrônica de varredura, amostras, medindo aproximadamente 5x5x5mm, foram retiradas da porção média do mesocarpo das goiabas (Figura 3.3, item 3.2.4), fixadas e desidratadas em série alcoólico-etílica. A seguir, foram cortadas, com auxílio de uma lâmina, retirando uma fina camada da parte externa da amostra que esteve em contato com o fixador e com a solução alcoólica desidratante, congeladas a -80°C, montadas em stubs e visualizadas a -25°C em microscópio eletrônico JEOL JSM-5600LV (Tokyo, Japão) com uma unidade de resfriamento acoplada, de acordo com metodologia descrita por Fonseca et al. (2004).

- Ensaio de Calorimetria Diferencial de Varredura

A calorimetria diferencial de varredura foi utilizada para verificar a interação entre os íons Ca^{+2} e a matriz pécica existente no tecido das goiabas. Devido à grande complexidade dos tecidos vegetais, a parede celular das goiabas foi extraída, sendo utilizada como sistema modelo para o conhecimento das alterações estruturais decorrentes do processo osmótico. A extração do material da parede celular das goiabas foi feita segundo método descrito por Mitcham e McDonald (1992), com algumas modificações feitas pela equipe de pesquisadores do Laboratório de Bioquímica de Frutos do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (VILAS BOAS, 1998).

a) Extração da Parede Celular

A polpa da fruta (300g) foi homogeneizada com 300ml de etanol a 80% (v/v), sendo a mistura filtrada a vácuo. O resíduo obtido foi lavado com 600ml de tampão fosfato (50 mM, pH 6,8) e adicionou-se 200ml da mistura fenol: ácido acético: água (2:1:1, v/v), mantendo-se em repouso por 20 minutos, para posterior

filtração. O resíduo foi lavado novamente com tampão fosfato (60ml) e, após filtração, o material da parede celular foi lavado sucessivamente com 200ml da mistura clorofórmio: metanol (1:1, v/v), filtrado a vácuo e, a seguir, com 600ml acetona para secagem do material (VILAS BOAS, 1998).

b) Calorimetria Diferencial de Varredura

Para as análises calorimétricas utilizou-se um calorímetro diferencial de varredura TMDSC 2920 (TA Instruments, New Castle, USA), com uma unidade de resfriamento mecânico acoplada, operando no modo convencional. Nestes ensaios, a temperatura de fusão da pectina, presente na parede celular das goiabas, foi determinada com o objetivo de verificar a interação entre os íons Ca^{+2} e a matriz pécica existente nos tecidos vegetais.

A calibração da linha base foi feita através de uma varredura de temperatura, na mesma taxa de aquecimento utilizada nos ensaios de fusão da pectina. A calibração do equipamento foi realizada utilizando índio como padrão (temperatura de fusão $156,5^{\circ}\text{C}$ e entalpia de fusão $28,5\text{J/g}$) e uma cápsula vazia como referência.

A purga da célula foi feita com hélio a 25ml/min e o resfriamento mecânico com gás nitrogênio a 150ml/min . A taxa de aquecimento utilizada foi de 10°C/min e a faixa de temperatura avaliada foi de 25 a 220°C .

Amostras da parede celular das goiabas frescas e osmoticamente desidratadas, previamente secas em estufa a 60°C e colocadas em dessecadores contendo pentóxido de fósforo para a remoção completa de água, foram prensadas, em torno de 8mg , em cápsulas de alumínio herméticas (TA Instruments, New Castle, USA) para a realização dos ensaios. Amostras de pectina comercial fornecida pela CP Kelco Brasil S/A (Limeira, SP, Brasil) também foram avaliadas para verificação da temperatura de fusão da pectina isolada, obtendo assim uma estimativa da temperatura do evento térmico em estudo.

A temperatura de início da fusão (T_i) foi considerada como a temperatura calculada a partir da máxima tangente da curva de fluxo de calor entre os limites de temperatura do evento térmico. A temperatura de fusão (T_p) foi considerada

como a temperatura correspondente ao pico endotérmico observado nos termogramas (IIJIMA et al., 2000).

3.2.7. Estudo da Vida de Prateleira das Goiabas Osmoticamente Desidratadas Acondicionadas em Embalagens sob Atmosfera Modificada

Goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose a 60°Brix, adicionadas ou não de 1,5% de lactato de cálcio, foram acondicionadas em embalagens rígidas de polietileno tereftalato (PET) com tampa acoplada (Figura 3.2) e estocadas à temperatura de 5°C em estufas BOD (Biologic Oxygen Demand) de temperatura controlada (TE 391, Tecnal, SP, Brasil), durante 24 dias. Duas metades de goiaba dos diversos tratamentos foram colocadas nas embalagens, pesando aproximadamente 70g. Durante a estocagem, as goiabas foram avaliadas periodicamente (0, 7, 13, 17, 21 e 24 dias) em relação à cor, parâmetros reológicos, perda de peso, contaminação microbiológica e atributos sensoriais, sendo também determinada a composição gasosa no interior das embalagens, nos definidos tempos de estocagem.

Para este ensaio, as amostras foram preparadas, osmoticamente desidratadas e avaliadas quanto à cor, parâmetros reológicos e atributos sensoriais segundo as metodologias apresentadas nos itens 3.2.1 a 3.2.5. As análises foram realizadas em triplicata e o resultado final dado pela sua média e desvio padrão.

- Composição Gasosa

A composição gasosa no interior das embalagens foi medida em um analisador de gases Dual Head Space Analyser, modelo 650 (Mocon, Minneapolis, MN, U.S.A.).

- Análise Microbiológica

As amostras foram examinadas quanto ao desenvolvimento de bolores, leveduras e bactérias lácticas, por serem os principais microrganismos deteriorantes capazes de se desenvolver nas goiabas. Além disso, a contaminação por coliformes e *Salmonella* também foi avaliada no início da vida

de prateleira, para avaliar as condições higiênicas da matéria-prima utilizada e do processamento realizado. As análises microbiológicas foram feitas de acordo com a metodologia descrita por Downes e Ito (2001).

Segundo a Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional da Vigilância Sanitária, para frutas, produtos de frutas e similares, frutas desidratadas com ou sem adição de açúcar é necessário ausência de *Salmonella* em 25g e no máximo 10²UFC/g de coliformes a 45°C.

- Perda de Peso

A perda de peso das goiabas, ao longo da vida de prateleira, foi determinada pela diferença de peso das embalagens contendo as amostras nos tempos de estocagem, sendo calculada a partir da equação 3.9.

$$PP(\%) = 100 \left(1 - \frac{p_f}{p_i} \right) \quad (3.9)$$

onde p_i =peso do conjunto embalagem/amostra no tempo inicial, p_f = peso do conjunto embalagem/amostra no tempo final.

- Análise Sensorial

Durante o estudo da vida de prateleira, seguiu-se o mesmo procedimento das análises sensoriais realizadas anteriormente, item 3.2.4, porém a avaliação do produto foi realizada em duas etapas, sendo na primeira avaliados os atributos de aroma, sabor, textura, impressão global e intenção de compra e na segunda, a aparência e a cor.

A primeira etapa foi realizada em cabines individuais, sendo as amostras fornecidas aos provadores de forma monádica, em pires brancos codificados com 3 dígitos aleatórios, que foram mudados a cada análise realizada durante a vida de prateleira. Na segunda etapa, as amostras foram apresentadas aos provadores em blocos completos casualizados, na embalagem de acondicionamento, também codificada com números de 3 dígitos aleatórios, com o objetivo de mostrar a forma de apresentação do produto aos consumidores.

As diferenças entre as amostras submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos foram avaliadas pela Análise de Variância e o comportamento de cada atributo sensorial em função do tempo de estocagem foi avaliado através de uma Análise de Correlação.

3.2.8. Análise Estatística

Os resultados obtidos durante os experimentos foram avaliados estatisticamente através da Análise da Variância, aplicando o teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com o auxílio do programa STATISTICA 5.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Escolha do Xarope de Maltose Utilizado no Processo Osmótico das Goiabas

Os xaropes de milho de alta maltose estudados proporcionaram efeitos semelhantes no processo osmótico das goiabas. As frutas osmoticamente desidratadas com as soluções dos diferentes xaropes, Mor-Rex[®]1557, Mor-Sweet[®]1557 (Corn Products, em pó e líquido, respectivamente) e Maltegit[®]63/82 (Cargill) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) em relação à perda de peso, perda de água e ganho de sólidos (Tabela 4.1).

Valores um pouco superiores de perda de água e ganho de sólidos foram verificados quando o processo osmótico foi realizado com o xarope Maltegit[®]63/82, provavelmente devido à maior quantidade de açúcares de baixo peso molecular presente neste xarope (Apêndice A). Porém, essa diferença entre os xaropes estudados não foi estatisticamente significativa.

Além disso, o tipo de maltose utilizada no processo osmótico também não apresentou grande influência nas características do produto. As frutas osmoticamente desidratadas com as soluções dos diferentes xaropes apresentaram-se bastante semelhantes, não mostrando diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) em relação à maioria dos atributos avaliados. Apenas a atividade de água, umidade e teor de açúcares das amostras osmoticamente desidratadas apresentaram pequenas variações em relação ao tipo de xarope utilizado.

A partir desse resultado, pode-se concluir que todos os xaropes de alta maltose estudados foram adequados ao processo osmótico, não apresentando diferenças expressivas entre si, porém devido à maior facilidade na preparação da solução desidratante, optou-se pelo xarope de alta maltose da Cargill, Maltegit[®]63/82 para prosseguir o estudo.

Tabela 4.1. Características das goiabas osmoticamente desidratadas com soluções dos diferentes xaropes de milho de alta maltose

Análise	Mor-Rex®1557	Mor-Sweet®1557	Maltegitl®63/82
Atividade de Água	0,980 ± 0,002 ^a	0,971 ± 0,002 ^b	0,967 ± 0,003 ^b
Umidade base úmida (%)	77,63 ± 1,07 ^a	75,70 ± 1,89 ^{a,b}	73,70 ± 0,08 ^b
Acidez (%)	0,69 ± 0,01 ^a	0,70 ± 0,01 ^a	0,73 ± 0,05 ^a
Açúcares Totais (%)	11,23 ± 0,96 ^{a,b}	10,42 ± 0,42 ^b	12,76 ± 0,50 ^a
Tensão Ruptura (kPa)	73,05 ± 15,50 ^a	87,02 ± 6,08 ^a	83,73 ± 4,84 ^a
Deformação	0,487 ± 0,062 ^a	0,490 ± 0,015 ^a	0,497 ± 0,101 ^a
Tempo Relaxação (s)	15,34 ± 5,34 ^a	17,30 ± 5,99 ^a	17,93 ± 2,80 ^a
Tensão Residual	0,35 ± 0,06 ^a	0,38 ± 0,03 ^a	0,31 ± 0,03 ^a
Perda de Peso (%)	17,70 ± 1,25 ^a	17,00 ± 0,97 ^a	18,73 ± 2,07 ^a
Perda de Água (%)	19,25 ± 0,26 ^a	20,30 ± 2,28 ^a	23,24 ± 1,49 ^a
Ganho de Sólidos (%)	3,38 ± 0,93 ^a	2,87 ± 0,26 ^a	4,29 ± 0,70 ^a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si para p<0,05.

4.2. Escolha do Sal de Cálcio Utilizado no Processo Osmótico das Goiabas

- Teor de Cálcio

A goiaba *in natura* apresentou um teor de cálcio de $0,815 \pm 0,007$ g/kg massa seca, sendo que 70% desta quantidade de cálcio foi preservada durante o processo de desidratação osmótica com solução de sacarose a 60°Brix (Figura 4.1). A adição de sais de cálcio na solução de sacarose, utilizada no tratamento osmótico, resultou num aumento significativo da quantidade de cálcio das goiabas osmoticamente desidratadas, atingindo valores de até $7,800 \pm 0,052$ g/kg massa seca.

De acordo com Lewicki, Vu Le e Pomaranska-Lazuka (2002), o processo osmótico de tomates, pré-tratados em 2% de CaCl_2 por 24h, preservou mais de 50% do teor de cálcio das frutas e quando o tratamento osmótico foi feito na presença de cálcio (2% CaCl_2 adicionados na solução osmótica) um aumento substancial do conteúdo de cálcio dos tomates também foi verificado, apresentando valores em torno de 7 vezes maior que o do tomate fresco.

Verificou-se que quanto maior a concentração do sal de cálcio adicionada à solução osmótica, maior a incorporação dos íons Ca^{+2} durante o tratamento e que o uso do sal cloreto de cálcio promoveu uma maior incorporação desses íons, quando comparado ao uso do sal lactato de cálcio, resultando num teor de cálcio das frutas até duas vezes maior, quando utilizados na mesma concentração (Figura 4.1). Os teores de cálcio das goiabas tratadas com lactato de cálcio foram de $1,672 \pm 0,008$ a $4,341 \pm 0,051$ g/kg massa seca e para as frutas tratadas com cloreto de cálcio foram de $2,367 \pm 0,047$ a $7,800 \pm 0,052$ g/kg massa seca.

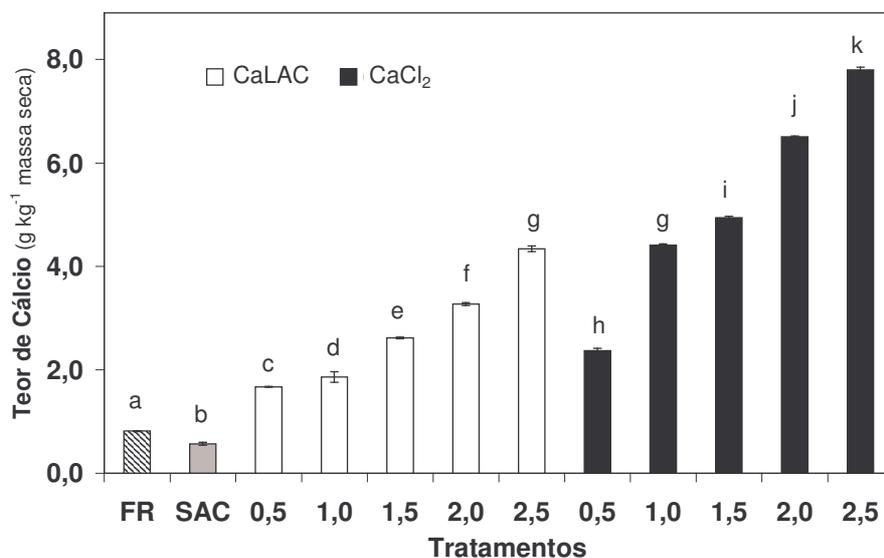


Figura 4.1. Teor de cálcio das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos. **FR:** sem tratamento osmótico; **SAC:** sacarose a 60ºBrix; **CaLAC 0,5 - CaLAC 2,5:** sacarose a 60ºBrix com adição de 0,5% a 2,5% de lactato de cálcio; **CaCl₂ 0,5 - CaCl₂ 2,5:** sacarose a 60ºBrix com adição de 0,5% a 2,5% de cloreto de cálcio. Colunas com a mesma letra não diferem entre si para $p < 0,05$.

- Perda de Peso, Perda de Água e Ganho de Sólidos

O processo de desidratação osmótica com soluções de sacarose a 60ºBrix causou uma perda de água (PA) em torno de 31% e uma incorporação de sólidos (GS) ao redor de 5% nas goiabas, com uma conseqüente perda de peso (PP) em torno de 26% (Figura 4.2).

A adição dos sais de cálcio na solução osmótica resultou num suave aumento, estatisticamente significativo ($p < 0,05$), da perda de água das frutas, apresentando valores em torno de 34%, porém a quantidade de água das goiabas foi mantida praticamente constante com o aumento da concentração de 0,5% a 2,5% do sal de cálcio, lactato ou cloreto de cálcio (Figura 4.2). Uma tendência ao aumento do teor de sólidos das goiabas também foi observada devido à adição de lactato de cálcio na solução osmótica (Figura 4.2a), porém apresentando diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) apenas na maior concentração de cálcio utilizada (2,5%), atingindo uma incorporação de sólidos em torno de 7%. No

entanto, esse aumento no ganho de sólidos não causou uma redução significativa na perda de peso do produto. A adição de cloreto de cálcio, por outro lado, não alterou o ganho de sólidos das frutas, resultando num comportamento da perda de peso similar ao observado para a perda de água (Figura 4.2b).

Lewicki, Vu Le e Pomaranska-Lazuka (2002) também observaram uma maior difusão de água e de açúcar em tomates pré-tratados com cálcio, submetidos aos processos de desidratação osmótica e secagem. A formação de uma estrutura aberta, devido às interações entre as moléculas de pectina através de ligações com íons cálcio, favoreceu o transporte de massa, resultando em maiores perda de água e incorporação de sólidos do produto.

De acordo com del Valle, Aránguiz e León (1998), as ligações entre as moléculas de pectina, presentes na parede celular de maçãs, e os íons Ca^{+2} deveriam ter resultado no aumento da resistência à transferência de massa durante o processo osmótico de maçãs pré-tratadas com cloreto de cálcio, porém esse comportamento não foi observado. As maiores perda de água e incorporação de açúcares, verificadas durante os experimentos, foram atribuídas aos danos na membrana celular das frutas, como um resultado do choque osmótico.

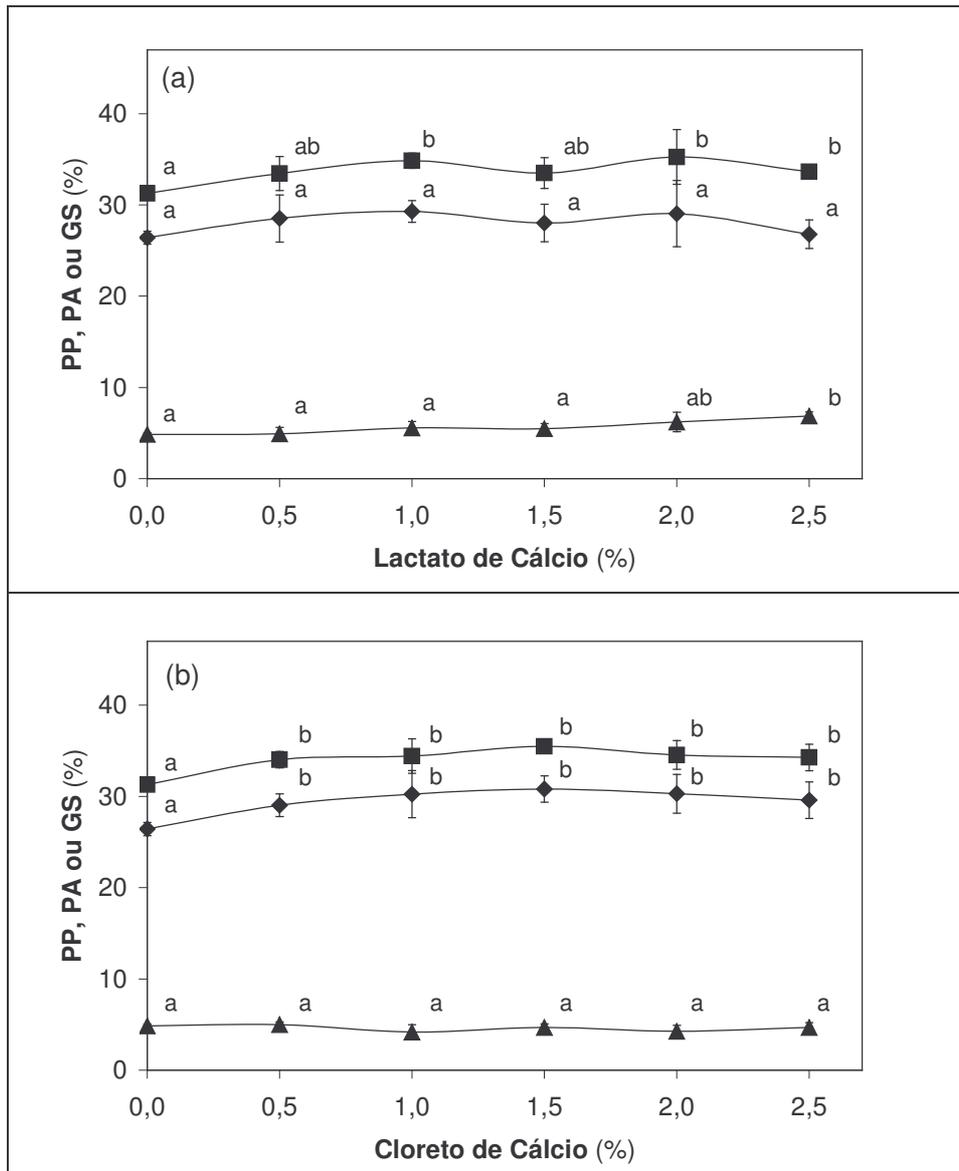


Figura 4.2. Perda de peso (◆), perda de água (■) e ganho de sólidos (▲) das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos. (a) Desidratação osmótica a 60°Brix com ou sem adição de lactato de cálcio; (b) desidratação osmótica a 60°Brix com ou sem adição de cloreto de cálcio. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas para $p < 0,05$.

- Parâmetros Reológicos

O processo osmótico com solução de sacarose causou um aumento da tensão de ruptura das goiabas, sendo este intensificado pela adição dos sais de cálcio, resultando numa característica mais acentuada de dureza das frutas (Figura 4.3a). Verificou-se que quanto maior a concentração de lactato de cálcio adicionada, maior a tensão de ruptura das frutas. Esse comportamento também foi verificado com a adição de cloreto de cálcio e ainda de forma mais intensa. Em termos comparativos, a adição de 0,5% de CaCl_2 correspondeu à adição de 2,0% de lactato de cálcio na tensão de ruptura das frutas, ou seja, o valor da tensão de ruptura da fruta tratada com 0,5% de CaCl_2 ($211,97 \pm 32,48\text{kPa}$) foi similar ao valor da fruta tratada com 2,0% de lactato de cálcio ($191,57 \pm 54,32\text{kPa}$), não apresentando diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$). Além disso, quando concentrações maiores que 0,5% de CaCl_2 foram usadas, a ruptura das amostras não ocorreu, impossibilitando a obtenção das propriedades mecânicas na ruptura.

A deformação das goiabas também foi influenciada pela desidratação osmótica e pela adição de sais de cálcio, porém de uma maneira um pouco menos pronunciada (Figura 4.3b). As goiabas osmoticamente desidratadas em solução de sacarose apresentaram maiores valores de deformação que as goiabas frescas, porém o efeito da adição de lactato de cálcio foi verificado apenas em concentrações superiores a 1,0%. As frutas tratadas com 0,5% de CaCl_2 e 2,0% de lactato de cálcio também apresentaram valores similares de deformação, $0,591 \pm 0,068$ e $0,550 \pm 0,058$ respectivamente, como observado para a tensão na ruptura. O efeito da concentração de CaCl_2 na deformação das goiabas não pode ser avaliado devido à não ruptura das amostras tratadas em concentrações superiores a 0,5% deste sal.

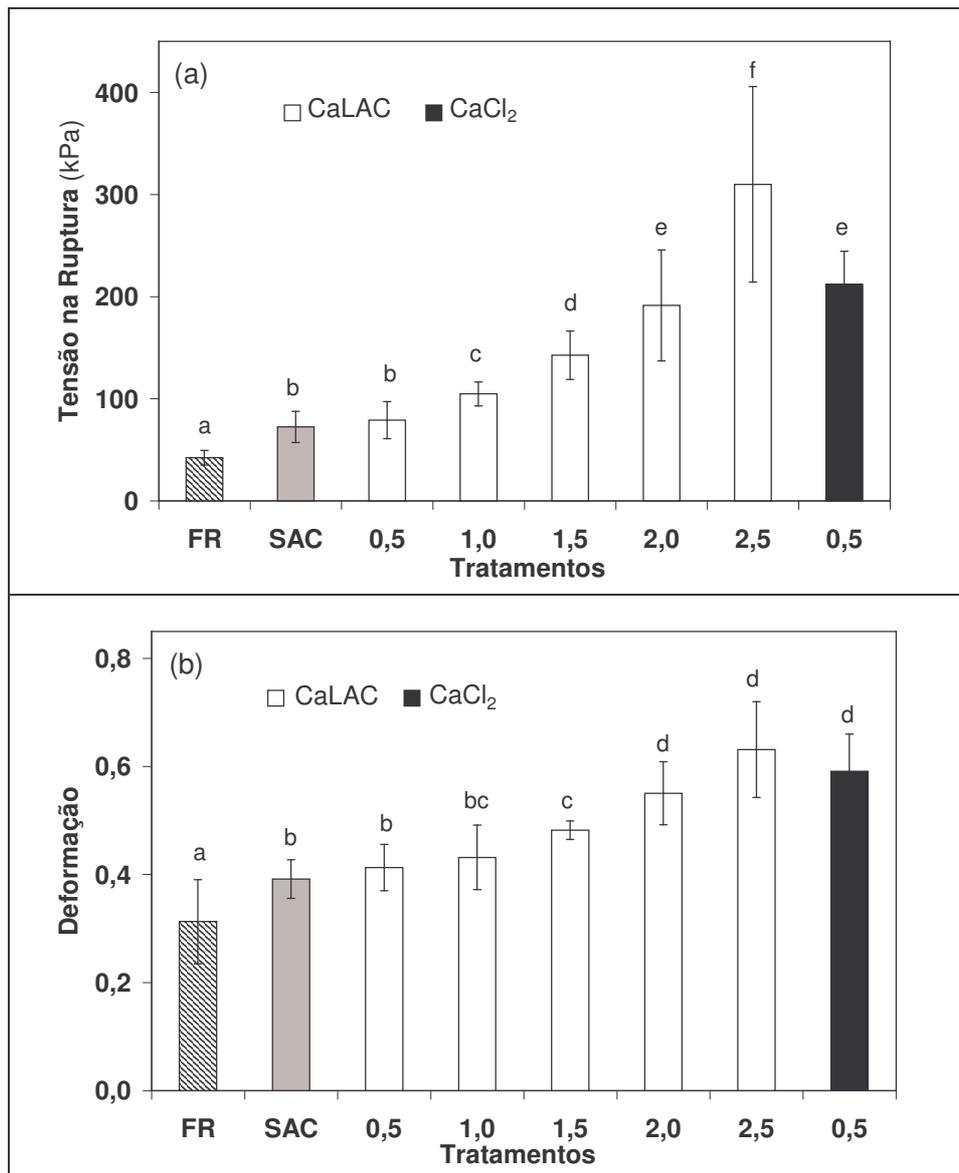


Figura 4.3. Tensão (a) e deformação (b) na ruptura das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos. **FR:** sem tratamento osmótico; **SAC:** sacarose a 60°Brix; **CaLAC 0,5 - CaLAC 2,5:** sacarose a 60°Brix com adição de 0,5% a 2,5% de lactato de cálcio; **CaCl₂ 0,5:** sacarose a 60°Brix com adição de 0,5% de cloreto de cálcio. Colunas com a mesma letra não diferem entre si para $p < 0,05$.

Vários pesquisadores atribuem um efeito firmador aos sais de cálcio, o que pode ser explicado pela ligação dos íons Ca^{+2} com a pectina presente na parede celular e lamela média dos tecidos vegetais (LUNA-GUZMÁN, CANTWELL e BARRETT, 1999; MASTRÁNGELO et al., 2000; MONSALVE-GONZÁLEZ, BARBOSA-CÁNOVAS e CAVALIERI, 1993; MUNTADA et al., 1998). No entanto, os diferentes comportamentos mostrados pelos dois sais de cálcio, aplicados nas mesmas concentrações, podem ser atribuídos à maior disponibilidade de íons Ca^{+2} capazes de se ligar à pectina das goiabas nas soluções desidratantes contendo CaCl_2 , que pode ser comprovada pelos teores de cálcio bastante superiores das amostras desidratadas na presença deste sal em comparação às frutas tratadas com lactato de cálcio, como mostrado na Figura 4.1. O cloreto de cálcio e o lactato de cálcio são sais de ácido forte e ácido fraco respectivamente, com uma base forte. Nas soluções de CaCl_2 todos os íons cálcio estão dissociados, enquanto que nas soluções de lactato de cálcio apenas uma parte desses íons está disponível, resultando numa maior quantidade de íons Ca^{+2} livres para se ligarem à pectina nas soluções com CaCl_2 .

Agar et al. (1999) sugerem o uso de concentrações duas vezes maiores de lactato de cálcio em relação à concentração de CaCl_2 para obter uma quantidade equivalente de cálcio nos tratamentos, resultando num efeito similar dos sais na textura das frutas. Neste trabalho realizado com goiabas, pode-se observar que apesar das frutas tratadas com CaCl_2 apresentarem quantidades de cálcio, em geral, duas vezes maiores que as goiabas tratadas com lactato de cálcio nas mesmas concentrações, o efeito dos sais de cálcio na dureza das frutas não correspondeu diretamente a este comportamento (Figura 4.3). O valor da tensão na ruptura da goiaba tratada com 0,5% de CaCl_2 foi aproximadamente duas vezes maior que o valor da fruta tratada com 1,0% de lactato de cálcio, correspondendo a $211,97 \pm 32,48\text{kPa}$ e $104,75 \pm 11,83\text{kPa}$, respectivamente.

Quando os ensaios de compressão foram realizados a baixas deformações da amostra, verificou-se que o processo osmótico com soluções de sacarose causou a diminuição do tempo de relaxação e da tensão residual das goiabas (Figura 4.4), sendo que a adição de lactato de cálcio nesta solução não alterou esse

comportamento. No entanto, o uso de cloreto de cálcio evitou a queda do tempo de relaxação das goiabas osmoticamente desidratadas que apresentaram valores estatisticamente iguais aos da fruta fresca ($p < 0,05$), porém este sal também não apresentou um efeito relevante na tensão residual das frutas. Estes resultados mostraram que a adição dos dois tipos de sais de cálcio na solução osmótica não alterou o caráter elástico das goiabas osmodesidratadas, enquanto que o caráter viscoso das frutas foi influenciado apenas pela adição de CaCl_2 . Adicionalmente, para os dois sais utilizados, um aumento da concentração de cálcio na solução osmótica não mostrou alterar as características de textura das goiabas a baixas deformações.

Mastrangelo et al. (2000) também verificaram efeito similar da desidratação osmótica no tempo de relaxação e na tensão residual de melões, porém as características da fruta *in natura* foram alteradas de forma mais agressiva que nas goiabas. Os melões submetidos ao tratamento osmótico, atmosférico ou a vácuo, com ou sem adição de lactato de cálcio, apresentaram uma tensão residual oito vezes menor que a fruta fresca e o tempo de relaxação para o melão fresco foi notavelmente maior que para as frutas osmoticamente desidratadas, mostrando a intensa ruptura interna sofrida pelas frutas durante o processo osmótico.

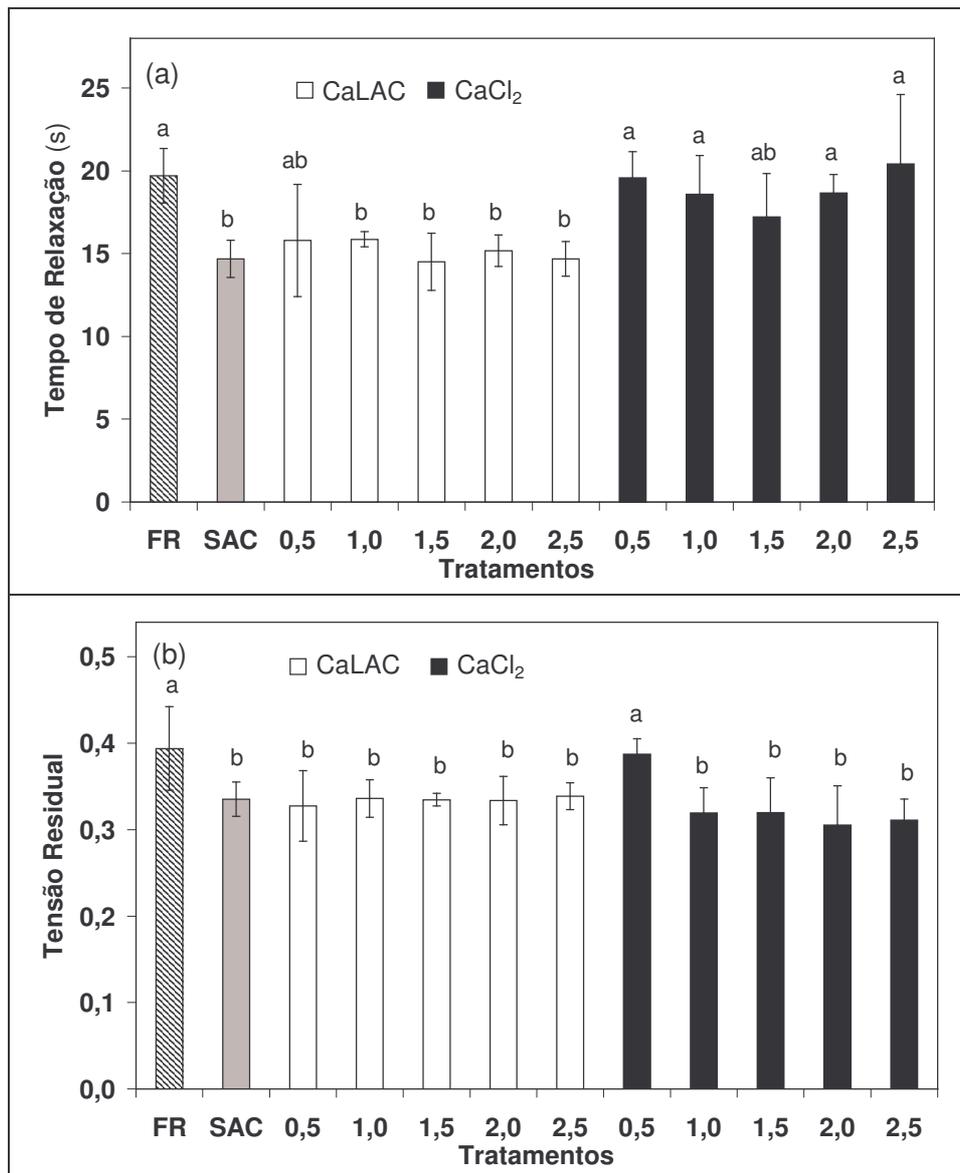


Figura 4.4. Tempo de relaxação (a) e tensão residual (b) das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos. **FR:** sem tratamento osmótico; **SAC:** sacarose a 60ºBrix; **CaLAC 0,5 - CaLAC 2,5:** sacarose a 60ºBrix com adição de 0,5% a 2,5% de lactato de cálcio; **CaCl₂ 0,5 - CaCl₂ 2,5:** sacarose a 60ºBrix com adição de 0,5% a 2,5% de cloreto de cálcio. Colunas com a mesma letra não diferem entre si para $p < 0,05$.

- Alterações Estruturais

A estrutura celular da goiaba foi bastante influenciada pelo processo osmótico em soluções de sacarose e pela adição de sais de cálcio (Figura 4.5). O tecido das goiabas frescas apresenta células túrgidas com parede celular bem definida e estruturada. O tonoplasto e o plasmalema aparecem associados à parede celular e, em algumas áreas, a lamela média entre as células é também claramente observada (setas tracejadas) (Figura 4.5a). O processo osmótico em solução de sacarose causou intensa plasmólise do citoplasma (setas sólidas). As goiabas osmoticamente desidratadas apresentaram células deformadas e colapsadas (setas vazadas) (Figura 4.5b).

No entanto, a adição de lactato de cálcio na solução desidratante promoveu a preservação estrutural das goiabas. As frutas tratadas com o sal de cálcio apresentaram células túrgidas com parede celular espessa e contorno celular bem definido, como observado nas frutas frescas (Figuras 4.5c e 4.5e). Porém, o uso de concentrações acima de 1,5% deste sal parece causar um certo dano à estrutura celular das goiabas. Uma leve plasmólise do citoplasma (setas sólidas) pode ser observada, apesar do plasmalema apresentar-se aparentemente intacto (Figura 4.5g).

O impacto negativo do processo osmótico na integridade celular dos tecidos vegetais e o efeito benéfico da adição de lactato de cálcio durante o tratamento osmótico tem sido relatado na literatura. A preservação estrutural devido à adição de cálcio foi verificada em diferentes tipos de frutas como melão (MASTRÁNGELO et al., 2000), kiwi (MUNTADA et al., 1998) e morangos (VIDALES, CASTRO e ALZAMORA, 1998).

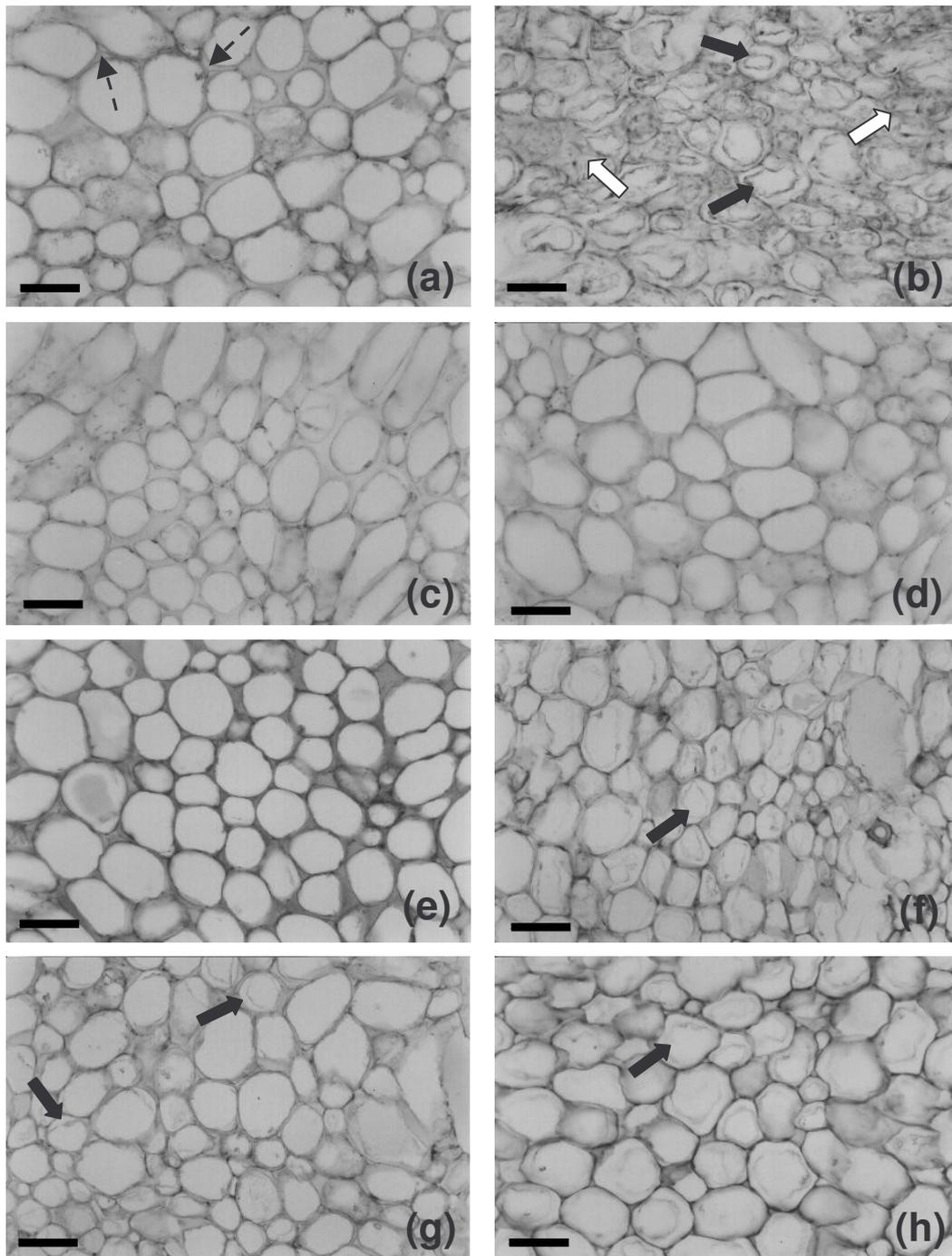


Figura 4.5. Microscopia ótica das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos. (a) Fresca; (b) osmoticamente desidratadas em solução de sacarose a 60°Brix; (c), (e) e (g) osmoticamente desidratadas em solução de sacarose a 60°Brix com adição de 0,5; 1,5 e 2,5% de lactato de cálcio; (d), (f) e (h) osmoticamente desidratadas em solução de sacarose a 60°Brix com adição de 0,5; 1,5 e 2,5% de cloreto de cálcio. Escala: 70µm.

Por outro lado, a adição do sal cloreto de cálcio mostrou o mesmo efeito preservador na estrutura das goiabas apenas quando usado na concentração de 0,5% (Figura 4.5d). Apesar das goiabas tratadas com CaCl_2 apresentarem um fortalecimento da parede celular e um arranjo celular mais estruturado que as goiabas osmoticamente desidratadas sem adição do sal de cálcio, para concentrações de CaCl_2 acima de 0,5%, uma intensa plasmólise do citoplasma (setas sólidas) e o colapso de algumas células foram observados (Figuras 4.5f e 4.5h). Esse inesperado comportamento do CaCl_2 na estrutura celular das goiabas pode ser atribuído à grande incorporação de cálcio promovida por este sal, resultando em goiabas com teores de cálcio de 3 a 10 vezes maiores que a fruta fresca e quase com o dobro do valor das frutas tratadas com lactato de cálcio nas mesmas concentrações, causando danos ao tecido das goiabas. Adicionalmente, essas alterações estruturais foram consistentes com o intenso efeito deste sal nas características de textura a altas deformações, onde se verificou o não rompimento das frutas tratadas em concentrações de CaCl_2 superiores a 0,5%.

Apesar da severa plasmólise do citoplasma, causada pela perda de água do vacúolo das células, verificada na presença de grandes quantidades de cálcio, especialmente com o uso de CaCl_2 , a quantidade de água das goiabas foi mantida praticamente constante com o aumento da concentração do sal, como mostrado na Figura 4.2. A rígida e estruturada parede celular proporcionada pela ligação entre os íons Ca^{2+} e a pectina presente no tecido vegetal parece ter impedido a saída de água das células, resultando na retração do citoplasma como consequência do processo osmótico, porém sem alterar a quantidade total de água das frutas.

- Aceitação Sensorial

As goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose com ou sem adição de lactato de cálcio apresentaram boa aceitação sensorial em relação a todos os atributos avaliados (Tabela 4.2), mostrando notas um pouco inferiores apenas em concentrações de lactato de cálcio acima de 2,0%, mas ainda superior ao limite de aceitação estabelecido (4,5). No entanto, as goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose com adição de CaCl_2 apresentaram boa aceitação sensorial apenas na menor concentração de sal utilizada (0,5%), sendo a textura o atributo de qualidade mais prejudicado, recebendo as piores notas.

A baixa aceitação sensorial das goiabas tratadas com CaCl_2 pode ser associada ao intenso efeito deste sal na tensão e deformação na ruptura das frutas, sendo também relacionada aos danos estruturais observados quando o sal de cálcio foi utilizado em concentrações superiores a 0,5%. Adicionalmente, a boa aceitação sensorial das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose com adição de até 2,0% de lactato de cálcio ou adicionadas de 0,5% de cloreto de cálcio também corroborou os resultados de textura. Estes limites de aceitação da textura sensorial apresentaram resultados de textura instrumental semelhantes. No entanto, a avaliação estrutural das goiabas mostrou que em concentrações de lactato de cálcio superiores a 1,5%, alguns danos celulares já foram observados, sugerindo que esta análise pode detectar alterações estruturais em concentrações mais baixas do sal, quando comparada às medidas de textura sensorial e instrumental.

A avaliação da intenção de compra do consumidor também mostrou sua preferência pelas goiabas osmoticamente desidratadas com adição de lactato de cálcio, apresentando percentuais de compra iguais ou superiores a 50% com a adição de até 1,5% do sal e com percentuais um pouco menores na concentração de 2,0% e bastante inferior para 2,5% do sal. A intenção de compra do consumidor em relação ao produto osmoticamente desidratado com adição de cloreto de cálcio, no entanto, foi igual a 50% apenas na menor concentração utilizada do sal (0,5%), apresentando valores inferiores para todas as demais concentrações.

De acordo com os comentários feitos pelos provadores, a textura das frutas foi o atributo sensorial que mais influenciou a aceitação do produto e, portanto, a sua atitude de compra. As frutas tratadas com grandes concentrações de lactato de cálcio e com concentrações acima de 0,5% de CaCl_2 foram consideradas muito duras, de textura borrachenta e em alguns casos de sabor não característico.

Tabela 4.2. Médias da aceitação dos provadores em relação à cor, aroma, sabor, textura e impressão global das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos

Tratamento	Notas da Aceitação Sensorial				
	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Imp. Global
SACAROSE	6,6	6,4	6,4	6,4	6,4
CaLAC 0,5%	6,9	5,6	5,8	5,7	5,9
CaLAC 1,0%	6,5	5,7	5,9	6,1	6,0
CaLAC 1,5%	6,5	5,4	5,3	5,8	5,8
CaLAC 2,0%	6,3	5,5	5,2	6,0	5,4
CaLAC 2,5%	5,5	5,5	4,6	4,9	5,1
CaCl ₂ 0,5%	6,3	6,0	5,7	5,7	5,7
CaCl ₂ 1,0%	6,1	5,4	5,1	4,5	4,9
CaCl ₂ 1,5%	6,5	6,2	5,3	4,3	5,3
CaCl ₂ 2,0%	6,4	5,7	5,4	4,5	5,3
CaCl ₂ 2,5%	6,4	5,6	4,3	4,1	4,7

Com os resultados obtidos nesse ensaio, verificou-se que a adição de sais de cálcio na solução de sacarose, usada para a desidratação osmótica de goiabas, influenciou de forma significativa a textura e a estrutura das frutas processadas, resultando na manutenção estrutural do tecido quando o sal lactato de cálcio foi aplicado em concentrações de até 1,5% e o cloreto de cálcio foi usado na concentração de 0,5%.

O uso de sais de cálcio também afetou a transferência de massa do processo osmótico, porém, sem grandes diferenças entre os dois sais usados. O sal cloreto de cálcio proporcionou uma maior incorporação dos íons Ca^{+2} , resultando num teor de cálcio das frutas até duas vezes maior que o lactato de cálcio, quando usados na mesma concentração, porém esse comportamento mostrou não ser vantajoso à qualidade do produto, de acordo com a avaliação sensorial das frutas.

As goiabas tratadas com lactato de cálcio em concentrações de até 2,0% apresentaram boa aceitação em relação a todos os atributos sensoriais. No entanto, as goiabas tratadas com CaCl_2 foram aceitas sensorialmente apenas na menor concentração do sal utilizada (0,5%). Verificou-se também, que o uso de concentrações acima de 1,5% de lactato de cálcio causou um certo dano à estrutura celular das frutas, além de apresentarem percentuais de intenção de compra pelo consumidor inferiores a 50%.

Assim, pode-se concluir que o sal lactato de cálcio foi mais adequado ao processo de desidratação osmótica de goiabas, visando à preservação estrutural e aceitação sensorial do produto, escolhendo-se, então, este sal em concentrações de até 1,5% para prosseguir o estudo.

4.3. Ensaio de Desidratação Osmótica com Soluções de Sacarose e Maltose Adicionadas de Lactato de Cálcio

- Cor

A cor das goiabas foi influenciada tanto pelo tipo (sacarose ou maltose) quanto pela concentração do açúcar utilizado. No entanto, a adição de lactato de cálcio na solução desidratante pouco afetou as características de cor das frutas.

As goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose a 40ºBrix apresentaram luminosidade (L^*) levemente superior às goiabas desidratadas com soluções de maltose na mesma concentração (Figura 4.6). Para o parâmetro a^* , que representa a cor vermelha das goiabas, essa diferença entre os dois tipos de açúcar foi um pouco mais evidente, sendo também os valores das amostras tratadas com sacarose superiores aos da maltose. Em relação ao parâmetro b^* , caracterizado pela cor amarela das goiabas, não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as amostras tratadas com os dois tipos de açúcar. No entanto, todos os parâmetros de cor permaneceram praticamente constantes em relação à adição de lactato de cálcio para os dois tipos de açúcar, apesar da pequena queda nos valores dos parâmetros a^* e b^* verificada com a adição do sal nas frutas tratadas com maltose.

As amostras desidratadas com soluções a 50ºBrix (Figura 4.7) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) na luminosidade em relação aos dois tipos de açúcar, sacarose e maltose. No entanto, os parâmetros a^* e b^* das goiabas tratadas com sacarose apresentaram valores um pouco superiores aos das frutas tratadas com maltose. Novamente, a adição de lactato de cálcio mostrou pouca influência nas características de cor.

Por outro lado, para as soluções a 60ºBrix (Figura 4.8), os valores de luminosidade das frutas tratadas com maltose foram um pouco superiores aos das goiabas desidratadas com sacarose. Para o parâmetro a^* observou-se o mesmo comportamento das outras concentrações dos açúcares, ou seja, valores levemente superiores para as amostras tratadas com sacarose. Já em relação ao

b*, as amostras tratadas com os dois tipos de açúcar praticamente não apresentaram diferenças entre si. Para essa concentração dos açúcares, a adição de lactato de cálcio também não causou alterações expressivas na cor das frutas.

Verificou-se também, que a concentração de açúcar praticamente não afetou os parâmetros de cor das goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose (Figura 4.9). Porém, os parâmetros L* e b* das goiabas desidratadas com soluções de maltose foram influenciados pela concentração do açúcar, sendo maiores quanto maior a concentração de maltose utilizada (Figura 4.10).

Apesar das variações de cor verificadas entre as amostras osmoticamente desidratadas com os dois tipos de açúcar (sacarose e maltose), em geral, os parâmetros L*, a* e b* foram similares aos da fruta fresca, sendo que as frutas tratadas com as concentrações mais baixas dos açúcares e desidratadas com sacarose apresentaram valores de L* e b* um pouco mais próximos.

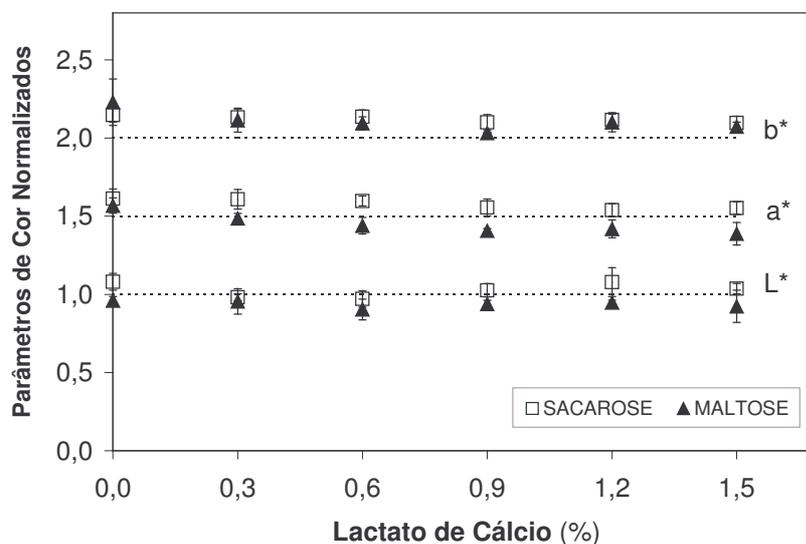


Figura 4.6. Parâmetros de cor L*, a* e b* das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 40°Brix com adição de lactato de cálcio, normalizados em relação à fruta fresca. As linhas tracejadas representam os valores dos parâmetros de cor da goiaba fresca e os valores de a* e b* foram deslocados de 0,5 e 1,0 pontos na escala, respectivamente.

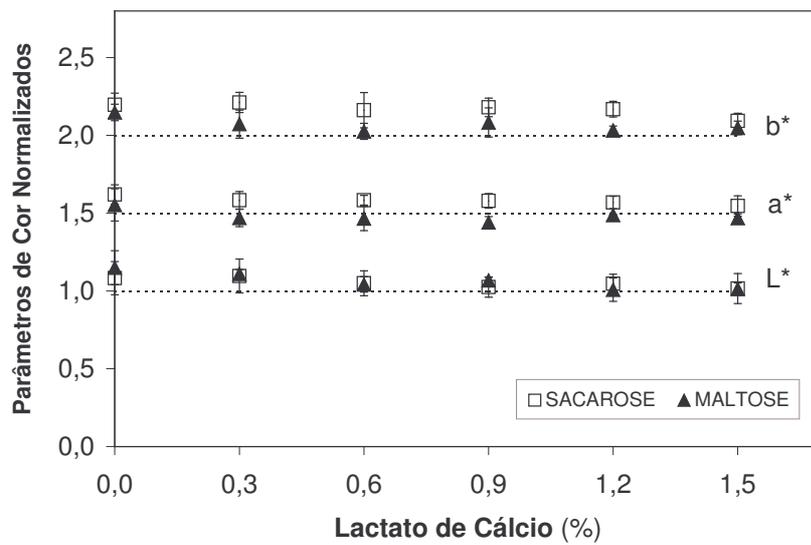


Figura 4.7. Parâmetros de cor L*, a* e b* das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 50°Brix com adição de lactato de cálcio, normalizados em relação à fruta fresca. As linhas tracejadas representam os valores dos parâmetros de cor da goiaba fresca e os valores de a* e b* foram deslocados de 0,5 e 1,0 pontos na escala, respectivamente.

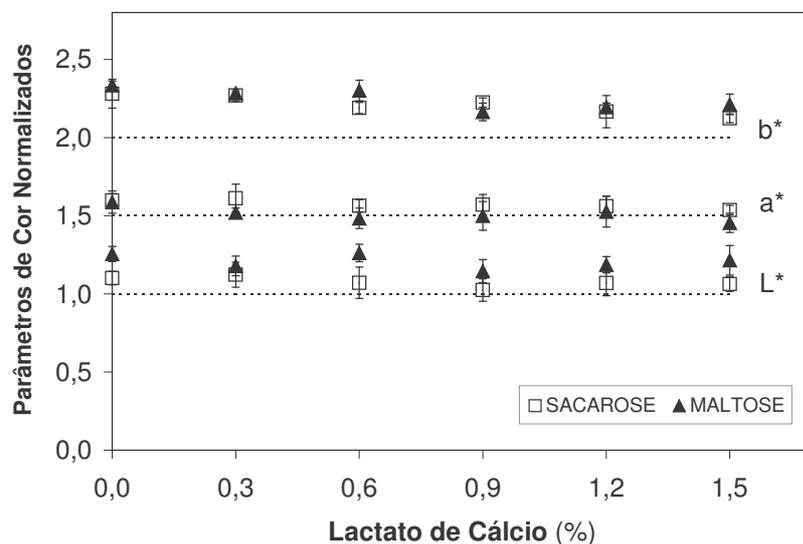


Figura 4.8. Parâmetros de cor L*, a* e b* das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 60°Brix com adição de lactato de cálcio, normalizados em relação à fruta fresca. As linhas tracejadas representam os valores dos parâmetros de cor da goiaba fresca e os valores de a* e b* foram deslocados de 0,5 e 1,0 pontos na escala, respectivamente.

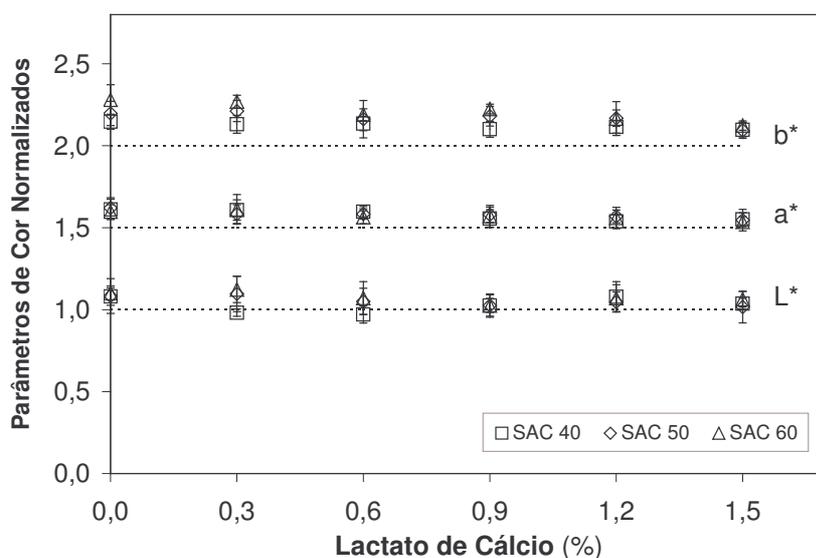


Figura 4.9. Parâmetros de cor L*, a* e b* das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose a 40, 50 e 60°Brix com adição de lactato de cálcio, normalizados em relação à fruta fresca. As linhas tracejadas representam os valores dos parâmetros de cor da goiaba fresca e os valores de a* e b* foram deslocados de 0,5 e 1,0 pontos na escala, respectivamente.

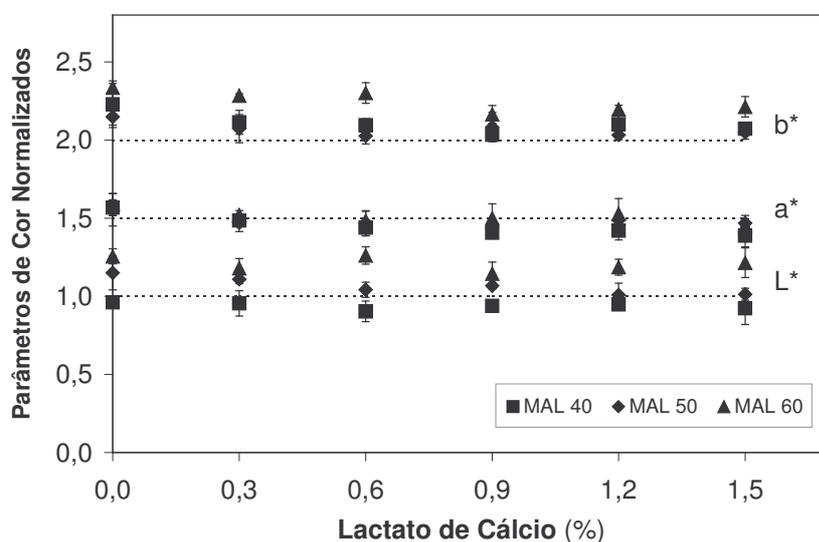


Figura 4.10. Parâmetros de cor L*, a* e b* das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de maltose a 40, 50 e 60°Brix com adição de lactato de cálcio, normalizados em relação à fruta fresca. As linhas tracejadas representam os valores dos parâmetros de cor da goiaba fresca e os valores de a* e b* foram deslocados de 0,5 e 1,0 pontos na escala, respectivamente.

- Parâmetros Reológicos

a) Ensaio de Ruptura

As amostras osmoticamente desidratadas com soluções de maltose mostraram valores de deformação na ruptura bastante superiores aos das frutas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose, sendo as diferenças minimizadas com o aumento da concentração de açúcar utilizada (Figuras 4.11, 4.12 e 4.13). No entanto, para a tensão na ruptura este comportamento foi verificado apenas na menor concentração de açúcar utilizada (40ºBrix), resultando numa característica mais acentuada de dureza das frutas tratadas com maltose, nesta concentração (Figura 4.11). Para as outras concentrações de açúcar utilizadas, 50 e 60ºBrix (Figuras 4.12 e 4.13), as amostras tratadas com os dois tipos de açúcares, maltose e sacarose, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas em relação à tensão de ruptura ($p < 0,05$).

A adição de lactato de cálcio na solução osmótica causou um aumento da tensão de ruptura das goiabas osmoticamente desidratadas, sendo esse efeito mais pronunciado nas menores concentrações dos açúcares utilizados (Figuras 4.11 e 4.12). Para as frutas tratadas com soluções a 40ºBrix (Figura 4.11) um efeito similar da adição de cálcio foi verificado nos dois tipos de açúcar utilizados. Porém, para as goiabas osmoticamente desidratadas com soluções a 50 e 60ºBrix (Figuras 4.12 e 4.13), o efeito do lactato de cálcio foi mais intenso nas frutas desidratadas com sacarose, que apresentaram valores de tensão na ruptura praticamente iguais aos das frutas desidratadas com maltose nas diversas concentrações do sal, sendo que a 60ºBrix, os valores da tensão de ruptura das frutas desidratadas com maltose permaneceram praticamente constantes com a adição do sal de cálcio ($p < 0,05$).

O efeito da adição de lactato de cálcio na deformação das goiabas osmoticamente desidratadas também foi mais evidenciado nas soluções menos concentradas dos açúcares estudados. Uma maior resistência à deformação foi verificada nas goiabas tratadas com o sal de cálcio nas soluções a 40 e 50ºBrix, porém com o aumento da concentração deste sal, essa característica de textura

permaneceu praticamente inalterada (Figuras 4.11 e 4.12). Já para as amostras tratadas com soluções a 60°Brix (Figura 4.13) o efeito do lactato de cálcio não foi expressivo na deformação das amostras. Porém, independente das concentrações utilizadas de açúcar e sal de cálcio, as amostras osmoticamente desidratadas com soluções de maltose apresentaram sempre valores superiores às frutas tratadas com soluções de sacarose em relação a essa resposta.

Em relação ao efeito da concentração de açúcar, verificou-se que maiores concentrações de sacarose (Figura 4.14) resultaram em valores superiores de tensão e deformação na ruptura. No entanto, após a adição de certa quantidade do sal de cálcio, os valores de tensão e deformação na ruptura não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) nas diferentes concentrações de sacarose.

Para as soluções de maltose, o mesmo comportamento da tensão de ruptura foi verificado com o aumento da concentração de açúcar (Figura 4.15), porém o grande efeito do cálcio nas menores concentrações de maltose resultou em valores de tensão na ruptura superiores para as frutas tratadas com as soluções menos concentradas do açúcar, quando adicionadas de grandes quantidades de lactato de cálcio. Esse efeito do cálcio também foi verificado na deformação das amostras, porém as frutas apresentaram valores de deformação similares, independente da concentração de maltose (Figura 4.15).

Em relação aos valores apresentados pela fruta fresca, verificou-se que o processo osmótico com soluções de sacarose ou maltose causou aumento da tensão e deformação na ruptura das goiabas, resultando numa fruta com característica mais acentuada de dureza e mais resistente à deformação, sendo este comportamento intensificado pela utilização de maltose como agente desidratante, pela concentração do açúcar utilizado e pela adição de cálcio.

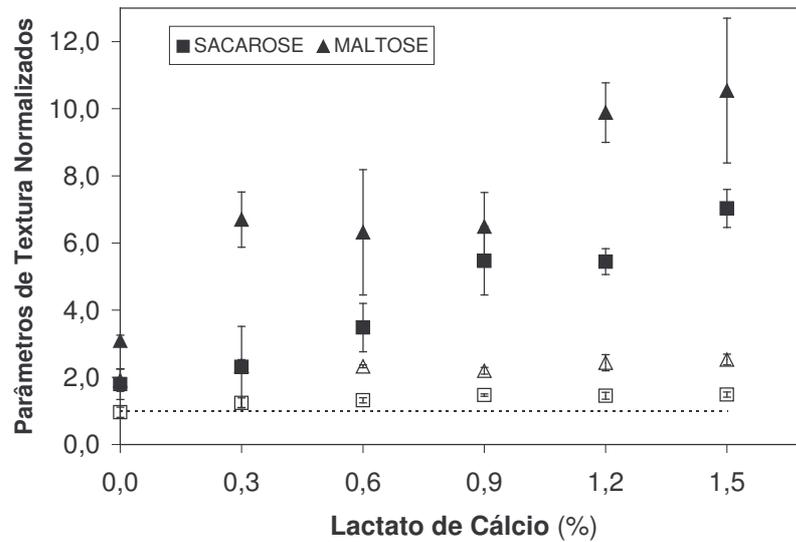


Figura 4.11. Tensão (Pa/Pa) (símbolos fechados) e deformação (símbolos abertos) na ruptura das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 40°Brix com adição de lactato de cálcio, normalizadas em relação à fruta fresca. A linha tracejada representa os valores dos parâmetros de textura da goiaba fresca.

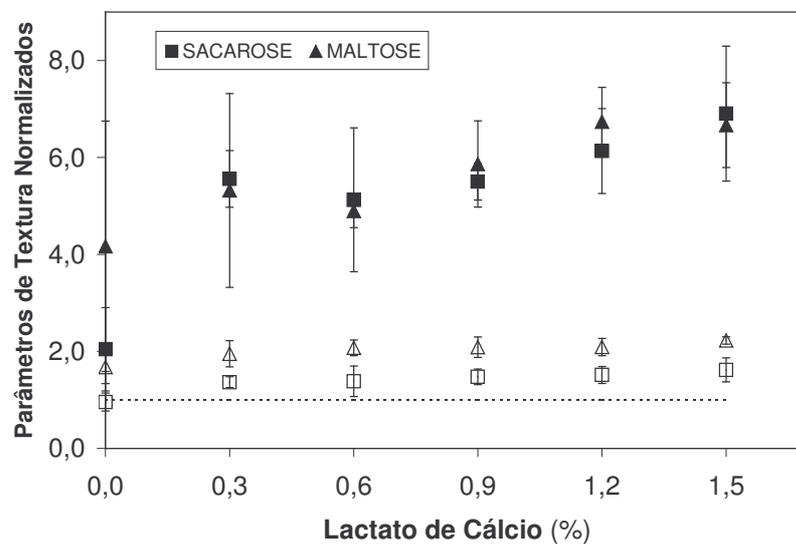


Figura 4.12. Tensão (Pa/Pa) (símbolos fechados) e deformação (símbolos abertos) na ruptura das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 50°Brix com adição de lactato de cálcio, normalizadas em relação à fruta fresca. A linha tracejada representa os valores dos parâmetros de textura da goiaba fresca.

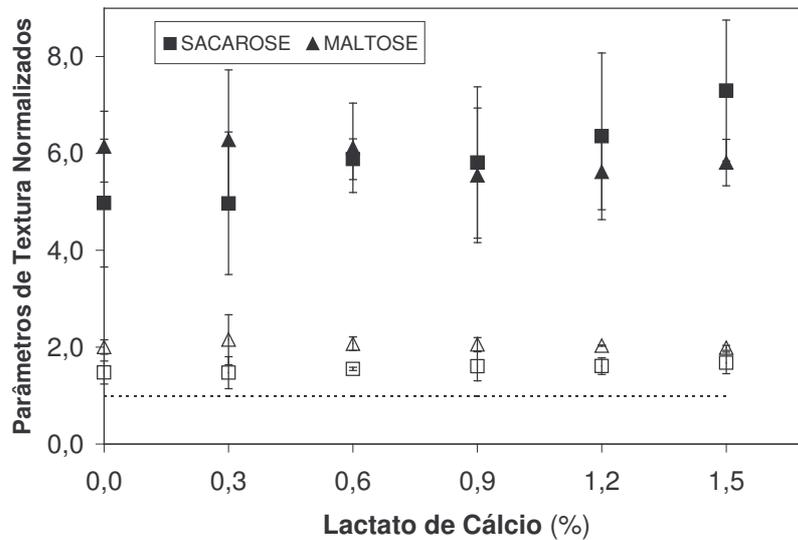


Figura 4.13. Tensão (Pa/Pa) (símbolos fechados) e deformação (símbolos abertos) na ruptura das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 60ºBrix com adição de lactato de cálcio, normalizadas em relação à fruta fresca. A linha tracejada representa os valores dos parâmetros de textura da goiaba fresca.

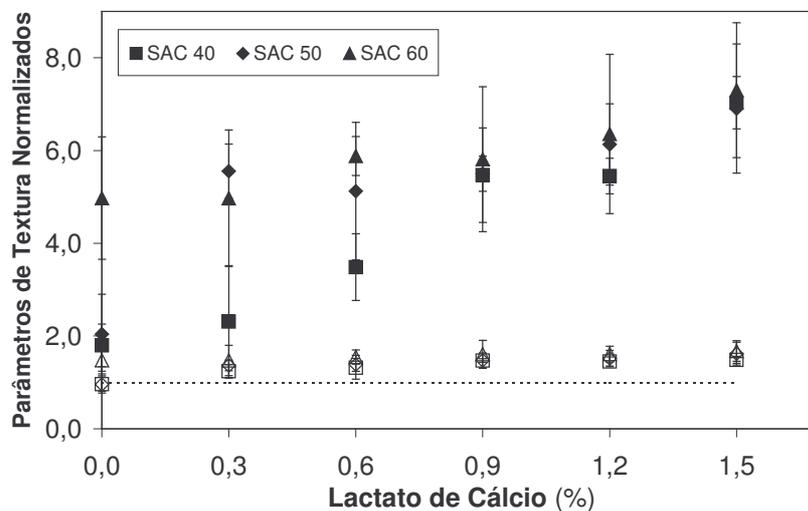


Figura 4.14. Tensão (Pa/Pa) (símbolos fechados) e deformação (símbolos abertos) na ruptura das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose a 40, 50 e 60ºBrix com adição de lactato de cálcio, normalizadas em relação à fruta fresca. A linha tracejada representa os valores dos parâmetros de textura da goiaba fresca.

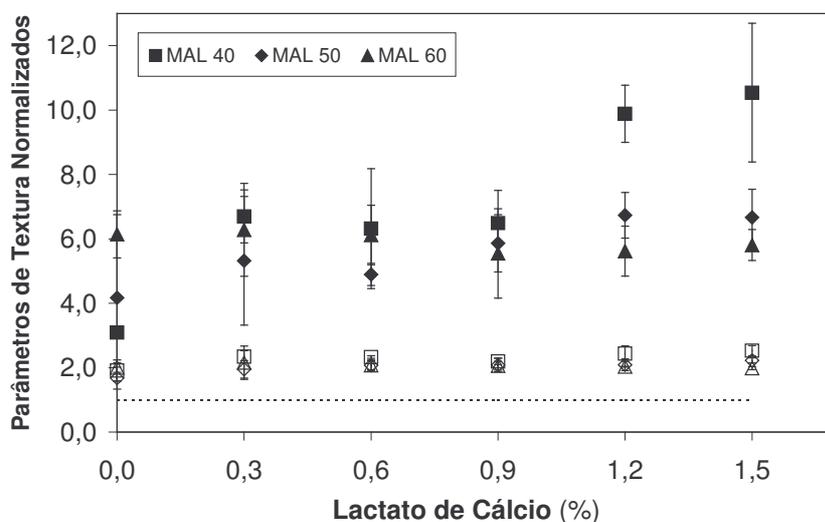


Figura 4.15. Tensão (Pa/Pa) (símbolos fechados) e deformação (símbolos abertos) na ruptura das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de maltose a 40, 50 e 60°Brix com adição de lactato de cálcio, normalizadas em relação à fruta fresca. A linha tracejada representa os valores dos parâmetros de textura da goiaba fresca.

b) Ensaio de Relaxação

As goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de maltose apresentaram tempos de relaxação e tensões residuais maiores que as frutas desidratadas com soluções de sacarose para todas as concentrações de açúcar estudadas, sendo que para as frutas tratadas com soluções a 60°Brix, essa diferença foi apenas evidenciada com a adição de lactato de cálcio e para as frutas tratadas com soluções a 40 e 50°Brix, após a adição de certa quantidade do sal de cálcio, a diferença entre os açúcares foi suavizada (Figuras 4.16, 4.17 e 4.18).

A adição de 0,3% do sal de cálcio causou um aumento no tempo de relaxação das frutas tratadas com soluções de sacarose, nas diferentes concentrações estudadas, porém com o aumento da concentração de lactato de cálcio, essa característica de textura permaneceu praticamente inalterada ($p < 0,05$) (Figuras 4.16, 4.17 e 4.18). Para as frutas tratadas com soluções de maltose, o efeito do sal de cálcio foi verificado apenas na maior concentração de açúcar utilizada

(60°Brix), um aumento do tempo de relaxação das amostras foi observado em consequência da adição do sal (Figura 4.18).

A adição de lactato de cálcio também alterou a tensão residual das goiabas. Todas as amostras, independente do tipo e concentração de açúcar utilizados, apresentaram um aumento da tensão residual quando o sal de cálcio foi adicionado, porém o aumento da concentração desse sal não interferiu de forma significativa na tensão residual das frutas (Figuras 4.16, 4.17 e 4.18).

Adicionalmente, o tempo de relaxação e a tensão residual das goiabas não foram afetados pela concentração da solução de sacarose utilizada ($p < 0,05$) (Figura 4.19). Para as soluções de maltose (Figura 4.20), as amostras tratadas com a maior concentração de açúcar sem adição de lactato de cálcio ou em baixas concentrações do sal, apresentaram tempo de relaxação e tensão residual levemente menores, porém esse efeito foi anulado com o aumento da quantidade de lactato de cálcio adicionada.

Em relação aos valores apresentados pela fruta fresca, verificou-se que o processo osmótico com soluções de sacarose resultou na diminuição do tempo de relaxação e tensão residual das goiabas, sendo este efeito, de certa forma, compensado pela adição de lactato de cálcio. No entanto, o tratamento osmótico com soluções de maltose causou menores alterações nesses parâmetros de textura, apresentando características viscosas e elásticas mais próximas à fruta fresca.

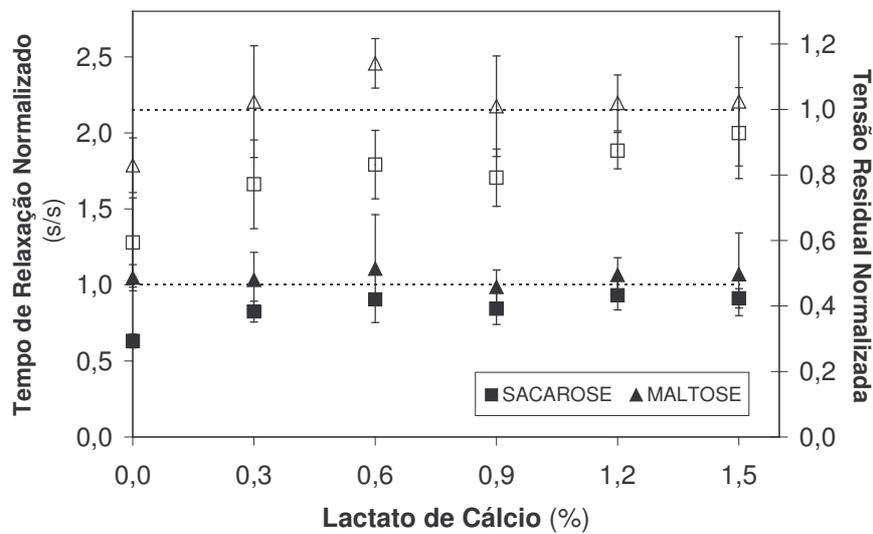


Figura 4.16. Tempo de relaxação (símbolos fechados) e tensão residual (símbolos abertos) das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 40°Brix com adição de lactato de cálcio, normalizados em relação à fruta fresca. As linhas tracejadas representam os valores do tempo de relaxação e da tensão residual da goiaba fresca.

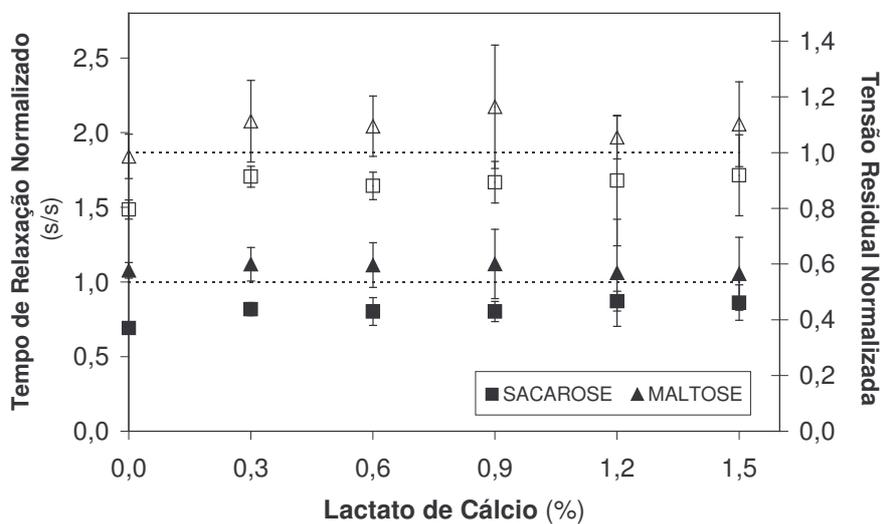


Figura 4.17. Tempo de relaxação (símbolos fechados) e tensão residual (símbolos abertos) das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 50°Brix com adição de lactato de cálcio, normalizados em relação à fruta fresca. As linhas tracejadas representam os valores do tempo de relaxação e da tensão residual da goiaba fresca.

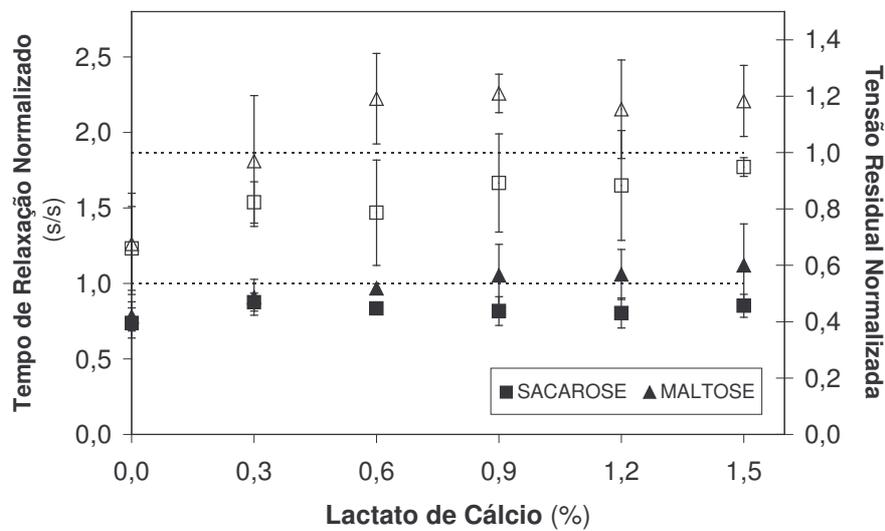


Figura 4.18. Tempo de relaxação (símbolos fechados) e tensão residual (símbolos abertos) das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose a 60°Brix com adição de lactato de cálcio, normalizados em relação à fruta fresca. As linhas tracejadas representam os valores do tempo de relaxação e da tensão residual da goiaba fresca.

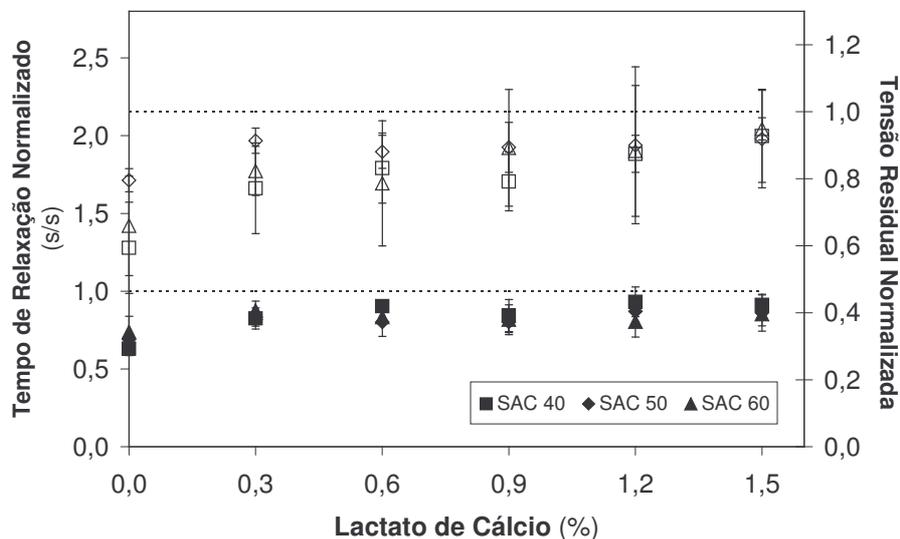


Figura 4.19. Tempo de relaxação (símbolos fechados) e tensão residual (símbolos abertos) das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose a 40, 50 e 60°Brix com adição de lactato de cálcio, normalizados em relação à fruta fresca. As linhas tracejadas representam os valores do tempo de relaxação e da tensão residual da goiaba fresca.

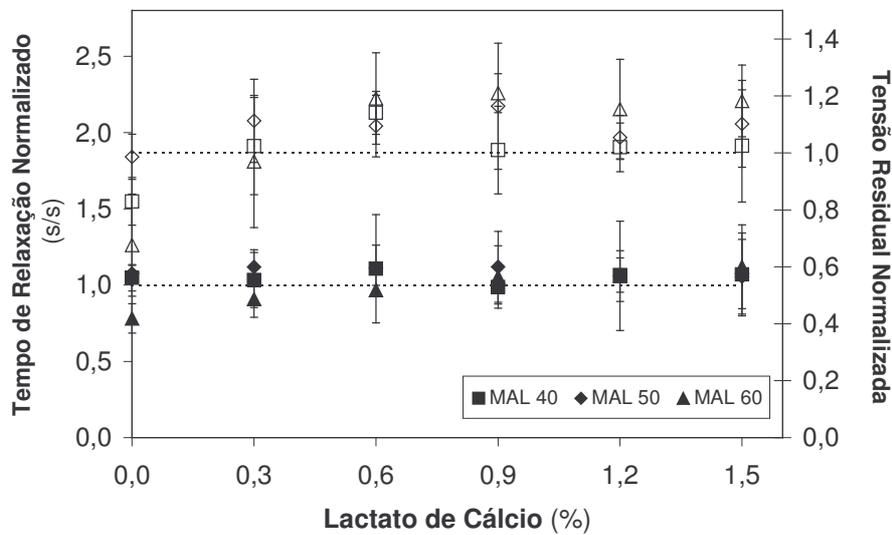


Figura 4.20. Tempo de relaxação (símbolos fechados) e tensão residual (símbolos abertos) das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de maltose a 40, 50 e 60°Brix com adição de lactato de cálcio, normalizados em relação à fruta fresca. As linhas tracejadas representam os valores do tempo de relaxação e da tensão residual da goiaba fresca.

- Aceitação Sensorial

A aceitação sensorial das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos praticamente não mostrou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$), quando avaliada em relação ao tipo e concentração de açúcar e adição do sal de cálcio (Tabela 4.3). Além disso, todas as amostras foram aceitas pelo consumidor, apresentando notas acima do limite de aceitação estabelecido (4,5).

Tabela 4.3. Médias da aceitação dos provadores em relação à impressão global das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose e maltose

% CÁLCIO	IMPRESSÃO GLOBAL					
	[SACAROSE]			[MALTOSE]		
	40ºBrix	50ºBrix	60ºBrix	40ºBrix	50ºBrix	60ºBrix
0,0	6,2 ^{aA}	6,1 ^{aA}	6,4 ^{aA}	5,9 ^{aA}	5,2 ^{aA}	5,8 ^{aA}
0,3	6,1 ^{aA}	5,7 ^{aA}	6,1 ^{aA}	5,6 ^{aA}	5,2 ^{aA}	5,6 ^{aA}
0,6	6,5 ^{aA}	5,4 ^{aA}	5,9 ^{aA}	5,7 ^{aA}	5,5 ^{aA}	5,2 ^{aA}
0,9	6,0 ^{aA}	5,6 ^{aA}	5,8 ^{aA}	5,2 ^{aA}	5,0 ^{aA}	6,3 ^{aA}
1,2	6,7 ^{aA}	5,1 ^{bA}	5,9 ^{abA}	6,2 ^{abA}	5,2 ^{bA}	5,9 ^{abA}
1,5	5,7 ^{aA}	5,0 ^{aA}	5,5 ^{aA}	5,2 ^{aA}	5,1 ^{aA}	5,9 ^{aA}

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si significativamente ($p < 0,05$).

Com os resultados obtidos neste ensaio, verificou-se que todas as variáveis estudadas, ou seja, tipo (sacarose e maltose) e concentração (40, 50 e 60ºBrix) de açúcar e adição de diferentes concentrações (0,3; 0,6; 0,9; 1,2 e 1,5%) de lactato de cálcio interferiram nas características das goiabas.

Em relação à cor das frutas, o tipo e a concentração de açúcar foram as variáveis mais expressivas, sendo que a adição de cálcio praticamente não afetou os parâmetros L^* , a^* e b^* das goiabas. Para as características de textura das frutas, o tipo e a concentração de açúcar, como também a adição e concentração de lactato de cálcio foram determinantes nos ensaios a altas deformações das amostras (ensaio de ruptura), sendo que, nos ensaios a baixas deformações das amostras (ensaio de relaxação), o tipo de açúcar e a adição de cálcio foram as principais variáveis, mostrando pouca influência as concentrações de açúcar e de sal.

No entanto, os diferentes efeitos das variáveis estudadas nas características de cor e textura das frutas, determinadas através de medidas instrumentais, foram pouco perceptíveis aos consumidores. As goiabas osmoticamente desidratadas apresentaram boa aceitação sensorial, independentemente do tratamento utilizado.

Desta forma, não foi possível fazer uma escolha pontual das condições osmóticas utilizadas na desidratação das goiabas. Selecionaram-se, então, algumas condições de processo, levando-se em consideração o tipo e a concentração de açúcar e a adição do sal de cálcio, para a avaliação estrutural das frutas, através das análises de microscopia ótica, microscopia eletrônica de varredura e calorimetria, obtendo-se assim, informações adicionais sobre o efeito das variedades estudadas na desidratação osmótica das goiabas.

4.4. Avaliação Estrutural das Goiabas Através de Ensaio de Microscopia e Calorimetria

- Microscopia Ótica

As Figuras 4.21, 4.22 e 4.23 mostram a estrutura celular das goiabas fresca e osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose a 40 e 60°Brix, com ou sem adição de 1,5% de lactato de cálcio. Pode-se observar que o tecido da goiaba fresca apresenta células túrgidas, com parede celular bem definida e estruturada (Figura 4.21) e que o processo osmótico, com soluções de sacarose ou maltose, causa severos danos estruturais às frutas (Figuras 4.22a, 4.22c, 4.23a, 4.23c). Verificou-se também que o tratamento osmótico com soluções mais concentradas dos açúcares (Figuras 4.22c e 4.23c) causou intensa plasmólise do citoplasma e um maior colapso celular nas frutas, em comparação ao tratamento a 40°Brix (Figuras 4.22a e 4.23a).

No entanto, a adição de lactato de cálcio à solução desidratante, tanto de sacarose como de maltose, promoveu a preservação estrutural das goiabas. As frutas tratadas com o sal de cálcio apresentaram células túrgidas com contorno celular bem definido (Figuras 4.22b, 4.22d, 4.23b e 4.23d), mesmo mostrando algum dano estrutural em relação à fruta fresca (Figura 4.21).

Comparando-se os dois tipos de açúcar utilizados (Figuras 4.22 e 4.23), pode-se verificar que para os tratamentos a 40°Brix (Figuras 4.22a e 4.23a) as frutas desidratadas com soluções de sacarose e maltose apresentaram danos estruturais semelhantes. No entanto, para os tratamentos a 60°Brix (Figuras 4.22c e 4.23c), um arranjo celular mais estruturado pode ser observado na goiaba osmoticamente desidratada com solução de maltose, mesmo sofrendo grandes alterações estruturais na ausência do sal de cálcio.

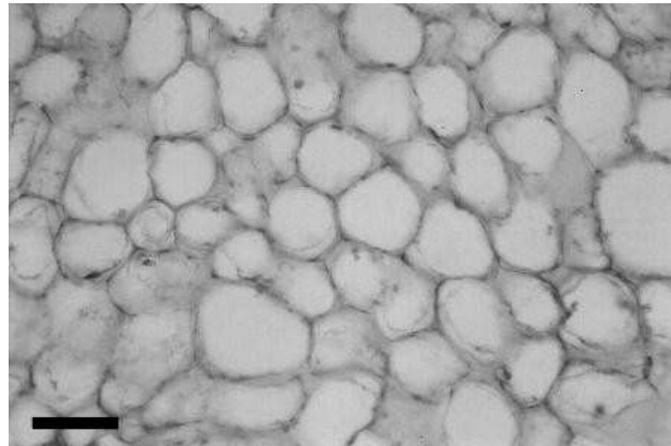


Figura 4.21. Microscopia ótica da goiaba fresca. Escala: 70 μ m.

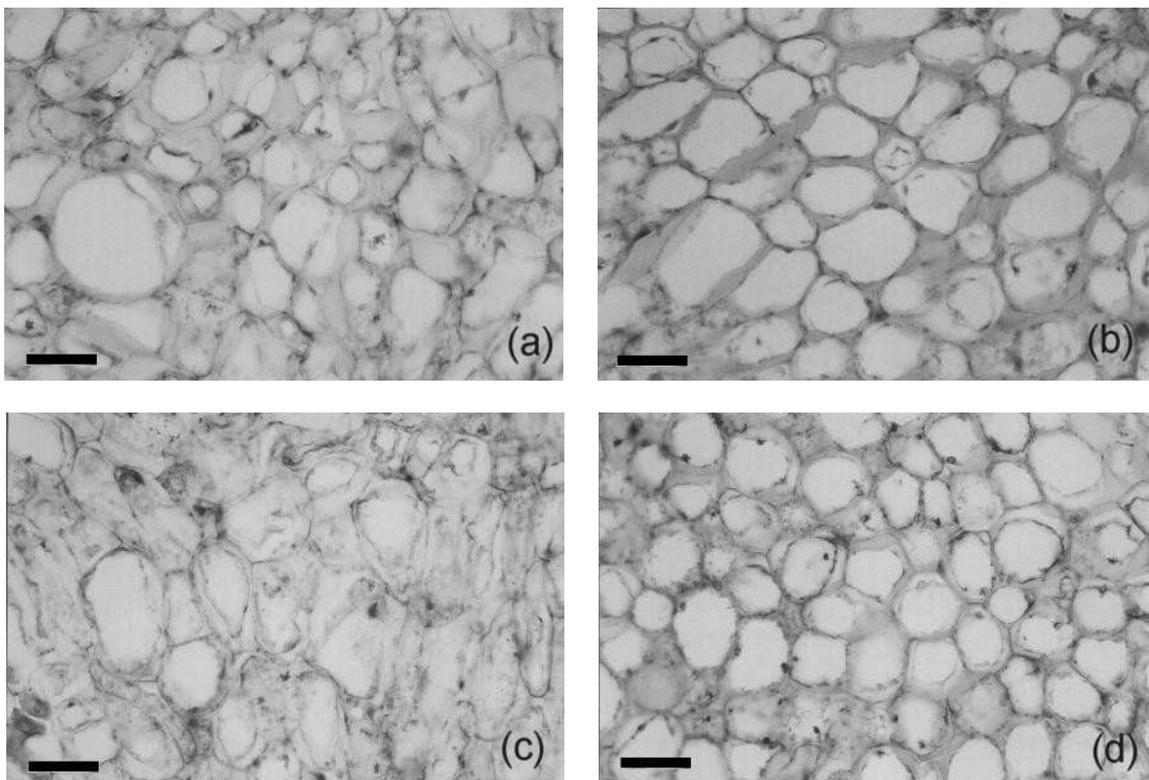


Figura 4.22. Microscopia ótica das goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose. (a) e (b) Solução de sacarose a 40°Brix; (c) e (d) solução de sacarose a 60°Brix; (a) e (c) sem adição de lactato de cálcio; (b) e (d) com adição de 1,5% de lactato de cálcio. Escala: 70 μ m.

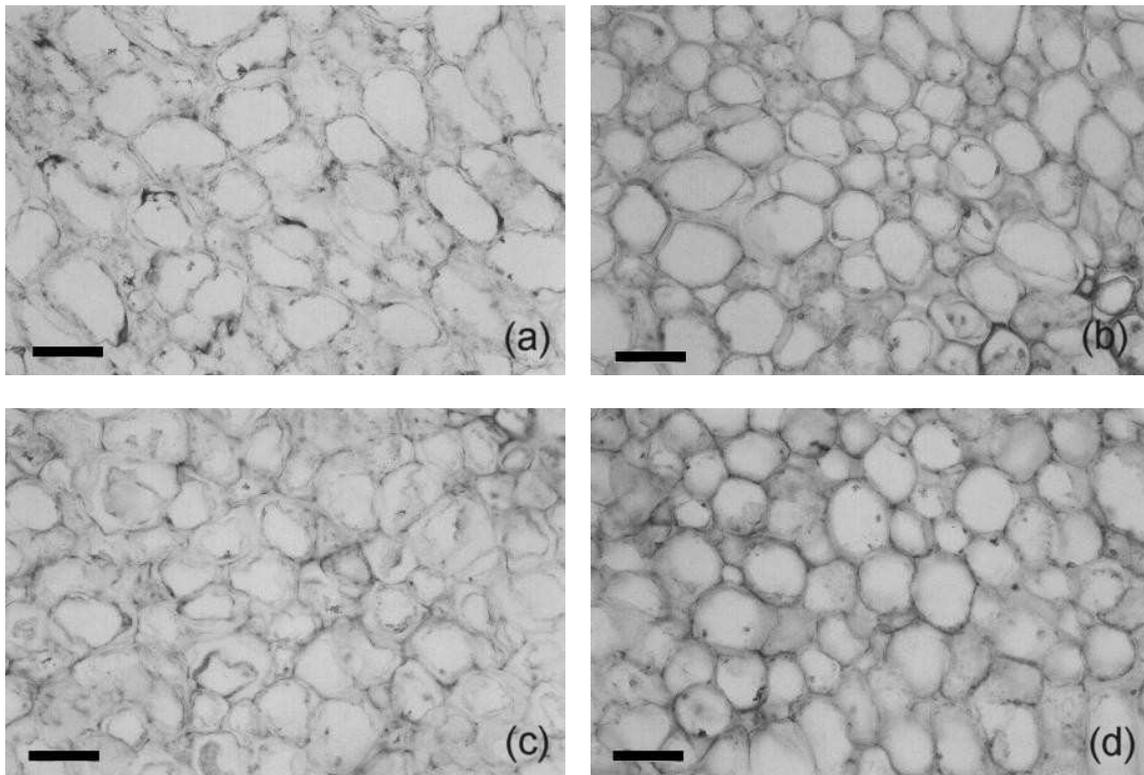


Figura 4.23. Microscopia ótica das goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de maltose. (a) e (b) Solução de maltose a 40°Brix; (c) e (d) solução de maltose a 60°Brix; (a) e (c) sem adição de lactato de cálcio; (b) e (d) com adição de 1,5% de lactato de cálcio. Escala: 70 μ m.

As fotos panorâmicas (Figuras 4.24 e 4.25), tiradas em seqüência, varrendo toda a extensão das amostras (da polpa da fruta que esteve em contato com a solução desidratante até a região onde se retirou a casca), confirmam os resultados anteriormente apresentados, ou seja, os danos estruturais causados pelo processo osmótico com soluções de sacarose e maltose e o efeito preservador do lactato de cálcio na estrutura celular das goiabas. Além disso, mostram que o efeito da desidratação osmótica ocorre em toda a extensão da fruta, apesar de ser considerado um processo de impregnação superficial.

Moreno et al. (2000) observaram células praticamente intactas após a desidratação osmótica de morangos (4 horas de processo a 30°C, com solução de sacarose a 65°Brix), quando avaliadas a 3,5 mm da superfície das frutas, verificando alterações estruturais associadas ao processo osmótico, como perda de turgor das células, deformação da parede celular e encolhimento do tecido, apenas na superfície externa das frutas (0,2 mm).

Em nosso estudo com goiabas, no entanto, pode-se verificar que apesar dos danos estruturais serem um pouco mais intensos na superfície das amostras, eles ocorrem em toda a extensão das frutas (Figuras 4.24 e 4.25).

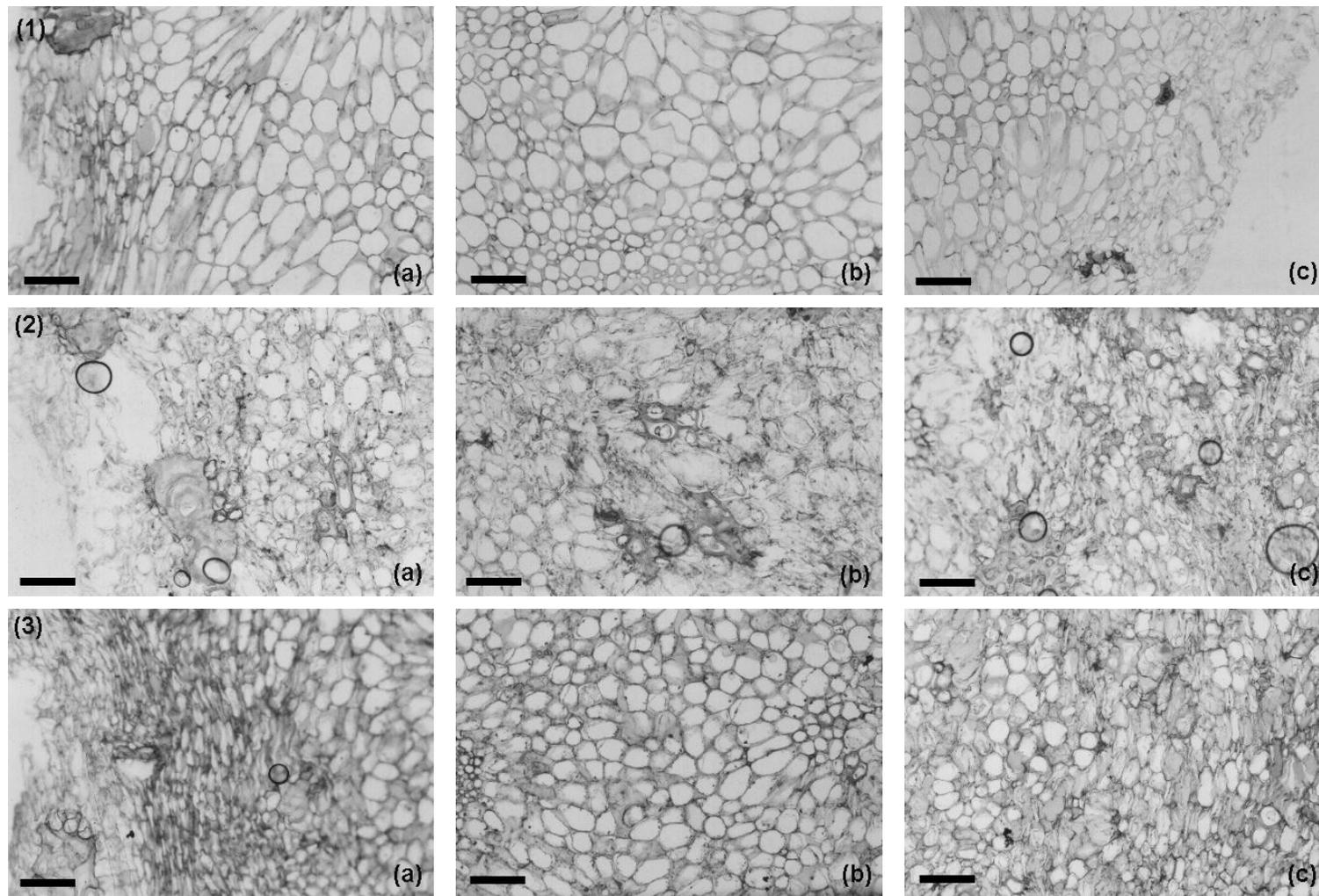


Figura 4.24. Microscopia ótica das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos – Fotos panorâmicas. Seqüência (1): fresca; Seqüência (2): osmoticamente desidratadas em solução de sacarose a 60°Brix; Seqüência (3): osmoticamente desidratadas em solução de sacarose a 60°Brix com adição de 1,5% de lactato de cálcio. (a) início, (b) centro e (c) final da amostra. Escala: 140 μ m.

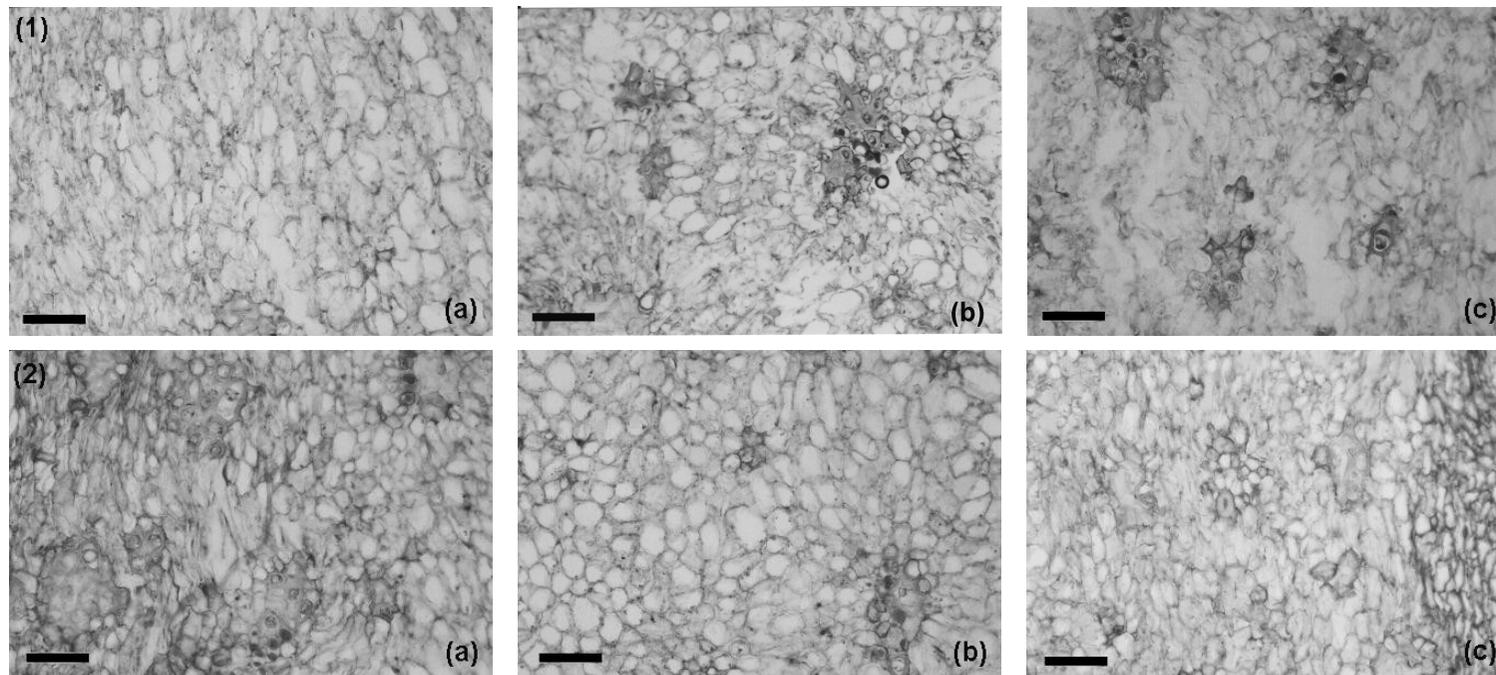


Figura 4.25. Microscopia ótica das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos – Fotos panorâmicas. Seqüência (1): osmoticamente desidratadas em solução de maltose a 60°Brix; Seqüência (2): osmoticamente desidratadas em solução de maltose a 60°Brix com adição de 1,5% de lactato de cálcio. (a) início, (b) centro e (c) final da amostra. Escala: 140µm.

- Microscopia Eletrônica de Varredura

Durante a análise de microscopia eletrônica de varredura, verificou-se que as duas metodologias de preparação das amostras inicialmente propostas, mesmo sendo baseadas na literatura e em resultados experimentais obtidos com outros tipos de tecido vegetal, não foram adequadas para a avaliação das goiabas, pois com as imagens obtidas, não se conseguiu identificar de forma clara o tecido celular das frutas (Figura 4.26).

Com esse resultado não esperado, pesquisou-se qual a etapa de preparação das amostras estava danificando o tecido das frutas, com o objetivo de estabelecer a melhor forma de preparação para as análises de microscopia eletrônica de varredura de amostras de goiaba.

Inicialmente, a fruta adequadamente cortada foi congelada a -80°C , montada em stubs e visualizada no microscópio eletrônico JEOL JSM – 5600 LV com uma unidade de resfriamento acoplada, sendo então analisada a -25°C (FONSECA et al., 2004), para verificar a qualidade das imagens obtidas com a goiaba tratada por técnica menos agressiva, submetida apenas a um congelamento. Os resultados obtidos com esse tipo de preparação foram satisfatórios. As imagens obtidas foram nítidas e apresentaram as células do tecido vegetal de forma bem definida (Figuras 4.27a e 4.27b), comprovando assim a influência negativa dos métodos de preparação das amostras inicialmente utilizados.

Avaliaram-se então, as etapas de preparação das amostras submetidas à fixação em glutaraldeído, desidratação em série alcoólica, secagem em ponto crítico de CO_2 e cobertura com ouro. Experimentou-se congelar a -80°C as amostras fixadas em glutaraldeído e desidratadas em série alcoólica-etílica, visualizando-as diretamente a -25°C para evitar as etapas de secagem em ponto crítico de CO_2 e cobertura com ouro. Obteve-se um melhor resultado (Figuras 4.27c e 4.27d) quando comparado ao verificado para as amostras secas no ponto crítico de CO_2 e cobertas com ouro (Figuras 4.26a e 4.26b), mostrando o grande efeito dessas duas etapas de preparação da amostra no tecido das frutas. Porém,

os resultados ainda não foram satisfatórios em relação aos obtidos na visualização da fruta submetida apenas ao congelamento a -80°C (Figuras 4.27a e 4.27b).

Com a suposição de que o tratamento a que foram submetidas as amostras, durante sua preparação, fosse mais drástico na superfície da fruta em contato com o fixador e com as soluções de desidratação, cortou-se com o auxílio de uma lâmina a parte externa das amostras fixadas em glutaraldeído e desidratadas em série alcoólica, para o posterior congelamento a -80°C e visualização a -25°C . As imagens obtidas foram nítidas e apresentaram as células do tecido vegetal de forma bem definida (Figuras 4.28a e 4.28b), comprovando o efeito mais rigoroso desse tipo de tratamento na superfície das amostras.

A camada superficial das amostras congeladas em nitrogênio líquido e liofilizadas também foi retirada, com o auxílio de uma lâmina. As imagens obtidas (Figuras 4.28c e 4.28d) mostram células mais definidas que as imagens das amostras inteiras, sem a retirada desta camada (Figuras 4.26c e 4.26d), porém foram de características inferiores às imagens das amostras fixadas (Figuras 4.28a e 4.28b).

Esses resultados mostraram que as preparações mais adequadas para as análises de microscopia eletrônica de varredura de goiabas foram: (1) congelamento a -80°C e visualização a -25°C e (2) fixação em glutaraldeído, desidratação em série alcoólico-etílica, retirada da camada superficial com o auxílio de uma lâmina, congelamento a -80°C e visualização a -25°C . Porém, com o objetivo de relacionar as imagens obtidas nas análises de microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura, optou-se por usar metodologias semelhantes de preparação das amostras no decorrer do trabalho, reduzindo desta forma uma possível interferência da preparação das amostras nos resultados obtidos. Assim, a opção (2) foi a metodologia escolhida para a realização das análises de microscopia eletrônica de varredura.

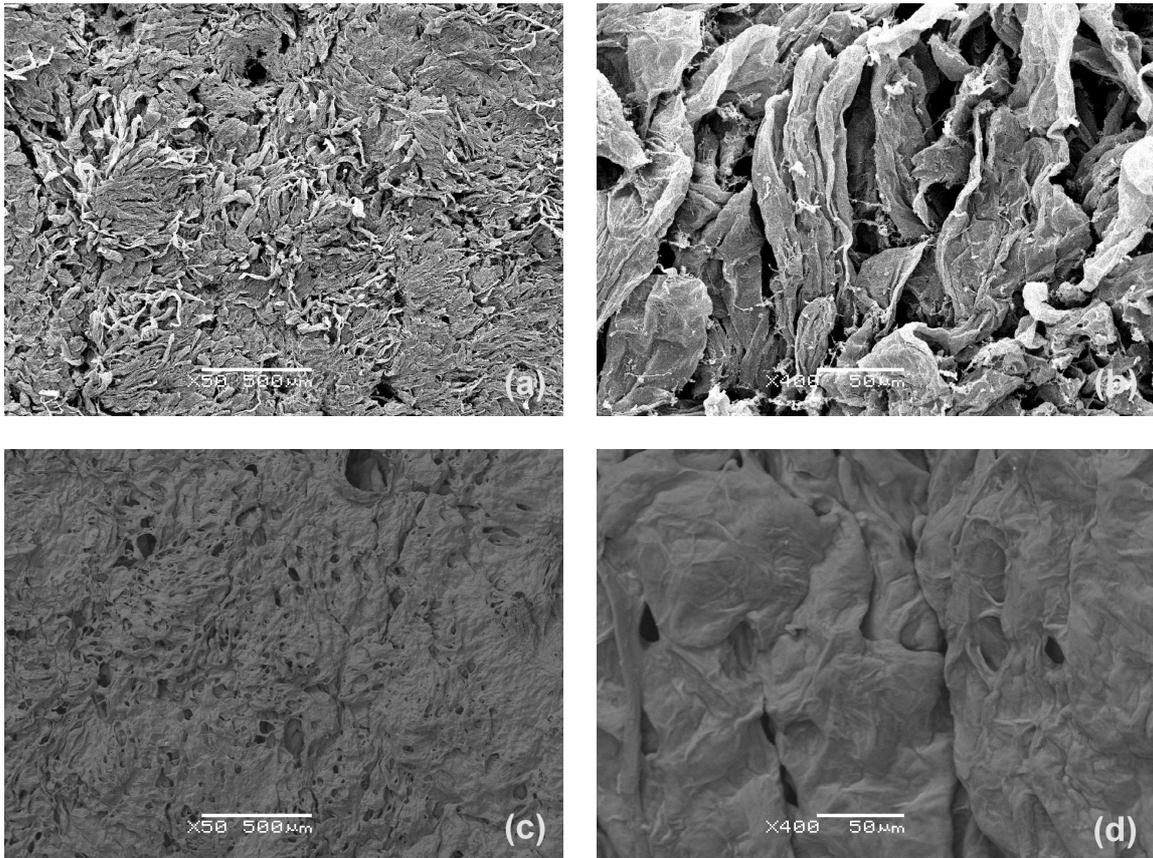


Figura 4.26. Microscopia eletrônica de varredura das goiabas submetidas aos diferentes métodos de preparação das amostras. (a) e (b) Amostras fixadas em glutaraldeído, desidratadas em série alcoólica, secas em ponto crítico de CO₂ e cobertas com ouro; (c) e (d) amostras congeladas em nitrogênio líquido e liofilizadas. (a) e (c) Aspecto geral das amostras, escala: 500µm; (b) e (d) pormenor da amostras, escala: 50µm.

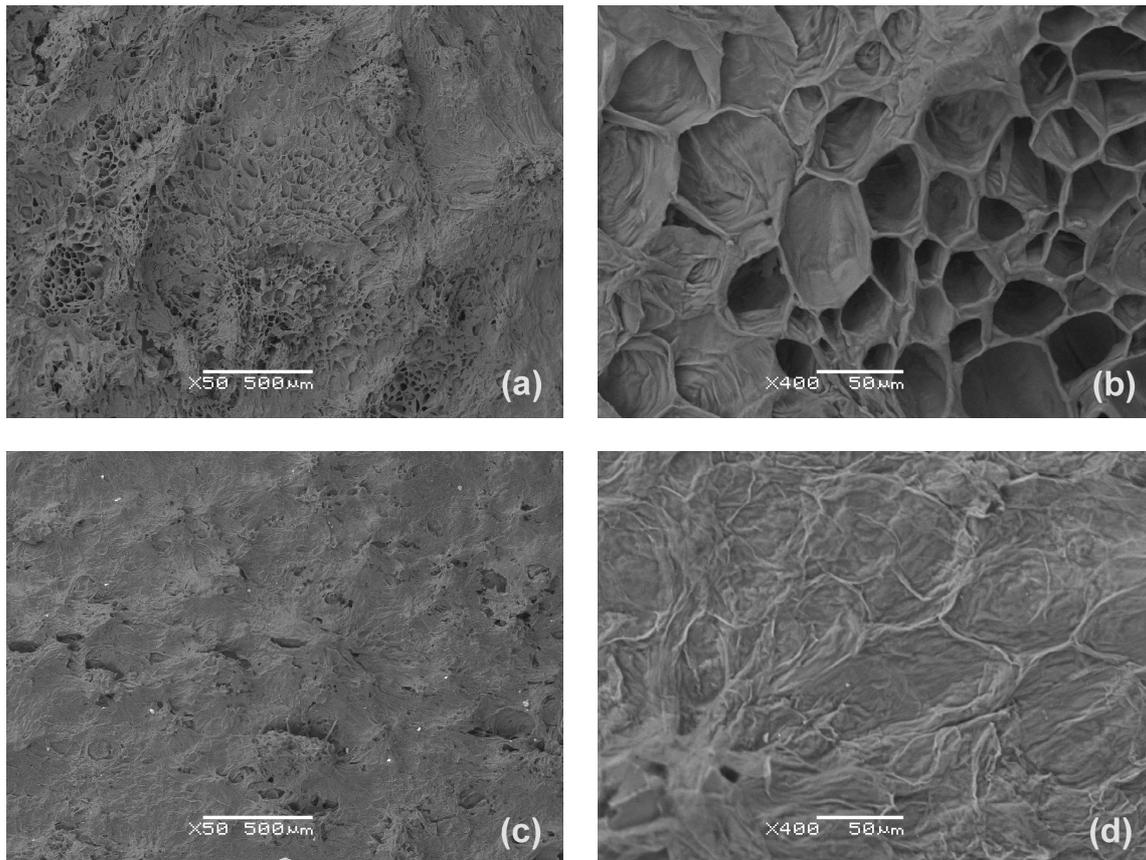


Figura 4.27. Microscopia eletrônica de varredura das goiabas submetidas aos diferentes métodos de preparação das amostras. (a) e (b) Amostras congeladas a -80°C ; (c) e (d) amostras fixadas em glutaraldeído, desidratadas em série alcoólica e congeladas a -80°C . (a) e (c) Aspecto geral das amostras, escala: $500\mu\text{m}$; (b) e (d) pormenor das amostras, escala: $50\mu\text{m}$.

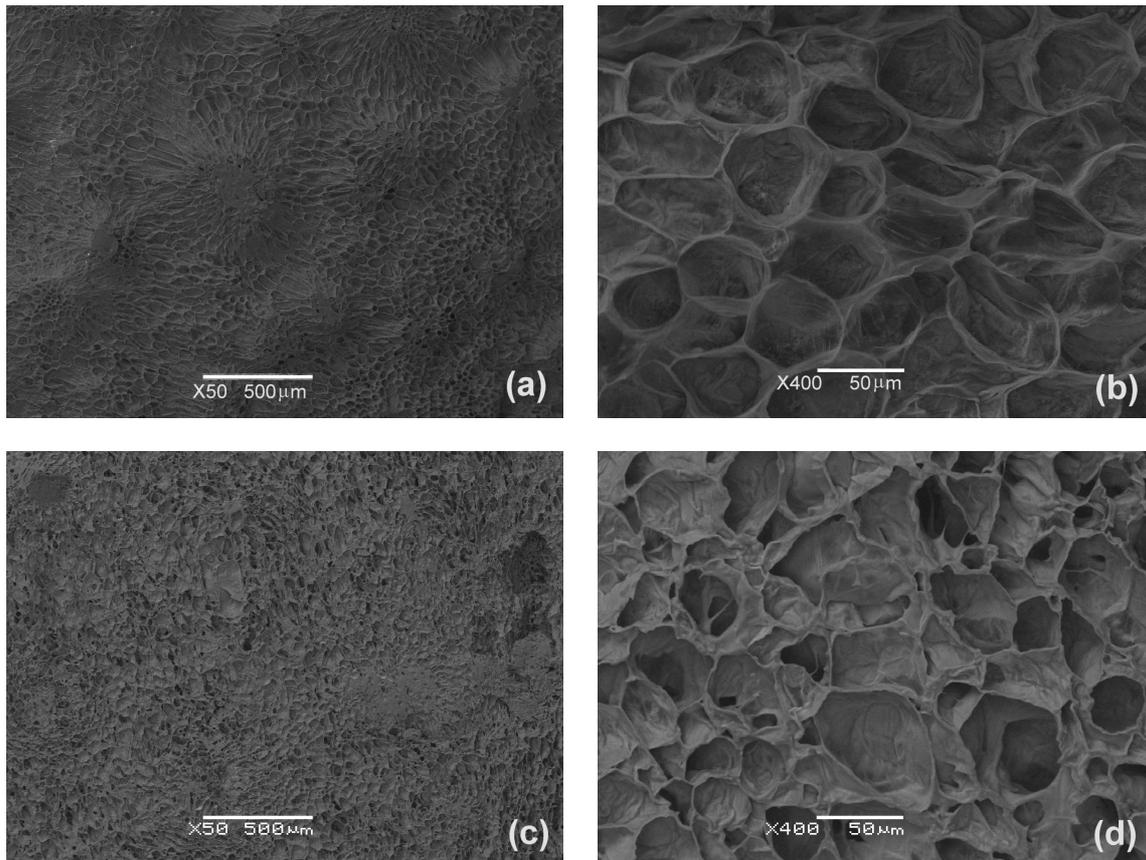


Figura 4.28. Microscopia eletrônica de varredura das goiabas submetidas aos diferentes métodos de preparação das amostras. (a) e (b) Amostras fixadas em glutaraldeído, desidratadas em série alcoólica, camada superficial retirada e congeladas a -80°C ; (c) e (d) amostras congeladas em nitrogênio líquido, liofilizadas e camada superficial retirada. (a) e (c) Aspecto geral das amostras, escala: $500\mu\text{m}$; (b) e (d) pormenor das amostras, escala: $50\mu\text{m}$.

As Figuras 4.29 e 4.30 apresentam as imagens obtidas nos ensaios de microscopia eletrônica de varredura (MEV) das amostras fresca e osmoticamente desidratadas, após a escolha do método de preparação das amostras. Com as imagens MEV, pode-se confirmar os efeitos anteriormente observados na microscopia ótica, ou seja, o intenso colapso celular causado pela desidratação osmótica e a ação do cálcio na preservação estrutural das goiabas. No entanto, acredita-se que as imagens obtidas na microscopia eletrônica de varredura sofreram maiores interferências da técnica aplicada, não apresentando de forma tão clara os eventos observados na microscopia ótica.

Kaláb, Allan-Wojtas e Miller (1995) sugerem a utilização de várias técnicas de imagem para comparação e confirmação dos resultados, devido às possíveis alterações sofridas pelo alimento durante as etapas de preparação para análises de microscopia.

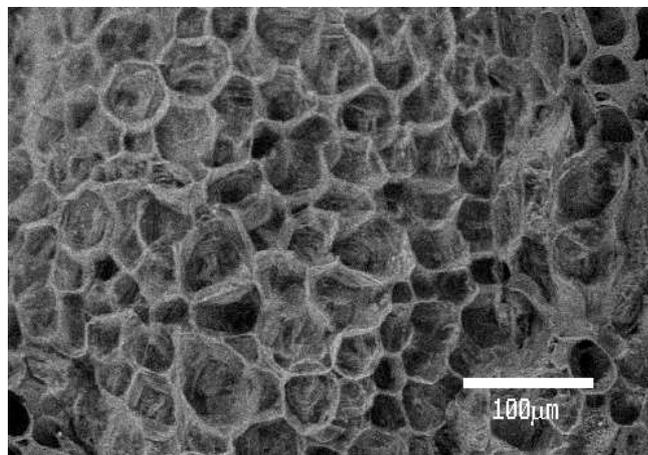


Figura 4.29. Microscopia eletrônica de varredura da goiaba fresca. Escala: 100µm.

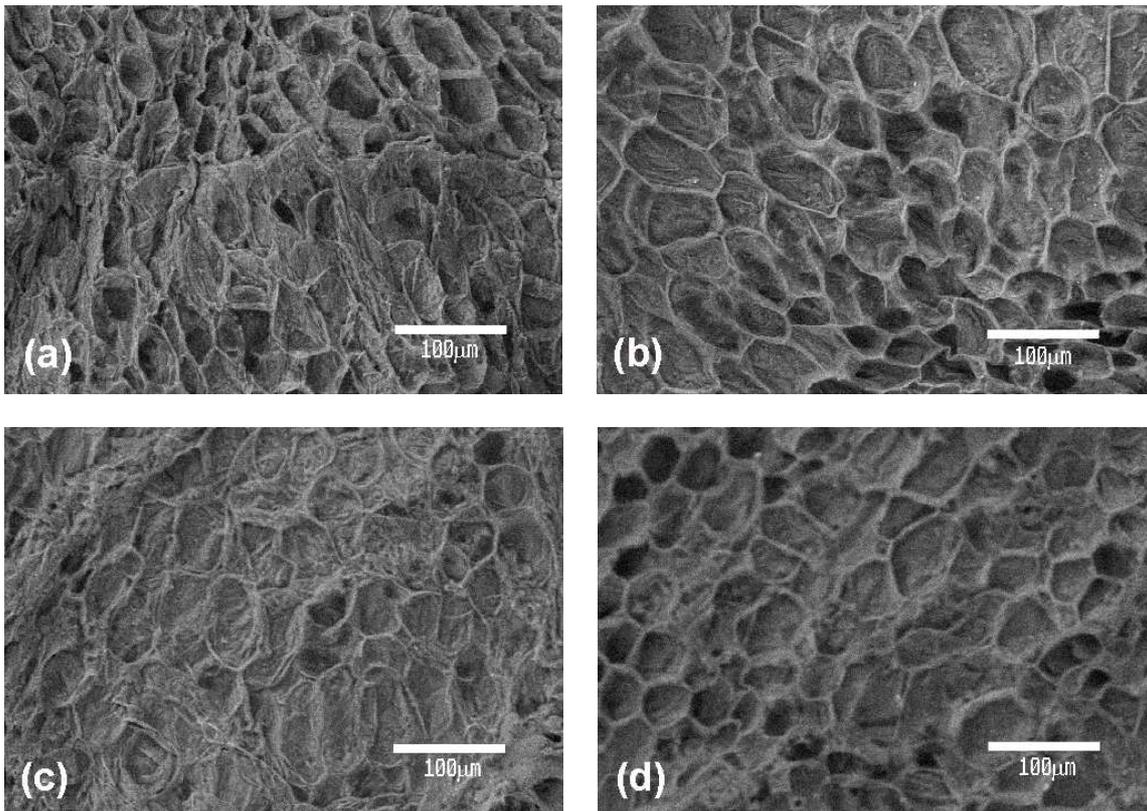


Figura 4.30. Microscopia eletrônica de varredura das goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose a 60°Brix. (a) e (b) Solução de sacarose; (c) e (d) solução maltose; (a) e (c) sem adição de lactato de cálcio; (b) e (d) com adição de 1,5% de lactato de cálcio. Escala: 100µm.

- Calorimetria Diferencial de Varredura

A pectina comercial apresentou uma temperatura inicial (T_i) e um pico de fusão (T_p) em torno 156°C e 181°C, respectivamente (Figura 4.31). Iijima et al. (2000) observaram um pico endotérmico de fusão da pectina numa temperatura um pouco mais baixa que a encontrada em nosso estudo, ao redor de 154°C, provavelmente devido aos diferentes tipos de pectina utilizados.

Com a temperatura de referência do evento térmico escolhido para estudo, avaliaram-se as amostras da parede celular das goiabas frescas e osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose a 40 e 60°Brix, com e sem

adição de 1,5% de lactato de cálcio. Picos correspondentes à temperatura de fusão da pectina foram observados nos termogramas obtidos das diferentes amostras estudadas. A parede celular da goiaba fresca apresentou valores de temperatura inicial e de pico de fusão bastante similares aos valores observados para a pectina comercial, em torno de 157°C e 181°C (Figura 4.31), confirmando o evento térmico em estudo.

As amostras da parede celular das goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose a 40 e 60°Brix também apresentaram valores de T_i e T_p bastante similares aos da fruta fresca, mostrando que o uso dos dois tipos de açúcar não alterou a estrutura da matriz péctica do tecido vegetal, provavelmente devido à pequena quantidade de pectina de alto teor de metoxilação nas amostras de goiaba, resultante da ação da pectinesterase (Figuras 4.32 e 4.33).

Um deslocamento mais significativo da temperatura inicial e do pico de fusão da pectina foi observado para as amostras tratadas com soluções de sacarose na presença do sal de cálcio, com valores de $T_i = 161^\circ\text{C}$ e $T_p = 182^\circ\text{C}$ para as frutas tratadas a 40°Brix e $T_i = 163^\circ\text{C}$ e $T_p = 187^\circ\text{C}$ para as frutas tratadas a 60°Brix (Figura 4.32), sugerindo a interação entre os íons Ca^{+2} e a matriz péctica do tecido das goiabas. No entanto, para as frutas osmoticamente desidratadas com maltose, a adição de lactato de cálcio não alterou o comportamento da fusão da pectina presente nas amostras (Figura 4.33).

Segundo Fu e Rao (1999), Grosso, Bobbio e Airoidi (2000) e Grosso e Rao (1998), o tipo de açúcar utilizado na formação do gel de pectina de baixo teor de metoxilação afeta a rigidez do gel formado, provavelmente devido a uma possível competição entre alguns tipos de açúcar e a pectina pelos íons cálcio. Em analogia ao observado pelos autores, pode-se sugerir a formação de um complexo entre os íons cálcio e as moléculas de maltose, resultando numa menor disponibilidade de íons Ca^{+2} para se ligar à pectina, não alterando assim seu pico de fusão.

Pode-se verificar também um efeito sinérgico da sacarose e do cálcio, visto que com o aumento da concentração do açúcar, maiores temperaturas de fusão da pectina foram verificadas nas amostras com cálcio (Figura 4.32). O efeito sinérgico da sacarose e do cálcio também foi verificado por Fu e Rao (1999), Grosso e Rao (1998) e Norziah et al. (2001) na formação de géis de pectina de baixo teor de metoxilação, na presença de cálcio e sacarose.

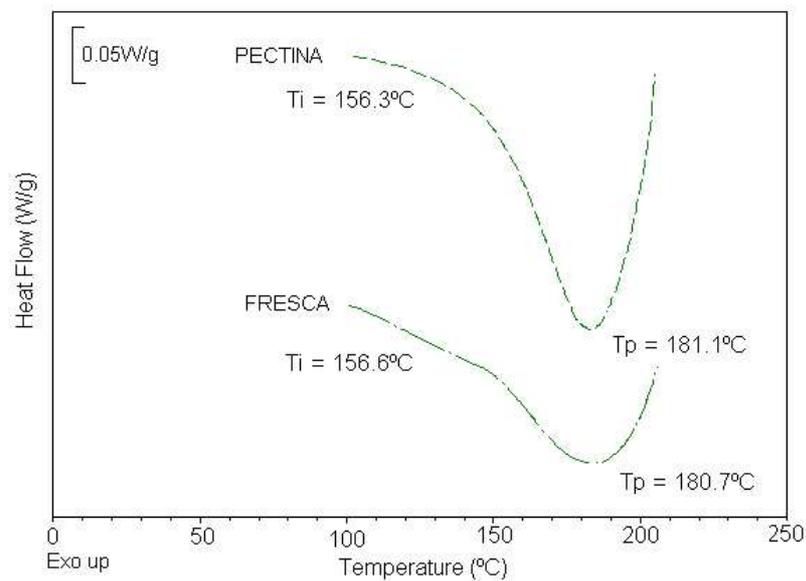


Figura 4.31. Termogramas da pectina comercial e da parede celular da goiaba fresca.

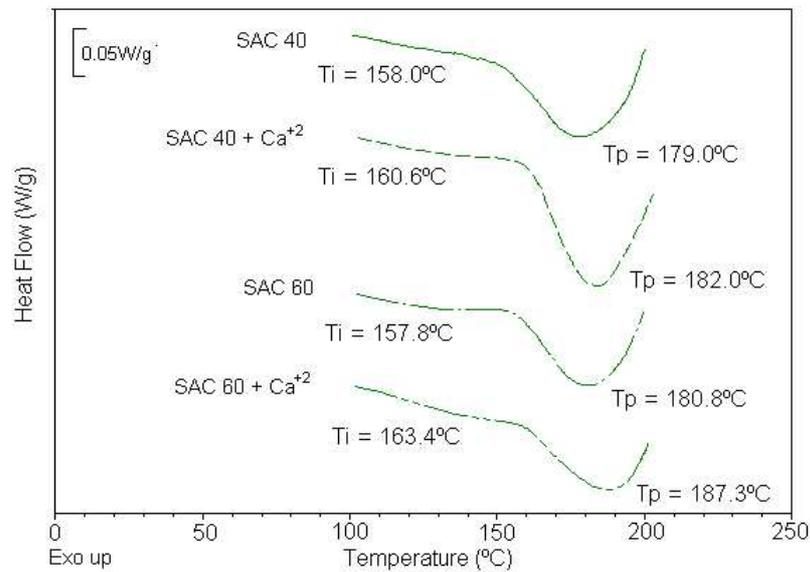


Figura 4.32. Termogramas da parede celular das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de sacarose. **SAC 40 e SAC 40 + Ca²⁺**: sacarose a 40^oBrix sem e com adição de 1,5% de lactato de cálcio; **SAC 60 e SAC 60 + Ca²⁺**: sacarose a 60^oBrix sem e com adição de 1,5% de lactato de cálcio.

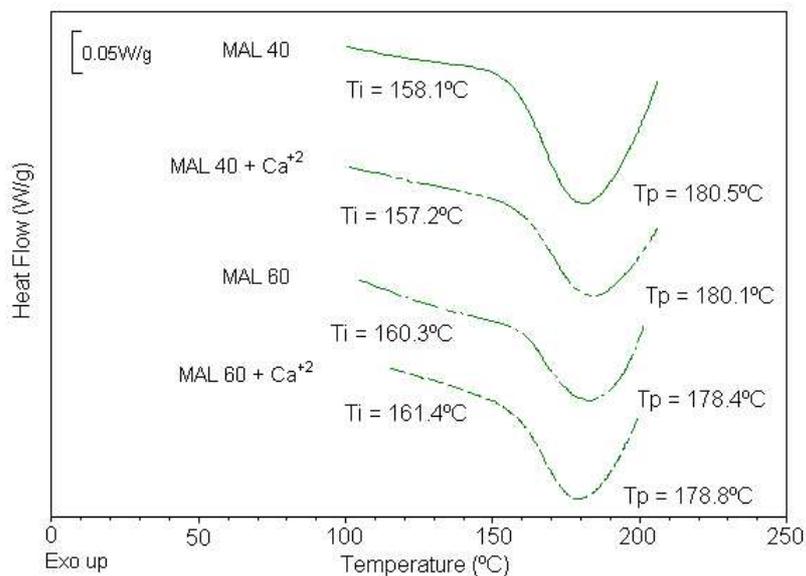


Figura 4.33. Termogramas da parede celular das goiabas osmoticamente desidratadas em soluções de maltose. **MAL 40 e MAL 40 + Ca²⁺**: maltose a 40^oBrix sem e com adição de 1,5% de lactato de cálcio; **MAL 60 e MAL 60 + Ca²⁺**: maltose a 60^oBrix sem e com adição de 1,5% de lactato de cálcio.

- Teor de Cálcio

Como já observado durante o ensaio de escolha do sal de cálcio, item 4.2, a utilização de lactato de cálcio durante o processo osmótico resultou num aumento significativo da quantidade de cálcio presente nas amostras (Figura 4.34), sendo que a utilização de soluções menos concentradas dos açúcares (40ºBrix) promoveu uma maior incorporação dos íons Ca^{+2} durante o tratamento, em comparação às soluções a 60ºBrix.

A adição de lactato de cálcio nas soluções de sacarose e maltose a 40ºBrix resultou em teores de cálcio de 8 a 10 vezes maiores, enquanto que a 60ºBrix, os valores foram em torno de 5 vezes maiores aos apresentados pelas frutas osmoticamente desidratadas, sem adição do sal de cálcio. A provável formação de uma camada superficial devido ao acúmulo de solutos no uso de soluções mais concentradas de açúcar pode ter inibido a incorporação dos íons cálcio durante o processo osmótico a 60ºBrix. Além disso, a menor quantidade de açúcar presente nas soluções a 40ºBrix parece favorecer a entrada de outros solutos na fruta.

Apesar da maior quantidade de íons Ca^{+2} , as frutas osmoticamente desidratadas com soluções dos açúcares a 40ºBrix, adicionadas de lactato de cálcio, não apresentaram diferenças estruturais significativas em relação às frutas tratadas a 60ºBrix, como mostrado nas Figuras 4.22b e 4.22d, 4.23b e 4.23d. Além disso, a maior concentração desses íons também não interferiu na fusão da pectina (Figuras 4.32 e 4.33), sugerindo que apenas uma parte dos íons se ligou à pectina presente no tecido das goiabas, ou que a maior quantidade de açúcar presente no tecido das frutas tratadas a 60ºBrix supriu o efeito do cálcio das frutas osmodesidratadas a 40ºBrix.

Verificou-se também uma menor retenção do teor de cálcio das goiabas durante o processo osmótico com a utilização de maltose como agente desidratante. Menos de 60% do teor de cálcio das frutas foi preservado pelo tratamento com soluções de maltose, enquanto que com as soluções de sacarose foi verificada uma retenção ao redor de 70%, independentemente da concentração de açúcar utilizada. No entanto, as perdas relativas ao processo osmótico foram

compensadas pela adição do sal de cálcio à solução desidratante, como também observado por Lewicki, Vu Le e Pomaranska-Lazuka (2002) em tomates.

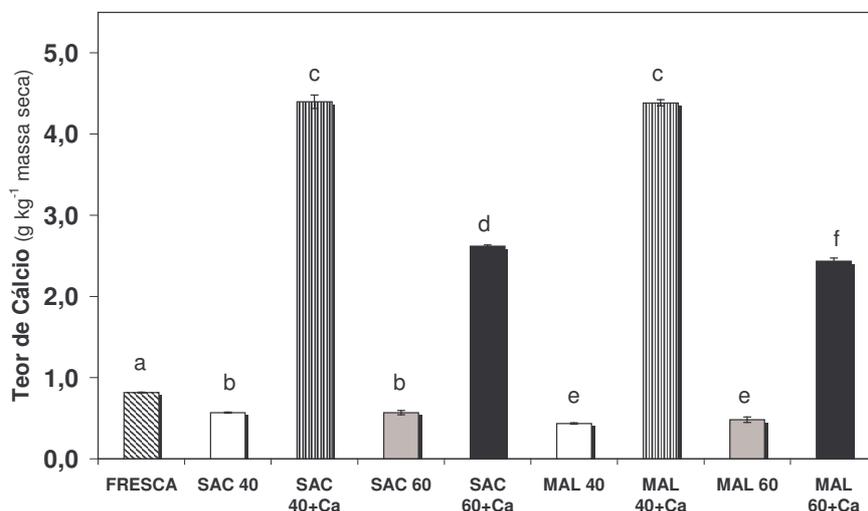


Figura 4.34. Teor de cálcio das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos. **FRESCA:** sem tratamento osmótico; **SAC 40 e SAC 40+Ca:** sacarose a 40ºBrix sem e com adição de 1,5% de lactato de cálcio; **SAC 60 e SAC 60+Ca:** sacarose a 60ºBrix sem e com adição de 1,5% de lactato de cálcio; **MAL 40 e MAL 40+Ca:** maltose a 40ºBrix sem e com adição de 1,5% de lactato de cálcio; **MAL 60 e MAL 60+Ca:** maltose a 60ºBrix sem e com adição de 1,5% de lactato de cálcio. Colunas com a mesma letra não diferem entre si para $p < 0,05$.

- Perda de Peso, Perda de Água e Ganho de Sólidos

A adição de lactato de cálcio na concentração de 1,5% resultou num aumento estatisticamente significativo ($p < 0,05$) da perda de peso (PP) e perda de água (PA) das goiabas apenas quando as soluções osmóticas foram preparadas a 40ºBrix, tanto para as frutas osmoticamente desidratadas com sacarose quanto para as tratadas com maltose (Figuras 4.35 e 4.36). Adicionalmente, o efeito do uso do lactato de cálcio no ganho de sólidos foi verificado apenas nas goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de maltose, sendo que a adição desse sal reduziu a incorporação de sólidos das frutas durante o processo, independentemente da concentração utilizada do açúcar (Figura 4.37).

Os aumentos da PP(%) e da PA(%), resultantes da adição do sal de cálcio, verificados apenas com o uso de soluções a 40ºBrix, são compatíveis aos teores de cálcio apresentados pelas frutas submetidas ao processo osmótico nessas condições (Figura 4.34). As soluções menos concentradas dos açúcares (40ºBrix) permitiram uma maior incorporação de íons Ca^{+2} durante o processo osmótico, favorecendo a perda de água do produto, porém não contribuindo para um maior ganho de sólidos, devido ao pequeno tamanho desses íons frente aos outros solutos envolvidos.

A redução do GS(%) devido à adição de cálcio nas soluções de maltose pode ser atribuída a uma provável proteção celular pela interação entre os íons Ca^{+2} e a pectina presente nas frutas, impedindo a entrada de solutos externos. No entanto, para as goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose, essa ligação entre cálcio e pectina não foi capaz de reduzir a incorporação de sólidos nas frutas.

Comparando-se os dois tipos de açúcar, sacarose e maltose, utilizados na desidratação osmótica das goiabas, verificou-se que o uso de soluções de maltose resultou numa maior perda de peso e de água das amostras e numa maior incorporação de sólidos (Figuras 4.35 a 4.37). Maiores difusões da água e do açúcar foram obtidas com o uso de soluções de maltose como agente desidratante devido ao alto teor de dextrose equivalente (DE 60-66%) e portanto, baixo peso molecular apresentado pelo xarope de milho de alta maltose utilizado nos experimentos, facilitando assim as trocas osmóticas durante o processo. No entanto, este comportamento das soluções de maltose não foi prejudicial às características estruturais das goiabas, como apresentado nas Figuras 4.22 e 4.23, que mostram danos estruturais bastante similares para as frutas tratadas com os dois tipos de açúcar a 40ºBrix e até uma superioridade estrutural das goiabas tratadas com maltose, nas soluções a 60ºBrix.

Alguns pesquisadores, como Argáiz et al. (1994) e Lazarides, Katsanidis e Nickolaidis (1995), sugerem o uso de xaropes de milho na desidratação osmótica de frutas e hortaliças devido à maior perda de água e menor ganho de sólidos, em

comparação ao uso de soluções de sacarose, devido ao alto peso molecular apresentado por esse soluto. No entanto, o efeito desses xaropes na impregnação de sólidos nos produtos osmodesidratados está diretamente relacionado aos teores de dextrose equivalente apresentados pelos xaropes de milho utilizados.

Verificou-se também que o uso de soluções mais concentradas dos açúcares (60ºBrix) causou maiores perdas de peso e de água do produto e um menor ganho de sólidos em relação ao uso de soluções menos concentradas (40ºBrix), para os dois tipos de açúcar utilizados (Figuras 4.35 a 4.37). Uma maior pressão osmótica exercida pelas soluções a 60ºBrix pode ter promovido uma maior retirada de água do produto, no entanto, a formação de uma camada superficial pelo acúmulo de solutos pode ter impedido a penetração dos açúcares. Esse grande efeito desidratante das soluções a 60ºBrix foi refletido nos maiores danos celulares observados nas goiabas submetidas ao processo osmótico nessas condições, sendo responsável pela intensa plasmólise do citoplasma das frutas (Figuras 4.22 e 4.23).

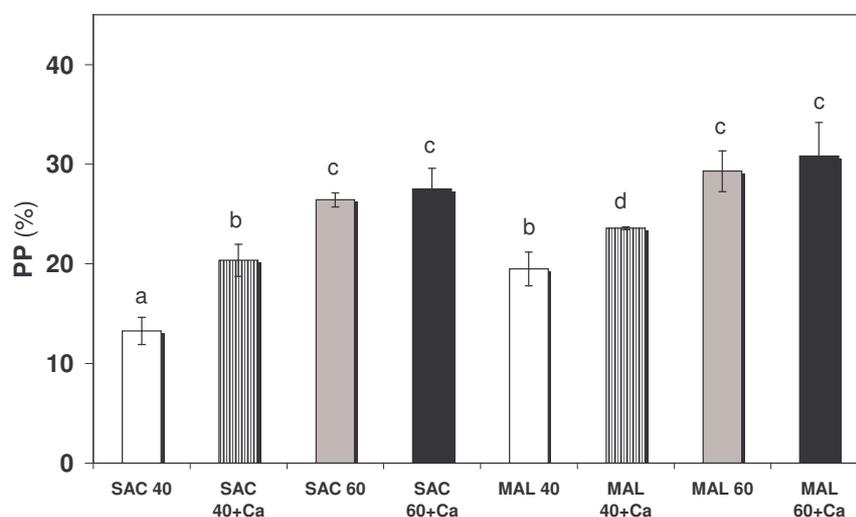


Figura 4.35. Perda de peso (PP) das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos. **SAC 40 e SAC 40+Ca:** sacarose a 40ºBrix sem e com adição de 1,5% de lactato de cálcio; **SAC 60 e SAC 60+Ca:** sacarose a 60ºBrix sem e com adição de 1,5% de lactato de cálcio; **MAL 40 e MAL 40+Ca:** maltose a 40ºBrix sem e com adição de 1,5% de lactato de cálcio; **MAL 60 e MAL 60+Ca:** maltose a 60ºBrix sem e com adição de 1,5% de lactato de cálcio. Colunas com a mesma letra não diferem entre si para $p < 0,05$.

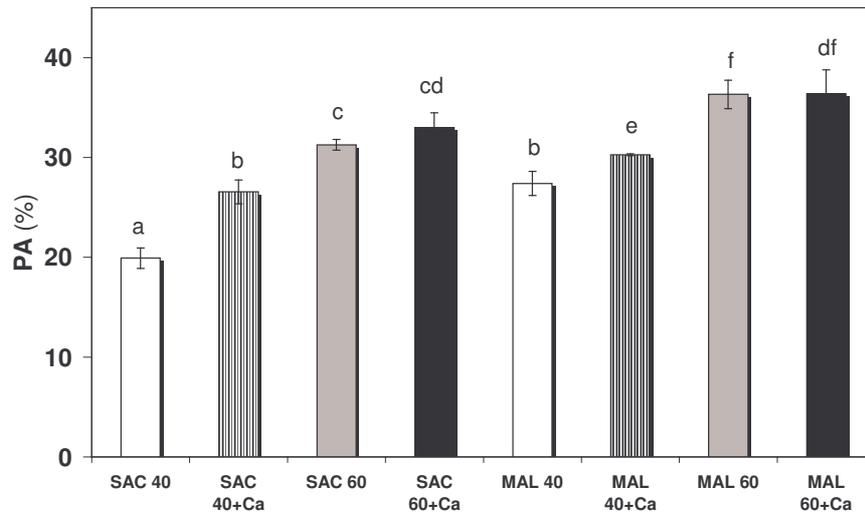


Figura 4.36. Perda de água (PA) das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos. Colunas com a mesma letra não diferem entre si para $p < 0,05$.

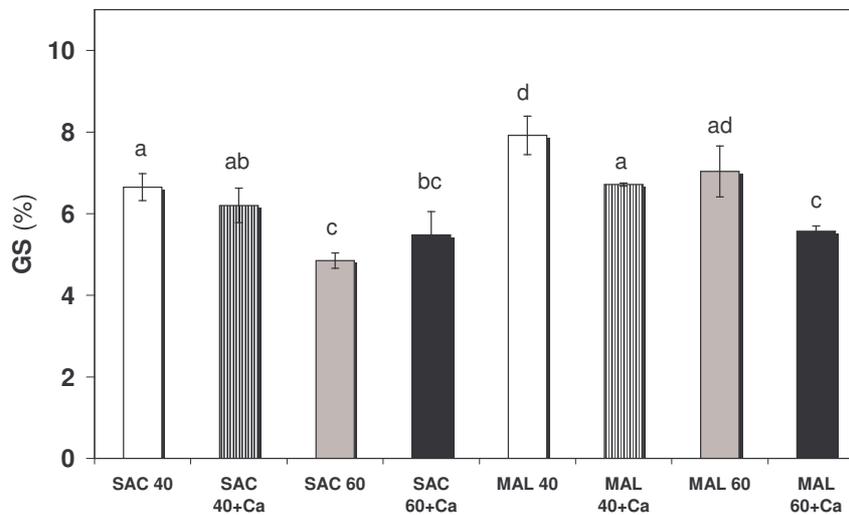


Figura 4.37. Ganho de sólidos (GS) das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos. Colunas com a mesma letra não diferem entre si para $p < 0,05$.

As imagens de microscopia ótica e eletrônica de varredura, obtidas neste ensaio, mostraram os severos danos estruturais causados pelo processo osmótico com soluções de sacarose e maltose e o efeito preservador do lactato de cálcio na estrutura celular das frutas. Além disso, mostraram que o tratamento osmótico com concentrações menores de açúcar danificou de forma um pouco menos severa o tecido das goiabas e que as frutas osmoticamente desidratadas com soluções de maltose a 60°Brix apresentaram arranjo celular um pouco mais estruturado que as goiabas tratadas com soluções de sacarose nessa concentração. Pode-se observar também, através das fotos panorâmicas, que o efeito da desidratação osmótica ocorre em toda a extensão da fruta, apesar de ser considerado um processo de impregnação superficial.

Com os ensaios de calorimetria, pode-se confirmar a interação entre os íons cálcio e a matriz péctica presente no tecido das goiabas, desde que um aumento da temperatura de fusão da pectina foi verificado para as goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose na presença do sal de cálcio. No entanto, para as frutas osmoticamente desidratadas com maltose, a adição de lactato de cálcio não alterou o comportamento da fusão da pectina presente nas goiabas, sugerindo uma possível competição da maltose e da pectina pelos íons cálcio. Verificou-se também que o uso dos dois tipos de açúcar, sacarose e maltose, não alterou a estrutura da matriz péctica do tecido vegetal e que a sacarose e o cálcio podem agir de forma sinérgica, visto que com o aumento da concentração do açúcar, maiores temperaturas de fusão da pectina foram verificadas nas amostras com cálcio.

Algumas características estruturais das goiabas verificadas nas imagens de microscopia puderam ser relacionadas aos efeitos dos diferentes tipos e concentrações dos açúcares e da adição de lactato de cálcio na perda de água e ganho de sólidos durante o processo osmótico.

4.5. Estudo da Vida de Prateleira das Goiabas Osmoticamente Desidratadas Acondicionadas em Embalagens sob Atmosfera Modificada

Para o estudo da vida de prateleira, foram selecionados quatro diferentes tratamentos osmóticos, (1) desidratação osmótica com solução de sacarose a 60°Brix (**SACAROSE**), (2) desidratação osmótica com solução de sacarose a 60°Brix com adição de 1,5% de lactato de cálcio (**SAC+Ca**), (3) desidratação osmótica com solução de maltose a 60°Brix (**MALTOSE**) e (4) desidratação osmótica com solução de maltose a 60°Brix com adição de 1,5% lactato de cálcio (**MAL+Ca**), verificando assim o comportamento dos dois tipos de açúcar e da adição de lactato de cálcio durante a estocagem das goiabas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada passiva, durante 24 dias à temperatura de 5°C.

Durante a estocagem, as frutas foram avaliadas periodicamente em relação à cor, propriedades reológicas, contaminação microbiológica, atributos sensoriais e perda de peso. Avaliou-se também, a composição gasosa no interior das embalagens.

- Perda de Peso

Um aumento gradual da perda de peso foi observado ao longo da vida de prateleira das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos (Figura 4.38), porém com valores inferiores a 1,0% após 24 dias de estocagem, o que mostra a eficiência das embalagens PET utilizadas na preservação das goiabas, devido à baixa taxa de permeabilidade ao vapor de água apresentada por essa embalagem (0,243g/embalagem/dia).

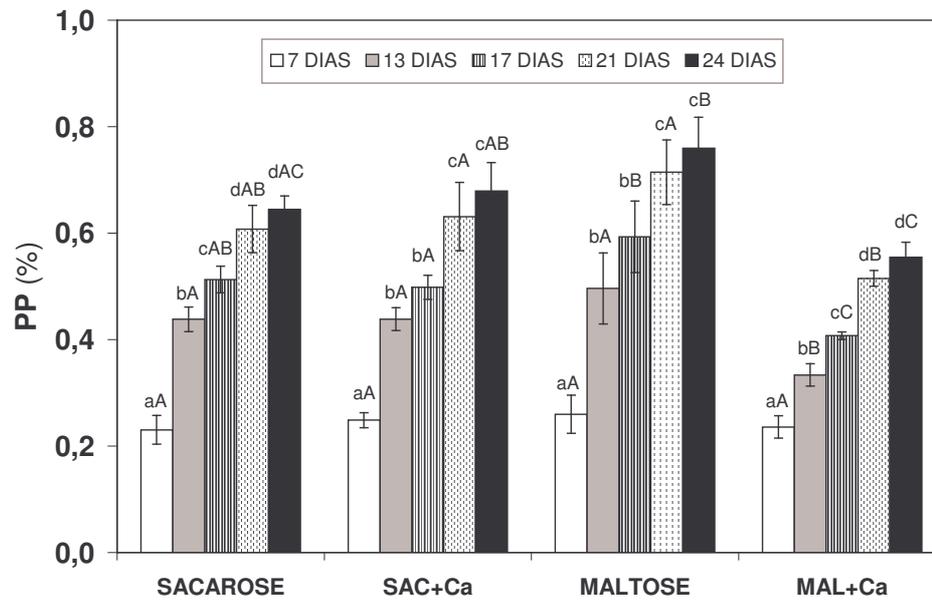


Figura 4.38. Perda de peso (PP) das goiabas durante a estocagem.

As letras minúsculas representam a variação de cada amostra com o tempo de estocagem e as letras maiúsculas representam a variação entre as amostras nos definidos tempos de estocagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para $p < 0,05$.

- Composição Gasosa

As embalagens PET proporcionaram uma suave modificação passiva da atmosfera ao redor das goiabas osmoticamente desidratadas com sacarose, com ou sem adição de lactato de cálcio (Figuras 4.39 e 4.40), e das goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de maltose adicionadas de cálcio (Figura 4.42), atingindo teores em torno de 18% de O_2 e 3% de CO_2 logo no início da estocagem, mostrando um equilíbrio entre a taxa de respiração do produto e a permeabilidade da embalagem utilizada. No entanto, um aumento significativo do teor de CO_2 e diminuição do teor de O_2 foi verificado apenas para as goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de maltose sem adição do sal de cálcio, atingindo valores em torno de 20% de CO_2 e 7% de O_2 no final da estocagem (Figura 4.41).

Pereira et al. (2004) verificaram uma maior modificação da atmosfera no interior das embalagens PET durante o acondicionamento de goiabas

osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose, nas mesmas condições de processo deste experimento. Teores em torno de 7,5% de oxigênio e 18,0% de dióxido de carbono foram observados após 24 dias de estocagem à temperatura de 5°C. Embalagens de características semelhantes e taxas de permeabilidade ao oxigênio muito similares, 13cm³/embalagem/dia no primeiro estudo e 6cm³/embalagem/dia no estudo atual, foram utilizadas nos dois experimentos, porém de diferentes fornecedores Rotlen (Buenos Aires, Argentina) e Galvanotek (Carlos Barbosa, RS, Brasil), respectivamente.

Como as condições de processo osmótico e de acondicionamento do produto, utilizadas nos dois estudos, foram bastante similares, esperava-se atingir condições de atmosfera modificada passiva equivalentes, mesmo considerando as variações inerentes da matéria-prima. As grandes diferenças verificadas na composição gasosa proporcionada pelas diferentes embalagens PET pode ter sido consequência do fechamento não totalmente hermético das embalagens PET fornecidas pela Galvanotek, utilizadas nesse experimento, não permitindo uma grande modificação da atmosfera ao redor das frutas.

No entanto, as pequenas alterações dos teores de O₂ e CO₂ verificadas no interior das embalagens de acondicionamento das goiabas foi capaz de preservar as características das frutas durante os 24 dias de estocagem.

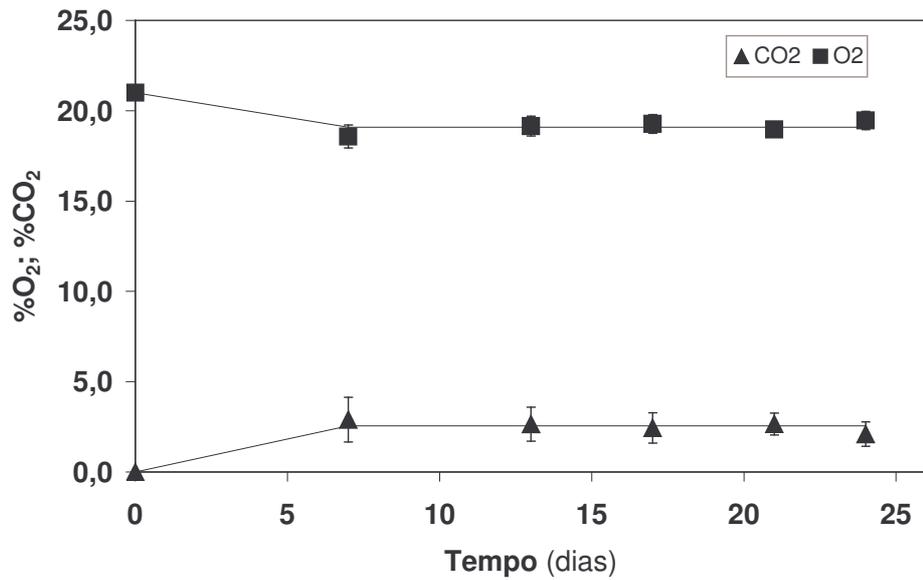


Figura 4.39. Teores de O₂ e CO₂ no interior das embalagens PET contendo goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose durante a estocagem.

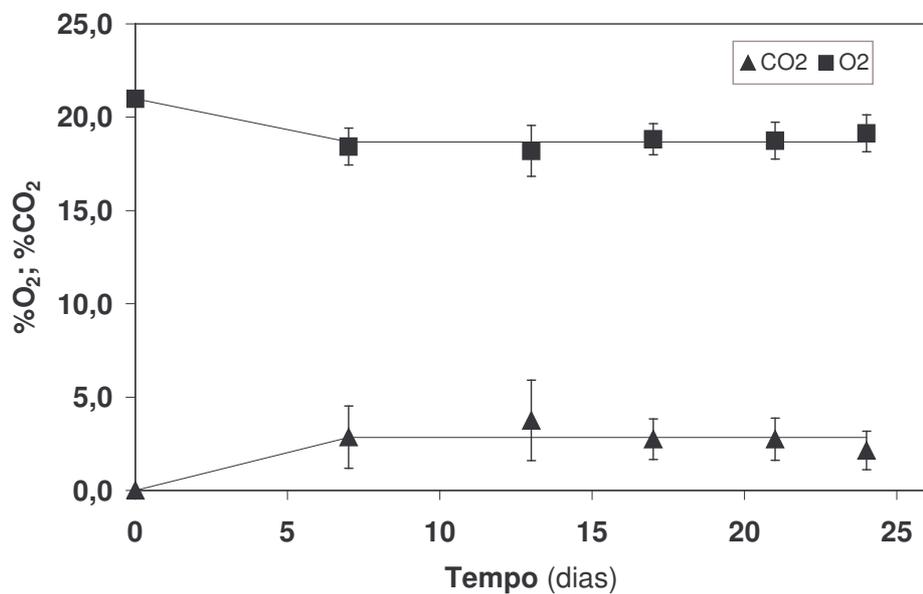


Figura 4.40. Teores de O₂ e CO₂ no interior das embalagens PET contendo goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose adicionadas de lactato de cálcio durante a estocagem.

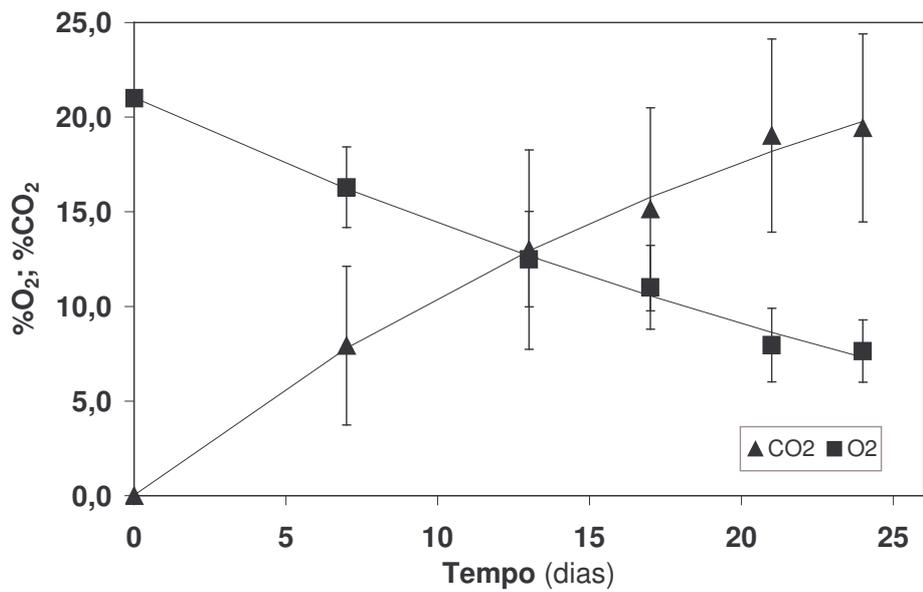


Figura 4.41. Teores de O₂ e CO₂ no interior das embalagens PET contendo goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de maltose durante a estocagem.

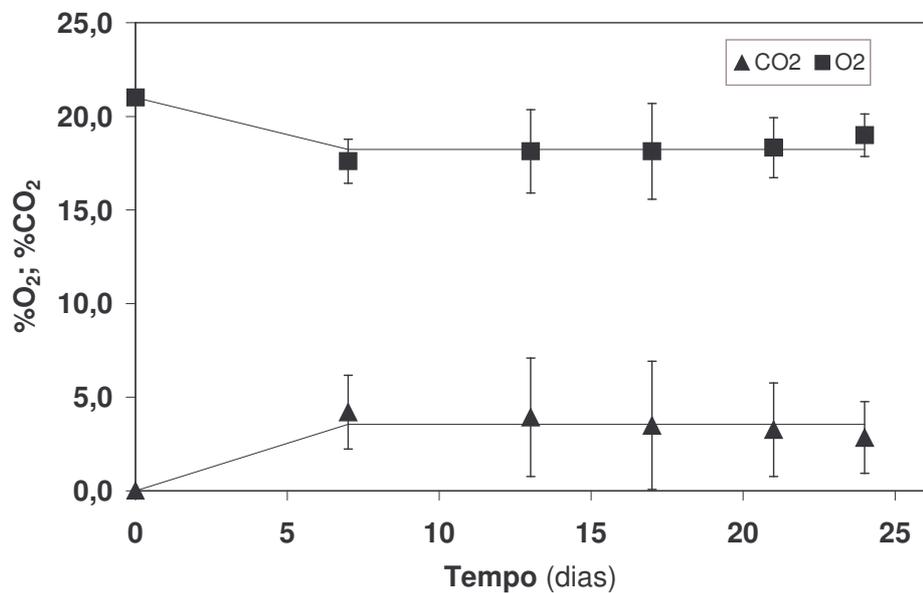


Figura 4.42. Teores de O₂ e CO₂ no interior das embalagens PET contendo goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de maltose adicionadas de lactato de cálcio durante a estocagem.

- Análise Microbiológica

Os resultados das determinações de *Salmonella* e coliformes totais mostraram que as goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos encontraram-se de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos pela Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA), apresentando ausência de *Salmonella* em 25g de amostra e contagens de coliformes menores que 10UFC/g de amostra, indicando que as condições higiênicas da matéria-prima utilizada e do processamento foram adequadas. Para contaminação por bolores e leveduras e bactérias lácticas, a ANVISA não determina limites para esse tipo de produto, porém por serem os principais microrganismos deteriorantes capazes de se desenvolver nas goiabas, avaliou-se o seu desenvolvimento durante a vida de prateleira.

As contagens de bolores e leveduras das goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose adicionadas ou não de lactato de cálcio (**SACAROSE e SAC+Ca**), apresentaram-se abaixo do limite de quantificação do método ($\leq 1,0 \times 10^2$ UFC/g) e permaneceram constantes durante os 24 dias de estocagem a 5°C (Figura 4.43a).

Para as amostras osmoticamente desidratadas com soluções de maltose na presença de cálcio (**MAL+Ca**), pequenas alterações na contagem de bolores e leveduras foram verificadas durante a estocagem, porém ainda apresentando valores na ordem de 10^2 UFC/g (Figura 4.43a). No entanto, as goiabas osmoticamente desidratadas com as soluções de maltose sem adição do sal de cálcio (**MALTOSE**) apresentaram altas contagens de bolores e leveduras logo após o processo osmótico, mostrando valores em torno de 10^4 UFC/g antes da estocagem do produto. Essa contaminação foi inibida nos primeiros dias de estocagem (após 7 dias) devido ao acondicionamento das frutas nas embalagens sob atmosfera modificada e refrigeração, mas continuou a se proliferar com o tempo de vida de prateleira, permanecendo praticamente constante até o final da estocagem a partir do 13º dia, com valores acima de 10^3 UFC/g (Figura 4.43a).

As altas contagens de bolores e leveduras das amostras desidratadas com as soluções de maltose podem ser atribuídas à contagem inicial apresentada pelo xarope de maltose utilizado na preparação da solução osmótica, que apresenta como especificação do fornecedor uma contagem máxima de $5,0 \times 10^2$ UFC/g, resultando na proliferação desses microrganismos durante o processo osmótico. Já, a presença do lactato de cálcio nessa solução foi capaz de inibir o crescimento microbiano nas frutas. Essa contaminação microbiológica verificada nas amostras osmoticamente desidratadas com maltose pode ter promovido um aumento da taxa de respiração das frutas, resultando em grande modificação da atmosfera no interior das embalagens PET ao longo da vida de prateleira, como mostrado na Figura 4.41.

Luna-Guzmán e Barrett (2000) atribuem ao cálcio um possível efeito antimicrobiano em melões minimamente processados, mas sugerem um estudo mais aprofundado para confirmar a ação do cálcio no desenvolvimento de bolores e leveduras nas frutas. Izumi e Watada (1994) observaram que o tratamento com cloreto de cálcio reduziu o crescimento microbiológico em cenouras minimamente processadas. No entanto, a inibição microbiológica do cálcio foi verificada apenas após alguns dias de estocagem, sendo então atribuída ao aumento da resistência do tecido ao ataque por fungos e bactérias, através da estabilização ou do fortalecimento da parede celular, ao invés de ser relacionada a uma ação antimicrobiana do cálcio.

Em nosso estudo, o efeito antimicrobiano do lactato de cálcio foi bastante evidente, uma vez que as goiabas tratadas com as soluções de maltose (**MALTOSE**) apresentaram contagens bastante altas de bolores e leveduras, em torno de 10^4 UFC/g, logo após o processo osmótico, e a adição do sal de cálcio nessa solução (**MAL+Ca**) resultou na redução imediata da contaminação microbiológica das frutas, apresentando valores menores ou iguais a 10^2 UFC/g durante toda a estocagem.

O efeito do lactato de cálcio na inibição do crescimento microbiológico em alface e cenoura minimamente processadas também foi verificado por Martín-

Diana et al. (2005). Estudando a eficiência do uso de soluções de lactato de cálcio na lavagem das hortaliças em comparação às soluções de cloro comumente utilizadas para a redução do crescimento microbiológico desses produtos, os pesquisadores verificaram efeitos similares das duas soluções na redução da carga microbiológica dos vegetais. De acordo com Saftner et al. (2003), essa propriedade antimicrobiana dos sais de ácidos orgânicos está relacionada à capacidade de formar em solução o ácido correspondente na forma não dissociada, sendo então dependente do grau de dissociação do sal utilizado.

Outro importante efeito observado foi a inibição do crescimento microbiológico nas amostras desidratadas em soluções de maltose (**MALTOSE**) devido ao uso da embalagem sob atmosfera modificada associada à refrigeração, mostrando uma redução significativa das contagens de bolores e leveduras após 7 dias de estocagem a 5°C. A menor disponibilidade de oxigênio e o maior teor de dióxido de carbono no interior das embalagens, associados à baixa temperatura de estocagem, causaram a morte de grande parte dos microrganismos presentes nas amostras. No entanto, devido a capacidade dos microrganismos de se readaptar às novas condições estabelecidas, a proliferação de bolores e leveduras continuou sendo observada durante a vida de prateleira.

A estabilidade microbiológica promovida pela atmosfera modificada associada à refrigeração é confirmada por vários pesquisadores como Bai, Saftner e Watada (2003), Gil, Conesa e Artés (2002), González-Aguilar et al. (2004) e Villanueva et al. (2005). No entanto, alguns autores afirmam que a temperatura de estocagem é um fator mais crítico do que a atmosfera modificada no controle microbiológico e sugerem o uso de baixas temperaturas de estocagem, associadas a composições gasosas adequadas, para alcançar a estabilidade microbiológica dos produtos minimamente processados (GIL, CONESA e ARTÉS, 2002; GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2004).

Em relação à contaminação por bactérias lácticas, todas as amostras, independentemente do tipo de tratamento osmótico utilizado, apresentaram contagens abaixo do limite de quantificação do método ($\leq 1,0 \times 10^4$ UFC/g), não

mostrando o desenvolvimento desse microrganismo durante a estocagem por 24 dias (Figura 4.43b).

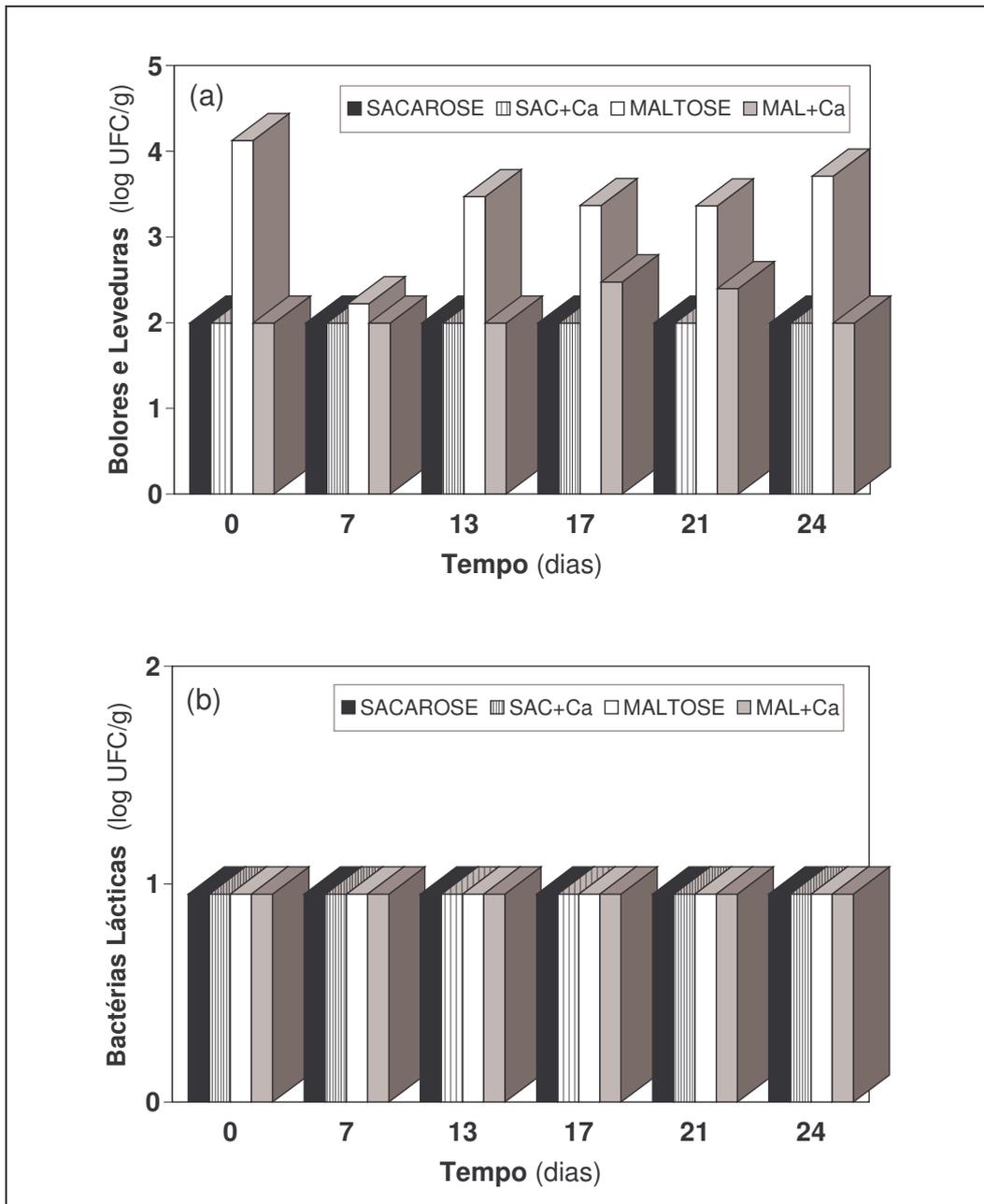


Figura 4.43. Contagem de bolores e leveduras (a) e bactérias lácticas (b) das goiabas durante a estocagem.

- Cor

Como mostra a Figura 4.44, a luminosidade (L^*) das goiabas não foi afetada pelo tipo de tratamento osmótico utilizado, nem pela estocagem do produto durante 24 dias. O parâmetro L^* não mostrou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as diferentes amostras nos definidos tempos de estocagem, e essa característica de cor se manteve constante durante a vida de prateleira, independentemente do tratamento utilizado.

O parâmetro a^* , representante da cor vermelha da goiaba, também não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes amostras nos definidos tempos de estocagem ($p < 0,05$) (Figura 4.45). Porém, uma diminuição do valor de a^* foi verificada no início da estocagem para todas as amostras, sendo mais intensa e estatisticamente significativa apenas para as amostras osmoticamente desidratadas na ausência do lactato de cálcio, permanecendo constante após alguns dias de estocagem. Essa variação do parâmetro a^* no início da estocagem das goiabas também foi verificada por Pereira (2002) e pode ser atribuída a um possível equilíbrio entre a goiaba e a solução osmótica remanescente na superfície da fruta logo após o processo osmótico.

Um aumento do parâmetro b^* foi verificado no final da estocagem, sendo mais intenso e estatisticamente significativo nas amostras osmoticamente desidratadas com as soluções dos açúcares adicionadas de lactato de cálcio (Figura 4.46), resultando numa coloração mais amarelada nas frutas após longos períodos de estocagem. Novamente, como nas outras características de cor da goiaba, a cor amarela das frutas não apresentou diferenças significativas entre as diferentes amostras, nos definidos tempos de estocagem ($p < 0,05$).

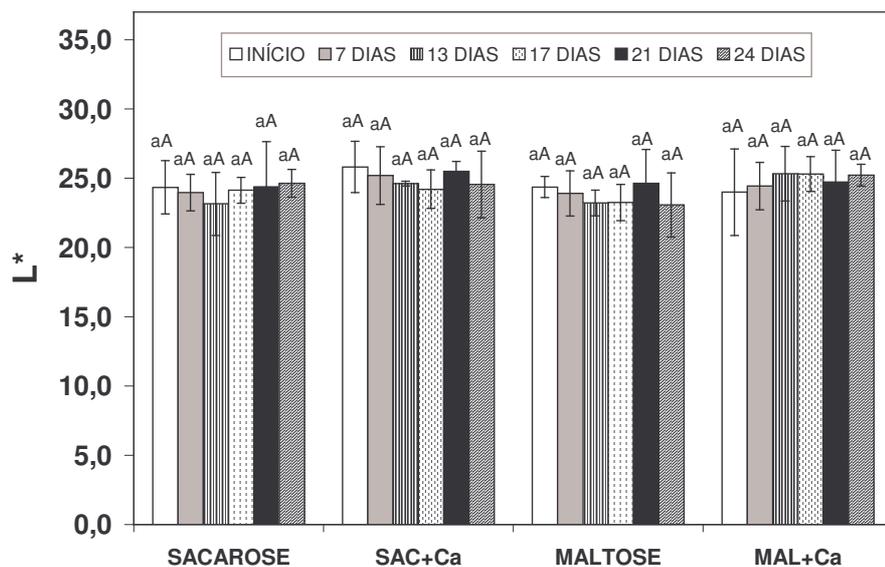


Figura 4.44. Luminosidade L^* das goiabas durante a estocagem.

As letras minúsculas representam a variação de cada amostra com o tempo de estocagem e as letras maiúsculas representam a variação entre as amostras nos definidos tempos de estocagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para $p < 0,05$.

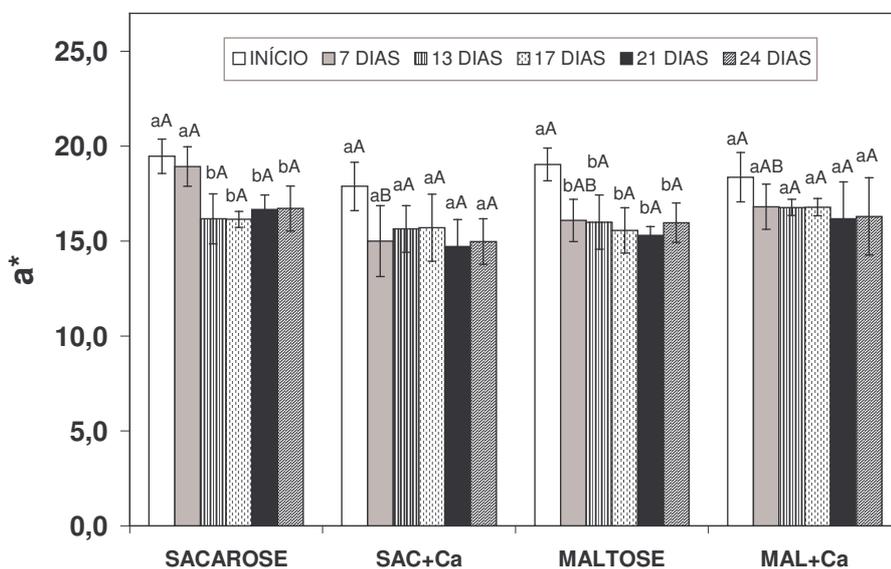


Figura 4.45. Parâmetro de cor a^* das goiabas durante a estocagem.

As letras minúsculas representam a variação de cada amostra com o tempo de estocagem e as letras maiúsculas representam a variação entre as amostras nos definidos tempos de estocagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para $p < 0,05$.

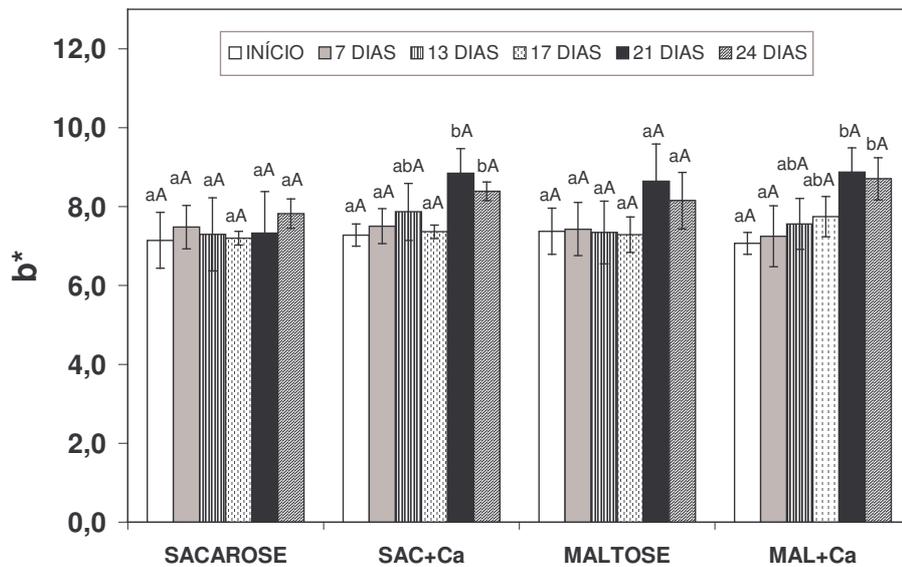


Figura 4.46. Parâmetro de cor b^* das goiabas durante a estocagem.

As letras minúsculas representam a variação de cada amostra com o tempo de estocagem e as letras maiúsculas representam a variação entre as amostras nos definidos tempos de estocagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para $p < 0,05$.

- Parâmetros Reológicos

Os valores da tensão na ruptura das goiabas não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) ao longo da vida de prateleira, para todos os tratamentos osmóticos utilizados (Figura 4.47a). No entanto, um aumento significativo da tensão de ruptura foi verificado quando as frutas foram osmoticamente desidratadas com as soluções de sacarose ou maltose adicionadas de lactato de cálcio, sendo este efeito do sal de cálcio na dureza das frutas mantido até o final da estocagem.

A adição de lactato de cálcio nas soluções osmóticas também afetou a deformação das goiabas, porém de forma menos acentuada (Figura 4.47b). Os valores de deformação das amostras osmoticamente desidratadas na presença de cálcio foram levemente superiores aos das frutas processadas sem adição do sal, permanecendo também constantes durante a estocagem para os diferentes tratamentos osmóticos ($p < 0,05$).

O efeito do sal lactato de cálcio nas características de textura das goiabas, a altas deformações, já havia sido demonstrado nas demais etapas do trabalho e a manutenção da textura dos tecidos vegetais durante a estocagem em embalagens sob atmosfera modificada foi também verificada por outros pesquisadores como Serrano et al. (2006), Villanueva et al. (2005). A menor quantidade de oxigênio no interior das embalagens sob atmosfera modificada altera a taxa de respiração das frutas e hortaliças e, conseqüentemente, inibe os processos metabólicos associados ao amadurecimento e senescência desses produtos. Além disso, a atividade das enzimas responsáveis pelas alterações de textura durante o amadurecimento das frutas e hortaliças, como poligalacturonase e pectinametilesterase, pode também ser inibida nessas condições de estocagem (ALI et al., 2004; GERDES e PARRINO-LOWE, 1995).

Por outro lado, nos ensaios de compressão a baixas deformações da amostra, verificou-se que não houve influência do tipo de tratamento osmótico e do tempo de estocagem no tempo de relaxação das goiabas (Figura 4.48a). Um aumento da tensão residual das frutas foi observado em função do tempo de estocagem, porém, não apresentando também diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as diferentes amostras nos definidos tempos de estocagem (Figura 4.48b).

Com o amadurecimento das frutas, mesmo sendo retardado de certa forma pela atmosfera modificada, pode ocorrer um aumento da atividade da pectinametilesterase, causando a desmetoxilação e conseqüente solubilização das pectinas. No entanto, a provável ligação das pectinas de baixo teor de metoxilas formadas e os íons cálcio presentes naturalmente nas goiabas pode ter formando uma estrutura mais elástica, o que resultou no aumento da tensão residual ao longo da vida de prateleira das frutas.

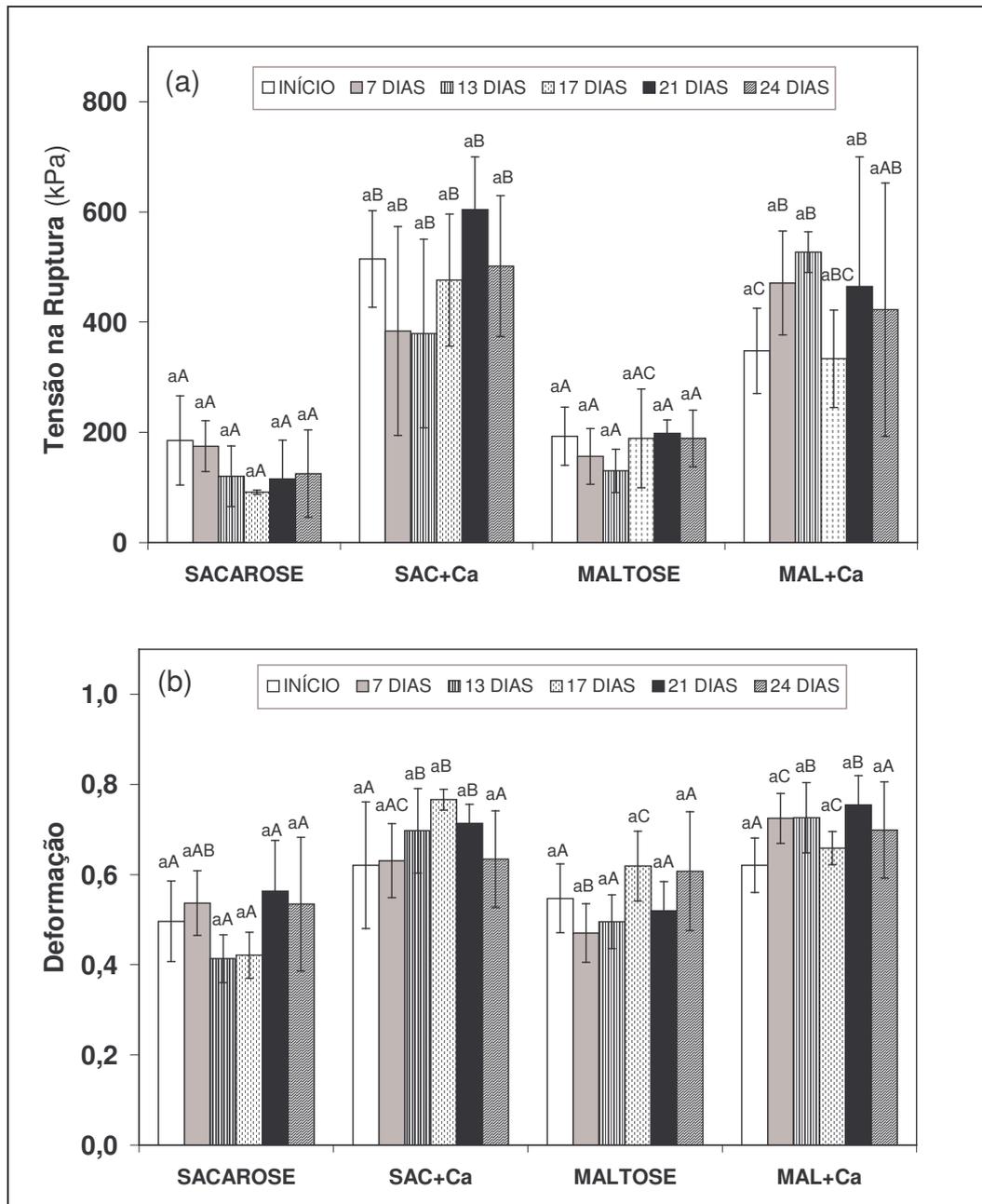


Figura 4.47. Tensão (a) e deformação (b) na ruptura das goiabas durante a estocagem.

As letras minúsculas representam a variação de cada amostra com o tempo de estocagem e as letras maiúsculas representam a variação entre as amostras nos definidos tempos de estocagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para $p < 0,05$.

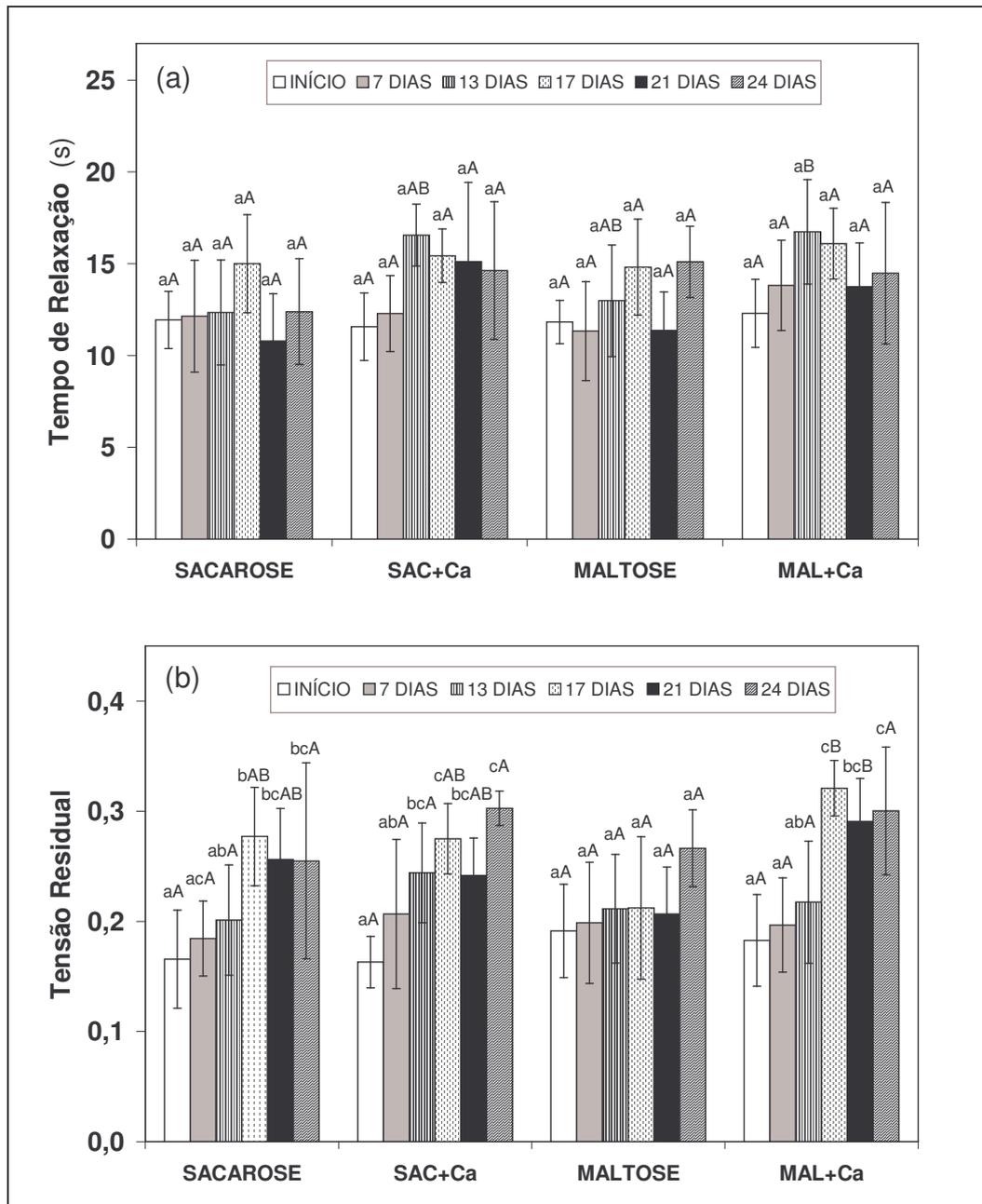


Figura 4.48. Tempo de relaxação (a) e tensão residual (b) das goiabas durante a estocagem.

As letras minúsculas representam a variação de cada amostra com o tempo de estocagem e as letras maiúsculas representam a variação entre as amostras nos definidos tempos de estocagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para $p < 0,05$.

- Aceitação Sensorial

As Tabelas 4.4 a 4.9 apresentam as médias das notas dadas pelos provadores, em relação aos atributos sensoriais, para as amostras submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos durante a estocagem por 24 dias.

No início da vida de prateleira, antes da estocagem, as goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) em relação aos principais atributos sensoriais. Apenas a aparência e a cor da fruta osmoticamente desidratada com solução de maltose adicionada de lactato de cálcio mostraram aceitação um pouco inferior, porém ainda com médias superiores ao limite de aceitação do produto (4,5).

Após 7 dias de estocagem, no entanto, uma queda significativa da aceitação em relação ao sabor da amostra tratada com solução de maltose adicionada de cálcio foi verificada, apresentando uma nota média bastante inferior (3,7) ao limite de aceitação estabelecido. Porém, como as outras características sensoriais, principalmente a textura e a impressão global da amostra, ainda apresentavam notas aceitáveis, realizou-se novamente a análise sensorial da amostra no período subsequente da estocagem. Após 13 dias, no entanto, a baixa aceitação sensorial da amostra osmoticamente desidratada com solução de maltose adicionada de cálcio foi ainda maior, levando à rejeição do produto.

Durante esse período, notou-se também uma preferência do consumidor pela goiaba osmoticamente desidratada com solução de sacarose. As notas dos atributos de aroma, sabor e impressão global desta amostra foram significativamente superiores às notas da amostra tratada com solução de sacarose adicionada de cálcio e da amostra osmoticamente desidratada com solução de maltose ($p < 0,05$), sendo que estas duas amostras mostraram apenas pequenas diferenças entre si em relação à aceitação sensorial. No entanto, a amostra tratada com solução de sacarose adicionada de lactato de cálcio apresentou notas um pouco inferiores ao limite de aceitação após 13 dias de estocagem em relação a alguns atributos, como aroma, sabor e textura. Aos 17

dias de estocagem, além dos atributos já prejudicados anteriormente, a impressão global da amostra apresentou nota bastante inferior ao limite de aceitação do produto (4,5), levando à rejeição desta outra amostra.

Após 21 dias de estocagem, a baixa aceitação, principalmente em relação ao sabor e à impressão global, da amostra osmoticamente desidratada com solução de maltose impediu sua avaliação sensorial no final da estocagem, após 24 dias. No entanto, os atributos da amostra osmoticamente desidratada com solução de sacarose continuaram apresentando boas notas até o final da vida de prateleira, mostrando uma grande aceitação pelo consumidor.

A avaliação da intenção de compra do consumidor também mostrou sua preferência pela goiaba osmoticamente desidratada com solução de sacarose, apresentando percentuais de compra em torno de 75% durante os 24 dias de estocagem. A intenção do consumidor de comprar as goiabas submetidas aos outros tratamentos osmóticos, no entanto, foi superior a 50% apenas no início da vida de prateleira.

Tabela 4.4. Médias da aceitação dos provadores em relação ao aroma das goiabas durante a estocagem

Tempo	SACAROSE	SAC+Ca	MALTOSE	MAL+Ca
INÍCIO	6,5 ^a	5,7 ^a	5,4 ^a	6,2 ^a
7 DIAS	7,5 ^a	4,7 ^c	6,0 ^b	5,2 ^{bc}
13 DIAS	7,0 ^a	4,4 ^{bc}	5,4 ^b	3,6 ^c
17 DIAS	7,4 ^a	4,3 ^b	6,2 ^a	***
21 DIAS	7,4 ^a	***	5,0 ^b	***
24 DIAS	7,6	***	***	***

Médias seguidas pela mesma letra em uma mesma linha não diferem entre si significativamente ($p < 0,05$).

Tabela 4.5. Médias da aceitação dos provadores em relação ao sabor das goiabas durante a estocagem

Tempo	SACAROSE	SAC+Ca	MALTOSE	MAL+Ca
INÍCIO	5,9 ^a	5,0 ^a	5,0 ^a	4,5 ^a
7 DIAS	6,7 ^a	5,0 ^b	4,5 ^b	3,7 ^b
13 DIAS	6,4 ^a	4,0 ^{bc}	4,5 ^b	2,8 ^c
17 DIAS	6,6 ^a	4,0 ^b	5,2 ^b	***
21 DIAS	5,9 ^a	***	3,8 ^b	***
24 DIAS	6,2	***	***	***

Médias seguidas pela mesma letra em uma mesma linha não diferem entre si significativamente ($p < 0,05$).

Tabela 4.6. Médias da aceitação dos provadores em relação à textura das goiabas durante a estocagem

Tempo	SACAROSE	SAC+Ca	MALTOSE	MAL+Ca
INÍCIO	5,7 ^a	5,2 ^a	5,7 ^a	4,6 ^a
7 DIAS	6,0 ^a	5,2 ^a	4,7 ^a	5,3 ^a
13 DIAS	5,6 ^a	4,1 ^{ab}	4,7 ^{ab}	3,3 ^b
17 DIAS	6,3 ^a	4,3 ^b	6,0 ^{ab}	***
21 DIAS	5,7 ^a	***	4,4 ^b	***
24 DIAS	6,1	***	***	***

Médias seguidas pela mesma letra em uma mesma linha não diferem entre si significativamente ($p < 0,05$).

Tabela 4.7. Médias da aceitação dos provadores em relação à impressão global das goiabas durante a estocagem

Tempo	SACAROSE	SAC+Ca	MALTOSE	MAL+Ca
INÍCIO	6,0 ^a	5,2 ^a	5,5 ^a	5,1 ^a
7 DIAS	6,8 ^a	4,9 ^b	4,7 ^b	4,6 ^b
13 DIAS	6,4 ^a	4,5 ^b	4,6 ^b	3,4 ^b
17 DIAS	6,7 ^a	3,8 ^c	5,3 ^b	***
21 DIAS	6,3 ^a	***	4,1 ^b	***
24 DIAS	6,5	***	***	***

Médias seguidas pela mesma letra em uma mesma linha não diferem entre si significativamente ($p < 0,05$).

Tabela 4.8. Médias da aceitação dos provadores em relação à aparência das goiabas durante a estocagem

Tempo	SACAROSE	SAC+Ca	MALTOSE	MAL+Ca
INÍCIO	6,6 ^a	5,9 ^{ab}	6,2 ^{ab}	5,0 ^b
7 DIAS	5,6 ^a	5,1 ^a	5,7 ^a	5,9 ^a
13 DIAS	5,5 ^a	4,5 ^a	5,2 ^a	5,4 ^a
17 DIAS	6,2 ^{ab}	6,6 ^a	5,5 ^b	***
21 DIAS	6,2 ^a	***	4,5 ^b	***
24 DIAS	6,0	***	***	***

Médias seguidas pela mesma letra em uma mesma linha não diferem entre si significativamente ($p < 0,05$).

Tabela 4.9. Médias da aceitação dos provadores em relação à cor das goiabas durante a estocagem

Tempo	SACAROSE	SAC+Ca	MALTOSE	MAL+Ca
INÍCIO	6,6 ^a	6,0 ^{ab}	5,9 ^{ab}	4,8 ^b
7 DIAS	5,4 ^a	4,9 ^a	5,6 ^a	6,3 ^a
13 DIAS	5,4 ^a	4,8 ^a	5,2 ^a	4,9 ^a
17 DIAS	6,3 ^a	6,3 ^a	5,9 ^a	***
21 DIAS	6,7 ^a	***	4,3 ^b	***
24 DIAS	5,8	***	***	***

Médias seguidas pela mesma letra em uma mesma linha não diferem entre si significativamente ($p < 0,05$).

Além disso, como comprovado pelas Figuras 4.49, 4.50 e 4.52, a aceitação dos provadores em relação às goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose e maltose adicionadas de lactato de cálcio foi diminuindo ao longo do tempo de estocagem das amostras. 86,9% e 96,6% da redução da aceitação em relação ao aroma, 83,2% e 99,9% em relação ao sabor e 90,4% e 92,9% em relação à impressão global podem ser explicados pelo aumento do tempo de estocagem das amostras, respectivamente.

Para a goiaba osmoticamente desidratada com solução de maltose, apenas a redução da aceitação em relação à aparência está relacionada com o tempo de estocagem, sendo responsável por 80,1% da queda de aceitação do produto em

relação a esse atributo, apesar das baixas notas dadas pelos provadores em relação aos outros atributos no final da estocagem desta amostra (Figura 4.53).

No entanto, para a amostra osmoticamente desidratada com solução de sacarose não houve correlação linear negativa significativa entre nenhum dos atributos sensoriais e o tempo de estocagem, mostrando que a estocagem não afetou as características de aroma, sabor, textura, impressão global, aparência e cor desta amostra, confirmando a sua boa aceitação pelo consumidor (Figuras 4.49 a 4.54).

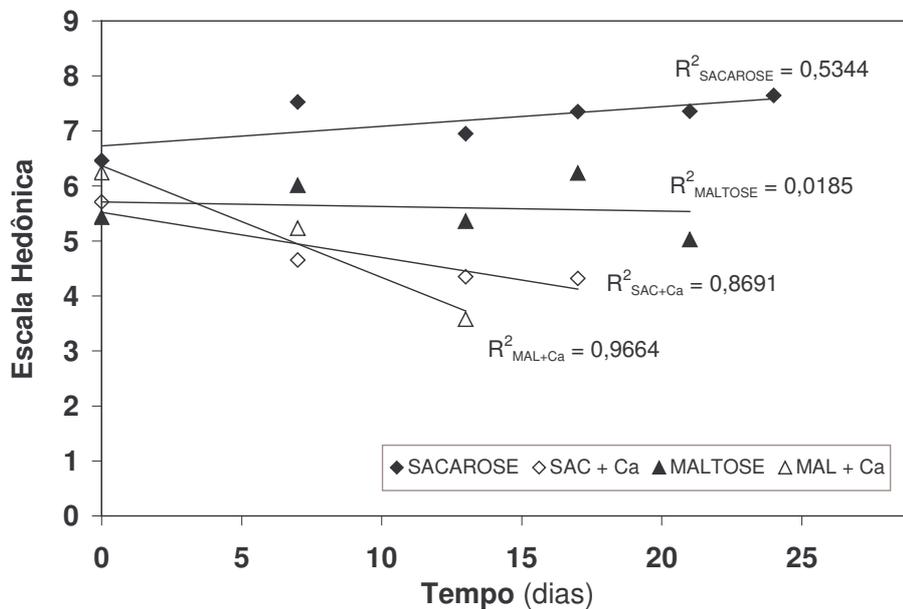


Figura 4.49. Influência do tempo de estocagem no aroma das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos. R^2 : coeficiente de determinação.

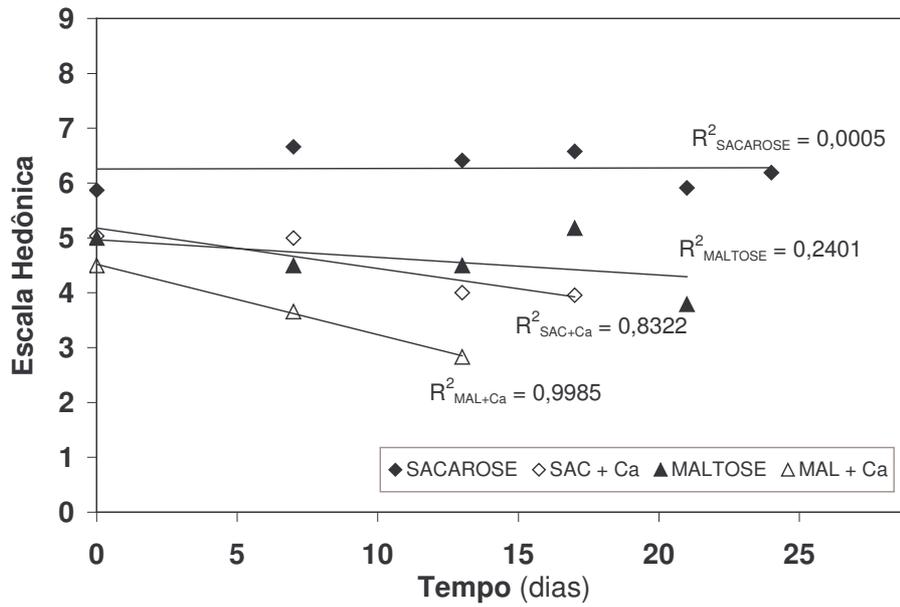


Figura 4.50. Influência do tempo de estocagem no sabor das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos. R^2 : coeficiente de determinação.

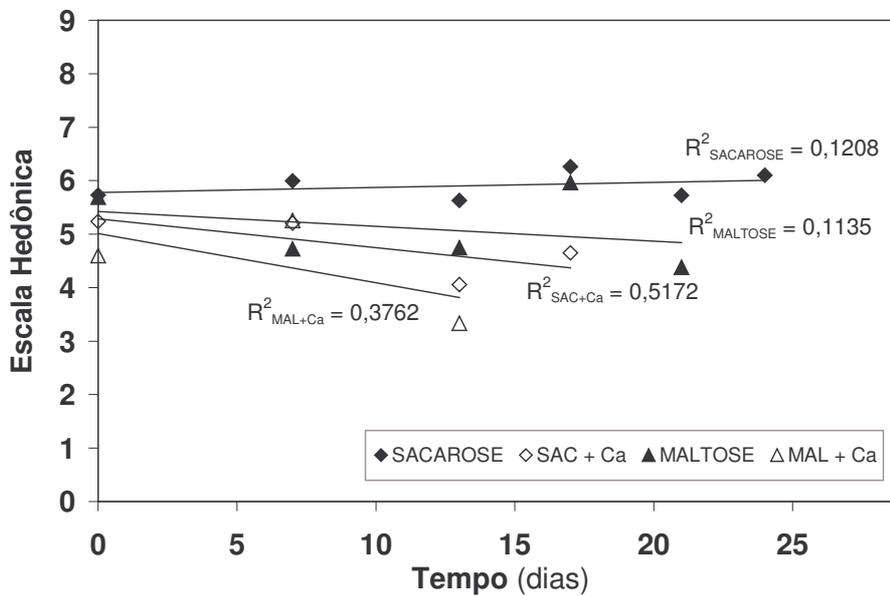


Figura 4.51. Influência do tempo de estocagem na textura das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos. R^2 : coeficiente de determinação.

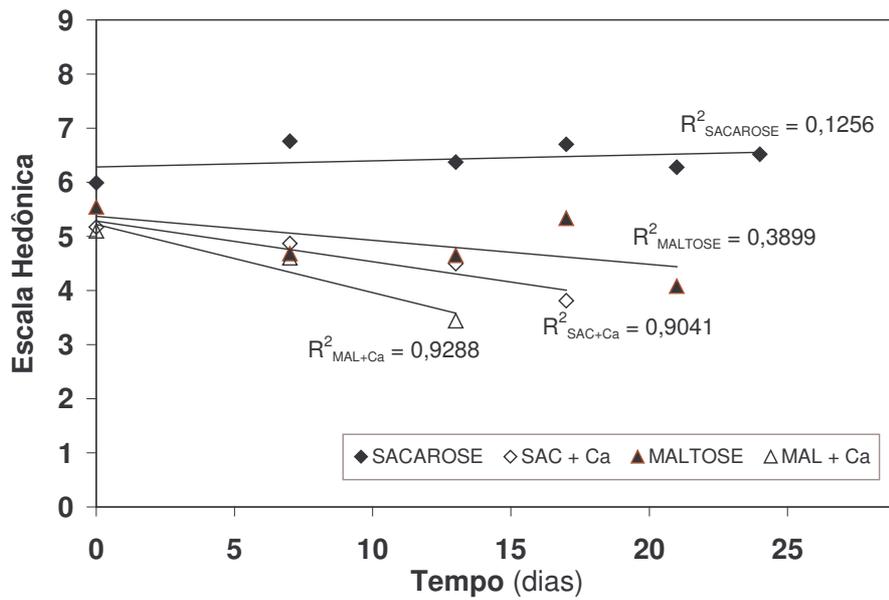


Figura 4.52. Influência do tempo de estocagem na impressão global das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos. R^2 : coeficiente de determinação.

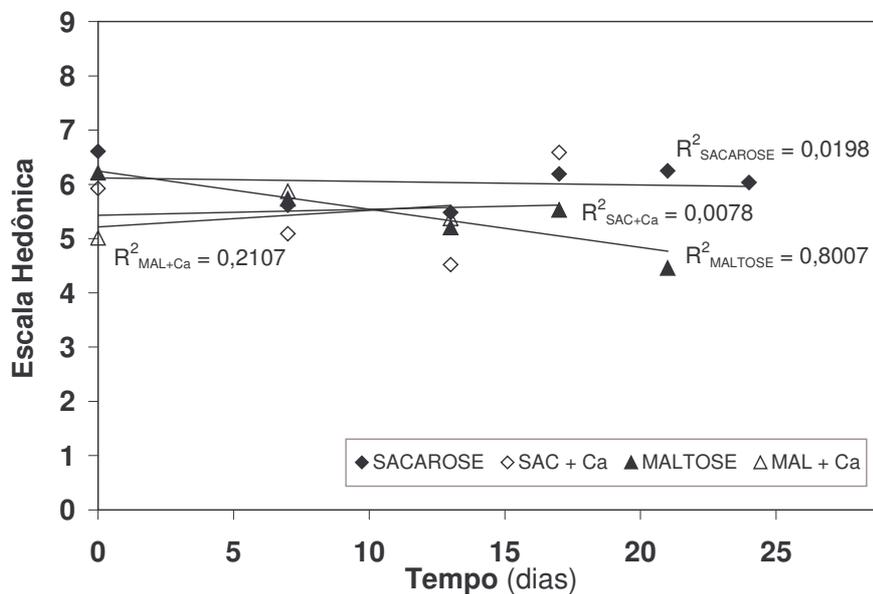


Figura 4.53. Influência do tempo de estocagem na aparência das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos. R^2 : coeficiente de determinação.

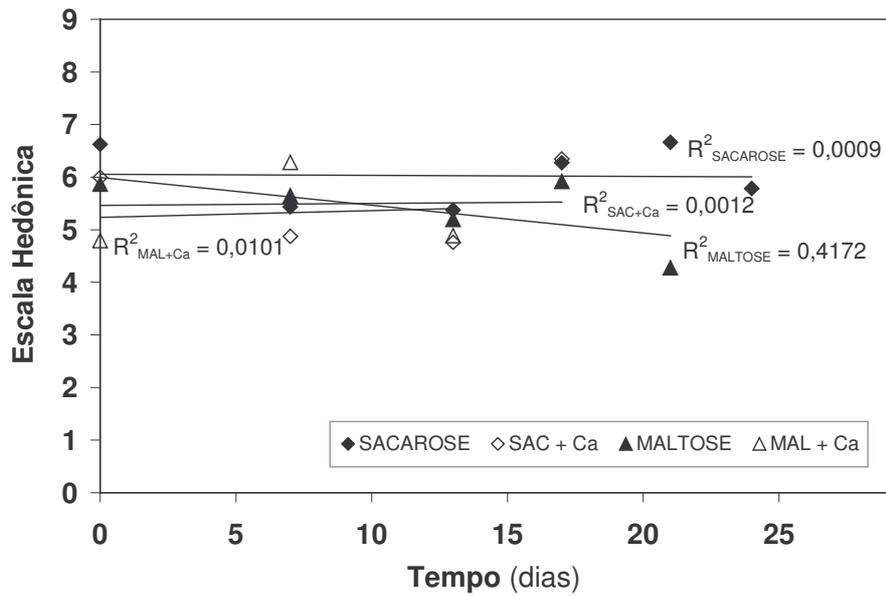


Figura 4.54. Influência do tempo de estocagem na cor das goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos. R^2 : coeficiente de determinação.

As figuras a seguir mostram a goiaba fresca (Figura 4.55) e as goiabas submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos em alguns dias da vida de prateleira (Figuras 4.56 a 4.58).



Figura 4.55. Goiaba fresca.

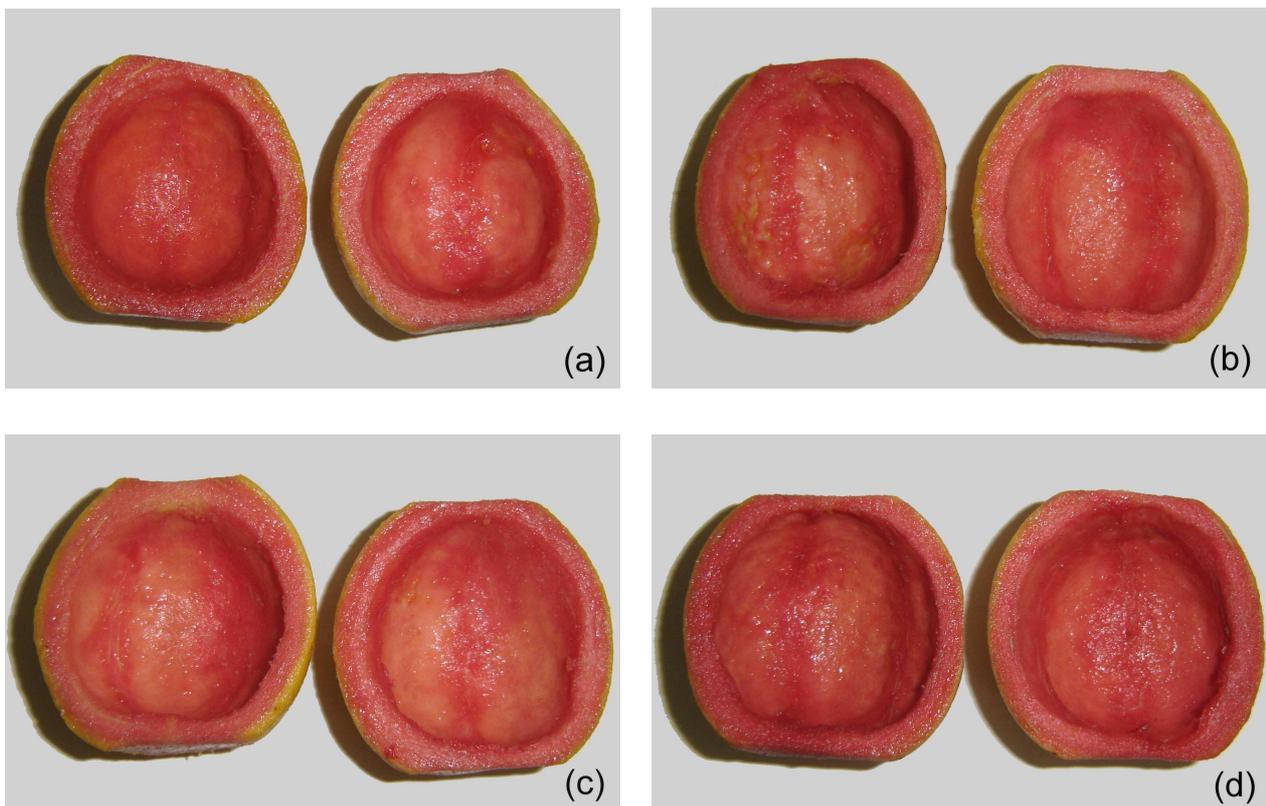


Figura 4.56. Goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose (a) e (b) e maltose (c) e (d) no início da vida de prateleira, (a) e (c) sem adição de lactato de cálcio, (b) e (d) com adição de 1,5% de lactato de cálcio.

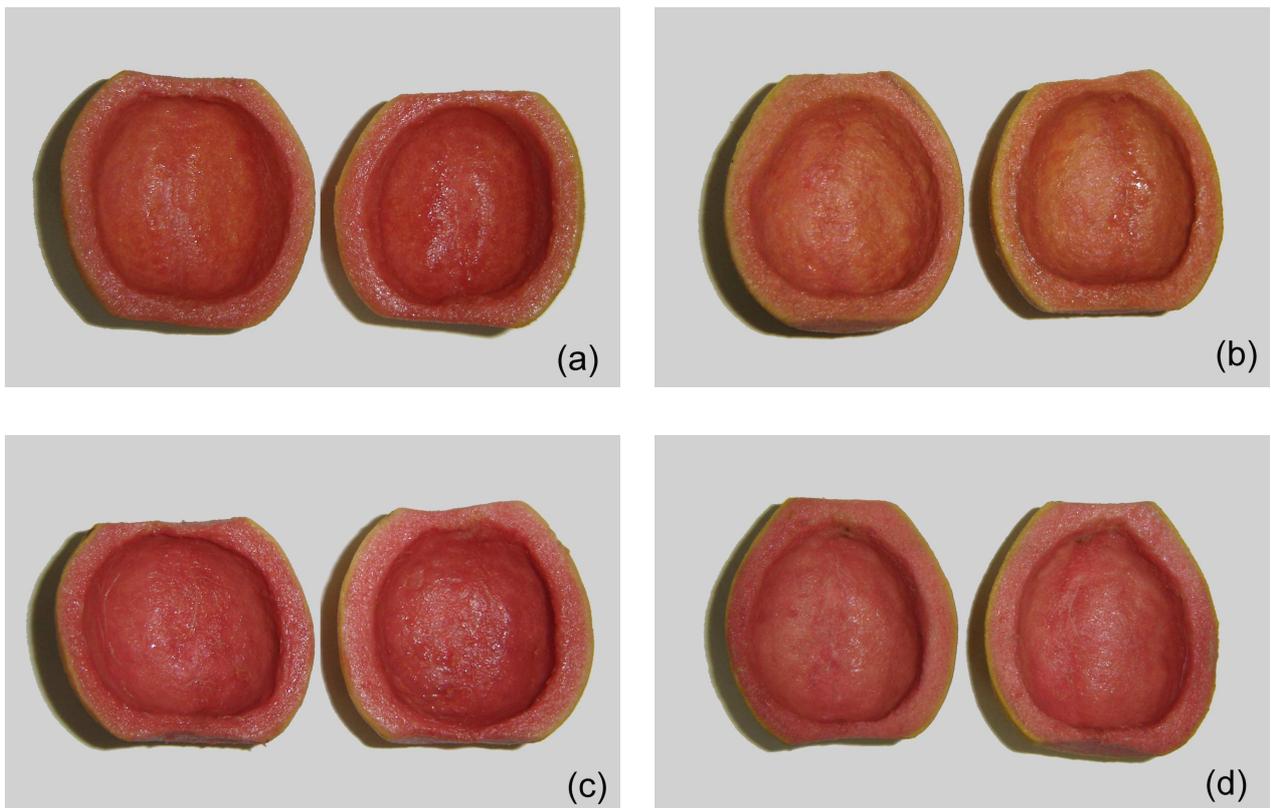


Figura 4.57. Goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose (a) e (b) e maltose (c) e (d) após 13 dias de estocagem, (a) e (c) sem adição de lactato de cálcio, (b) e (d) com adição de 1,5% de lactato de cálcio.

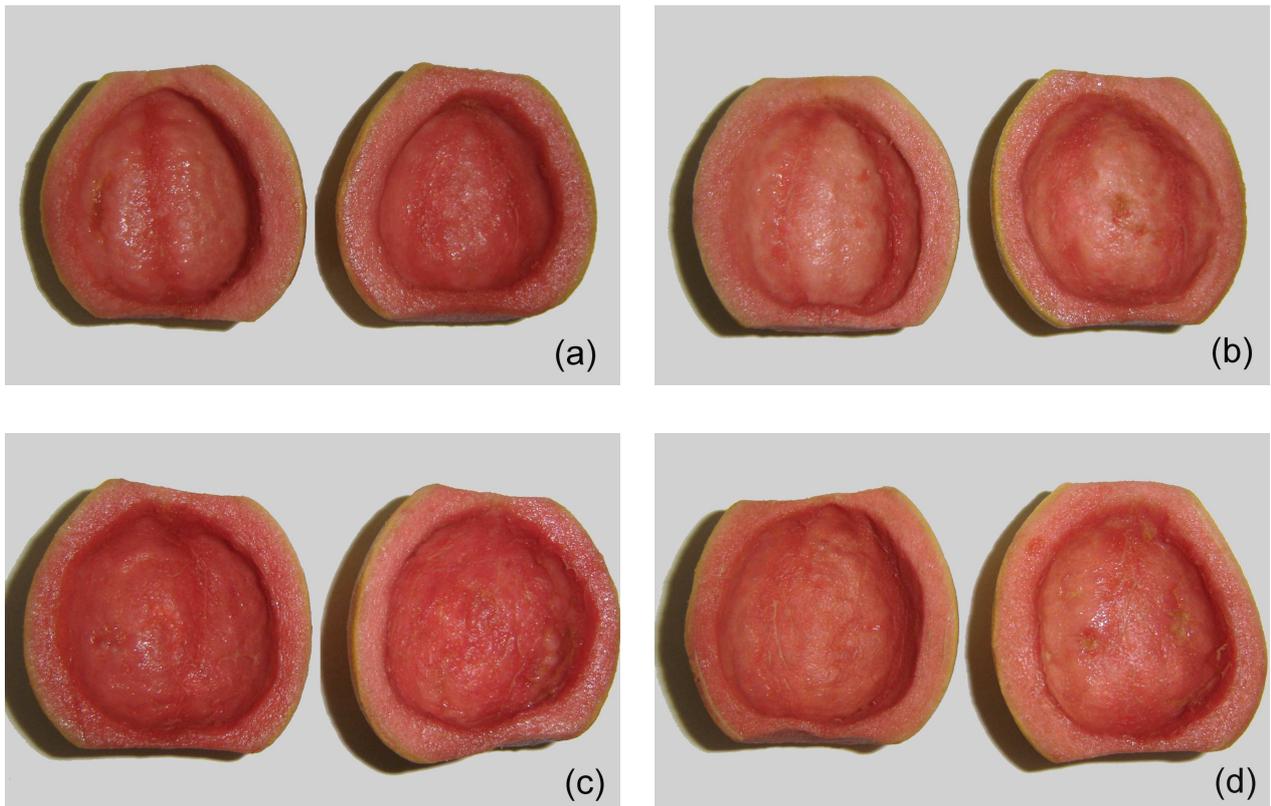


Figura 4.58. Goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose (a) e (b) e maltose (c) e (d) após 24 dias de estocagem, (a) e (c) sem adição de lactato de cálcio, (b) e (d) com adição de 1,5% de lactato de cálcio.

O estudo da vida de prateleira das goiabas osmoticamente desidratadas mostrou que a embalagem PET utilizada, mesmo alterando apenas suavemente a composição da atmosfera ao redor do produto, foi capaz de preservar as frutas por 24 dias de estocagem a 5°C, resultando num produto com boas condições microbiológicas, perda de peso reduzida e características de cor e textura instrumentais preservadas durante a estocagem. No entanto, a análise sensorial do produto mostrou que apenas a goiaba osmoticamente desidratada com sacarose sem adição do sal de cálcio apresentou boa aceitação pelo consumidor durante os 24 dias de estocagem.

As goiabas osmoticamente desidratadas com maltose e sacarose na presença de lactato de cálcio foram rejeitadas aos 13 e 17 dias de estocagem, respectivamente, e a goiaba osmoticamente desidratada com maltose sem adição do sal apresentou uma boa aceitação sensorial apenas até o 17º dia de estocagem, sendo rejeitada aos 21 dias. A baixa aceitação dos consumidores em relação às frutas tratadas com o lactato de cálcio pode ser explicada principalmente pelo efeito do sal no sabor das goiabas, que pode ter mascarado a doçura das frutas. Esse efeito parece ter sido intensificado com o tempo de estocagem, provavelmente pela maior penetração do lactato de cálcio no interior das frutas, ao longo da vida de prateleira. Para a goiaba tratada com a solução de maltose sem adição de lactato de cálcio, sua baixa aceitação sensorial também pode estar associada a uma menor doçura das frutas, devido ao baixo poder adoçante da maltose em comparação à sacarose.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos durante o desenvolvimento deste trabalho permitem concluir:

- Os xaropes de milho de alta maltose encontrados no mercado nacional proporcionaram efeitos semelhantes no processo osmótico das goiabas, resultando em frutas com características similares.

- O sal lactato de cálcio foi mais adequado ao processo de desidratação osmótica das goiabas em comparação ao cloreto de cálcio, promovendo a preservação estrutural do tecido com boa aceitação sensorial, quando utilizado em concentrações de até 1,5%.

- Todas as variáveis de processo estudadas, ou seja, tipo (sacarose e maltose) e concentração (40, 50 e 60ºBrix) de açúcar e adição de diferentes concentrações (0,3; 0,6; 0,9; 1,2 e 1,5%) de lactato de cálcio interferiram nas características de cor e textura das goiabas, porém os diferentes efeitos dessas variáveis foram pouco perceptíveis aos consumidores, não sendo possível uma escolha pontual das condições osmóticas utilizadas na desidratação das goiabas.

- A avaliação estrutural das goiabas, através das imagens de microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura, mostrou os severos danos estruturais causados pelo processo osmótico com soluções de sacarose e maltose e o efeito preservador do lactato de cálcio na estrutura celular das frutas.

- A interação entre os íons cálcio e a matriz pécica presente no tecido das goiabas foi confirmada pelos ensaios de calorimetria diferencial de varredura. Um

deslocamento da temperatura de fusão da pectina foi observado nos termogramas para as goiabas osmoticamente desidratadas com soluções de sacarose na presença do sal de cálcio.

- O acondicionamento das goiabas em embalagens sob atmosfera modificada passiva preservou as frutas por 24 dias de estocagem a 5°C, resultando num produto com boas condições microbiológicas, perda de peso reduzida e características de cor e textura instrumentais mantidas durante a estocagem. No entanto, apenas a goiaba osmoticamente desidratada com sacarose sem adição do sal de cálcio apresentou boa aceitação pelo consumidor durante os 24 dias de estocagem.

- Apesar do efeito do sal lactato de cálcio na manutenção da estrutura celular das goiabas, seu impacto no sabor das frutas prejudicou sua aceitação sensorial durante a estocagem por 24 dias.

Pode-se concluir que, das condições estudadas neste trabalho, o tratamento osmótico com soluções de sacarose sem adição dos sais de cálcio foi o mais adequado para a obtenção de goiabas minimamente processadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGAR, I. T.; MASSANTINI, R.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. Postharvest CO₂ and Ethylene Production and Quality Maintenance of Fresh-Cut Kiwifruit Slices. **Journal of Food Science**, v.64, p. 433-440, 1999.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2005.
- AHVENAINEN, R. New Approaches in Improving the Shelf Life of Minimally Processed Fruit and Vegetable. **Trends in Food Science & Technology**, v. 7, p. 179-187, 1996.
- ALI, Z. M.; CHIN, L. H.; MARIMUTHU, M; LAZAN H. Low Temperature Storage and Modified Atmosphere Packaging of Carambola Fruit and their Effects on Ripening Related Texture Changes, Wall Modification and Chilling Injury Symptoms. **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, p. 181-192, 2004.
- ALZAMORA, S. M.; TAPIA, M. S.; WELTI CHANES, J. New Strategies for Minimally Processed Foods. The Role of Multitarget Preservation. **Food Science and Technology International**, v. 4, p. 353-361, 1998.
- 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.
- ALZAMORA, S. M.; TAPIA, M. S.; ARGÁIZ, A.; WELTI, J. Application of Combined Methods Technology in Minimally Processed Fruits. **Food Research International**, v. 26, p. 125-130, 1993.
- 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, p. 154-164, 2006.

- AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 17th ed., Gaithersburg: Ed. William Horwitz, 2002.
- ARGAIZ, A.; LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E.; WELTI, J. Osmotic Dehydration of Papaya with Corn Syrup Solids. **Drying Technology**, v. 12, p. 1709-1725, 1994.
- ARGANDOÑA, E. J. S. **Desidratação de Goiaba por Imersão e Secagem**. Universidade Estadual de Campinas, Dissertação (Mestrado). 1999. 102p.
- BAI, J.; SAFTNER, R. A.; WATADA, A. E. Characteristics of Fresh-Cut Honeydew (*Cucumis x melo* L.) Available to Processors in Winter and Summer and its Quality Maintenance by Modified Atmosphere Packaging. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 349-359, 2003.
- 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, p. 9-14, 2004.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.
- BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**, São Paulo: Ed. Varela, 1992. 223p.
- BRON, I. U. **Alterações Anatômicas e Físico-Químicas Associadas ao Armazenamento Refrigerado de Pêssego**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Dissertação (Mestrado). 2001. 66p.
- CALVO, C.; DURÁN, L. Propriedades Físicas II – Ópticas y Color. In: AGUILERA, J. M. **Temas en Tecnología de Alimentos**, México: Ed. Instituto Politécnico Nacional, 1997. v. I, cap. 7, p. 261-288.
- CARLOS, L.; COELHO, E. M.; CORDEIRO, C. A. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G.; ARAÚJO, T. M. **Influência da Temperatura e do Período de Armazenamento nas Características Físico-Químicas, Sensoriais e Microbiológicas de Goiaba Minimamente Processada**. In: II Encontro

- Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, Universidade Federal de Viçosa, Resumos, 2000, p. 7.
- CARMO, A. J. Produtores de Goiaba Buscam Mercado “In Natura”. **O Estado de São Paulo**, suplemento agrícola, p. 10, quarta-feira, 19 de abril de 2000.
- CARVALHO, H. A. **Utilização de Atmosfera Modificada na Conservação Pós-Colheita da Goiaba “Kumagai”**. Universidade Federal de Lavras, Dissertação (Doutorado). 1999. 115p.
- CHANG, C. Y.; LIAO, H. J.; WU, T. P. Relationships Between the Textural Changes and the Contents of Calcium, Magnesium Ions, and Non-Freezing Water in the Alcohol Insoluble Solids of Snap Bean Pods During Cooking Processes. **Food Chemistry**, v. 55, p. 49-53, 1996.
- CHIRALT, A.; FITO, P. Transport Mechanisms in Osmotic Dehydration: The Role of the Structure. **Food Science and Technology International**, v. 9, p. 179-186, 2003.
- CHIRIFE, J. Physicochemical Aspects of Food Preservation by Combined Factors. **Food Control**, v. 4, p. 210-215, 1993.
- COSTELL, E.; FISZMAN, S. M.; DURÁN, L. Propriedades Físicas I – Reología de Sólidos y Textura. In: AGUILERA, J. M. **Temas en Tecnología de Alimentos**, México: Ed. Instituto Politécnico Nacional, 1997. v. I, cap. 6, p. 215-260.
- CRISOSTO, C. H.; MITCHAM, E. J.; KADER, A. A. **Recommendations for Maintaining Postharvest Quality**. 2000. Disponível em: <<http://postharvest.ucdavis.edu/produce/producefacts>>. Acesso em: 13 set. 2000.
- DEL VALLE, J. M.; ARÁNGUIZ, V.; LEÓN, H. Effects of Blanching and Calcium Infiltration on PPO Activity, Texture, Microstructure and Kinetics of Osmotic Dehydration of Apple Tissue. **Food Research International**, v. 31, p. 557-569, 1998.

- DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 4th ed., Washington: Ed. American Public Health Association, 2001.
- ERLE, U.; SCHUBERT, H. Combined Osmotic and Microwave-Vacuum Dehydration of Apples and Strawberries. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 193-199, 2001.
- ESCRICHE, I.; CHIRALT, A.; MORENO, J.; SERRA, J. A. Influence of Blanching-Osmotic Dehydration Treatments on Volatile Fraction of Strawberries. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 1107-1111, 2000.
- FERRANDO, M.; SPIESS, W. E. L. Cellular Response of Plant Tissue During the Osmotic Treatment with Sucrose, Maltose and Trehalose Solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 115-127, 2001.
- FITO, P.; CHIRALT, A.; BETORET, N.; GRAS, M.; CHÁFER, M.; MARTÍNEZ-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, p. 175-183, 2001.
- FONSECA, S. C.; GALVIS-SÁNCHEZ, A.; SILVA, C. L.; PEREIRA, L. M.; HUBINGER, M. D.; MALCATA, F. X. **Microstructural Studies Aimed at Understanding Postharvest Quality of Fruits and Vegetables**. In: IV Simpósio Ibérico de Maturação e Pós-colheita, Estação Agronômica Nacional, Oeiras, Portugal, 2004, p. 387-391.
- FORNI, E.; SORMANI, A.; SCALISE, S.; TORREGGIANI, D. The Influence of Sugar Composition on the Colour Stability of Osmodehydrofrozen Intermediate Moisture Apricots. **Food Research International**, v. 30, p. 87-94, 1997.
- FU, J. T.; RAO, M. A. The Influence of Sucrose and Sorbitol on Gel-Sol Transition of Low-Methoxyl Pectin + Ca²⁺ Gels. **Food Hydrocolloids**, v. 13, p. 371-380, 1999.

- GEORGET, D. M. R.; SMITH, A. C.; WALDRON, K. W. Dynamic Mechanical Thermal Analysis of Cell Wall Polysaccharides Extracted from Lyophilised Carrot *Daucus Carota*. **Carbohydrate Polymers**, v. 48, p. 277-286, 2002.
- GEORGET, D. M. R.; SMITH, A. C.; WALDRON, K. W. Thermal Transitions in Freeze-Dried Carrot and its Cell Wall Components. **Thermochimica Acta**, v. 332, p. 203-210, 1999.
- GEORGET, D. M. R.; SMITH, A. C.; WALDRON, K. W. Low Moisture Thermo-Mechanical Properties of Carrot Cell Wall Components. **Thermochimica Acta**, v. 315, p. 51-60, 1998.
- GERDES, D. L.; PARRINO-LOWE, V. Modified Atmosphere Packaging (MAP) of Fuerte Avocado Halves. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 28, p. 12-16, 1995.
- GIL, M. I.; CONESA, M. A.; ARTÉS, F. Quality Changes in Fresh Cut Tomato as Affected by Modified Atmosphere Packaging. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, p. 199-207, 2002.
- GIRALDO, G.; TALENS, P.; FITO, P.; CHIRALT, A. Influence of Sucrose Solution Concentration on Kinetics and Yield During Osmotic Dehydration of Mango. **Journal of Food Engineering**, v. 58, p. 33-43, 2003.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; AYALA-ZAVALA, J. F.; RUIZ-CRUZ, S.; ACEDO-FÉLIX, E.; DÍAZ-CINCO, M. E. Effect of Temperature and Modified Atmosphere Packaging on Overall Quality of Fresh-Cut Bell Peppers. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 37, p. 817- 826, 2004.
- GROSSO, C. R. F.; BOBBIO, P. A.; AIROLDI, C. Effect of Sugar and Sorbitol on the Formation of Low Methoxyl Pectin Gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 41, p. 421-424, 2000.
- GROSSO, C. R. F.; RAO, M. A. Dynamic Rheology of Structure Development in Low-Methoxyl Pectin + Ca⁺² + Sugar Gels. **Food Hydrocolloids**, v. 12, p. 357-363, 1998.

- HABIBUNNISA; BASKARAN, R.; PRASAD, R.; SHIVAIAH, K. M. Storage Behaviour of Minimally Processed Pumpkin (*Cucurbita maxima*) under Modified Atmosphere Packaging Conditions. **European Food Research Technology**, v. 212, p. 165-169, 2001.
- HENG, K.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Osmotic Dehydration of Papaya: Influence of Process Variables on the Product Quality. **Sciences des Aliments**, v. 10, n. 4, p. 831-848, 1990.
- HOWARD, L. R.; HERNANDEZ-BRENES, C. Antioxidant Content and Market Quality of Jalapeno Pepper Rings as Affected by Minimal Processing and Modified Atmosphere Packaging. **Journal of Food Quality**, v. 21, p. 317-327, 1998.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 jan. 2006.
- IBRAF – Instituto Brasileiro de Frutas. 2005. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>>. Acesso em: 19 jan. 2006.
- IEA - Instituto de Economia Agrícola. 2004. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br>>. Acesso em: 18 jan. 2006.
- IJIMA, M.; NAKAMURA, K.; HATAKEYAMA, T.; HATAKEYAMA, H. Phase Transition of Pectin with Sorbed Water. **Carbohydrate Polymers**, v. 41, p. 101-106, 2000.
- IZUMI, H.; WATADA, A. E. Calcium Treatments Affect Storage Quality of Shredded Carrots. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 106-109, 1994.
- JACKMAN, R. L.; STANLEY, D. W. Perspectives in the Textural Evaluation of Plant Foods. **Trends in Food Science & Technology**. v. 6, p. 187-194, 1995.
- KADER, A. A. **Recommendations for Maintaining Postharvest Quality**. 2000. Disponível em: <<http://postharvest.ucdavis.edu/produce/producefacts>>. Acesso em: 13 set. 2000.

- KALÁB, M.; ALLAN-WOJTAS, P.; MILLER, S. S. Microscopy and Other Imaging Techniques in Food Structure Analysis. **Trends in Food Science & Technology**, v. 6, p. 177-186, 1995.
- KAREL, M. Osmotic Drying. In: **Principles of Food Science**, New York: Ed. Fennema, 1975. part II, p. 348-350.
- KROKIDA, M. K.; OREOPOULOU, V.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS. Effect of Pre-treatment on Viscoelastic Behaviour of Potato Strips. **Journal of Food Engineering**, v. 50, p. 11-17, 2001.
- KUNZEK, H.; KABBERT, R.; GLOYNA, D. Aspects of Material Science in Food Processing: Changes in Plant Cell Walls of Fruit and Vegetables. **Z Lebensm Unters Forsch A**, v. 208, p. 233-250, 1999.
- KUNZEK, H.; OPEL, H.; SENGE, B. Rheological Examination of Material with Cellular Structure. **Z Lebensm Unters Forsch A**, v. 205, p. 193-203, 1997.
- LAZARIDES, H. N.; KATSANIDIS, E.; NICKOLAIDIS, A. Mass Transfer Kinetics during Osmotic Preconcentration Aiming at Minimal Solid Uptake. **Journal of Food Engineering**, v.25, p. 151-166, 1995.
- LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices**, Gaithersburg: Ed. Aspen Publishers, Inc., 1999. 827p.
- LEE, L.; ARUL, J.; LENCKI, R.; CASTAIGNE, F. A Review on Modified Atmosphere Packaging and Preservation of Fruits and Vegetables: Physiological Basis and Practical Aspects – Part II. **Packaging Technology and Science**, v. 9, p. 1-17, 1996.
- LERICI, C.R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M.; BARTOLUCCI, L. Osmotic Dehydration of Fruit: Influence of Osmotic Agents on Drying Behavior and Product Quality. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 1217-1219, 1985.
- LEWICKI, P. P.; PORZECKA-PAWLAK, R. Effect of Osmotic Dewatering on Apple Tissue Structure. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p. 43-50, 2005.

- LEWICKI, P. P.; VU LE, H.; POMARANSKA-LAZUKA, W. Effect of Pre-Treatment on Convective Drying of Tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 54, p. 141-146, 2002.
- LEWICKI, P. P.; LUKASZUK, A. Effect of Osmotic Dewatering on Rheological Properties of Apple Subjected to Convective Drying. **Journal of Food Engineering**, v. 45, p. 119-126, 2000.
- LIMA, M. A.; DURIGAN, J. F. Conservação de Goiabas “Pedro Sato”. Associando-se Refrigeração com Diferentes Embalagens Plásticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, p. 232-236, 2000.
- LIN, L. S.; YUEN, H. K.; VARNER, J. E. Differential Scanning Calorimetry of Plant-Cell Walls. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.88, p. 2241-2243, 1991.
- LIN, Z.; SCHYVENS, E. Influence of Blanching Treatments on the Texture and Color of Some Processed Vegetables and Fruits. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 19, p. 451-465, 1995.
- LUNA-GUZMÁN, I.; BARRETT, 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, p. 61-72, 2000.
- LUNA-GUZMÁN, I.; CANTWELL, M.; BARRETT, D. M. Fresh-Cut Cantaloupe: Effects of CaCl₂ Dips and Heat Treatments on Firmness and Metabolic Activity. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 201-213, 1999.
- MAESTRELLI, A.; SCALZO, R. L.; LUPI, D.; BERTOLO, G.; TORREGGIANI, D. Partial Removal of Water Before Freezing: Cultivar and Pre-treatments as Quality Factors of Frozen Muskmelon. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 255-260, 2001.
- MARTÍN-DIANA, A. B.; RICO, D.; BARRY-RYAN, C.; FRÍAS, J. M.; MULCAHY, J.; HENEHAN, G. T. M. Comparison of Calcium Lactate with Chlorine as a Washing Treatment for Fresh-Cut Lettuce and Carrots: Quality and Nutritional

- Parameters. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, p. 2260-2268, 2005.
- MARTÍNEZ-FERRER, M.; HARPER, C.; PÉREZ-MUÑOZ, F.; CHAPARRO, M. Modified Atmosphere Packaging of Minimally Processed Mango and Pineapple Fruits. **Journal of Food Science**, v. 67, p. 3365-3371, 2002.
- 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, p. 769-776, 2000.
- MATTIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JUNIOR, O. D. Processamento Mínimo em Goiabas “Paluma” e “Pedro Sato”. 2. Avaliação Química, Sensorial e Microbiológica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 409-413, 2003.
- MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F.; TEIXEIRA, G. H. A., SARZI, B.; PINTO, S. A. A. **Processamento Mínimo de Goiabas “ Pedro Sato”**. In: II Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, Universidade Federal de Viçosa, Resumos, 2000, p. 8.
- MEDINA, J. C. Cultura. In: **Série Frutas Tropicais. Goiaba da Cultura ao Processamento e Comercialização**, Campinas: Ed. Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, 1978. v. 6, cap. I, p. 5-45.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**, 3rd ed., Boca Raton: Ed. CRC Press, Inc., 1999. 387p.
- MITCHAM, E. J.; McDONALD, R. E. Cell Wall Modification During Ripening of “Keitt” and “Tommy Atkins” Mango Fruit **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 117, p. 919-924, 1992.
- MONSALVE-GONZÁLEZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; CAVALIERI, R. P. Mass Transfer and Textural Changes During Processing of Apples by Combined Methods. **Journal of Food Science**, v. 58, p. 1118-1124, 1993.
- MORENO, J.; CHIRALT, A.; ESCRICHE, I.; SERRA, J. A. Effect of Blanching/Osmotic Dehydration Combined Methods on Quality and Stability of

- Minimally Processed Strawberries. **Food Research International**, v. 33, p. 609-616, 2000.
- MULLER, S.; KUNZEK, H. Material Properties of Processed Fruit and Vegetables. **Z Lebensm Unters Forsch A** , v. 206, p. 264-272, 1998.
- MUÑOZ, A. M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation in Quality Control**, New York: Ed. Van Nostrand Reinhold, 1992. 240p.
- MUNTADA, V.; GERSCHENSON, L. N.; ALZAMORA, S. M.; CASTRO, M. A. Solute Infusion Effects on Texture of Minimally Processed Kiwifruit. **Journal of Food Science**, v. 63, p. 616-620, 1998.
- NETO, L. G.; CRISTO, A. S.; CHOUDHURY, M. M. Conservação Pós-Colheita de Frutos de Goiabeira, Variedade Paluma. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 1-6, 1999.
- 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, p. 269-278, 2004.
- NORZIAH, M. H.; KONG, S. S.; ABD KARIM, A.; SEOW, C. C. Pectin-Sucrose-Ca⁺² Interactions: Effects on Rheological Properties. **Food Hydrocolloids**, v. 15, p. 491-498, 2001.
- O'BRIEN, T. P.; FEDER, N.; McCULLY, M. E. Polychromatic Staining of Plant Cell Walls by Toluidine Blue. **Protoplasma**, v. 59, p. 368-373, 1964.
- OETTERER, M. **Mono e Dissacarídeos – Propriedades dos Açúcares**. 2003. Disponível em: <[http:// www.esalq.usp.br](http://www.esalq.usp.br)>. Acesso em: 2 fev. 2006.
- OHLSSON, T. Minimal Processing – Preservation Methods of the Future - An Overview. **Trends in Food Science & Technology**, v. 5, p. 341-344, 1994.
- OLIVEIRA, F. A. R.; FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, J. C.; BRECHT, J. K.; CHAU, K. V. Development of Perforation-Mediated Modified Atmosphere Packaging to

- Preserve Fresh Fruit and Vegetable Quality after Harvest. **Food Science and Technology International**, v. 4, p. 339-352, 1998.
- PAN, Y. K.; ZHAO, L. J.; ZHANG, Y.; CHEN, G.; MUJUMDAR, A. S. Osmotic Dehydration Pretreatment in Drying of Fruits and Vegetables. **Drying Technology**, v. 21, p. 1101-1114, 2003.
- PANADÉS, G.; CHIRALT, A.; FITO, P.; RODRÍGUEZ, I.; NUÑEZ, M.; ALBORS, A.; JIMÉNEZ, R. Influence of Operating Conditions on Sensory Quality of Minimally Processed Osmotically Dehydrated Guava. **Journal of Food Quality**, v. 26, p. 91-103, 2003.
- PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R.; PARK, T. H. K. B. Osmotic Dehydration Kinetics of Pear D'anjou (*Pyrus communis* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 52, p. 293-298, 2002.
- PARK, W. P.; CHO, S. H.; LEE, D. S. Effect of Minimal Processing Operations on the Quality of Garlic, Green Onion, Soybean Sprouts and Watercress. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 77, p. 282-286, 1998.
- PELEG, M. Linearization of Relaxation and Creep Curves of Solid Biological Materials. **Journal of Rheology**, v. 24, p. 451-463, 1980.
- PEREIRA, F. M. **Cultura da Goiabeira**, Jaboticabal: Ed. FUNEP, 1995. 47p.
- 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, p. 1-10, 2006.
- 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 on the Quality Maintenance of Minimally Processed Guavas. **Journal of Food Science**, v. 69, p.172-177, 2004.

- PEREIRA, L. M. **Acondicionamento de Goiabas Minimamente Processadas por Desidratação Osmótica em Embalagens sob Atmosfera Modificada.** Universidade Estadual de Campinas, Dissertação (Mestrado). 2002. 159p.
- PIGA, A.; D'AQUINO, S.; AGABBIO, M.; EMONTI, G.; FARRIS, G. A. Influence of Storage Temperature on Shelf-Life of Minimally Processed Cactus Pear Fruits. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 33, p. 15-20, 2000.
- 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, p. 1765-1770, 2004.
- RANGANNA, S. **Manual of Analysis of Fruit and Vegetables Products**, Mysore: Ed. Central Food Technological Research Institute, 1977. 634p.
- 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, p. 48-59, 2002.
- SAFTNER, R. A.; BAI, J.; ABBOTT, J. A.; LEE, Y. S. Sanitary Dips with Calcium Propionate, Calcium Chloride, or a Calcium Amino Acid Chelate Maintain Quality and Shelf Stability of Fresh-Cut Honeydew Chunks. **Postharvest Biology and Technology**, v. 29, p. 257-269, 2003.
- SATO, G. S. **O Mercado de Hortaliças e Frutas Minimamente Processados no Brasil.** 2006. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br>>. Acesso em: 20 abr. 2006.
- SELVENDRAN, R. R.; RYDEN, P. Isolation and Analysis of Plant Cell Walls. In: DEY, P. M.; HARBONE, J. B. **Methods in Plant Biochemistry**, London: Academic Press, 1990. v. 2, cap. 16, p. 549-579.
- SERRANO, M.; MARTINEZ-ROMERO, D.; GUILLÉN, F.; CASTILLO, S.; VALERO, D. Maintenance of Broccoli Quality and Functional Properties during Cold Storage as Affected by Modified Atmosphere Packaging. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, p. 61-68, 2006.

- SOLIVA-FORTUNY, R. C.; BIOSCA-BIOSCA, M.; GRIGELMO-MIGUEL, N.; MARTÍN-BELLOSO, O. Browning, Polyphenol Oxidase Activity and Headspace Gas Composition during Storage of Minimally Processed Pears using Modified Atmosphere Packaging. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 1490-1496, 2002.
- SOLIVA-FORTUNY, R. C.; GRIGELMO-MIGUEL, N.; ODRIOZOLA-SERRANO, I.; GORINSTEIN, S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Browning Evaluation of Ready-to-Eat Apples as Affected by Modified Atmosphere Packaging. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 3685-3690, 2001.
- 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, p. 479-485, 1999.
- STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**, 2nd ed., San Diego: Ed. Academic Press, Inc., 1993. 338p.
- SUSLOW, T. V.; CANTWELL, M. **Recommendations for Maintaining Postharvest Quality**. 2000. Disponível em: <<http://postharvest.ucdavis.edu/produce/producefacts>>. Acesso em: 13 set. 2000.
- TANGWONGCHAI, R.; LEDWARD, D. A.; AMES, J. M. Effect of High-Pressure Treatment on the Texture of Cherry Tomato. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 1434-1441, 2000.
- TODA FRUTA. **Fruta Tropical Reconquista Mercado e Ganha Destaque Internacional**. 2003. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br>>. Acesso em: 15 jan. 2004.
- TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic Pré-Treatments in Fruit Processing: Chemical, Physical and Structural Effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 247-253, 2001.

- TOVAR, B.; GARCÍA, 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, p. 207-215, 2001.
- VIDALES, S. L.; CASTRO, M. A.; ALZAMORA, S. M. The Structure-Texture Relationship of Blanched and Glucose-Impregnated Strawberries. **Food Science and Technology International**, v. 4, p. 169-178, 1998.
- VILAS BOAS, E. V. B. **Maturação Pós-Colheita de Híbridos de Tomate Heterozigotos no Loco Alcobaça**. Universidade Federal de Lavras, Tese (Doutorado). 1998. 105p.
- VILLANUEVA, M. J.; TENORIO, M. D.; SAGARDOY, M.; REDONDO, A.; SACO, M. D. Physical, Chemical, Histological and Microbiological Changes in Fresh Green Asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) Stored in Modified Atmosphere Packaging. **Food Chemistry**, v. 91, p. 609-619, 2005.
- WELTI, J.; VERGARA, F. Actividad de Agua - Concepto y Aplicación en Alimentos con Alto Contenido de Humedad. In: AGUILERA, J. M. **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, p. 442-450, 2000.
- YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T. Influência da Embalagem de Atmosfera Modificada e do Tratamento com Cálcio na Cinética de Degradação de Ácido Ascórbico e Perda de Massa em Goiabas (*Psidium guajava* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, p. 27-31, 2000.
- YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T. Influência de Diferentes Embalagens de Atmosfera Modificada sobre a Aceitação de Goiabas Brancas de Mesa (*Psidium Guajava* L., Var. *Kumagai*) Mantidas sob Refrigeração. **Alimentos e Nutrição**, v. 9, p. 9-16, 1998.

APÊNDICE A

Fichas técnicas dos xaropes de milho de alta maltose Maltegit[®] 63/82 da Cargill SA., Mor-Sweet[®] 1557 e Mor-Rex[®] 1557 da Corn Products Brasil.

Xaropes de Milho de Alta Maltose

A linha **Maltegil**[®] é obtida através da conversão ácido-enzimática, resultando em um maior teor de maltose. Estes xaropes proporcionam melhor sabor, consistência e textura aos produtos.

	Maltegil[®] 45/78	Maltegil[®] 50/82	Maltegil[®] 63/82
Aplicação	Doces em geral Recheio de balas Panificação industrial Malhos	Caramelos de leite Balas pingadas / depositadas Balas de gelatina Balas de goma	Caramelos de leite Recheios de chocolate Biscoitos Coberturas para sorvetes
Dextrose Equivalente (%)	N.A.	40 - 44	60 - 66
Sólidos Totais (%)	78 - 79	81 - 83	81 - 83
Proteína (%)	máx. 0,09	máx. 0,09	máx. 0,09
Cinzas (%)	máx. 0,25	máx. 0,25	máx. 0,25
pH (1:1)	4,8 - 5,2	4,8 - 5,2	4,8 - 5,2
SO ₂ (ppm)	máx. 80	máx. 80	máx. 80
Perfil de Açúcares (% base seca)			
Dextrose	máx. 13,0	máx. 3,0	máx. 40,0
Maltose	máx. 45,0	máx. 52,0	máx. 39,0
Maltotriose	máx. 22,0	máx. 24,0	N.A.
Polissacarídeos	máx. 27,5	máx. 29,0	N.A.
Embalagem:			
Baldes e tambores	25 e 280 kg	25 e 280 kg	25 e 280 kg
Bag in box	1.000 kg	1.000 kg	1.000 kg
Granel	13 e 27 ton	13 e 27 ton	13 e 27 ton

Ago/02

TRANSPORTE:

Veículos fechados, livre de materiais e odores estranhos.

CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO:

Baldes, tambores e bag in box: manter em ambiente seco e arejado, com baixa umidade relativa (cerca de 55%) e temperatura abaixo de 25°C.

Granel: manter na temperatura mais baixa possível, que permita o bombeamento.

Altas temperaturas devem ser evitadas para prevenir escurecimento do produto.

PRAZO DE VALIDADE:

Granel: 4 meses (desde que estocado sob condições adequadas).

Baldes, tambores e bag in box: 12 meses exceto Maltegil[®] 45/78, validade: 6 meses (desde que estocado sob condições adequadas).

Outras informações estão disponíveis para atender a requisitos específicos.

Favor nos contatar para outras aplicações.



Vendas: Av. Morumbi, 8234 - São Paulo - SP Tel: 11 5099-3666 Fax: 11 5099-3668
 Informações Técnicas: Av. Cargill, s/n - Mairinque - SP Tel: 11 4718-8257 Fax: 11 4718-1519
 www.cargill.com.br



Xarope de Alta Maltose MOR-SWEET® 1557

Solução aquosa com alto teor de maltose, transparente, concentrada de açúcares e de saber ligeiramente doce, produzida através da hidrólise do amido.

Especificações:

Físico-Químicas:

	Min.	Máx.
Baumé (comercial)	43,4	44,2
Condutividade, µmhos (30% D.S.)	-	1100
Cor da Solução x 100	-	5,00
Substância Seca, %	81,0	83,0
pH	4,5	5,5

Microbiológicas:

	m	M
Contagem Total de Bactérias, ufc/g (n=5, c=2)	100	1000
Fungos e Leveduras, ufc/g (n=5, c=1)	100	1000
Coliformes Totais, NMP/g (n=5, c=0)	<0,3	-
Coliformes Fecais, NMP/g (n=5, c=0)	<0,3	< 0,3
E. coli, NMP/g (n=5, c=0)	<0,3	< 0,3
Clostrídio sulfito redutor, ufc/g (n=5, c=0)	10	-
Salmonella/Shigella, /25g (n=5, c=0)	ND	-
Staphylococcus aureus, /5g (n=5, c=0)	ND	-

Informações sensoriais:

Aspecto	Livre ptos pretos e/ou partículas estranhas	-
Cor	Levemente amarelado	-
Odor	Característico	-
Sabor	Característico	-

Composição aproximada em açúcares (% B.Seca):

Dextrose:	-	12
Maltose	42	-
Maltotriose	10	-
Outros açúcares	23	28

Informações nutricionais/100g *VT:

Carboidrato, g	82,0
Cálcio, mg	16,8
Ferro, mg	5,8
Fibra Alimentar, g	< 1
Gorduras Totais, g	0,0
Proteínas, g	< 1
Sódio, mg	42,0
Valor Calórico, kcal	328

*VT - Valores Típicos ou de referência.
Não constituem especificação do produto.

Principais aplicações:

Alimentos processados, Balas duras, Biscoitos, Cervejas, Cobertura para sorvetes, Produtos cárneos, Pães/Misturas para pães, Sorvetes

Funcionalidade:

Produtos Cárneos:

- Diminui a oxidação da oximioglobina, evitando o escurecimento da carne e reduzindo a adição de nitritos.
- Ameniza o ressecamento do produto.
- Diminui o tempo de cura, aumentando o rendimento do processo.

Sorvetes:

- Protege contra variações bruscas de temperatura.
- Promove viscosidade.
- Controla o dulçor.
- Controla a estabilidade da emulsão, propiciando maciez.

Cerveja:

- Funciona como adjunto no processo de fermentação para produção de cervejas em substituição de grãos e malte.

Embalagem - Vida útil:

A granel - 60 dias
Balde Plástico 30 kg - 180 dias
Container(s) 1000 kg - 180 dias
Tambor(es) 280, 320 kg - 180 dias
Tamborete(s) 140 kg - 180 dias

Armazenagem:

Armazenar sobre pallets, em local coberto, seco e ventilado.

Informações Regulamentares:

AUP: 159/05
Certificado Kosher
Certificado Halal
MS: Isento de registro (Res. RDC nº23, 15/03/00-ANVISA)

Decreto 55.871 26/03/65-ANVISA
Resolução RDC nº175, 08/07/03-ANVISA
Resolução RDC nº12, 02/01/01-ANVISA 17/02/2006

As informações aqui contidas são todas a título meramente indicativo das possibilidades técnicas de utilização do produto, não implicando garantia de resultado e não dispensando o usuário da verificação de eventuais limitações de uso, tanto as contidas na legislação em vigor, como as limitações técnicas de uso em condições ou finalidades específicas. A CORN PRODUCTS BRASIL - Ingredientes Industriais Ltda. reserva-se o direito de modificar as especificações do produto.

Todas as marcas aqui referidas são de propriedade de Corn Products International, Inc. ou de suas afiliadas.



Atendimento a clientes:
0300 789 5800
(11) 5070-7835
sac@cornproducts.com.br



Av. do Café, 277 - 2º andar - Torre B
04311-000 - São Paulo - SP
Tel.: (11) 5070-7700 Fax: (11) 5070-7831
www.cornproducts.com.br



Xarope de Alta Maltose Desidratado MOR-REX® 1557

Xarope desidratado com alto teor de maltose obtido através da mais avançada tecnologia de conversão do amido.

Especificações:

Físico-Químicas:

	Min.	Máx.
Umidade, %	-	5,0
pH	4,5	5,5

Microbiológicas:

	m	M
Contagem Total de Bactérias, ufc/g (n=5, c=2)	100	1000
Fungos e Leveduras, ufc/g (n=5, c=1)	100	1000
Coliformes Totais, NMP/g (n=5, c=0)	<0,3	-
Coliformes Fecais, NMP/g (n=5, c=0)	<0,3	-
Salmonella/Shigella, /25g (n=5, c=0)	ND	-
Staphylococcus aureus, /5g (n=5, c=0)	ND	-
Bacillus Cereus, ufc/g (n=5, c=0)	0	-
Clostrídio sulfito redutor, ufc/g (n=5, c=0)	10	-

Informações sensoriais:

Aspecto (solução 10%)	Livre ptos pretos e/ou partículas estranhas	-
Odor	Característico	-
Sabor	Característico	-

Composição aproximada em açúcares (% B.Seca):

Dextrose:	-	12
Maltose	42	-
Maltotriose	10	-
Outros açúcares	23	28

Informações nutricionais/100g *VT:

Carboidratos, g	95,0
Cálcio, mg	19,5
Ferro, mg	6,7
Fibra Alimentar, g	< 1
Gorduras Totais, g	0,0
Proteínas, g	< 1
Sódio, mg	48,7
Valor Calórico, kcal	380

*VT - Valores Típicos ou de referência.

Não constituem especificação do produto.

Principais aplicações:

Cervejas, Produtos cárneos, Pães/Misturas para pães, Sorvetes

Funcionalidade:

Produtos Cárneos:

- Diminui a oxidação da oximioglobina, evitando o escurecimento da carne e reduzindo a adição de nitratos.
- Ameniza o ressecamento do produto.
- Diminui o tempo de cura, aumentando o rendimento do processo.

Sorvetes:

- Protege contra variações bruscas de temperatura.
- Promove ajuste de viscosidade, controle do dulçor e estabilidade da emulsão propiciando maciez.

Cerveja:

- Funciona como adjunto no processo de fermentação para produção de cervejas em substituição de grãos e malte.

Embalagem - Vida útil:

Saco de Papel Multifoliado 25 kg - 365 dias

Armazenagem:

Armazenar sobre pallets, em local coberto, seco e ventilado.

Informações Regulamentares:

AJUP: 79/99
Certificado Kosher
Certificado Halal
MS: Isento de registro (Res. RDC n°23,15/03/00-ANVISA)

Decreto 55.871 26/03/65-ANVISA
Resolução RDC n°12, 02/01/01-ANVISA
Resolução RDC n°27, 28/03/00-ANVISA
Resolução RDC n°175, 08/07/03-ANVISA

10/08/2005

As informações aqui contidas são todas a título meramente indicativo das possibilidades técnicas de utilização do produto, não implicando garantia de resultado e não dispensando o usuário da verificação de eventuais limitações de uso, tanto as contidas na legislação em vigor, como as limitações técnicas de uso em condições ou finalidades específicas. A CORN PRODUCTS BRASIL - Ingredientes Industriais Ltda. reserva-se o direito de modificar as especificações do produto.

Todas as marcas aqui referidas são de propriedade de Corn Products International, Inc. ou de suas afiliadas.



Atendimento a clientes:
0300 789 5800
(11) 5070-7835
sac@cornproducts.com.br



Av. do Café, 277 - 2º andar - Torre B
04311-000 - São Paulo - SP
Tel.: (11) 5070-7700 Fax: (11) 5070-7831
www.cornproducts.com.br

APÊNDICE B

A seguir são apresentados os modelos das fichas e a carta explicativa do produto que foram dadas aos provadores para a realização das análises sensoriais durante as etapas do trabalho.

1º Ficha: Usada na Escolha do Sal de Cálcio Utilizado no Processo Osmótico das Goiabas.

2º Ficha: Usada nos Ensaio de Desidratação Osmótica com Soluções de Sacarose e Maltose Adicionadas de Lactato de Cálcio.

3º e 4º Fichas: Usadas no Estudo da Vida de Prateleira das Goiabas Osmoticamente Desidratadas Acondicionadas em Embalagens sob Atmosfera Modificada.

Caro Proveedor:

As amostras que serão apresentadas a seguir são goiabas minimamente processadas que visam ser uma opção aos consumidores que buscam praticidade e conveniência, mas não tem a intenção de substituir a fruta *in natura*. Temos também o objetivo de aumentar a possibilidade de exportação de goiabas, promovendo uma maior vida de prateleira ao produto através do processamento utilizado.

Neste contexto, neste experimento não será levado em consideração o custo do produto.

Peço então, por gentileza, que avaliem as amostras a seguir em relação ao quanto gostou do produto, refletindo assim na sua intenção de compra.

Obrigada, por sua atenção e colaboração nas análises.

Nome: _____ Data: _____

Amostra n^o. : _____

Por favor, prove a amostra de goiaba e marque na escala o quanto você gostou ou desgostou da amostra:

- Em relação à impressão global:

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



Comentários: _____

Nome: _____ Data: _____

Amostra n°: _____

Por favor, prove a amostra de goiaba e marque na escala o quanto você gostou ou desgostou da amostra:

- Em relação ao aroma:

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- Em relação ao sabor:

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- Em relação à textura:

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



- Em relação à impressão global:

Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



Comentários: _____

Assinale para esta amostra, qual seria sua atitude quanto à compra do produto. Justifique.

- () eu certamente compraria este produto.
- () eu provavelmente compraria este produto.
- () tenho dúvidas se compraria ou não esse produto.
- () eu provavelmente não compraria este produto.
- () eu certamente não compraria este produto.

Justificativa:

Nome: _____ Data: _____

Observe as amostras de goiaba e marque na escala o quanto você gostou ou desgostou da amostra:

- Em relação à aparência:

N ^o . da amostra	Desgostei muitíssimo	Gostei muitíssimo
_____	-----	
_____	-----	
_____	-----	
_____	-----	

- Em relação à cor:

N ^o . da amostra	Desgostei muitíssimo	Gostei muitíssimo
_____	-----	
_____	-----	
_____	-----	
_____	-----	

Comentários: _____